

**LAPORAN PENELITIAN  
DOSEN MUDA**



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG
DITERIMA TGL. : 9-10-2010
SUMBER HARGA : Hd
KOLEKSI : F1
NO. INVENTARIS : 304/Hd/2010-ri(1)
KLASIFIKASI : 621.56 ATW r.1

**RANCANG BANGUN *COLD STORAGE*  
SERTA ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS DAN  
KIMIWI IKAN HASIL PENYIMPANAN**

Oleh:

Arwizet K, ST., MT.  
Drs. Nelvi Erizon

**DIBIYAI OLEH DP2M  
SURAT PERJANJIAN NO: 006/SP3/PP/DP2M/II/2006  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2006**

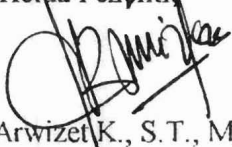
MILIK PERPUSTAKAAN  
UNIV. NEGERI PADANG

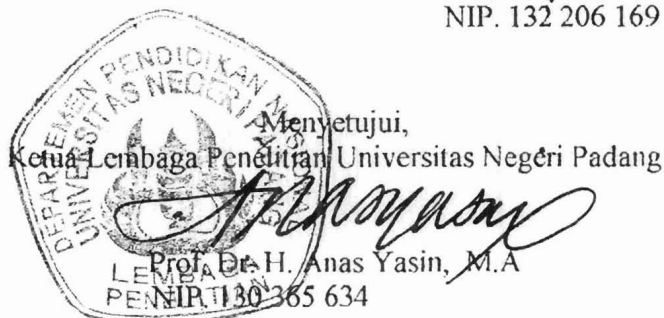
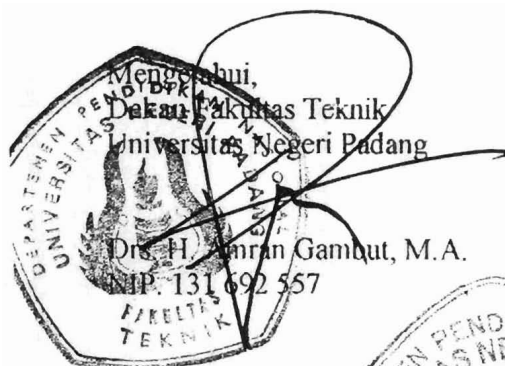
## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA

1. Judul Penelitian : Rancang Bangun *Cold Storage* Serta Analisis Karakteristik Fisis dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan
2. Bidang Ilmu Penelitian : Teknologi
3. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : Arwizet K., ST., MT.
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NIP : 132206169
  - d. Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk. I/III.b.
  - e. Jabatan Fungsional : Lektor
  - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
4. Jumlah Tim Peneliti : 1 orang
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Perencanaan dan Pengujian Mesin Jurusan Teknik Mesin Fak. Teknik Universitas Negeri Padang
6. Bila penelitian ini merupakan kerjasama kelembagaan
  - a. Nama Instansi : -
  - b. Alamat : -
7. Waktu Penelitian : 10 bulan
6. Biaya : Rp. 7.320.000,- (Tujuh Juta Tiga Ratus Dua Puluh Ribu Rupiah)

Padang, Oktober 2006

Ketua Peneliti,

  
Arwizet K., S.T., M.T.  
NIP. 132 206 169



## A. LAPORAN HASIL PENELITIAN

### RINGKASAN

Propinsi Sumatera Barat merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang berada ditengah-tengah wilayah pesisir dan laut Pulau Sumatera. Propinsi ini mempunyai luas daerah 42,2 km<sup>2</sup>. Luas perairan Propinsi Sumatera Barat adalah 186.580 m<sup>2</sup> dengan luas laut territorial 57.880 km<sup>2</sup> dan 128.700 km<sup>2</sup> perairan ZEEI serta panjang garis pantai 2.420,4 km (1.265,04 mil). Lebih dari 2/3 (dua pertiga) dari total luas daerah Sumatera Barat terdiri dari lautan. Sumatera Barat sangat kaya dengan potensi daya kelauatan, salah satunya adalah ikan. Potensi sumber daya ikan diperairan Sumatera Barat tercatat sebanyak 289.930 ton pertahun (Dinas Kalautan dan Perikanan Sumatera Barat, 2005). Produksi ikan yang melimpah, selalu menyebabkan harga ikan akan jatuh, karena produksi ikan tidak terserap lagi oleh pasar-pasar yang ada di wilayah Sumatera Barat.

Seperti diketahui, bahwa ikan laut kesegarannya tidak dapat dipertahankan dalam waktu lama jika tidak disimpan di tempat yang dingin. Mikroorganismenya dalam tubuh ikan akan cepat berkembang, akibatnya ikan akan cepat membusuk. Berbagai upaya untuk itu pada dasarnya telah dilakukan oleh para nelayan, yakni menyimpan ikan dalam peti yang taburi dengan batu es yang telah dihancurkan. Akan tetapi cara seperti ini menurut pengamatan penulis mempunyai beberapa kelemahan diantaranya: 1) Kulit ikan akan terlihat memucat, insangnya akan memutih, ukuran tubuh ikan cenderung menyusut akibat kontak langsung antara ikan dengan batu es, sehingga apabila dijual minat pembeli jadi berkurang. 2) Secara ekonomis dinilai cukup boros, karena untuk penyimpanan ikan seperti ini memerlukan batu es yang banyak, apalagi jika jumlah ikan banyak dan waktu penyimpanan lebih lama sehingga akan menambah beban pembiayaan lagi bagi nelayan sebelum ikan dijual kepada konsumen.

*Cold storage* adalah suatu ruang yang mempunyai temperatur rendah, yang digunakan untuk penyimpanan berbagai produk seperti: ikan, daging, sayur-sayuran, buah-buahan serta beberapa produk industri agar bisa tahan dari proses pembusukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara merancang bangun *cold storage*, mengetahui prestasi kerja *cold storage*, serta untuk mendapatkan informasi

sejauhmana pengaruh teknik penyimpanan tanpa merendam dan dengan merendam ikan dalam air laut terhadap kondisi fisik dan kimiawi ikan hasil penyimpanan. Berdasarkan hasil data pengujian diperoleh bahwa; temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan bola basah ( $T_{wb}$ ) yang tercapai dalam ruang *cold storage* berkisar antara  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $-1^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban relatif (RH) berkisar antara 80% hingga 86% dan nilai *Coefficient Of Performance (COP)* antara 1,8 hingga 1,9. Kondisi fisik ikan setelah penyimpanan selama 6 hari berturut-turut secara umum lebih baik pada teknik penyimpanan dengan merendam ikan dalam air laut dibanding dengan yang tanpa merendam ikan dalam air laut. Kulitnya masih terlihat hitam mengkilat dan bersih, daging masih terasa keras dan padat, akan tetapi insangnya terlihat merah pucat. Sedangkan dari hasil analisis kimiawi (kadar air, protein dan lemak) terhadap ikan sebelum dan sesudah disimpan, dimana untuk ikan yang disimpan dengan merendam dalam air laut mengalami penurunan kadar protein dan lemak sedikit lebih besar jika dibanding dengan ikan yang disimpan tanpa merendam dalam air laut. Kadar air ikan hasil penyimpanan dengan teknik merendam ikan dalam air laut naik sekitar 3,47%, sedangkan kadar air ikan yang disimpan tanpa merendam ikan dalam air laut mengalami penurunan kadar air 0,52%.

## SUMMARY

Province of West Sumatra represent one of the province in Indonesia residing in the centre of coastal area region and Island Sumatra sea. This province have wide of area 42,2 kilometres square. Wide of territorial water of the Province West Sumatra is 186.580 m<sup>2</sup> broadly go out to sea territorial 57.880 km<sup>2</sup> and 128.700 km<sup>2</sup> territorial water of ZEEI, and also coastline length 2.420,4 km (1.265,04 miles). More than two-third from totalizing wide of West Sumatra area consist of ocean. West Sumatra very rich with potency of the ocean, one of them is **fish**. Resource fish potency territorial water of West Sumatra noted by counted 289.930 ton/year (Dinas Kalautan dan Perikanan Sumatera Barat, 2005). Fish production which abundance, always cause fish price will fall, because fish production do not be permeated again by markets in the West Sumatra.

Like known, that its old indefensible freshness sea fish during is otherwise storage in a place with low temperature. Mikroorganismen in fish body will quickly expand, as a result fish will quickly decay. Various effort for that basically have been done by fisherman, storage the fish in place and give them with ices after it has been broken. However, way of like this according to perception the writer have some weakness; 1) Fish husk will seen to turn pale, its gill will turn white, fish body size measure tend to to dwindle effect of direct contact among the fish with ice, so that if sold by buyer enthusiasm become to decrease., 2) Economically assessed extravagant enough, because to be is depository of fish like this need ices which many, more than anything else if amount of fish many and longer storage time so that will add defrayal burden again to fisherman before fish sold to consumer.

Cold Storage is a place with low temperature, which used to be storage various product like: fish, flesh, vegetables, fruits and also some industrial product so that can hold up from the process of obsolescence. This research aim to to know the way of designing and building to wake up of cold storage, knowing coefficient of performance of cold storage, and also to get information of influence of storage technique without put in and put in sea water for physical and chemical condition of the fish after storage. The result are obtained from experiment data that; dry ball temperature (  $T_{db}$ ) and wet ball temperature ( $T_{wb}$ ) in the cold storage are between  $1^{\circ}\text{C}$  untill  $0^{\circ}\text{C}$  and  $0^{\circ}\text{C}$  untill  $-1^{\circ}\text{C}$  and relative humidification ( RH) between 80% untill 86%. The Coefficient Of Performance ( COP) cold storage between 1,8 untill 1,9. Condition of fish physical after depository during 6 day successively better in general at storage technique put in the fish in sea water compared to without put in the fish in sea water. Its husk still seen black gleam and cleanness, flesh still felt to ossify and is solid, however its gill seen to squeeze to turn pale. While from result of chemical analysis (content of water, fat and protein) to fish before and after storage, where for storage the fish put in sea water degradation of protein rate and fat a few bigger if compared to with storage the fish without put in sea water. Rate irrigate storage result fish with technique put in the fish in sea water go up about 3,47%, while rate irrigate storage the fish without put in sea water degradation of rate irrigate 0,52%.

## PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu 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 dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

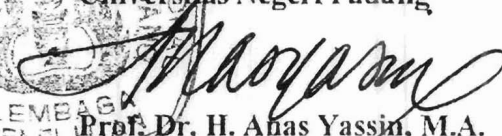
Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas dengan surat perjanjian kerja Nomor: 006/Sp3/PP/DP2M /IU/2006 Tanggal 1 Februari 2006, dengan judul *Rancang Bangun Cold Storage Serta Analisis Karakteristik Fisis dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan*.


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, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini 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 Depdiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Oktober 2006  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang  
  
Prof. Dr. H. Anas Yassin, M.A.  
NIP. 130 365 6334



# DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PENGESAHAN .....	
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN DAN SUMMARY .....	ii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Perumusan Masalah .....	6
E. Asumsi Penelitian .....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
A. Pengertian <i>Cold Storage</i> .....	7
A.1. Jenis-Jenis <i>Cold Storage</i> .....	7
A.2. Bagian-Bagian <i>Cold Storage</i> .....	9
B. Termodinamika Campuran Udara-Uap Air .....	14
B.1. Udara Lembab .....	14
B.2. Campuran Udara-Uap Air Sebagai Gas Ideal .....	15
C. Psikrometrik .....	16
C.1. Temperatur .....	17
C.2. Kelembaban .....	17
D. Konsep Dasar Perpindahan Panas .....	18
D.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi .....	18
D.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi .....	19
D.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi .....	19
E. Beban Pendinginan Pada <i>Cold Storage</i> .....	20
E.1. Beban Transmisi ( <i>Wall Gain Cooling Load</i> ) .....	20
E.2. Beban Pendinginan Dari Produk .....	22
E.3. Beban Pendinginan dari Pertukaran Udara .....	24
E.4. Beban Pendinginan Lain-Lain .....	25
E.5. Beban Pendinginan Total <i>Cold Storage</i> .....	26
F. Prestasi Kerja Mesin Pendingin .....	26
G. Kerangka Konseptual .....	27
H. Pertanyaan Penelitian .....	27
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	28
A. Tujuan Penelitian .....	28
B. Manfaat Penelitian .....	28

BAB IV. METODE PENELITIAN .....	29
A. Wilayah Penelitian dan Waktu Penelitian .....	29
B. Objek Penelitian .....	29
C. Disain Penelitian .....	29
D. Merangkai Alat penelitian .....	30
E. Kondisi Perancangan <i>Cold Storage</i> .....	30
E.1. Disain Pendinginan .....	31
E.2. Disain Ruang <i>Cold Storage</i> .....	31
E.3. Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U) .....	32
F. Beban Pendinginan Pada <i>Cold Storage</i> .....	32
F.1. Beban Pendinginan Dari Luar Ruang atau Transmisi ( <i>Wall Gain Cooling Load</i> ) .....	32
F.2. Beban Pendinginan Produk .....	33
F.3. Beban Pendinginan Total Pada <i>Cold Storage</i> .....	33
G. Pembuatan dan Perakitan <i>Cold Storage</i> .....	34
G.1. Alat dan Bahan Yang Digunakan .....	34
G.2. Proses Pembuatan <i>Cold Storage</i> .....	35
H. Teknik Pengumpulan Data .....	39
H.1. Metoda Pengujian <i>Cold Storage</i> .....	39
H.2. Langkah-Langkah Pengujian .....	40
I. Analisis Data Hasil Penelitian .....	42
 BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	 43
A. Hasil Penelitian .....	43
B. Pembahasan .....	43
B.1. Pengujian <i>Cold Storage</i> Dalam Kondisi Kosong .....	43
B.2. Pengujian <i>Cold Storage</i> Berisi Ikan Hari Pertama .....	46
B.3. Pengujian <i>Cold Storage</i> Berisi Ikan Hari Kedua .....	48
B.4. Pengujian <i>Cold Storage</i> Berisi Ikan Hari Ketiga .....	49
B.5. Pengujian <i>Cold Storage</i> Berisi Ikan Hari Keempat .....	51
B.6. Pengujian <i>Cold Storage</i> Berisi Ikan Hari Kelima .....	52
B.7. Pengujian <i>Cold Storage</i> Berisi Ikan Hari Keenam .....	54
B.8. Analisis Fisik dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan Dalam <i>Cold Storage</i> .....	55
 BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	 57
A. Kesimpulan .....	57
B. Saran .....	58
 Daftar Pustaka .....	 59
Lampiran .....	
 <b>B. DRAF ARTIKEL ILMIAH</b>	
<b>C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN</b>	



## DAFTAR TABEL

	<b>Hal</b>
Tabel:	
1.1. Rata-rata hasil perolehan tangkapan ikan untuk setiap kantong nelayan persatu kali musim tangkapan .....	3
5.1. Hasil analisis karakteristik kimiawi ikan sebelum dan sesudah disimpan dalam <i>cold storage</i> .....	56

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar:	
2.1. Skematik peralatan utama mesin pendingin .....	10
2.2. Kompresor jenis hermetis ( <i>hermetic compressor</i> ) .....	11
2.3. Keadaan jenuh campuran udara-uap air dan tekanan parsial uap air pada diagram T-s .....	16
2.4. Diagram psikrometrik .....	16
4.1. Rak pendingin .....	37
4.2. Jalur listrik <i>cold storage</i> .....	38
4.3. Rangkain komponen utama <i>cold storage</i> .....	39
5.1. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian kosong .....	45
5.2. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian kosong .....	45
5.3. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari pertama .....	47
5.4. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari pertama .....	47
5.5. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kedua .....	48
5.6. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kedua .....	49
5.7. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari ketiga .....	50
5.8. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari ketiga .....	50
5.9. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari keempat .....	51

5.10. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari keempat .....	52
5.11. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kelima .....	53
5.12. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kelima .....	53
5.13. Grafik hubungan temperatur dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari keenam .....	54
5.14. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam <i>cold storage</i> terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari keenam .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Gambar *cold storage*

Lampiran B. Sifat Termodinamika Udara & Sifat Termal Baha Bukan Logam

Lampiran C. Data Hasil Pengujian *Cold Storage*

Lampiran D. Peta Daerah Kantong Nelayan Sumatera Barat

Lampiran E. Dokumentasi Ikan Hasil Penyimpanan Dalam *Cold Storage*

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Propinsi Sumatera Barat merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang berada ditengah-tengah wilayah pesisir barat dan laut Pulau Sumatera. Propinsi ini secara geografis; sebelah Selatan berbatasan dengan Propinsi Sumatera Selatan dan Bengkulu, sebelah timur dengan Propinsi Riau, sebelah utara dengan Propinsi Sumatera Utara, sebelah barat dengan Samudera Hindia ( $0^{\circ}54'LU-3^{\circ}30'LS$  dan  $98^{\circ}36'-101^{\circ}53'BT$ , dengan luas daerah  $42,2\text{ km}^2$ .

Luas perairan Propinsi Sumatera Barat  $186.580\text{ m}^2$  dengan luas laut territorial  $57.880\text{ km}^2$  dan  $128.700\text{ km}^2$  perairan ZEEI serta panjang garis pantai  $2.420,4\text{ km}$  ( $1.265,04\text{ mil}$ ). Lebih dari  $2/3$  (dua pertiga) dari total luas daerah Sumatera Barat terdiri dari lautan. Sumatera Barat mempunyai 402 pulau-pulau kecil yang sebagian besar terletak di Kabupaten Kepulauan Mentawai yakni, 323 pulau (BAPPEDA SUMBAR, 2002). Dengan potensi di atas Sumatera Barat memiliki peluang yang sangat besar dalam mengembangkan potensi sumber daya kelautannya, khusus yang berkaitan dengan potensi perikanan laut.

Sumberdaya perikanan di Sumatera Barat meliputi ikan pelagis, ikan demersial, ikan karang, udang, dan krustacea, teripang, dan biota lainnya. Ikan tuna besar meliputi Madidihang (yellow fin tuna), tuna mata besar (big eye tuna), albacore, tuna abu-abu dan tuna sirip biru (blue fin tuna). Jenis ikan tuna kecil terdiri dari cakalang, tongkol besar, dan tongkol kecil. Potensi sumber daya ikan diperairan Sumatera Barat tercatat sebanyak 289.930 ton pertahun (Dinas Kalautan dan Perikanan Sumatera Barat, 2005).

---

Hampir disepanjang garis pantai pesisir Propinsi Sumatera Barat merupakan daerah kantong nelayan. Beberapa daerah di pinggir pantai yang dikenal sebagai *kantong nelayan* adalah; Air Bangis, Silaping, Parit, Ujung Gading, Sei. Aur, Sasak, Maligi, Labuan, Mandi Angin di Kabupaten Pasaman Barat; Masang, Pasir Paneh (Pantai Mutiara Tiku) di Kabupaten Agam; Pantai Gasan, Sungai Limau, Pasir Baru, Naras, Manggung-Ampalu, Muara Pariaman, Karan Aur-Taluak, Sunur-Ulakan dan Ketaping di Kabupaten Padang Pariaman/Kota Pariaman; Pasir Jambak, Gurun Ulak Karang, Purus, Muara Padang (Parak Karambia), Air Manis, Teluk Bayur/Gaung, Teluk Nibung, Buau Tarok, Teluk Kabung-Bungus, Sungai Nyalo, Sungai Pinang, Sungai Pisang di Kota Padang; Pantai Cerocok, Tarusan, Batang Kapas, Surantih, Kambang, Balai Selasa, Tanjung Indrapura, Air Haji, Tanjung Batu dan Muaro Sako di Kabupaten Pesisir Selatan. Ditambah lagi dengan potensi ikan laut yang sangat besar di Kabupaten Kepulauan Mentawai.

Alat tangkap nelayan di Sumatera Barat pada umumnya relatif masih tradisional hingga semi modern seperti; payang, pukot dogol, pukot pantai, jaring insang hanyut, jaring insang tetap, jaring tiga lapis, bagan kapal, bagan talai, colok, kapal tonda, rawai tetap dan kapal kecil. biduk (Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Sumatera Barat, 2005). Walaupun begitu produksi ikan hasil tangkapan nelayan di propinsi ini pertahun cukup besar, 289.930 ton pertahun (Dinas Kalautan dan Perikanan Sumatera Barat, 2005).

Sebagai gambaran potensi perikanan tangkap di beberapa kantong nelayan, khusus kantong nelayan pantai Tiku di Kabupaten Agam hingga pantai Sunur di Kabupaten Padang Pariaman (survey Darman M. dan kawan-kawan, 2004), bahwa

rata-rata hasil tangkapan ikan untuk setiap kantong nelayan persatu kali musim tangkapan di daerah survey di atas adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1. Rata-rata hasil perolehan tangkapan ikan untuk setiap kantong nelayan persatu kali musim tangkapan.

No	Jenis Kapal	Jumlah	Hasil Ikan dalam (keranjang/hari)	Hasil Ikan dalam (ton/hari)
1.	Kapal Besar (Kapal Tunda)	10	5 – 20	0,2 – 0,8
2.	Kapal Menengah (Bagan Kapal & Talai)	20	10 – 60	0,4 – 2,4
3.	Kapal kecil (Pukat pantai & Dogol)	15	0 – 5	0 - 0,2
	<b>Jumlah</b>	<b>45</b>	<b>15 – 85</b>	<b>0,6- 3,4</b>

Catatan: Berat ikan rata-rata 1 keranjang adalah 40 kg.

Berdasarkan Susenas 2004, jumlah penduduk Sumatera Barat adalah 4,53 juta orang atau meningkat rata-rata sekitar 0,61% pertahun dari tahun 2003. Jumlah penduduk laki-laki sebanyak 2,22 juta jiwa dan perempuan 2,30 juta jiwa. Jika diasumsikan tiap penduduk mengkonsumsi ikan laut rata-rata 100 gram/hari maka kebutuhan masyarakat Sumatera Barat terhadap ikan laut hanya berkisar 163.080 ton pertahun. Jadi ada lebih dari 126.850 ton pertahun ikan laut di daerah ini tidak dikonsumsi oleh masyarakat Sumatera Barat. Apalagi jika teknologi alat tangkap ikan laut di daerah ini dipermodern lagi seperti; penggunaan *long net*, *radar karang* dan *kapal cepat*, maka tentu produksi ikan laut di daerah ini akan semakin tinggi sehingga masalah pemasaran menjadi suatu persoalan yang harus betul-betul mendapat perhatian serius bagi semua pihak yang terkait; nelayan, pemilik modal dan pemerintah.

Pada dasarnya produksi ikan laut dari kantong-kantong nelayan di Sumatera Barat telah terserap oleh pasar lokal dan pasar regional. Pasar lokal yakni pasar dalam wilayah Sumatera Barat seperti Bukittinggi, Payakumbuh, Padang, Pariaman, Padang Panjang, Batu Sangkar dan lain-lainnya. Sedangkan pasar regional adalah

pasar di luar Sumatera Barat seperti pasar Pekanbaru (Riau), Rimbo Bujang dan Muaro Bungo (Jambi). Akan tetapi yang tetap menjadi permasalahan adalah jika hasil tangkapan melimpah maka harga ikan akan tetap jatuh, mendekati  $\frac{1}{2}$  (setengah) dari harga normal malahan bisa kurang dari itu. Akibat produksi ikan melimpah maka harga dipermainkan oleh para agen/caloe ikan, sehingga nelayan betul-betul sangat dirugikan.

Seperti diketahui, bahwa ikan laut kesegarannya tidak dapat dipertahankan dalam waktu lama jika tidak disimpan di tempat yang dingin. Jika tidak didinginkan mikroorganisme dalam tubuh ikan akan cepat berkembang, akibatnya ikan akan cepat membusuk. Berbagai upaya untuk itu pada dasarnya telah dilakukan oleh para nelayan, yakni menyimpan ikan dalam peti yang taburi dengan batu es yang telah dihancurkan. Akan tetapi cara seperti ini menurut pengamatan penulis mempunyai beberapa kelemahan diantaranya:

1. Kulit ikan akan terlihat memucat, insangnya akan memutih, ukuran tubuh ikan cenderung menyusut akibat kontak langsung antara ikan dengan batu es, sehingga apabila dijual minat pembeli jadi berkurang.
2. Secara ekonomis dinilai cukup boros, karena untuk penyimpanan ikan seperti ini memerlukan batangan batu es yang banyak, apalagi jika jumlah ikan banyak dan waktu penyimpanan lebih lama sehingga akan menambah beban pembiayaan lagi bagi nelayan sebelum ikan dijual kepada konsumen.

Dari dua kelemahan di atas, menyebabkan nelayan terpaksa menjual ikan hasil tangkapan mereka sesegera mungkin, walaupun harganya lebih rendah dari harga normal.



Sehubungan dengan permasalahan di atas maka dirasa perlu mencari solusi lain dalam hal penyimpanan ikan. Maka pada penelitian ini dilakukan “**Rancang Bangun Cold Storage Serta Analisis Karakteristik Fisis dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan**”. Penelitian ini difokuskan kepada bagaimana merancang bangun *cold storage*, menyimpan ikan dengan teknik tanpa merendam dan dengan merendam ikan dalam air laut serta menganalisis karakteristik fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan. Analisis karakteristik fisis dilakukan dengan mengamati bentuk kulit, insang dan daging ikan yang disimpan dan didokumentasikan. Hasil pengamatan dibandingkan dengan ikan segar (baru dibeli dari nelayan di tempat pelelangan ikan). Karakteristik kimiawi dilakukan dengan menganalisa kadar air, protein dan kadar lemak ikan yang sudah disimpan dalam *cold storage* dan membandingkan dengan kadar air, protein dan lemak ikan segar sebelum disimpan.

#### **B. Identifikasi Masalah**

Proses penyimpanan ikan laut dalam peti es dengan menaburi batu es yang telah dihancurkan membuat kulit, insangnya akan terlihat memucat, demikian juga dengan ukuran fisik ikan akan menyusut. Dengan kondisi seperti ini minat pembeli akan jadi berkurang. Selain itu proses penyimpanan seperti ini membutuhkan es batangan dalam jumlah yang banyak, apalagi jika ikan yang akan disimpan juga banyak dan waktunya lama yang pada akhirnya akan memperbesar biaya operasional nelayan sebelum ikan dijual ke konsumen.

#### **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini dikaitkan dengan:

1. Perancangan alat pendingin dan pengawetan ikan yang lebih praktis dan efisien.
2. Pemilihan material untuk pembuatan alat.

3. Menghitung beban pendingin yang dibebani kepada alat pendingin dan penyimpanan ikan.
4. Melihat lamanya waktu untuk pencapaian temperatur terendah dalam ruang pendingin dan unjuk kerja sistem pendingin.
5. Uji coba proses pendinginan ikan laut dengan teknik penyimpanan tanpa merendam dan dengan merendam ikan dalam air laut.
6. Analisis karakteristik fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan.

#### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah, "*Bagaimanakah merancang dan membuat cold storage untuk penyimpanan ikan serta mengetahui sejauhmana pengaruh teknik penyimpanan ikan tanpa direndam dalam air laut dan dengan direndam dalam air laut terhadap kondisi fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan*".

#### **E. Asumsi Penelitian**

Sebagai asumsi dari penelitian ini adalah:

1. Fluida kerja (*refrigeran*) yang mengalir dalam siklus mesin pendingin dalam kondisi tunak (*steady state*).
2. Ikan yang disimpan dalam *cold storage* tersebar secara merata dan memiliki nilai panas jenis ( $c_p$ ) yang sama
3. Ikan yang baru dibeli dari nelayan di tempat pelelangan ikan diasumsikan masih segar dengan kategori; kulit masih hitam mengkilat dan tidak rusak, daging padat, insang merah darah, bagian dada dan perut putih keperakan, mata hitam mengkilat.
4. Air laut (*brine*) yang digunakan bersifat homogen.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian *Cold Storage*

*Cold Storage* adalah suatu ruang atau kamar yang mempunyai temperatur rendah dan digunakan untuk penyimpanan berbagai produk agar bisa tahan terhadap proses pembusukan (Dossat, Roy J.,1981:162). *Cold Storage* pada dasarnya merupakan modifikasi dari lemari es (*refrigerator*). *Cold storage* dapat digunakan untuk menyimpan produk berupa buah-buahan, sayur-sayuran, daging, ikan dan produk-produk industri berupa susu, ice cream, keju dan lainnya dalam jumlah yang banyak.

Biasanya *cold storage* dirancang berdasarkan kepada jenis produk yang akan disimpan, satu atau beberapa jenis produk sekaligus. Hal ini dimaksudkan agar temperatur perancangan disesuaikan dengan sifat-sifat produk tersebut. Misalnya *cold storage* untuk penyimpanan ikan atau daging, maka temperatur *cold storage* disesuaikan sedemikian rupa agar ikan atau daging tidak cepat busuk atau terkena *chilling injury* yang dapat merusak produk.

#### A.1. Jenis-Jenis *Cold Storage*

Secara umum *cold storage* dibedakan atas 2 (dua) jenis yaitu; pertama didasari kepada letak sumber udara dingin (letak *evaporator*) dan kedua didasari kepada jenis produk yang akan disimpan dalam *cold storage*.

##### □ Berdasarkan Letak Evaporator

###### a. Jenis *Overhead Cold Storage*

Merupakan jenis *cold storage* yang tertutup, dilengkapi dengan rak-rak tempat penyimpanan produk. *Cold storage* jenis ini letak evaporatornya berada pada

bagian atas dinding *cold storage*. Udara dingin yang keluar dari evaporator akan berdifusi secara cepat dengan udara dalam ruangan, sehingga menghasilkan temperatur ruangan yang lebih terdistribusi dengan baik. *Cold Storage* jenis ini lebih banyak dipakai pada industri-industri untuk penyimpanan produk-produk tertentu dengan temperatur ruangan yang sangat rendah mencapai  $-18^{\circ}\text{C}$  hingga  $-29^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan oleh sifat aliran udaranya yang cepat berdifusi dengan udara ruangan tersebut (Dossat, Roy J., 1981:163)

**b. *Base Cold Storage***

*Cold Storage* jenis ini juga dilengkapi dengan rak-rak tempat penyimpanan produk, akan tetapi ruangnya agak terbuka dan posisi letak evaporatornya berada pada lantai (*base*) ruangan. *Base cold storage* banyak dijumpai di mal-mal atau supermarket dan biasanya digunakan untuk penyimpanan sayuran-sayuran atau buah-buahan sekaligus tempat pemajangannya (*case*). Udara dingin dari evaporator keluar dari bagian bawah ruangan *cold storage* lalu mendinginkan produk yang ada di atas rak-rak pemajangan. *Cold storage* jenis ini mempunyai temperatur ruangan lebih tinggi jika dibanding dengan jenis *everhead cold storage*, dengan temperatur berkisar antara  $3-10^{\circ}\text{C}$  (Dossat, Roy J., 1981:164)

□ **Berdasarkan Produk Yang Disimpan**

**a. *Cold Storage* Untuk Penyimpanan Sayur dan Buah (*Fresh Product*)**

*Cold Storage* jenis ini digunakan untuk penyimpanan sayur-sayuran dan buah-buahan. *Cold Storage* untuk penyimpanan *fresh product* ini mempunyai temperatur pendinginan berkisar  $3^{\circ}\text{C}$  hingga  $10^{\circ}\text{C}$ , dengan waktu penyimpanan selama 1 hingga 2 minggu.

### **b. Cold Storage Untuk Penyimpanan Makanan Beku (*Frozen Product*)**

*Cold Storage* jenis ini digunakan untuk penyimpanan produk-produk makanan beku yang disimpan dalam waktu yang cukup lama, seperti produk ice cream, keju, es wall, es kristal dan produk-produk farmasi seperti penyimpanan obat-obatan dan bahan-bahan kimia. Temperatur penyimpanan bisa mencapai  $-18^{\circ}\text{C}$  hingga  $-29^{\circ}\text{C}$  dengan lama penyimpanan mencapai 6 bulan atau lebih.

### **c. Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan atau Daging**

*Cold Storage* jenis ini digunakan untuk menyimpan ikan atau daging agar kesegarannya tetap bisa terjaga. Temperatur pendinginan pada *cold storage* jenis ini berkisar antara  $-1,0^{\circ}\text{C}$  hingga  $3,25^{\circ}\text{C}$  sedikit di atas titik beku daging atau ikan  $-2^{\circ}\text{C}$  dengan waktu penyimpanan 1 hingga 2 minggu. Akan tetapi untuk ikan atau daging yang akan disimpan dalam kurun waktu yang lama, maka temperatur pendinginan dalam *cold storage* harus mencapai  $-18^{\circ}\text{C}$  dengan waktu penyimpanan bisa mencapai 6 bulan.

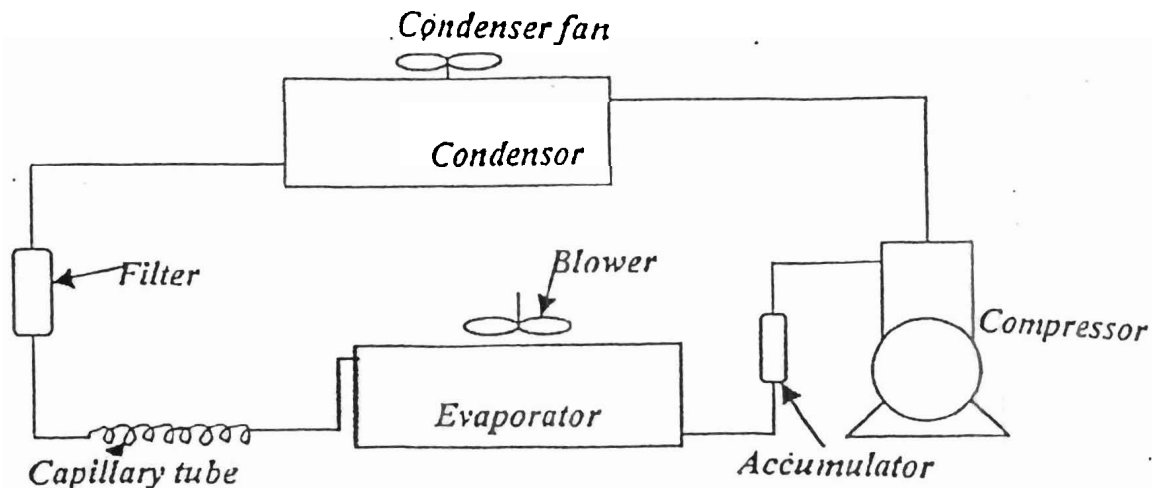
## **A.2. Bagian-Bagian Cold Storage**

Secara garis besar *cold storage* dibagi atas dua bagian besar yaitu bagian mesin pendingin dan bagian ruangan pendinginan.

### **a. Mesin Pendingin**

Pada prinsipnya mesin pendingin terdiri dari empat komponen utama yaitu; kondensor, kompresor, evaporator dan katup ekspansi. Sedangkan komponen-komponen lainnya sifatnya hanya sebagai tambahan seperti; saringan (*filter/strainer*), *fan*, *accumulator* dan komponen kontrol. Skematik peralatan utama mesin pendingin dapat dilihat pada gambar 2.1.

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



Gambar 2.1. Skematik peralatan utama mesin pendingin.

Berikut ini dijelaskan beberapa komponen utama mesin pendingin dan fungsinya sebagai berikut:

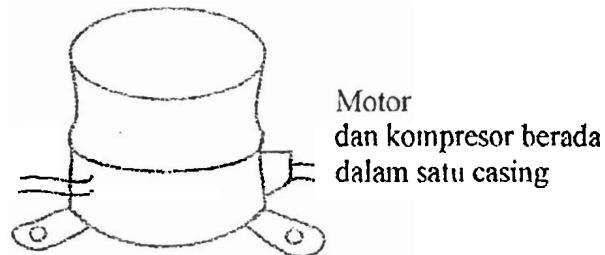
### 1) Kompresor

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 tinggi. Selanjutnya refrigeran 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*.

Kompresor untuk *cold storage* dalam penelitian ini dipakai kompresor jenis hermetis (*hermetic compressor*) dengan pertimbangan karena kapasitas *cold storage* cukup kecil. Kompresor hermetis ini adalah termasuk kepada jenis kompresor torak. Disebut hermetis karena kompresor dan motor listriknya bersatu dalam satu casing yang tertutup rapat, bentuknya agak kecil dan lebih kompak. Pada gambar 2.2 terlihat kompresor jenis hermetis.



Gambar 2.2. Kompresor jenis *hermetis* (*hermetic compressor*).  
(Sumber: Sumanto, 1996:7)

## 2) Kondensor

Panas yang berasal dari evaporator oleh kondensor dibuang ke udara sekitarnya, dengan memanfaatkan proses perpindahan panas secara konveksi paksa oleh fan kondensor. Terbuangnya panas yang di kandung oleh refrigeran, membuat refrigeran yang berada dalam kondisi uap barangsur-angsur kembali berubah phase dari gas menjadi phase 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 kompressi 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:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kond}} &= m_{\text{ref}} \cdot (h_2 - h_3) \\
 &= m_{\text{ud}} \cdot c_{p,\text{ud}} \cdot (T_2 - T_1) \dots\dots\dots (2.1)
 \end{aligned}$$

dimana:

- $m_{\text{ref}}$  = laju aliran massa refrigeran, (kg/dt)
- $(h_2 - h_3)$  = beda enthalpi masuk dan keluar kondensor, (kJ/kg)
- $m_{\text{ud}}$  = 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)

### 3) Evaporator

Evaporator adalah salah satu komponen utama dari mesin pendingin, di dalamnya mengalir cairan refrigeran yang berfungsi sebagai penyerap panas dari produk yang didinginkan. Energi panas yang berasal dari produk digunakan untuk menaikkan temperatur refrigeran sampai mencapai tingkat keadaan fasa 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 :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{evap}} &= m_{\text{ref}} \cdot (h_1 - h_4) \\
 &= m_{\text{prod}} \cdot c_{p,\text{prod}} \cdot (T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}}) \quad \dots \dots \dots (2.2)
 \end{aligned}$$

dimana:

- $m_{\text{ref}}$  = 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)
- $c_{\text{prod}}$  = 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. 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 *cold storage* 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.

#### **b. Ruang Pendingin *Cold Storage***

Ruang pendingin pada *cold storage* berfungsi sebagai tempat penyimpanan produk yang akan disimpan atau diawetkan. Ruang pendingin berbentuk sebuah kamar yang diberi isolasi sehingga secara termodinamika tidak ada panas yang keluar atau masuk ruangan (*adiabatik*). Sebagai bahan isolasi umumnya digunakan adalah *glass wool* atau busa (*streofoam*). Sisi dalam dari dinding ruang *cold storage* dilapisi dengan pelat aluminium tebal 0,2 mm dan bagian luar juga dilapisi dengan pelat aluminium tebal yang sama. Untuk lebih jelasnya gambar *cold storage* yang telah dibuat dapat dilihat pada Lampiran A.

### **B. Termodinamika Campuran Udara-Uap Air**

#### **B.1. Udara Lembab**

Udara lembab adalah campuran antara udara kering dengan uap air, yang merupakan suatu campuran yang tak berinteraksi secara eksklusif dimana setiap unsur pokok juga merupakan sebuah komponen. Komposisi sebuah campuran dapat diterangkan dengan spesifikasi massa dan banyaknya molekul setiap unsur pokok. Kedua cara ini dinyatakan dalam bentuk fraksi massa dan fraksi mol yang ditulis dalam bentuk persamaan,

Fraksi Massa: 
$$\phi_i = \frac{M_i}{\sum^n M_i} = \frac{M_i}{M_{tot}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Fraksi Mol: 
$$\chi_i = \frac{N_i}{\sum^n N_i} = \frac{N_i}{N_{tot}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan  $M_{tot}$  dan  $N_{tot}$  berturut-turut massa total dan jumlah mol total campuran.  
Maka dengan demikian massa molal campuran adalah,

$$\hat{M} = \frac{\sum_i^n M_i}{\sum_i^n N_i} = \frac{\sum_i^n \hat{M} N_i}{N} = \sum_i^n \chi_i \hat{M}_i \dots\dots\dots (2.5)$$

**B.2. Campuran Udara-Uap Air sebagai Gas Ideal**

Udara lembab yang merupakan campuran antara udara kering dengan uap air dapat diperlakukan sebagai gas ideal. Karena udara lembab tekanan parsial uap airnya jauh lebih rendah dibandingkan dengan tekanan jenuhnya sehingga persamaan gas ideal untuk campuran udara-uap air dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_w \cdot v = R_w \cdot T \quad \text{atau} \quad P_a \cdot v = R_a \cdot T \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan,  $P_w$  = tekanan parsial uap air jenuh, (Pa)

$P_a$  = tekanan parsial udara kering, (Pa)

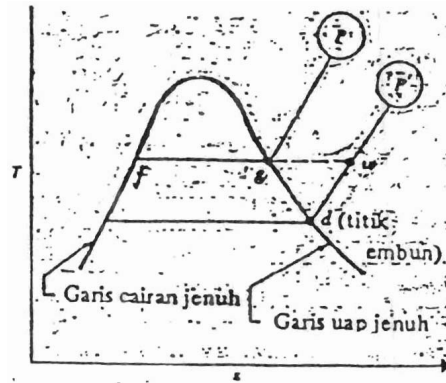
$R_w$  = tetapan gas untuk uap air, 461,5 J/kg.K

$R_a$  = tetapan gas untuk udara kering, 287 J/kg.K

$v$  = volume spesifik campuran udara-uap air, (m<sup>3</sup>/kg)

$T$  = temperatur campuran udara-uap air, (°C)

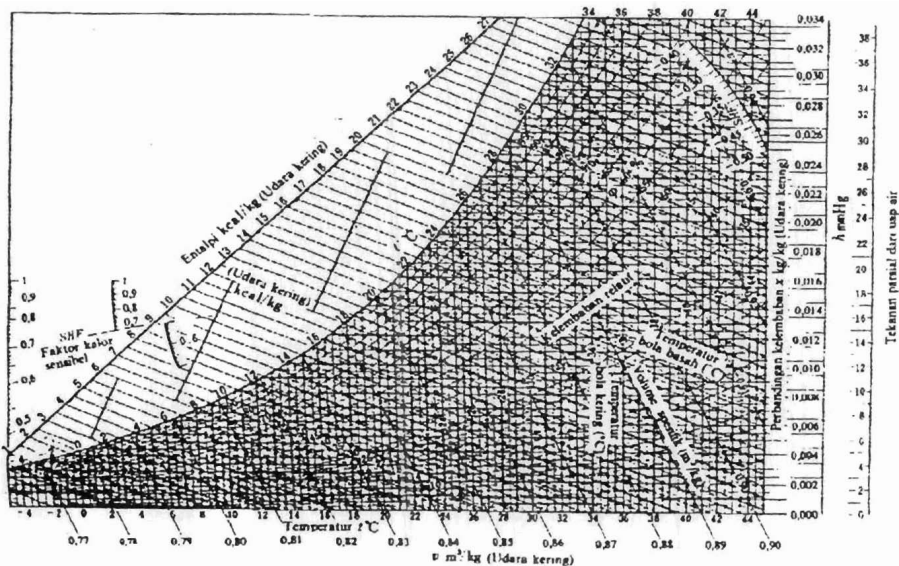
Jika tekanan parsial uap air sama dengan tekanan jenuh air murni pada temperatur yang sama, maka campuran udara-uap air tersebut disebut dalam keadaan jenuh.



Gambar 2.3. Keadaan jenuh campuran udara-uap air dan tekanan parsial uap air pada diagram T-s. (Sumber: Reynolds, William C., 1983: 356)

### C. Psikrometrik

Psikrometrik merupakan suatu kajian tentang sifat-sifat termodinamika campuran udara-uap air. Sifat-sifat termodinamika campuran udara-uap air serta hubungan tingkat keadaannya digambarkan dalam diagram psikrometrik. Jika dua sifat campuran udara-uap air diketahui, maka sifat-sifat lainnya dapat dilihat dari diagram psikrometrik. Gambar dari diagram psikrometrik ditunjukkan seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Diagram Psikrometrik (Sumber: Stoecker, W.F, 1982:39)



### C.1. Temperatur

Pengukurann temperatur udara lembab dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan temperatur bola basah ( $T_{wb}$ ). Temperatur bola kering adalah temperatur yang ditunjukkan pada saat pengukuran dimana tekanan parsial uap air belum mencapai tekanan uap jenuh. Sedangkan temperatur bola basah adalah temperatur yang ditunjukkan pada saat pengukuran temperaturnya dimana tekanan parsial uap air sama dengan tekanan uap jenuh.

### C.2. Kelembaban

Kelembaban udara dapat dinyatakan dalam dua cara yaitu kelembaban relatif ( $\phi$ ) dan kelembaban mutlak ( $\omega$ ). Kelembaban relatif menyatakan perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap molekul uap air jenuh pada temperatur yang sama. Sedangkan kelembaban mutlak menyatakan perbandingan massa uap air yang terkandung dalam setiap kilogram udara kering. Dengan menurunkan persamaan gas ideal, maka persamaan kelembaban relatif dan kelembaban mutlak dapat dinyatakan dalam persamaan:

Kelembaban relatif,

$$\phi = \frac{P_w}{P_g} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Kelembaban mutlak,

$$\omega = 0,622 \times \frac{P_w}{P_a} \dots\dots\dots (2.8)$$

- dengan,  $\phi$  = kelembaban relatif, (%)
- $\omega$  = kelembaban mutlak, (kg/kg)
- $P_w$  = tekanan parsial uap air, (Pa)
- $P_g$  = tekanan jenuh air murni, (Pa)
- $P_a$  = tekanan parsial udara kering, Pa

## D. Konsep Dasar 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.

### D.1. 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:

$$Q_{\text{konduksi}} = -A \cdot k \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L} \dots\dots\dots (2.9)$$

- 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)

## D.2. 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:

$$Q_c = A \cdot h_c \cdot (T_w - T_f) \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana,

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

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

(T<sub>w</sub> - T<sub>f</sub>) = beda temperatur dinding dan udara lingkungan, (°C)

Pada prinsipnya perpindahan panas secara konveksi, sangat ditentukan oleh koefisien perpindahan panas konveksi (h<sub>c</sub>). Nilai h<sub>c</sub> sangat tergantung pada kecepatan udara dan bentuk serta 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. Pada evaporator udara memindahkan panas dari produk ke koil (*coil*) evaporator dan selanjutnya dibawa oleh refrigeran untuk dibuang juga secara konveksi ke udara lingkungan pada atau dalam kondensor.

## D.3. 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:

$$Q_r = A \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:  $\sigma$  = konstanta Boltzman,  $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$   
 $A$  = luas penampang benda pancar, ( $\text{m}^2$ )  
 $\varepsilon$  = emitivitas termal benda (tidak berdimensi)  
 $(T_1^4 - T_2^4)$  = beda temp. benda pancar dan benda penerima, ( $^{\circ}\text{C}$ )

Pada sistem pendingin, perpindahan panas secara radiasi hampir dapat dikatakan tidak ada, kalupun ada adalah energi panas yang dipancarkan oleh matahari yang diterima oleh dinding ruang pendingin *cold storage*. Karena *cold storage* saat pengujian ditempatkan dalam ruangan tertutup, maka perpindahan panas secara radiasi pada *cold storage* dapat diabaikan.

### **E. Beban Pendinginan Pada *Cold Storage***

Langkah awal yang harus dilakukan dalam perancangan suatu sistem pendingin (*sistem refrigerasi*) adalah menghitung beban pendinginan total dari sistem yang akan dirancang. Tujuannya adalah untuk menentukan kapasitas alat yang diperlukan. Beban pendinginan pada *cold storage* diperkirakan adalah sebagai berikut:

1. Beban pendinginan dari luar ruangan melalui dinding atau transmisi (*wall gain cooling load*).
2. Beban pendinginan dari produk (*product cooling load*)
3. Beban pendinginan pertukaran udara (*air change cooling load*)
4. Beban pendinginan lainnya (*miscellaneous cooling load*)

#### **E.1. Beban Transmisi (*Wall Gain Cooling Load*)**

Beban transmisi merupakan banyaknya kalor yang masuk ke ruangan pendingin persatuan waktu melalui dinding ruangan secara konduksi. Dinding insulasi suatu ruangan sistem pendingin yang ideal adalah memiliki konstruksi yang



mampu menghambat panas konduksi dari luar ke dalam sistem. Tetapi pada kenyataannya dengan pertimbangan-pertimbangan ekonomis, konstruksi maupun kondisi udara lingkungan menyebabkan beban konduksi dari dinding yang diisolasi harus diperhitungkan karena dapat menentukan prestasi kerja dari suatu sistem yang dirancang.

Beban transmisi yang terjadi pada *cold storage* yang dirancang dalam penelitian ini dapat terjadi melalui beberapa bagian yaitu:

1. Bagian dinding atas,
2. bagian dinding belakang dan depan,
3. Bagian dinding kaca
4. Bagian lantai

Besarnya beban pendinginan transmisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{trans} = A \cdot U \cdot (T_{luar} - T_{ruangan}) \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana:

$Q_{trans}$  = Jumlah panas yang ditransmisikan ke dalam ruangan, (Watt)

$U$  = koefisien perpindahan panas menyeluruh, ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A$  = luas penampang dinding, ( $m^2$ )

$T_{luar}$  = temperatur luar ruangan pendingin, ( $^\circ C$ )

$T_{ruangan}$  = temperatur dalam ruangan pendingin, ( $^\circ C$ )

Besarnya nilai koefisien menyeluruh ( $U$ ), tergantung dari harga masing-masing konduktivitas termal suatu bahan, koefisien konveksi udara dalam/luar ruangan,  $m^2 \cdot K/W$  dan ketebalan masing-masing lapisan bahan pembentuk dinding. Secara matematis nilai  $U$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$1/U = 1/h_i + X_2/k_2 + X_2/k_2 + X_3/k_3 + 1/h_o \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana:

$h_i$  = koefisien perpindahan panas konveksi di dalam ruangan,  $(m^2 \cdot ^\circ C)$

$h_o$  = koefisien perpindahan panas konveksi di luar ruangan,  $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$

$X_{1,2,3}$  = ketebalan bahan 1,2 dan 3, (m).

$k_{1,2,3}$  = konduktivitas termal bahan 1, 2 dan 3,  $(W/m \cdot ^\circ C)$

**E.2. Beban Pendinginan dari Produk**

Beban pendinginan dari produk adalah beban pendinginan yang berasal dari produk yang didinginkan dalam *cold storage*. Proses pendinginan pada produk terdapat 3 macam tingkat pendinginan yaitu:

**a. Pendinginan di Atas Titik Beku**

Untuk produk yang didinginkan hingga mencapai titik beku, biasanya tidak memerlukan waktu yang lama. Besarnya panas yang dilepaskan produk tersebut dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = m_{prod} \cdot c_{p,prod} \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana,

$Q_p$  = banyaknya kalor yang diserap dari produk, (kJ)

$m_{prod}$  = massa produk, (kg)

$c_p$  = panas jenis di atas titik beku, (kJ/kg.K)

$\Delta T$  = Perubahan temperatur produk dari awal ke temperatur titik saat mencapai titik beku, ( $^\circ C$ )

**b. Pendinginan Pada Titik Beku**

Pendinginan pada titik beku merupakan proses pelepasan panas laten dari produk pada saat mencapai titik bekunya. Besarnya panas laten yang dilepaskan produk tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan,

$$Q_L = m.L \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan,

Q = Panas laten yang dilepaskan produk, (kJ)

m = massa produk, (kg)

L = kalor laten produk, (kJ/kg)

**c. Pendinginan di Bawah Titik Beku**

Beban pendingin di bawah titik beku merupakan langkah akhir pelepasan panas dari produk. Pendinginan ini biasanya dilakukan pada proses pembekuan produk yang membutuhkan waktu penyimpanan yang cukup lama. Untuk menentukan besarnya panas yang dilepaskan dapat dihitung dengan persamaan,

$$Q_p = m_{\text{prod}} \cdot c_{p,\text{prod}} \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana,  $Q_p$  = banyaknya kalor yang diserap dari produk, (kJ)

m = massa produk, (kg)

$c_p$  = panas jenis di bawah titik beku, (kJ/kg.K)

$\Delta T$  = Perubahan temperatur titik beku ke temperatur di bawah titik beku yang diinginkan, (°C)

**d. Beban Pendinginan Produk Total**

Beban pendinginan produk total diperoleh dengan menjumlahkan ketiga hasil perhitungan beban pendinginan di atas dalam satuan kJ. Hasil perhitungan di atas belum menyertakan waktu yang diperlukan untuk mendinginkan produk dari temperatur awal hingga ke temperatur akhir. Maka untuk menghitung berapa kilo Youle (kJ) panas yang diserap oleh produk yang didinginkan tiap detik (kW) dapat dirumuskan,

$$Q_{\text{produk}} = \frac{q_{\text{total}}}{n \cdot 3600} \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan,

$Q_{\text{produk}}$  = Jumlah panas yang diserap produk tiap detik, (kW)

$n$  = Chilling time (waktu pendinginan), (jam)

$q_{\text{total}}$  = Jumlah panas yang diserap dari produk, (kJ)

Pada persamaan (2.15) menghasilkan beban panas yang merata untuk tiap jam, tetapi pada kenyataannya beban akan terkonsentrasi pada awal pendinginan (beban jam pertama akan lebih besar dari pada jam kedua, dan seterusnya). Supaya kapasitas peralatan mampu mengatasi beban yang lebih besar di awal pendinginan, maka dalam perhitungan beban produk digunakan faktor koreksi yang disebut *Chilling Rate Factor (RF)*, sehingga persamaan (2.17) dapat ditulis dengan,

$$Q_{\text{produk}} = \frac{q_{\text{total}}}{n \cdot 3600 \cdot RF} \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan, RF adalah *chilling rate factor* dari produk (nilai RF dapat dilihat pada tabel pada lampiran B.4).

**E.3. Beban Pendinginan Pertukaran Udara (*Air Change Cooling Load*)**

Udara luar yang masuk ke ruangan pendingin bisa menjadi beban pendinginan. Udara masuk bisa sebagai ventilasi (sengaja dimasukan) dan karena buka atau menutupnya pintu atau karena kebocoran pada celah-celah yang ada. Untuk udara ventilasi yang diketahui jumlahnya, maka besarnya beban pendinginan dapat dihitung,

$$Q_v = m_{ud} \cdot (h_o - h_i) \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana,  $m_{ud}$  = massa udara, (kg)

$h_o$  = enthalpi udara luar, (kJ/kg)

$h_i$  = enthalpi udara dalam, (kJ/kg)

Besarnya pertukaran udara tergantung pada ukuran pintu, frekuensi buka-tutup pintu. Dalam operasional *cold storage* beban pendinginan dari pertukaran udara cukup sulit ditentukan, karena buka-metutupnya pintu *cold storage* tidak dapat ditentukan secara pasti.

#### E.4. Beban Pendinginan Lain-Lain (*Miscellaneous Cooling Load*)

Beban pendinginan lain-lain ini merupakan beban pendinginan yang berasal dari panas yang dihasilkan oleh beberapa peralatan yang dipakai dalam *cold storage* meliputi; motor kompresor, lampu, beban pekerja untuk *cold storage* ukuran besar.

##### a. Beban Motor Kompresor

Beban pendinginan dari motor kompresor dapat dihitung dengan menggunakan, persamaan;

$$Q = \frac{t.n.P_{mot}}{f_c \cdot 24 \text{ jam}} \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.20)$$

- dimana,
- $P_{mot}$  = daya motor, Watt
  - $n$  = jumlah motor
  - $t$  = lama pemakaian, jam
  - $f_c$  = faktor koreksi

##### b. Beban Lampu

Beban pendingin yang berasal dari lampu dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{n.P_L \cdot t}{24 \text{ jam}} \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan,  $P_L$ ,  $n$  dan  $t$  berturut adalah daya lampu (Watt), jumlah lampu dan waktu pemakaian lampu (jam).

### E.5. Beban Pendinginan Total *Cold Storage*

Beban pendinginan total merupakan jumlah keseluruhan dari beban-beban tersebut di atas yaitu:

$$Q_{tot} = Q_{transmisi} + Q_{produk} + Q_{air\ change} + Q_{lain-lain} \dots\dots\dots (2.22)$$

Beban pendinginan total digunakan untuk menentukan besarnya kapasitas peralatan yang diperlukan, terutama pemilihan kondensing unit dan kompresor untuk.

### F. Prestasi Kerja Mesin Pendingin

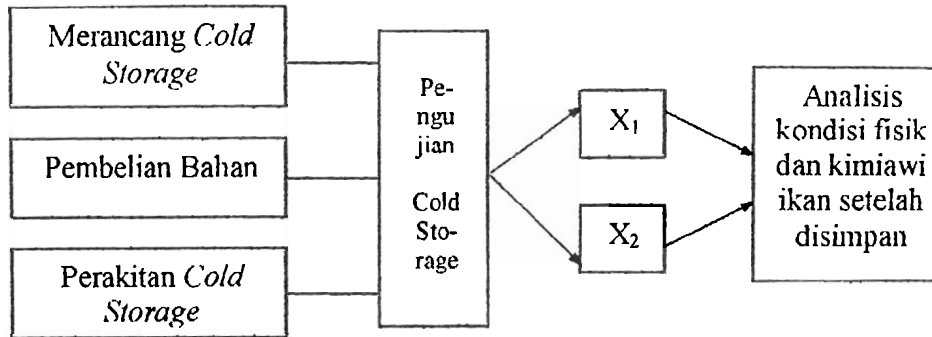
Prestasi kerja mesin pendingin dinyatakan dalam bentuk perbandingan antara laju efek pendinginan pada evaporator (manfaat yang diperoleh untuk mendinginkan produk),  $Q_c$  dengan daya kompresor yang diberikan,  $W_k$ . Prestasi kerja mesin pendingin disebut juga *Coefficient Of Performance (COP)*. Dalam bentuk persamaan matematis COP ditulis dengan,

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_{e1\ prod}}{W_k} = \frac{m_{prod} \cdot C_{p,prod} \cdot (T_{awal} - T_{akhir})}{V.I. \cos \phi \cdot t} \\ &= \frac{(h_4 - h_1)}{(h_2 - h_1)} \dots\dots\dots (2.23) \end{aligned}$$

Dalam praktek nilai COP untuk mesin pendingin yang baik, berkisar antara 1 hingga 5 hal ini tergantung dari jenis refrigeran, tekanan kerja, efektivitas penukar kalor dan usia mesin pendingin.  $t$  adalah waktu yang dibutuhkan mesin pendingin untuk mencapai temperatur terendah dalam ruang pendingin.

## G. Kerangka Konseptual

Berdasarkan latar belakang masalah dan kajian teoritis serta untuk memahami secara sederhana penelitian ini, maka kerangka konseptual penelitian ini adalah sebagai berikut;



Keterangan:  $X_1$  = Penyimpanan ikan tanpa direndam air laut

$X_2$  = Penyimpanan ikan dengan direndam air laut

## H. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian dalam kajian teoritis, maka hipotesis penelitian ini disusun sebagai berikut:

1. Bagaimanakah merancang dan membuat *cold storage* untuk penyimpanan dan pengawetan ikan.
2. Terdapatkah perbedaan karakteristik fisik dan kimiawi ikan yang disimpan antara tanpa direndam dalam air laut dan dengan ikan yang direndam dalam air laut.

### **BAB III**

#### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

##### **A. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui cara merancang dan membuat *cold storage* yang digunakan untuk tempat penyimpanan ikan.
2. Untuk mendapatkan informasi sejauh mana pengaruh teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut dan dengan merendam ikan dalam air laut terhadap kondisi fisik dan kimiawi ikan yang disimpan dalam *cold storage*.

##### **B. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan masukan bagi perancang dan pembuat *cold storage* untuk membuat rancangan yang lebih baik dimasa yang akan datang.
2. Untuk mendapatkan informasi tentang upaya bagaimana teknik penyimpanan ikan dalam *cold storage* yang lebih baik, apakah penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut ataukah dengan merendam ikan dalam air laut.
3. Untuk mengetahui karakteristik fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan dalam *cold storage*.



## BAB IV METODE PENELITIAN

### A. Wilayah Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perencanaan dan Pengujian Mesin (PPM) Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Sedangkan waktu pelaksanaan penelitian ini, mulai dari pembuatan alat hingga selesai penulisan laporan penelitian direncanakan minimal selama 10 (sepuluh) bulan.

### B. Objek Penelitian

Topik penelitian ini adalah merancang bangun *cold storage* serta analisis karakteristik fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan. Sebagai objek dari penelitian ini adalah *cold storage* dan teknis penyimpanan ikan tanpa direndam air laut dan dengan direndam air laut. Selain itu dilakukan juga analisis karakteristik fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan dalam *cold storage*.

### C. Disain Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian dan untuk membuktikan kebenaran hipotesis yang diajukan, maka dilakukan beberapa langkah antara lain; merancang dan membuat alat penelitian (*cold storage*), percobaan pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data.

Andapun yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kondisi fisik dan kimiawi ikan yang disimpan, distribusi temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan bola basah ( $T_{wb}$ ) dalam ruangan, waktu pencapaian temperatur terendah dalam ruang serta *Coefficient Of Performance (COP)* mesin pendingin. Sedangkan yang menjadi variabel terikat dalam penelitian ini adalah teknis penyimpanan ikan tanpa direndam dalam air laut dan ikan yang direndam dalam air laut.

Pengambilan data dilakukan pertama saat *cold storage* dalam kondisi kosong dan kondisi berisi ikan baik yang tanpa direndam dalam air laut maupun dengan direndam dalam air laut. Pencatatan temperatur dilakukan setiap 15 menit melalau celah intip yang sengaja dibuat pada pintu *cold storage*.

#### **D. Merangkai Alat Penelitian**

Rangkaian alat penelitian (*cold storage*) dapat dilihat pada Lampiran A laporan ini. Pada gambar tersebut *cold storage* dibagi atas beberapa komponen diantaranya rangka, gambar utuh *cold storage*, pandangan depan dan pandangan belakang.

Di dalam *cold storage* juga dibuat rak-rak sebagai tempat untuk meletakkan produk yang akan disimpan. *Cooling unit* yang terdiri dari; evaporator, blower/fan, timer dan heater dari mesin pendingin, ditempatkan pada bagian atas dalam ruangan *cold storage*. Sedangkan *condensing unit* yang terdiri dari; kondensor, blower/fan dan kompresor diletakan pada bagian belakang di luar ruang *cold storage*.

Alat sensor temperatur termostat (*bimetal*) diletakan di bagian bawah evaporator. Termostat berfungsi untuk mengontrol temperatur dalam ruangan. Alat ini diseting sedemikian rupa sehingga suhu dalam ruangan *cold storage* dapat diatur. Alat ukur temperatur bola kering ( $T_{ab}$ ) dan temperatur bola basah ( $T_{wb}$ ) dalam ruangan diletakan pada masing-masing rak dalam *cold storage*.

#### **E. Kondisi Perancangan *Cold Storage***

*Cold storage* dirancang untuk penyimpanan dan pengawetan ikan dengan masa 100 kg. Agar kualitas ikan dalam *cold storage* terjaga maka temperatur akhir produk dirancang  $-1^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan udara dalam ruangan dibawah 0,25 m/dt. Temperatur awal produk diasumsikan sekitar  $30^{\circ}\text{C}$  sama dengan temperatur udara

- Nilai koefisien perpindahan panas konveksi ( $h_c$ ) untuk kecepatan udara diasumsikan  $<0,25$  m/dt dan dinding licin adalah;  $h_c = 5,50 + 2,70 \cdot V$  (ASHRAE Handbook, 1977), dengan V adalah kecepatan udara.

### E.3. Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

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

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

$$= \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_o}}$$

dari data perencanaan, maka diperoleh nilai U,

$$U = \frac{1}{\frac{1}{5,5 + 2,7 \cdot (0,25)} + \frac{0,005 \text{ m}}{202 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} + \frac{0,04 \text{ m}}{0,043 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} + \frac{0,005}{202 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} + \frac{1}{5,5 + 2,7 \cdot (0,25)}}$$

$$U = 0,797373 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

### F. Beban Pendinginan Pada Cold Storage

Beban pendinginan pada penelitian ini diperkirakan hanya berasal dari panas yang berasal dari luar ruangan melalui dinding atau transmisi (*wall gain cooling load*) dan beban pendinginan yang berasal dari produk yang disimpan. Sedangkan beban pendinginan yang lain seperti diuraikan dalam tinjauan pustaka diabaikan mengingat kondisi proses pendinginan dan konstruksi dari *cold storage*.

#### F.1. Beban Pendinginan Dari Luar Ruangan atau Transmisi (*wall gain cooling load*)

Beban pendinginan dari luar ruangan ke dalam sistem pendinginan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{trans} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$= 0,797373 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 3,96 \text{m}^2 \cdot (30 - (-1))^\circ \text{C}$$

$$= 97,885 \text{ Watt}$$

## F.2. Beban Pendinginan Produk

Beban pendinginan produk dibagi atas tiga macam tingkatan pendinginan yaitu beban pendinginan di atas titik beku, beban pendinginan pada titik beku dan beban pendinginan di bawah titik beku. Temperatur akhir produk dari rekomendasi adalah  $-1,0^\circ\text{C}$ , maka proses pendinginan dalam *cold storage* pada penelitian ini masih di atas titik beku produk ( $-2,25^\circ\text{C}$ ), sehingga beban pendinginan dari produk pada *cold storage* dapat dihitung,

$$Q_p = \frac{m_p \cdot c_p \cdot (T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}})}{n \cdot 3600 \cdot \text{RF}}$$

$$= \frac{100 \text{kg} \cdot 3,18 \text{kJ} / \text{kg} \cdot \text{K} \cdot (30 - (-1))^\circ \text{C}}{(18 \cdot 3600 \cdot 0,67) \text{dt}}$$

$$= 227 \text{ Watt}$$

## F.3. Beban Pendinginan Total Pada *Cold Storage*

Beban pendinginan total dari *cold storage* adalah jumlah keseluruhan beban pendinginan yang ditanggung oleh *cold storage*. Dalam penelitian ini beban pendinginan total *cold storage* dapat dihitung dengan:

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{trans}} + Q_{\text{produk}}$$

$$= 97,885 \text{ Watt} + 227 \text{ Watt}$$

$$= 324,885 \text{ Watt}$$

## **G. Pembuatan dan Perakitan *Cold Storage***

### **G.1. Alat dan Bahan Yang Digunakan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan dan perakitan *cold storage* adalah sebagai berikut:

#### **a. Bahan Untuk Pembuatan Ruang Pendingin**

- Aluminium hollow petak untuk rangka
- Aluminium siku sebagai penghubung dan penjepit dinding
- Aluminium strip sebagai rangka rak dalam ruangan
- Siku penyambung
- Sekrup
- Paku rivet
- Aluminium plat untuk dinding luar dan dalam *cold storage*
- Busa (*stereofom*) sebagai bahan isolasi
- Lem glukol
- Engsel pintu
- Karet pintu
- Roda dudukan

#### **b. Bahan dan Komponen Pembuatan Mesin Pendingin**

- Kompresor tipe hermetis (*hermetic unit*) ½ hp
- Kondensor
- Pipa kapiler/katup ekspansi
- Evaporator
- Filter dan Accumulator.
- Thermostat

- Timer untuk setting waktu operasi
- Blower/fan
- Elemen pemanas (*heater*) untuk mencairkan bunga es pada evaporator

### **c. Alat-Alat Yang Dibutuhkan Untuk Pengerjaan *Cold Storage***

- Mesin bor, mata bor diameter 3,5 mm
- Mesin gergaji potong
- Meteran
- Tang rivet, Obeng dan Kikir
- Martil dan Tang
- Las asitelin dan Las listrik

### **G.2. Proses Pembuatan *Cold Storage***

Proses pengerjaan untuk pembuatan *cold storage* dilakukan dengan pemotongan bahan yang disesuaikan dengan ukuran perencanaan. Bahan yang dipotong disesuaikan dengan posisi letak dari bahan tersebut pada *cold storage*. Diantara proses pengerjaan pada pembuatan *cold storage* ini adalah sebagai berikut:

#### **a) Pemotongan aluminium hollow**

Pemotongan aluminium hollow digunakan sebagai sebagai rangka dari keseluruhan ruang pendinginan *cold storage* yang akan dibuat, yaitu:

- 4 buah dengan panjang 1,2 m digunakan sebagai tiang penyangga.
- 8 buah untuk bagian lantai rangka bawah dan atas, 4 buah dengan ukuran panjang 0,7m dan 4 buah lagi dengan ukuran 0,6 m.

#### **b) Pemotongan aluminium plat**

Pemotongan aluminium plat digunakan sebagai pelapis dinding pada bagian luar dan dalam dari *cold storage*. Untuk *cold storage* yang akan dibuat diperlukan 12

lembar potongan pelat aluminium; 4 lembar berukuran 0,7 m x 1,2 m, 4 lembar berukuran 0,6 m x 1,2 m, dan 4 lembar lagi 0,7m x 0,6m.

**c) Pemotongan busa (*stereofoam*)**

Pemotongan busa (*stereofoam*) dengan ketebalan 4 cm, diperlukan sebagai bahan isolasi dinding *cold storage* agar energi panas tidak banyak masuk ke dalam *cold storage*. Busa (*stereofoam*) yang dipotong sebanyak 6 lembar. Dua lembar berukuran 0,6m x 1,2m, dua lembar berukuran 0,7m x 1,2m, dan dua lembar lagi berukuran 0,7m x 0,6m.

**d) Proses Perakitan Rangka**

Tahap-tahap perakitan rangka adalah sebagai berikut:

▪ **Merakit rangka bagian bawah dengan tiang**

Perakitan rangka bagian bawah dengan tiang di perlukan siku penyambung. Siku penyambung ini berfungsi untuk menyambung rangka bagian bawah dengan tiang. Penyambungan ini di ikat oleh paku rivet yang sebelumnya di bor untuk memasukan paku rivet, untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar (terlampir).

**Perakitan rangka bagian atas dengan tiang**

Untuk perakitan rangka bagian atas dengan tiang hampir sama tekniknya dengan perakitan rangka bawah dengan tiang, yakni penyambungannya masih di bantu dengan siku penyambung. Sedangkan untuk rangka bagian atas karena berada pada bagian atas maka bagian ujung dari rangka ini di potong miring dengan kemiringan 45°. Yang berfungsi untuk menutupi sisa lubang yang ada pada ujung tiang. Untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar (terlampir).

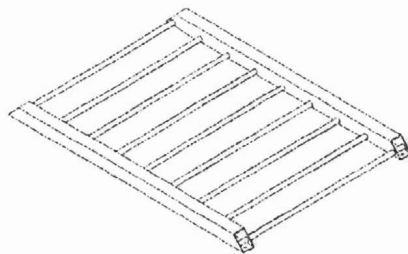
#### e) Proses Pemasangan Dinding

Pemasangan dinding digunakan untuk menutupi ruangan pendingin yang akan di buat yang akhirnya akan terbentuk sebuah kotak. Untuk dinding bagian kiri berukuran 1,2m x 0,6m, yang di lapiasi oleh 3 lapisan. Untuk lapisan bagian dalam dilapiasi aluminium plat, bagian luar dilapiasi juga oleh aluminium plat, dan bagian tengah di lapiasi oleh busa (*stereof foam*), bagian luar dilapiasi juga oleh aluminium plat.

Sedangkan untuk pemasangan dinding bagian kanan mulai dari ukuran, lapisan, dan teknik cara pemasangannya adalah sama dengan pemasangan dinding sebelah kiri. Demikian juga untuk pemasangan dinding bagian belakang, atas dan bawah akan tetapi ukurannya saja yang berbeda.

#### f) Proses Pembuatan Rak-Rak Pendingin

Pembuatan rak-rak berfungsi sebagai peletakan produk yang akan dimasukkan kedalam Cool Storage. Jumlah rak-rak dibuat 2 buah dengan jarak yang sama. Proses pembuatan rak-rak dibuat dari bahan aluminium pipa seperti jeruji besi.



Gambar 4.1. Rak Pendingin

#### g) Proses Pemasangan Pintu dan Engsel

Pintu pada *cold storage* berfungsi sebagai tempat keluar masuknya produk yang akan didinginkan. Untuk *cold storage* pada penelitian ini pintu dibuat sedemikian rupa sehingga selain berfungsi sebagai tempat keluar masuknya produk,



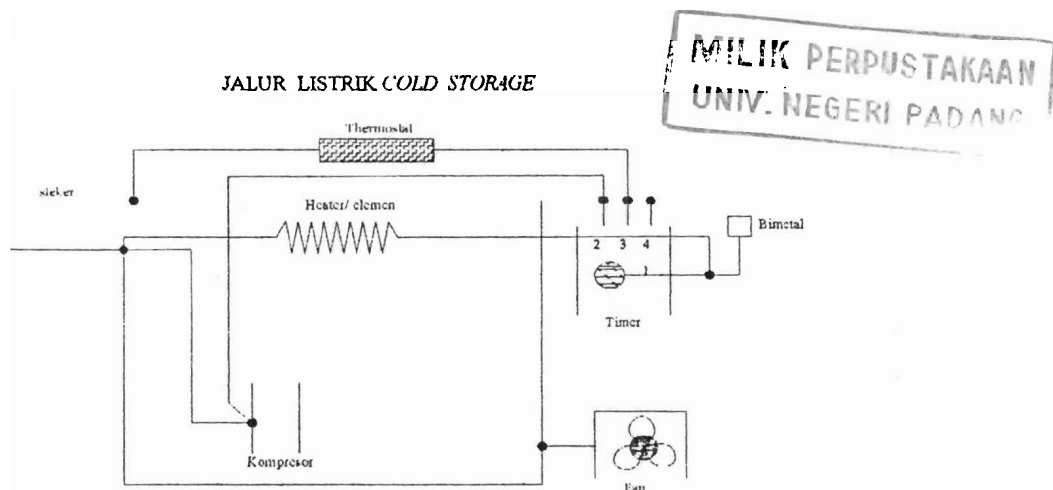
pintu juga berfungsi untuk mencegah energi panas yang akan masuk ke ruangan pendinginan. Pintu dipasang di tiang penyangga dengan dibantu oleh engsel. Ukuran pintu yang dibuat adalah ukuran 100cm x 50cm dan ditengah-tengah pintu dibuat celah intip dua buah ukuran 20cmx 10cm yang dilapisi kaca transparan.

#### **h) Proses Pemasangan Roda**

Roda pada *cold storage* berfungsi untuk memudahkan operator jika ingin memindahkan *cold storage* dari suatu lokasi ke lokasi lain. Roda di pasang empat buah yang di letak kan pada tiap sudut. Pemasangan roda di beri besi siku yang di las dengan las listrik.

#### **j) Proses Pemasangan Jaringan Listrik Pada *Cold Storage***

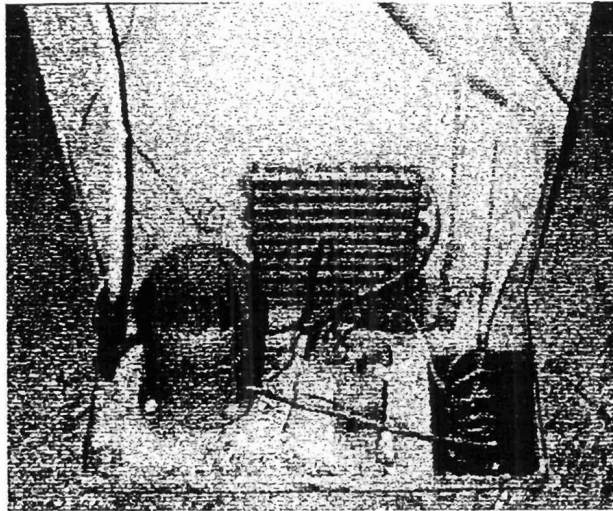
Pada *cold storage* jalur listriknya dapat dilihat seperti pada gambar 4.2 di bawah.



Gambar 4.2. Jalur Listrik *Cold Storage*

#### **g) Merangkai Komponen Utama Mesin Pendingin**

Komponen-komponen utama mesin pendingin dirangkai secara seri dengan menggunakan pipa tembaga. Pipa tembaga juga sekaligus berfungsi sebagai saluran refrigeran pada mesin pendingin. Bentuk akhir dari rangkaian *cold storage* dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rangkaian komponen utama *Cold Storage*.

## H.. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah penting selanjutnya. Dalam tahap ini dilakukan kegiatan pengukuran dan pencatatan data, yaitu; pencatatan temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan temperatur bola basah ( $T_{wb}$ ) pada masing-masing rak *cold storage*, temperatur udara lingkungan, pengukuran kuat arus (I) dan tegangan listrik (V) masuk ke mesin pendingin. Pencatatan data dilakukan setiap 15 menit, selama proses pengambilan data pengujian yaitu 6 jam. Sebelum pencatatan data dimulai, *cold storage* dibiarkan terlebih dahulu dalam kondisi stabil.

### H.1. Metoda Pengujian *Cold Storage*

Pengujian *cold storage* penulis lakukan dengan beberapa tahapan pengujian yaitu:

#### a. Pengujian *Cold Storage* Kosong

Pengujian kosong dilakukan dengan tujuan untuk melihat distribusi temperatur dalam ruang *cold storage* dan untuk mengetahui prestasi kerja dari *cold storage*. Pengujian kosong ini dilakukan selama 6 jam, tiap 15 menit perubahan temperatur

dalam ruang *cold storage* dicatat, begitu juga dengan kuat arus dan tegangan listrik yang masuk ke mesin pendingin.

#### **b. Pengujian *Cold Storage* Berisikan Ikan**

Pengujian *cold storage* yang diisi dengan ikan laut juga dibedakan atas dua teknik penyimpanan yaitu teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut dan teknik penyimpanan ikan dengan merendam dalam air laut. Lama pengujian yang dilakukan juga dalam waktu 6 jam. Tiap 15 menit data temperatur dalam *cold storage* dicatat demikian juga dengan kuat arus (I) dan tegangan listrik (V) yang masuk ke mesin pendingin.

Masing-masing rak dimasukkan ikan rata-rata 6 kg. Proses pendinginan ikan dengan teknik penyimpanan tanpa direndam dalam air laut dan dengan direndam dalam air laut dilakukan secara bersamaan. Hal ini dimaksudkan agar selama proses pendinginan segala gejala atau fenomena yang akan terjadi dalam *cold storage* akan dialami secara bersamaan oleh kedua teknik penyimpanan tersebut. Dengan demikian proses perbandingan terhadap kondisi fisik ikan yang disimpan dari dua teknik penyimpanan yang berbeda dapat dilakukan dengan baik.

### **H.2. Langkah-Langkah Pengujian**

Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan pada penelitian adalah:

#### **a. Menyediakan alat dan bahan pengujian**

- Alat pendingin *cold storage*
- Termometer bola kering ( $T_{db}$ ) dan bola basah ( $T_{wb}$ )
- Stop Watch/Pencatat waktu
- Alat penerang/senter
- Timbangan dan Pulpen

- Air laut dan sampel ikan segar (yang baru dibeli di TPI) yang akan diuji dan wadah tempat air laut

## **b. Prosedur Pengujian**

Prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah:

- 1) Pastikan *cold storage* dalam kondisi baik untuk beroperasi.
- 2) Pasang termometer bola kering ( $T_{db}$ ) dan bola basah ( $T_{wb}$ ) pada masing-masing rak dan udara lingkungan.
- 3) Catat kondisi fisik ikan sebelum dimasukkan ke dalam *cold storage* dan dokumentasikan.
- 4) Masukkan ikan yang akan diuji ke dalam *cold storage* masing-masing rak 6 kg.
- 5) Hidupkan mesin pendingin *cold storage*.
- 6) Biarkan *cold storage* hidup selama 15 menit agar kondisi temperatur dalam ruangan pendingin stabil.
- 7) Setiap 15 menit catat perubahan temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan bola basah ( $T_{wb}$ ) masing-masing rak pendinginan, catat pula perubahan kuat arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ) listrik yang masuk ke mesin pendingin.
- 8) Lakukan pencatatan selama waktu pengujian 6 jam.
- 9) Akhir dari setiap pengujian amati kondisi fisik ikan dan dokumentasikan.
- 10) Setelah dilakukan penyimpanan selama 6 hari berturut-turut lakukan analisis karakteristik kimiawi (kadar air, protein dan lemak) ikan yang disimpan dengan teknik tanpa merendam dengan air laut dan dengan merendam dengan air laut. Analisis kimiawi dilakukan di Balai POM Padang Po. Box. 172 Jalan Gajah Mada Gunung Pangilun Padang. Hasil analisis kimiawi dibandingkan antara ikan

yang baru (segar), ikan yang disimpan tanpa merendam dengan air laut dan dengan direndam air laut.

## **I. Analisis Data**

Dari data yang diperoleh dari hasil penelitian maka dilakukan analisis data, antara lain:

1. Menghitung kapasitas pendinginan mesin pendingin ( $Q_e$ ) dan laju pendinginan produk ( $Q_p$ ), serta melihat distribusi temperatur pendinginan masing-masing rak dalam *cold storage*.
2. Mencatat lamanya proses pencapaian temperatur terendah yang bisa dihasilkan oleh mesin pendingin *cold storage*.
3. Menghitung *Coefficient Of Performance (COP)* dari mesin pendingin.
4. Menganalisa karakteristik fisis ikan hasil penyimpanan, baik penyimpanan dengan teknik tanpa merendam ikan dalam air laut maupun dengan merendam ikan dalam air laut.
5. Mengalisa karakteristik kimiawi (kadar air, protein dan lemak) ikan hasil penyimpanan. Analisis kimia dilakukan dengan meminta bantuan tenaga ahli kimia di Balai Pengawas Obat dan Makanan (POM) Padang, d.a. Jalan Gajah Mada Po. Box. 172 Gunung Pangilum, Padang, Sumatera Barat.

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

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

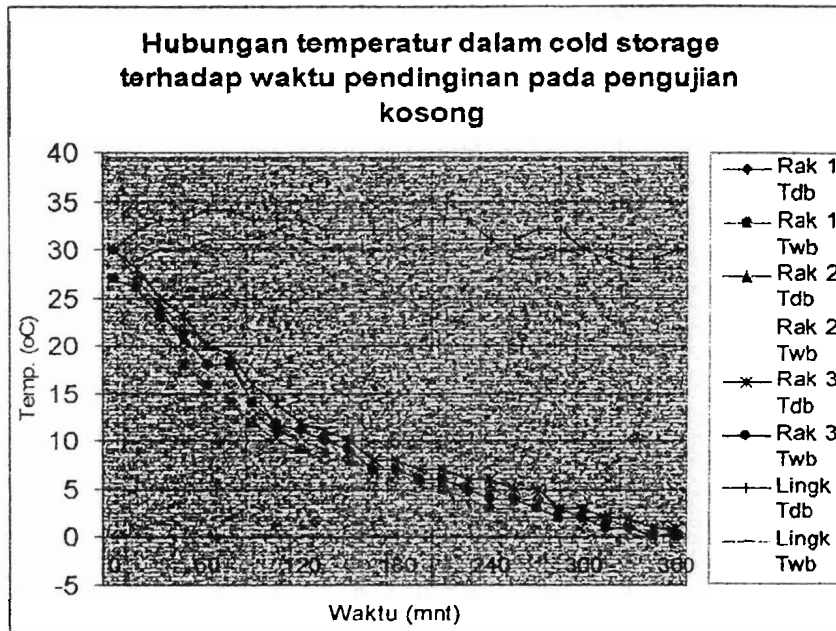
Dari penelitian yang peneliti lakukan di Laboratorium Perencanaan dan Pengujian Mesin Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang terhadap *cold storage* yang peneliti buat dan setelah dilakukan pengolahan data, maka didapat hasil seperti terlihat pada Lampiran C.

Pengujian terhadap *cold storage* hasil rancangan dibedakan atas; pengujian kosong dan pengujian yang diisi dengan ikan. Pada pengujian yang diisi dengan ikan dilakukan selama 6 hari berturut-turut dengan lama pengujian setiap hari adalah 6 jam. Teknik penyimpanan ikan dalam *cold storage* dibedakan atas penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut dan dengan merendam ikan dalam air laut. Setiap 15 menit data-data pengukuran dicatat dan ditabulasikan. Untuk setiap akhir pengujian dilakukan pengecekan terhadap kondisi fisik ikan; warna kulit, kondisi daging dan warna insang lalu difoto untuk dokumentasi (lihat Lampiran E).

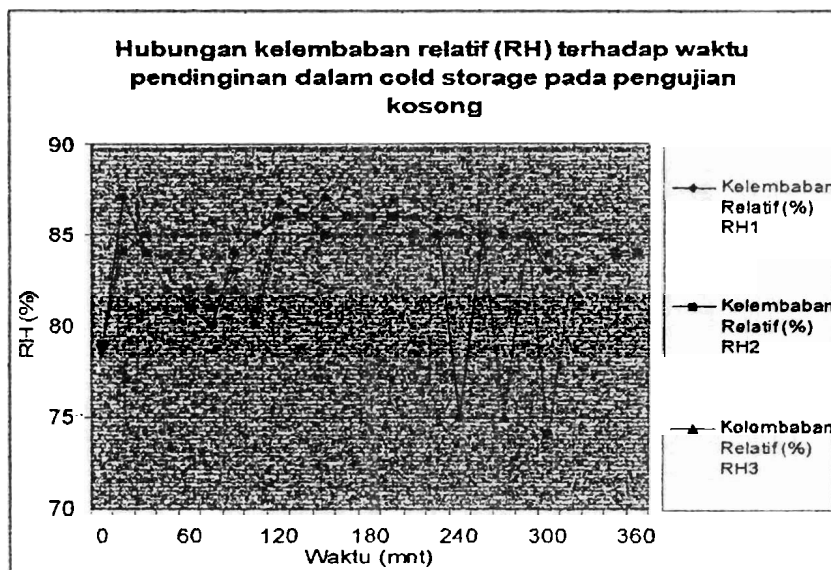
#### **B. Pembahasan**

##### **B.1. Pengujian *Cold Storage* dalam Kondisi Kosong**

Berdasarkan data hasil pengujian untuk *cold storage* dalam kondisi kosong seperti pada tabel C.1. (Lampiran C) terlihat bahwa; distribusi temperatur dalam ruangan *cold storage* cukup merata. Hal ini terlihat dari perbedaan perubahan temperatur pendinginan untuk masing-masing rak dalam *cold storage* terhadap waktu selama proses pendinginan berkisar hanya antara 1-2°C untuk rak 1 dan rak 2. Sedangkan beda antara rak 1 dan rak 3 berkisar antara 2-3°C. Hal ini terjadi oleh karena posisi dari peletakan evaporator sebagai sumber udara dingin berada pada



Gambar 5.1. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian kosong.



Gambar 5.2. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian kosong

Gambar 5.2 memperlihatkan hubungan kelembaban relatif (RH) dalam ruang *cold storage* terhadap waktu pendinginan. Dari data pengujian diperoleh bahwa rata-

rata kelembaban dalam ruangan *cold storage* berkisar antara 80% hingga 85%. Angka ini sesuai dengan kriteria rekomendasi rancangan untuk RH yang diizinkan. Dimana RH dari rekomendasi rancangan yang diizinkan adalah 80-85%. Sedangkan unjuk kerja mesin pendingin yang diperoleh dari persamaan (2.23) berkisar 1,9.

## **B.2. Pengujian *Cold Storage* Berisi Ikan Hari Pertama**

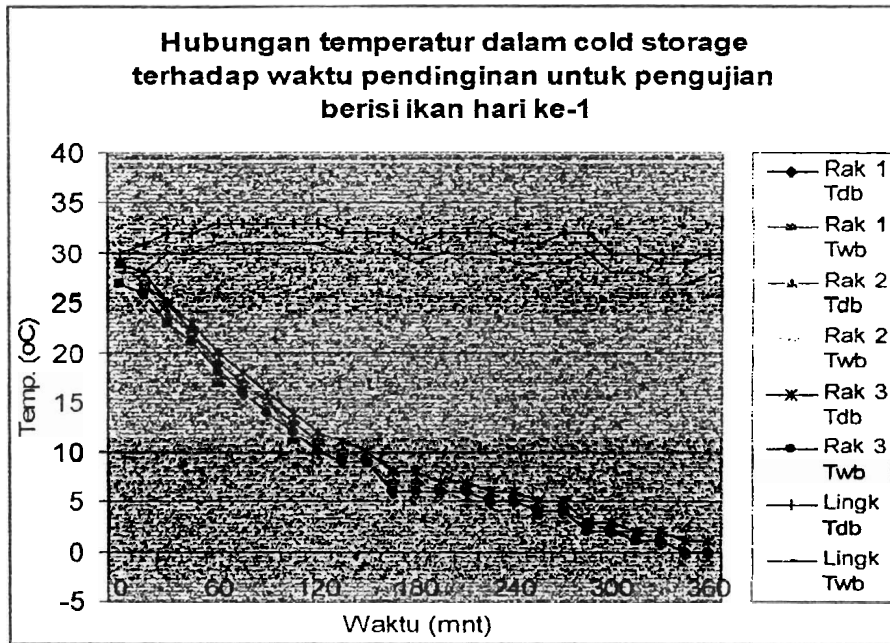
Hasil pengujian *cold storage* berisi ikan hari pertama seperti pada tabel C.2. (Lampiran C) .Dari tabel C.2 terlihat bahwa; secara umum temperatur dalam *cold storage* terdistribusi cukup merata di seluruh ruangan, perbedaannya pada masing-masing rak tidak terlihat secara signifikan. Pencapaian temperatur terendah Tdb terjadi hampir merata terutama pada rak 1 dan 2 yaitu 0 °C, disusul oleh rak 3 yaitu 1°C, sedang untuk Twb adalah untuk rak 1, dan 2 yaitu -1°C, sedangkan rak 3 yaitu 0°C. Fenomena ini diestimasi penyebabnya adalah hampir sama dengan saat pengujian *cold storage* dalam kondisi kosong, dimana posisi sumber udara dingin (evaporator) berada pada bagian atas ruang *cold storage*.

Pada awal-awal proses pendinginan juga terjadi fenomena dimana laju penurunan temperatur berlangsung dengan cepat sampai mendekati nilai 6 atau 5°C, setelah itu penurunan temperatur semakin lambat.

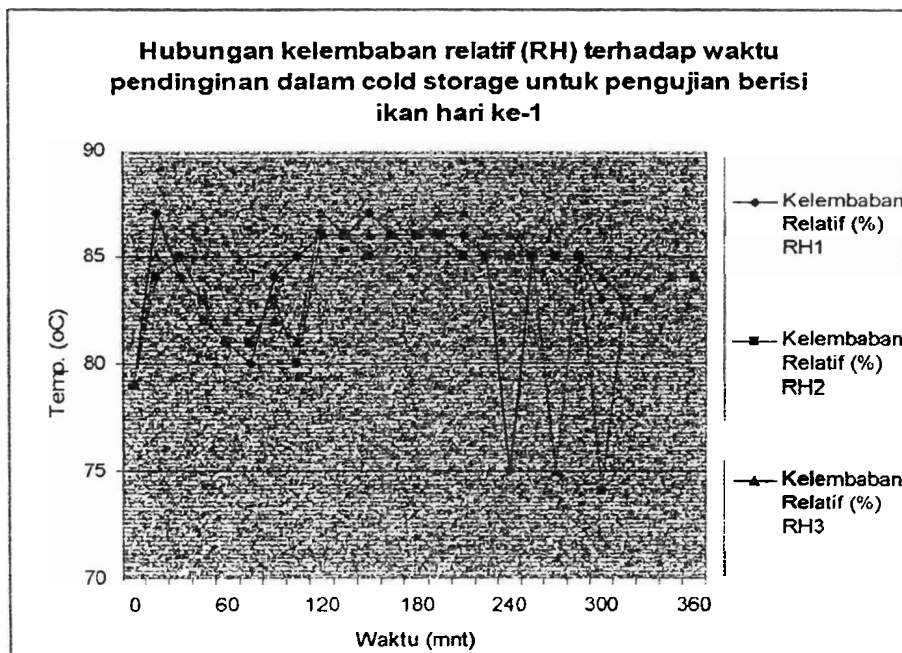
Dari tabel C.9 terlihat bahwa kelembaban relatif udara dalam ruang *cold storage* berkisar antara 81% hingga 87%. Angka ini sudah memenuhi kriteria kelembaban relatif seperti yang direkomendasikan oleh rancangan penelitian. Sedangkan dari gambar 5.4 terlihat bahwa adanya kecenderungan pada rak 1 mempunyai nilai kelembaban relatif (RH) lebih besar dibanding rak 2 dan rak 3. Akan tetapi masih dalam batas toleransi perancangan. Dengan menggunakan persamaan (2.23) diperoleh bahwa prestasi kerja dari *cold storage* atau *Coefficient of*



Performance (COP) mesin pendingin pada pengujian berisi ikan hari pertama adalah 1,9.



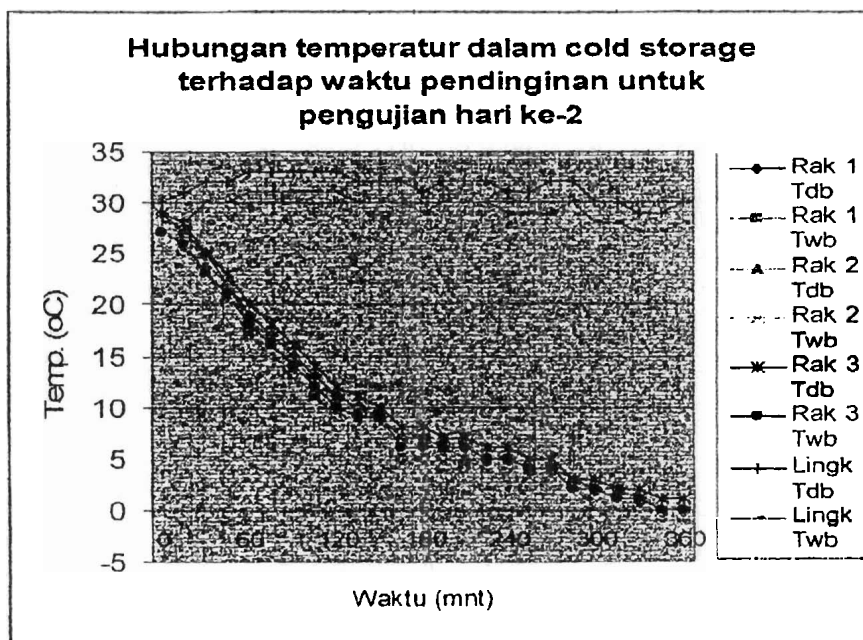
Gambar 5.3. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari pertama.



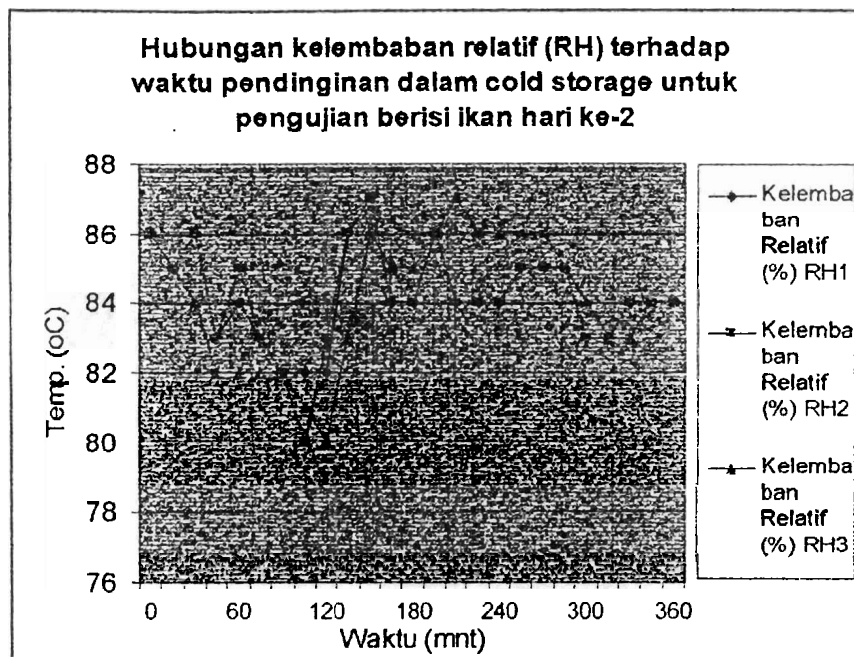
Gambar 5.4. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari pertama.

### B.3. Pengujian *Cold Storage* Berisi Ikan Hari Kedua

Dari data hasil pengujian *cold storage* hari kedua terlihat bahwa data yang dihasilkan tidak terlalu jauh berbeda dengan data pengujian pada hari pertama. Karena memang kondisi pengujian yang diseting pada pengujian berisi ikan hari kedua tidak berbeda dengan setingan kondisi pada pengujian hari pertama. Dari tabel C.3. (Lampiran C) terlihat rata-rata temperatur dalam pendingin relatif sama dengan selisih antara 1- 2°C untuk rak 1 dan rak 2 serta 2- 3°C antara rak 1 dan rak 3. Kondisi seperti tidak terlalu berpengaruh kepada produk ikan yang disimpan. Fenomena laju penurunan temperatur tetap lebih cepat diawal-awal proses pendinginan dan setelah sampai mendekati nilai temperatur 6 atau 5°C penurunannya semakin lambat. Temperatur bola kering (Tdb) terendah yang dicapai pada pengujian hari kedua terjadi pada rak 1, rak 2 dan rak 3 yaitu 0°C.



Gambar 5.5. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kedua.



Gambar 5.6. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kedua.

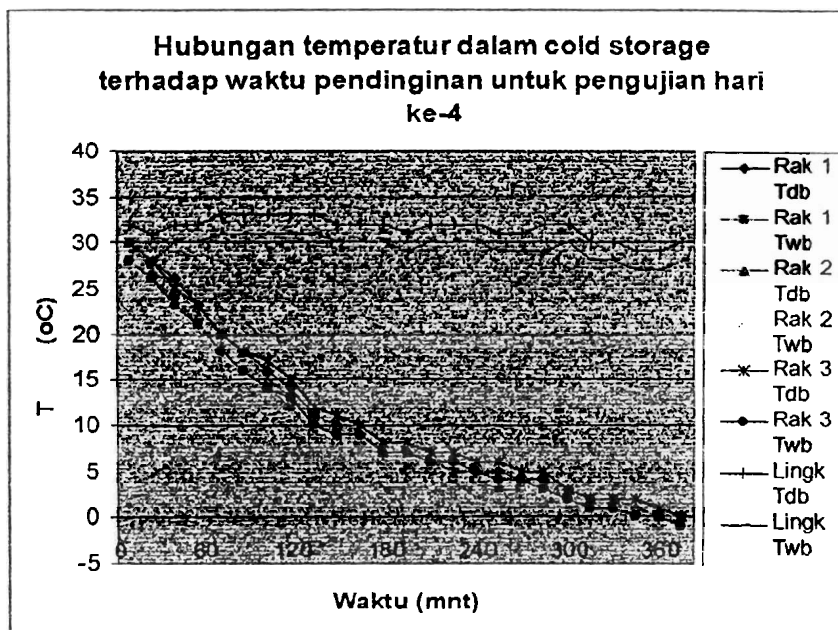
Dari gambar 5.6 terlihat bahwa kelembaban relatif udara dalam ruang *cold storage* berkisar antara 80% hingga 87%. Angka ini memenuhi kriteria kelembaban relatif (RH) seperti yang direkomendasikan oleh rancangan penelitian. Sedangkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) mesin pendingin pada pengujian berisi ikan hari kedua adalah 1,9.

#### **B.4. Pengujian *Cold Storage* Berisi Ikan Hari Ketiga**

Pengujian *cold storage* pada hari ketiga dengan produk yang sama menghasilkan data yang tak jauh berbeda dengan hasil pengujian pada hari pertama dan kedua. Dari tabel C.4. (Lampiran C) dan gambar 5.7 terlihat bahwa sebaran temperatur udara dalam ruangan cukup merata dan capaian temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) terendah juga terjadi pada rak 1, rak 2 dan rak 3 yaitu 0°C.

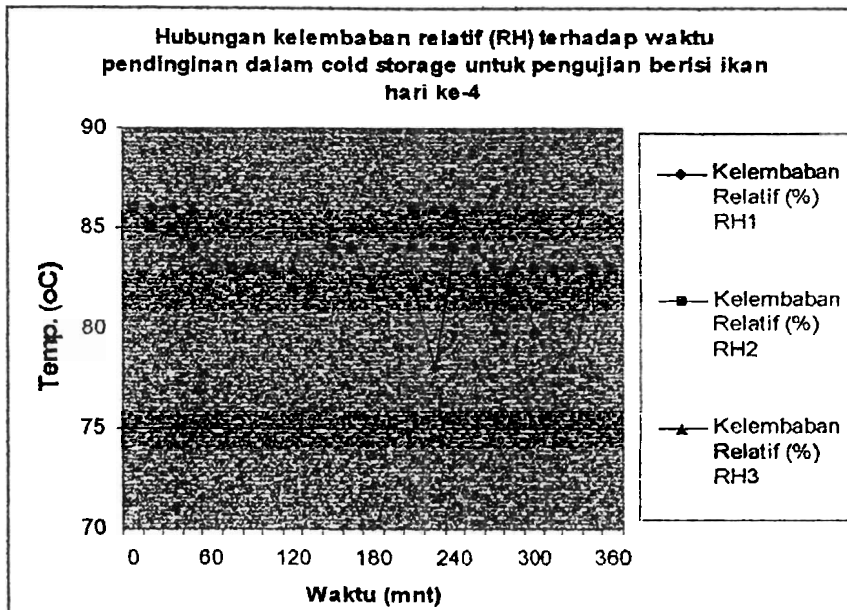
### B.5. Pengujian *Cold Storage* Berisi Ikan Hari Keempat

Pengujian *cold storage* pada hari keempat dengan produk yang sama juga menghasilkan data yang tak jauh berbeda dengan hasil pengujian pada hari pertama, kedua dan ketiga. Dari tabel C.5. (Lampiran C) terlihat bahwa sebaran temperatur udara dalam ruangan cukup merata dan capaian temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) terendah juga terjadi pada rak 1, rak 2 dan rak 3 yaitu  $0^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 5.9. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari keempat.

Kelembaban relatif udara dalam ruang *cold storage* pada pengujian hari ketiga berkisar antara 78% hingga 86% seperti terlihat pada gambar 5.10. Nilai *Coefficient of Performance* (COP) mesin pendingin pada pengujian berisi ikan hari ketiga adalah 1,9.

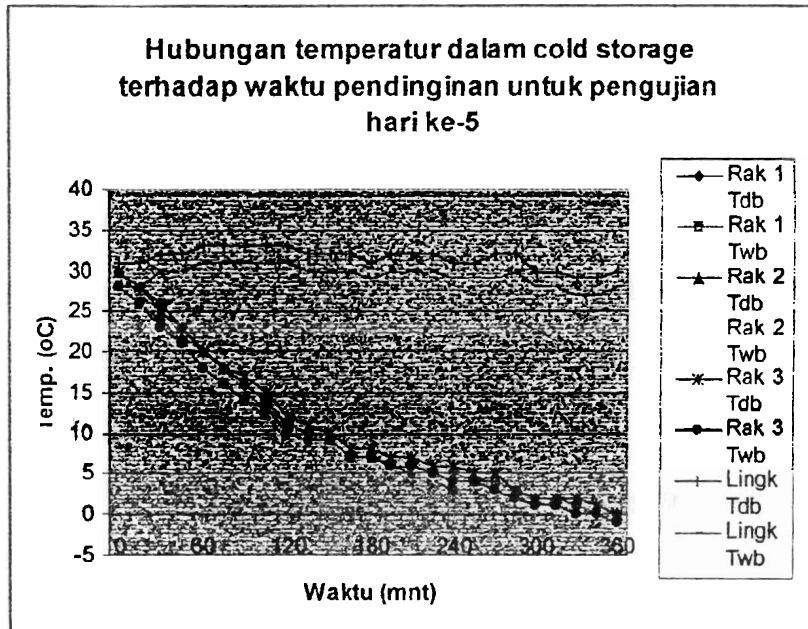


Gambar 5.10. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari keempat.

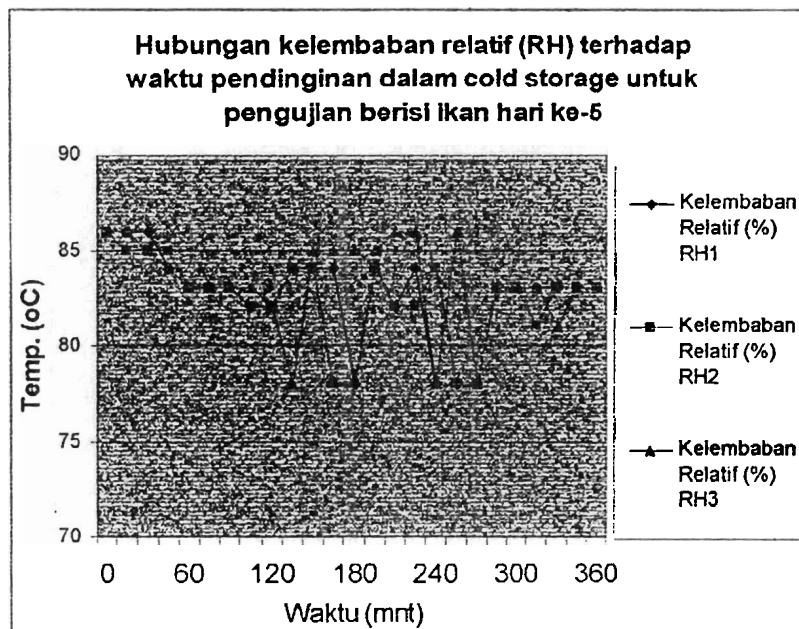
#### B.6. Pengujian *Cold Storage* Berisi Ikan Hari Kelima

Pengujian *cold storage* pada hari kelima menghasilkan data yang tak jauh berbeda dengan hasil pengujian pada hari keempat. Produknya sama dan setingan pengujiannya juga sama. Dari tabel C.6. (Lampiran C) terlihat bahwa sebaran temperatur udara dalam ruangan cukup merata dan capaian temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) terendah pada rak 1, rak 2 dan rak 3 yaitu  $0^{\circ}\text{C}$ .

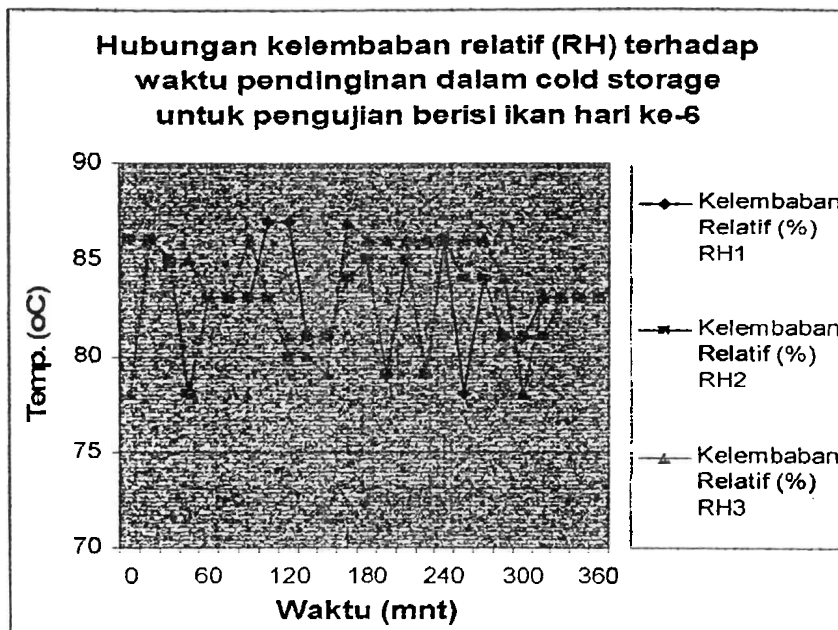
Kelembaban relatif udara dalam ruang *cold storage* pada pengujian hari ketiga berkisar antara 78% hingga 86% seperti terlihat pada gambar 5.12. Nilai *Coefficient of Performance* (COP) mesin pendingin pada pengujian berisi ikan hari ketiga adalah 1,9



Gambar 5.11. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kelima.



Gambar 5.12. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kelima.



Gambar 5.14. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari kelima.

### B.8. Analisis Fisik dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan dalam *Cold Storage*

Analisis karakteristik fisik ikan hasil penyimpanan dalam *cold storage* meliputi kondisi warna kulit, daging dan warna insang ikan. Jenis ikan yang disimpan pada penelitian ini adalah ikan tongkol. Masing-masing rak dimasukkan ikan sekitar 5 kg dalam kondisi segar. Pada rak 2 proses penyimpanannya dibedakan atas dua cara yaitu; tanpa direndam air laut dan dengan direndam air laut. Perbandingan kondisi fisik ikan sebelum dan sesudah disimpan dalam *cold storage* dapat dilihat pada tabel C.2. hingga Tabel C.7. (Lampiran C).

Analisis karakteristik kimiawi (kadar air, protein dan lemak) ikan hasil penyimpanan dalam *cold storage* dilakukan dengan bantuan tenaga ahli bidang kimia di Balai Pengawas Obat dan Makanan (POM) Padang, Jalan Gajah Mada Po. Box. 172 Gunung Pangilun Padang, Sumatera Barat dengan rincian hasil seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil analisis karakteristik kimiawi ikan sebelum dan sesudah disimpan dalam *cold storage*

No	Jenis Ikan	Teknik Penyimpanan	Kandungan			Ket
			Air	Protein	Lemak	
1	Tongkol	Sebelum disimpan	69,43%	28,55%	5,83%	
2	Tongkol	Disimpan tanpa direndam air laut	68,91%	27,45%	5,53%	
3	Tongkol	Disimpan dengan direndam air laut	72,90%	25,64%	4,56%	

Sumber : Hasil pengujian oleh Balai POM Padang

Dari Tabel 5.1. terlihat bahwa selama proses penyimpanan dalam *cold storage* ditinjau dari teknik penyimpanan yakni; teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut mengalami penurunan kadar air 0,52%, protein 1,1 % dan lemak 0,3% dari kondisi ikan sebelum disimpan. Sedangkan untuk teknik penyimpanan dengan merendam ikan dalam air laut mengalami peningkatan kadar air 3,47%, penurunan kadar protein 2,91% dan lemak 1,27%.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

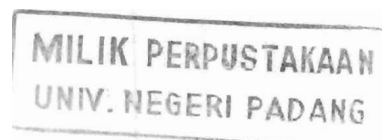
#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap *cold storage* pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Cold storage* hasil rancang bangun pada penelitian ini dapat digunakan untuk penyimpanan ikan dalam rentang waktu 1 minggu dengan capaian temperatur terendah sekitar 0°C sampai -1°C.
2. Berdasarkan analisa fisik hasil penyimpanan dengan teknik merendam ikan dalam air laut, lebih baik dari pada teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut.
3. Teknik penyimpanan dengan merendam ikan dalam air laut, dapat mempertinggi kadar air dalam ikan dan mengurangi kadar protein dan lemak ikan hasil penyimpanan.
4. *Cold storage* hasil rancang bangun ini dapat pula digunakan untuk penyimpanan dan pengawetan produk-produk lain seperti daging, sayur-sayuran dan buah-buahan serta produk industri; minuman kaleng, air mineral, susu dan ice cream, mengingat capaian temperatur terendah bisa mencapai -1°C yang cocok untuk kriteria temperatur untuk penyimpanan sayur-sayuran.
5. *Cold storage* hasil rancang bangun ini dapat pula digunakan pada kapal ikan nelayan dengan syarat harus ada modifikasi terhadap bentuk dan bahan yang dipakai untuk pembuatan *cold storage* penyimpanan ikan pada kapal nelayan tersebut.

## B. Saran

1. Menggunakan *cold storage* sebagai tempat penyimpanan suatu produk, maka temperatur pendinginannya harus disesuaikan dengan kondisi fisik dan kimia produk tersebut.
2. Dalam pembuatan ruang pendingin *cold storage* gunakan bahan-bahan yang mempunyai tahanan termal yang tinggi agar dapat mencegah atau memperkecil energi panas yang masuk dari lingkungan ke ruangan pendingin.
3. Peneliti mengharapkan adanya penelitian lebih lanjut tentang rancang bangun *cold storage* ini dan teknik penyimpanan ikan dalam *cold storage* agar diperoleh informasi yang betul-betul dapat menjadi acuan bagi masyarakat nelayan dalam cara menyimpan ikan yang baik.
4. Lakukan juga penelitian terhadap produk-produk lain seperti buah-buahan dan sayur-sayuran komoditi unggulan Sumatera Barat dengan teknik penyimpanan yang lebih bervariasi; metode dan packaging (pengepakannya)nya.
5. Waktu pengambilan data pengujian, gunakan alat ukur yang akurat dan presisi agar kesalahan dalam penelitian dapat dikurangi.



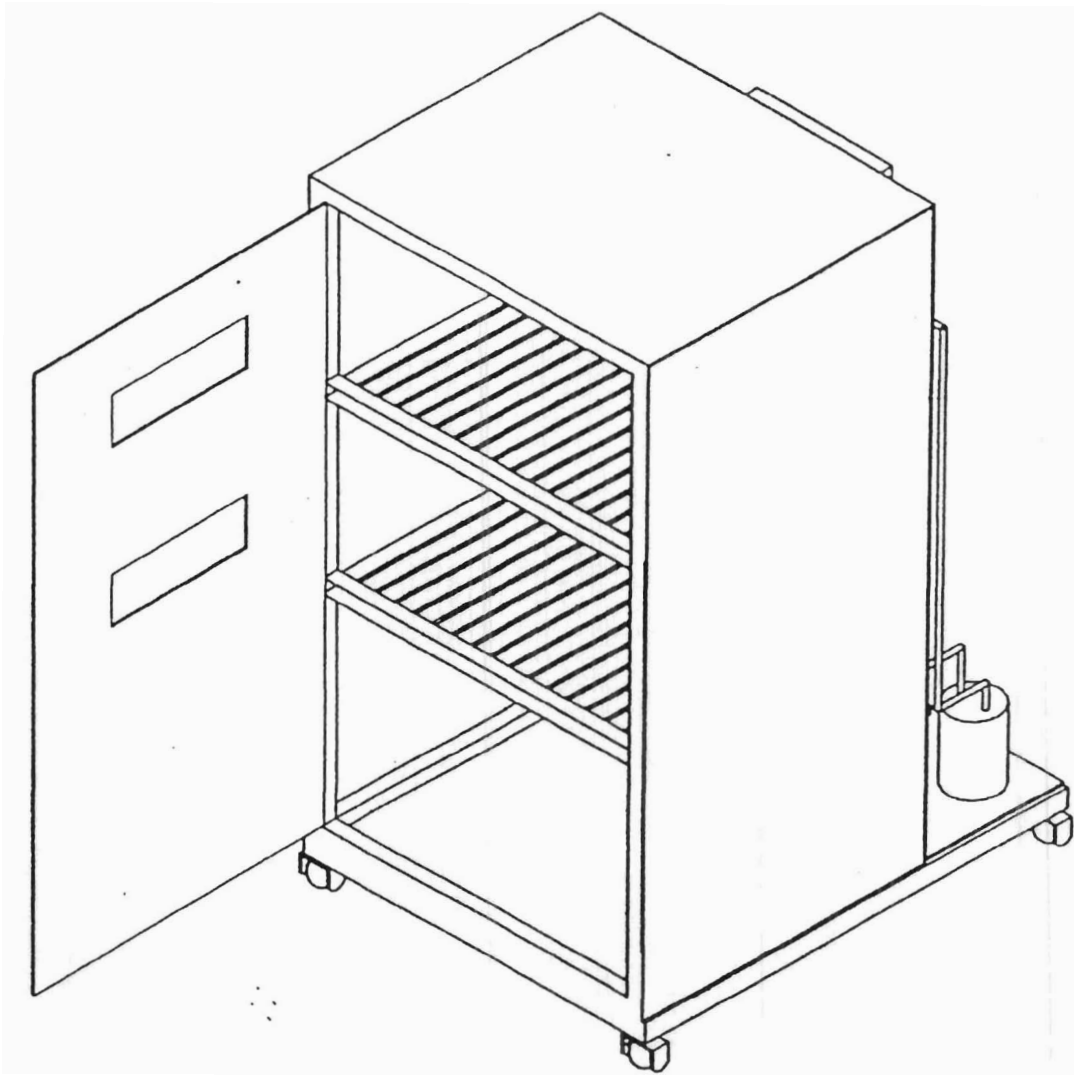
## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, R.S.,(1997), "*Refrigeration Appliances Using Hydrocarbon Refrigerants: Manual for the Safe Design, Manufacturing, Servicing and Drop-in Conversion of Domestic and Comemercial Appliances*", Department of Mechanical Engineering, Huaz Khan, New Delhi..
- Andersen, S.A., (1959), "*Automatic Refrigeration*", MacLaren & Sons LTD, Danfoss, Nordborg, Denmark,
- Arwizet, K., (2003), "*Kaji Numerik dan Eksperimental Aliaran Udara Terkondisi Melalui Jet Swirling dan Difuser Grille*", Laporan Penelitian Pascasarjana, Teknik Mesin ITB Bandung.
- Arismunandar, W., (1986), "*Penyegaran Udara*", Pradnya Paramita, Jakarta.
- Arora, C.P., (2001), "*Refrigerating and Air Conditioning* ", Second Edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York
- ASHRAE Handbook, Fundamental Volume, American Society of Heating, (1977), "*Refrigerating and Air Conditioning Engineer*", Atlanta, Georgia.
- ASHRAE Pscrometrics Teory and Practice, American Society of Heating, (1996), "*Refrigerating and Air Conditioning Engineer*", Atlanta, Georgia.
- Bejan, A., (1982), "*Convection heat Transfer*", John Willey & Sons, New York.
- Carrier Handbook, (1982), "*Air Conditioning System Design*", McGraw-Hill Book Company Inc., New York,
- Darmanto, P.S. dan I Made Astina, (1999), "*Pengembangan Prototipe Mesin Pengkondisian Udara Tak Stasioner (Mobile AC Unit)*", Laporan Penelitian Hibah Bersaing VI/2.
- Dossat, Roy J., (1981), "*Principles of Refriferation*", Second Edition John Wiley & Sons, New York.
- Fox, Robert W. dan Alan T., (1994), "*Introduction to Fluid Mechanics*", John Willey & Sons, New York
- Stocker, W.F. (1996). "*Refrigeration and Air Conditioning*", McGraw-Hill Book Company Inc., New York,

# **LAMPIRAN A**

**Gambar**

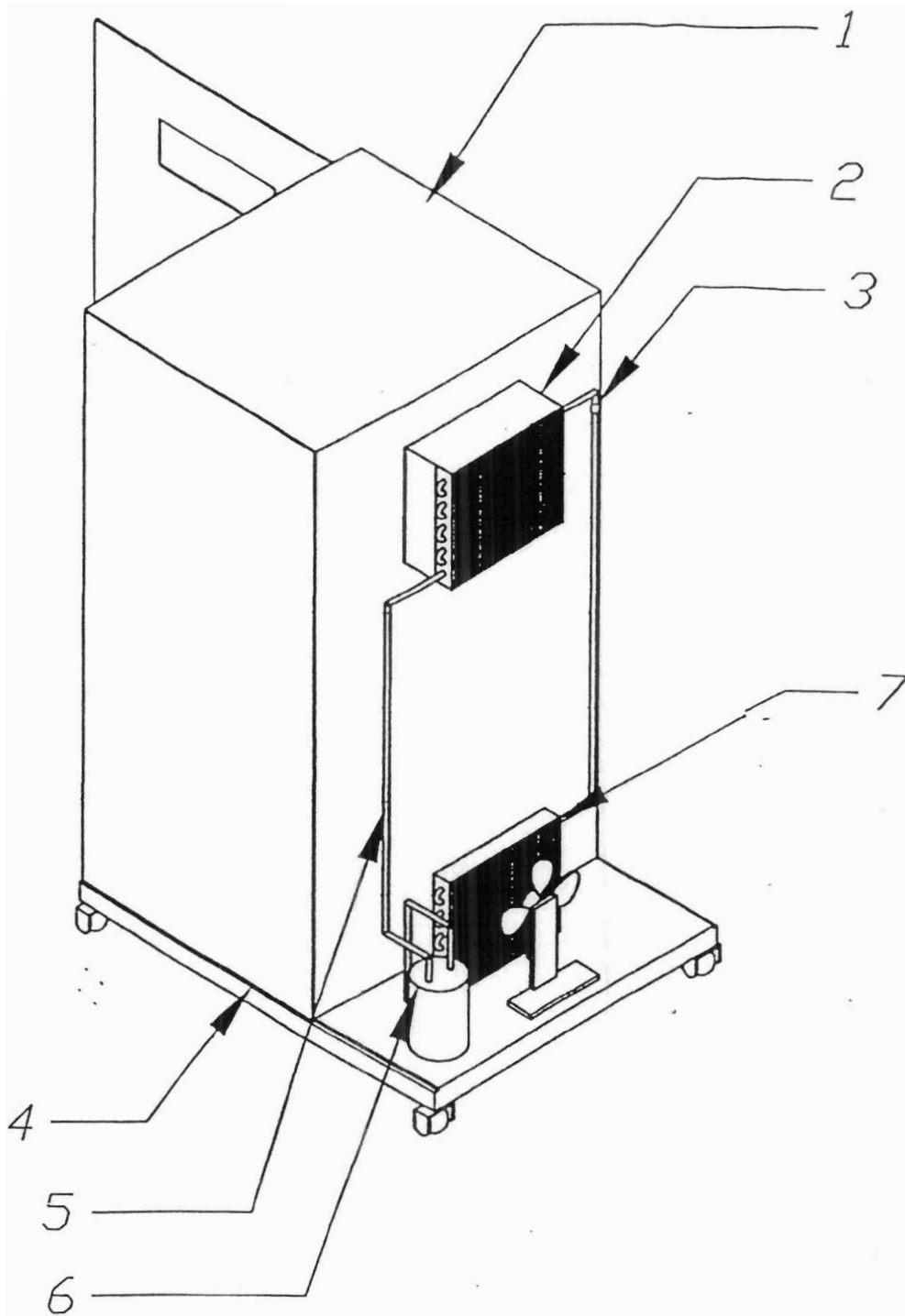
**COLD STORAGE**



# COLD STORAGE

FT UNP PADANG

Skala	Digambar		Team
1:10	Dilihat		
	Diperiksa		
	Visa		



# 'OLD STORAGE

Skala  
1 : 10

Digambar

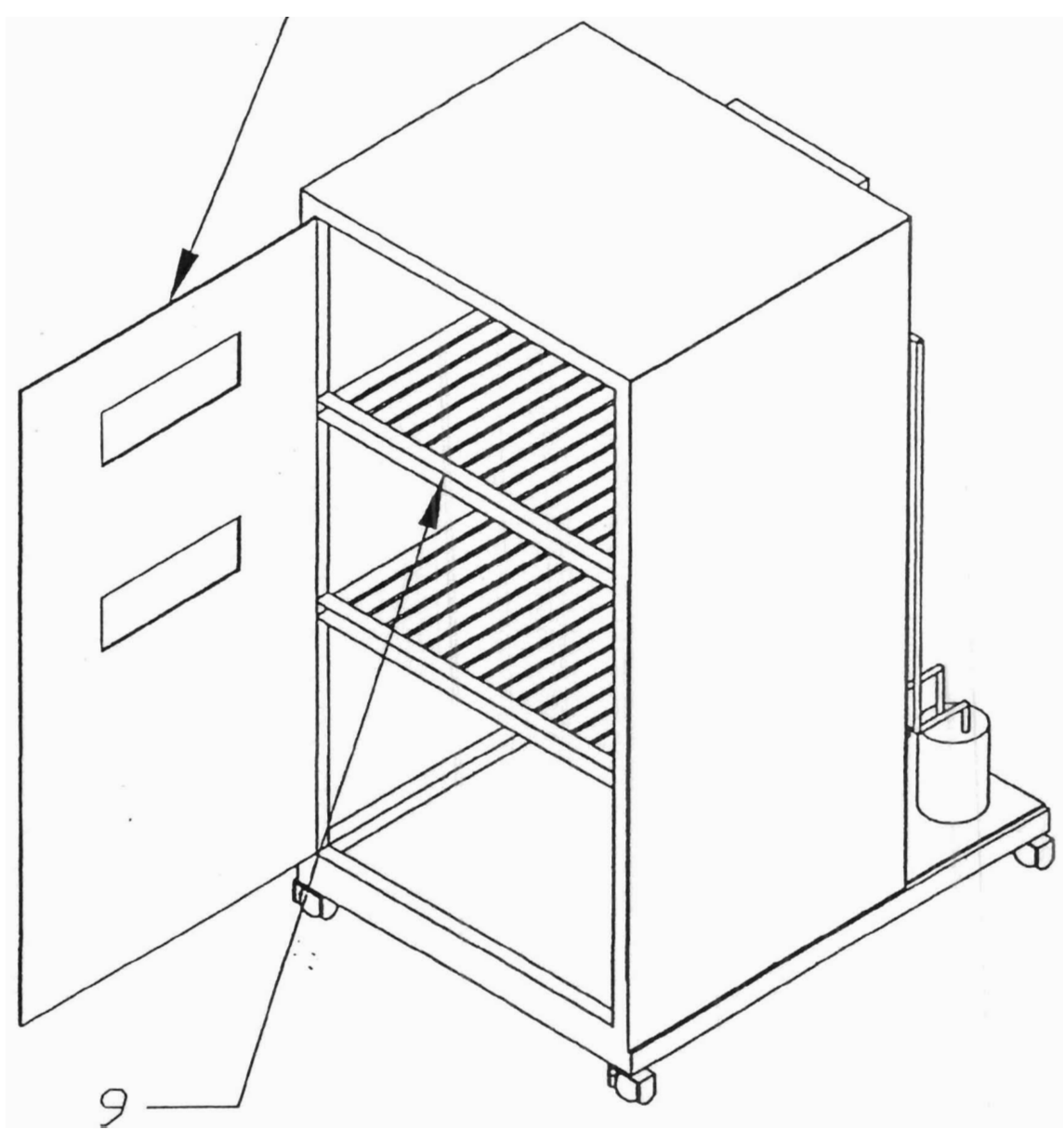
Dilihat

Diperiksa

Visa

Team

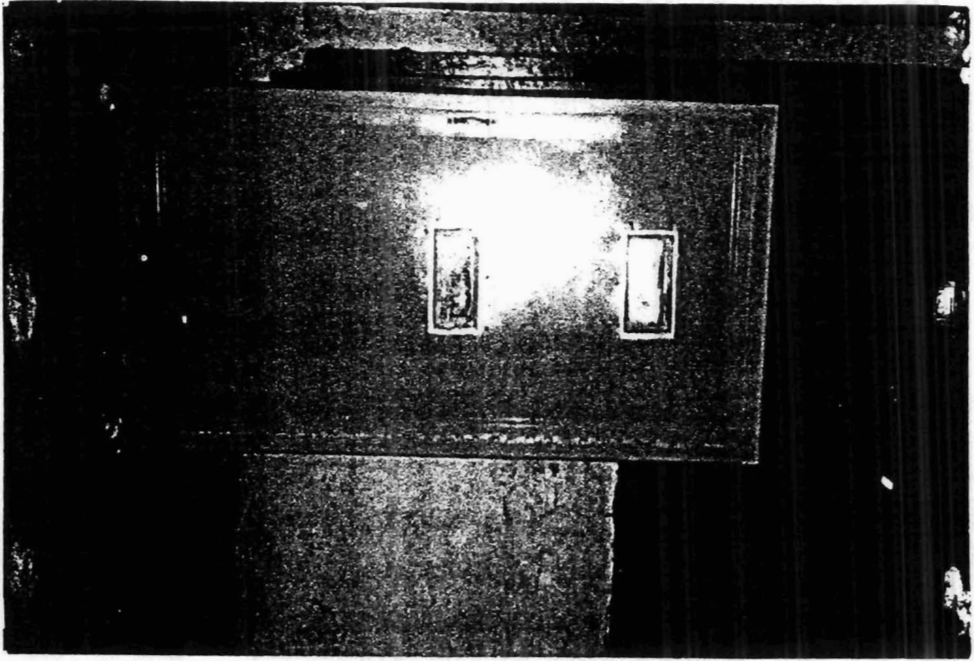
UNP PADANG



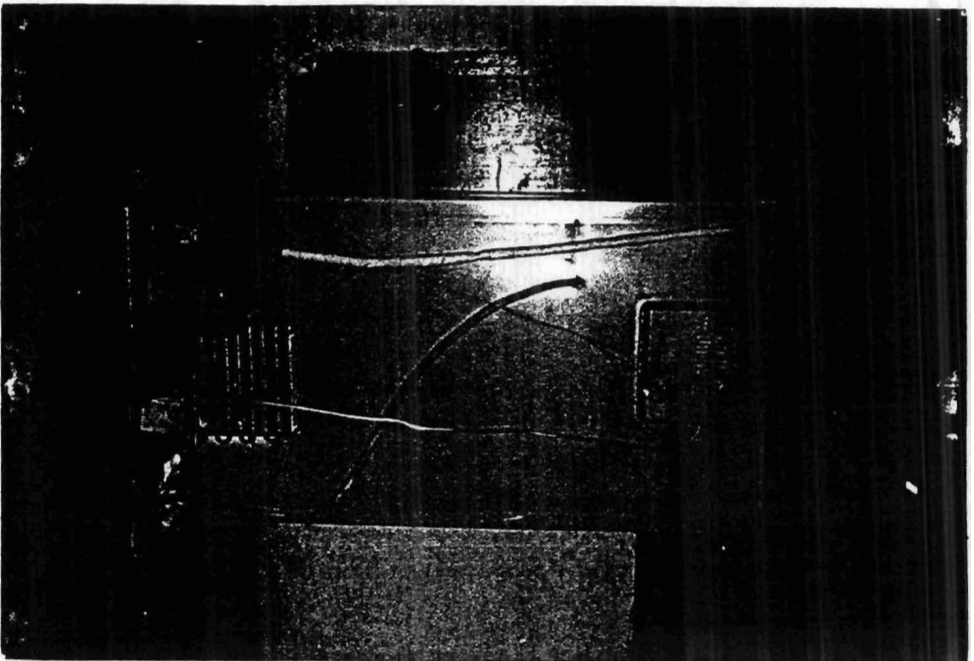
# COLD STORAGE

Skala 1 : 10	Digambar		Team
	Dilihat		
	Diperiksa		
	Visa		

FT UNP PADANG

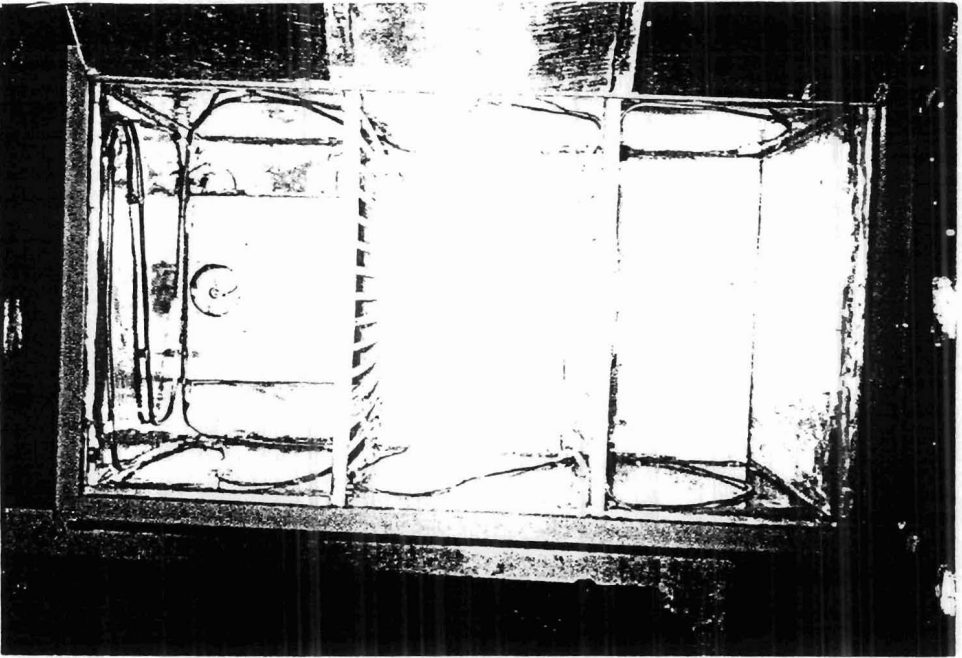


Lampiran A.4. Tampak depan *cold storage*

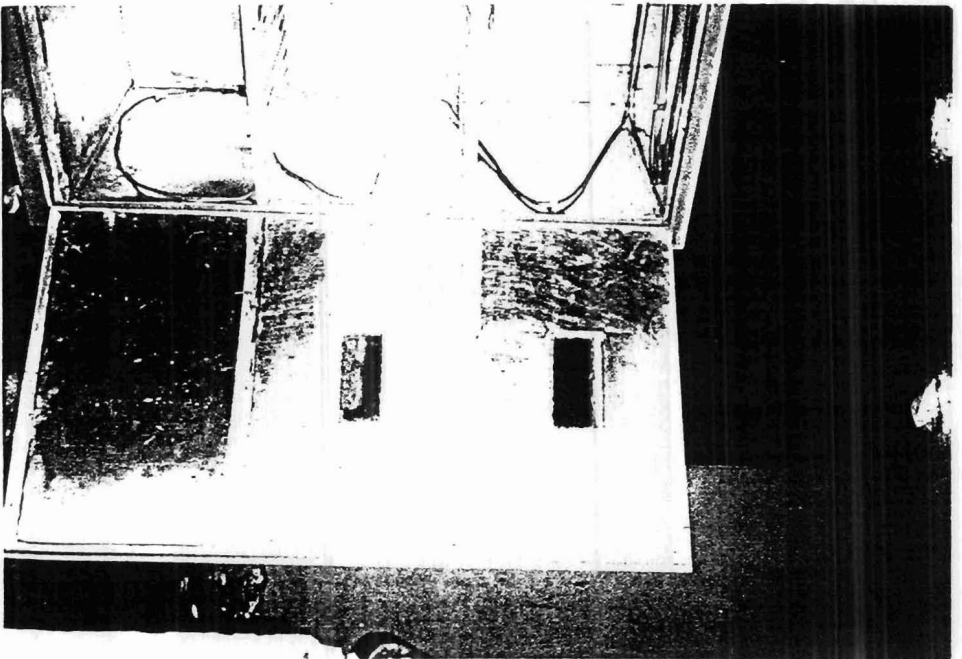


Lampiran A.5. Tampak belakang *cold storage*





Lampiran A.6. Bagian dalam cold storage



Lampiran A.7. Pintu cold storage yang diberi kaca pengintip

# **LAMPIRAN B**

## **Sifat Termodinamika Udara & Sifat Termal Bahan Bukan Logam**

Lampiran B.1. Sifat-sifat termal bahan bukan logam

Bahan	Suhu °C	$k$ , W/m · °C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c$ , kJ/kg · °C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s × 10 <sup>7</sup>
<i>Bahan isolasi</i>					
Asbes:					
Ditetal longgar	-45 0 100	0.149 0.154 0.161	470-570	0.816	3.3-4
Papan asbes semen	20	0.74			
Lembaran	51	0.166			
Lakan, 40 laminasi/in	38	0.057			
	150	0.069			
	260	0.083			
20 Laminasi/in	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Gelombang, 4 plai/in	38	0.087			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbes semen	—	2.08			
Wol balsam, 2.2 lb/ft <sup>3</sup>	32	0.04	35		
Karton, gelombang	—	0.064			
Celotex	32	0.048			
Papan gabus, 10 lb/ft <sup>3</sup>	30	0.043	160		
Gabus butiran ulang	32	0.045	45-120	1.85	2-5.3
Giling halus	32	0.043	150		
Tanah diatome (Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Lakan, rambut	30	0.036	130-200		
Wol	30	0.052	330		
Serat, papan isolasi	20	0.048	240		
Wol gelas, 1.5 lb/ft <sup>3</sup>	23	0.038	24	0.7	22.6
Insulex, kering	32	0.064			
		0.144			
Kapuk	30	0.035			
Magnesia, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Wol batuan, 10 lb/ft <sup>3</sup>	32	0.040	160		
Ditetal longgar	150	0.067	64		
	260	0.087			
Serbuk gergaji	33	0.059			
Silika aerogel	32	0.024	140		
Serutan kayu	23	0.059			

†Adaptasi ke satuan SI dari A.I. Drown dan S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

Daftar Ini menggunakan Satuan SI.

## Lampiran B 2 Sifat-sifat termodinamika udara lembab

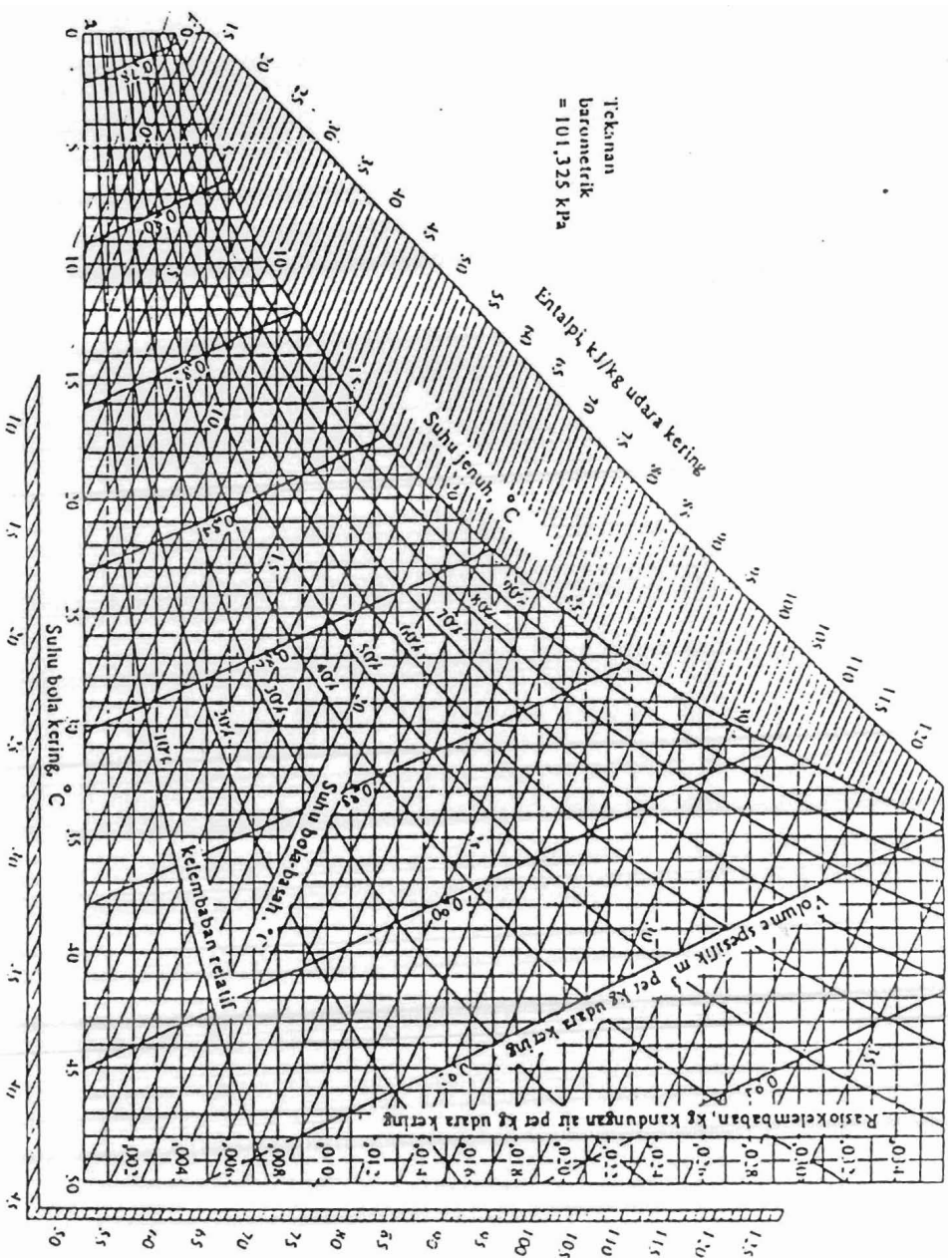
Nilai  $\mu$ ,  $k$ ,  $c_p$ , dan  $Pr$  tidak terlalu bergantung pada tekanan dan dapat digunakan untuk rentang tekanan yang cukup luas

$T, K$	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ kJ/kg °C	$\mu$ kg/m·s $\times 10^6$	$\nu$ m <sup>2</sup> /s $\times 10^6$	$k$ W/m °C	$\alpha$ m <sup>2</sup> /s $\times 10^6$	$Pr$
100	3.6010	1.0206	0.6924	1.933	0.049246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0079	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3299	7.491	0.01009	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9788	1.0066	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8226	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7533	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6512	0.680
600	0.5879	1.0511	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0976	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.563	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1878	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

† Data Natl. Bur. Stand (U. S.) Circ. 564, 1965

Daftar ini menggunakan satuan SI.

Lampiran B.3. Diagram Psikrometrik



an B.4. Sifat fisik berbagai jenis daging untuk pendinginan

Design Data For Meat Storage

Type of Storage	Design Room Conditions					Maximum Storage Period	Chilling Data				Est. Prod. Latent Heat kJ/g 24 Hours	Specific Heat				Maximum Room Air Motion m/s	Type of Unit Preferred	
	Temperature		Relative Humidity		g/kg At Recommended Conditions		Product Temp. °C		Time Hours	Rate Factor		KJ/g K		Latent Heat of Fusion kJ/g	Water Content %			Freezing Point °C
	Recommended	Permissible Range	Recommended	Permissible			Start	Finish				Before Freezing	After Freezing					
	°C	°C	%	%														
Short Hardening Slicing room	12.75 - 2.25 10.00	10-15.5 (-2.25)-(-1.0) 10-12.75	65 75 40	55-65 70-80 35-40	5.95 2.34 3.04	15 days					5.81 2.79	2.09	1.26	69	20		0.75 0.45 0.30	S or E B S or E
Chill start	3.25		65 <sup>a</sup>		4.11		37.75	5.75	24	0.56	7.74	2.14	1.57	228	72	-0.5	1.25	B
Chill finish	0.5		65 <sup>b</sup>		3.31						11.50						0.45 <sup>a</sup>	
Long	12.75	12.75-15.5	65	65-70	5.95	6 mo					0.22	0.42	0.79-1.09	16-51	5-15		0.75	S or E
Short Long Chill start	1.75 - 1.0	1.75-4.50 (-1.00)-0	87 <sup>a</sup> 87 <sup>b</sup>	85-90 85-90	3.71 2.97	3 wks					11.60 3.95	1.14	1.67	228	72	-0.5	0.30 0.30	S or E B
Chill finish	- 1.0		87		5.47 2.97		37.75	5.75	18	0.67	11.10 3.95						1.25 0.75 <sup>a</sup>	S or E B
Short Long	4.5 - 0.5	4.5-7.25 (0.5)-0	85 85	80-85 80-85	4.42 3.04	6 mo					2.32 1.84	3.14					0.75 0.75	S or E B
Short	1.0	1.0-3.25	87 <sup>a</sup>	85-90	3.54	5 days					13.00	3.01	1.67	221	65	-1.75	0.30	S
Long Short Long	-18.0 1.0 -1.0	1.0-3.25 (-1.0)-0	85 <sup>a</sup> 85 <sup>b</sup> 85 <sup>b</sup>	80-85 80-85 80-85	6.64 3.47 2.91	6 mo 15 days					0.23 12.25 0.92	1.18	1.72	235	70	-2.25	1.25 0.45 0.45	S or E S or E S or E
Short Long Short Chill start	1.0 - 2.0 12.75	1.0-3.25 (-2.25)-(-1.0) 10-15.0	85 <sup>a</sup> 85 <sup>b</sup> 65	85-87 85-87 55-65	3.47 2.64 5.95	3 wks					7.90 4.18 3.02	2.85	1.59	201	52	0.5	0.30 0.30 0.75	S or E B S or E
Chill start	15.5		70		7.70		40.5	1.14	8	1.00	11.60	2.50	1.34				0.75	S or E
Chill finish	12.75		70		6.40						0.70						0.45 <sup>a</sup>	
Chill start	7.25		85		5.35		40.5	1.75	18	0.67	55.80	2.85	1.59	201	60	-2.75	1.25	B
Chill finish	- 1.0		85		2.91						4.42						0.75	B
Chill start	3.25		90		4.36		40.5	1.75	14	0.67	53.50						1.25	B
Chill finish	- 2.25		90		2.81						4.42						0.75 <sup>a</sup>	
Short Long Chill start	1.0 - 2.25 7.25	1.0-3.25 (-2.25)-(-1.0)	90 90 <sup>a</sup> 90	85-90 85-90	3.68 7.41	2 wks					7.90 3.02	2.80	1.25	194	58	-1.75	0.30 0.30	S or E B
Chill finish	- 1.0		90		3.06		37.75	4.5	5	0.75	44.20 3.02						1.25 0.45 <sup>a</sup>	B

# LAMPIRAN C

## **Data Hasil Pengujian Cold Storage**





**Tabel C.2. Data Hasil Penelitian Cold Storage**

Hari/Tgl : Selasa/ 18 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 1 (satu)

Waktu Pengujiar : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat awal ikan rata-rata : 0,5 kg  
 Pengujiar : Arwizet K, ST,MT& Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kondisi Ikan								
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				Rak 1			Rak 2			Rak 3		
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb			Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang
0	29	27	29	27	29	27	30	28	2,0	220									
15	27	25	27	25	28	26	31	28	2,0	220	Awal disimpan hitam mengkilat	Awal disimpan daging padat dan segar	Awal disimpan merah darah	Awal disimpan hitam mengkilat	Awal disimpan daging padat dan segar	Awal disimpan merah darah	Awal disimpan hitam mengkilat	Awal disimpan daging padat dan segar	Awal disimpan merah darah
30	25	23	24	22	25	23	32	30	2,1	220									
45	22	20	22	20	23	21	32	30	2,0	220									
60	19	17	18	16	20	18	33	31	2,0	220									
75	17	15	17	15	18	16	33	31	2,0	220									
90	15	13	15	13	16	14	33	31	2,0	215									
105	13	11	12	10	14	12	33	31	2,0	220									
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220									
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215									
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220									
165	7	5	7	5	8	6	32	30	2,0	220									
180	7	5	7	5	8	6	31	29	2,0	220									
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220									
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220									
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220									
240	5	4	5	4	6	5	31	29	2,0	220									
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220									
270	4	3	4	3	5	4	32	29	2,0	215									
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215									
300	2	1	2	1	3	2	30	28	2,0	220	Akhir hari ke-1 hitam mengkilat	Akhir hari ke-1 daging padat dan segar	Akhir hari ke-1 merah darah agak buram	Akhir hari ke-1 hitam mengkilat	Akhir hari ke-1 daging padat dan segar	Akhir hari ke-1 merah darah pucat	Akhir hari ke-1 hitam mengkilat	Akhir hari ke-1 daging padat dan segar	Akhir hari ke-1 merah darah agak buram
315	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220									
330	1	0	1	0	2	1	29	27	2,0	220									
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220									
360	0	-1	0	-1	1	0	30	28	2,0	220									

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG

**Tabel C.3. Data Hasil Penelitian Cold Storage**

Hari/Tgl : Rabu/19 Juli 2006

Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan

Waktu Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-2

: 0,62 kg

Penguji

Arwizet K, ST.,MT& Efriman

Hari ke : 2 (dua)

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltage (Volt)	Kondisi Ikan										
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				Rak 1			Rak 2			Rak 3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb			Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang		
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220	Awal hari ke-2 hitam mengkilat	Awal hari ke-2 daging padat dan segar	Awal hari ke-2 merah darah agak buram	Awal hari ke-2 hitam mengkilat	Awal hari ke-2 daging padat dan segar	Awal hari ke-2 merah darah pucat	Awal hari ke-2 hitam mengkilat	Awal hari ke-2 daging padat dan segar	Awal hari ke-2 merah darah agak buram		
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220											
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220											
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220											
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220											
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220											
90	16	14	15	13	17	15	33	31	2,0	215											
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220											
120	12	10	11	9	13	11	33	31	2,0	220											
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215											
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220											
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220											
180	7	6	7	6	8	7	31	29	2,0	220											
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220											
210	6	5	5	4	7	6	32	30	2,1	220											
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220											
240	5	4	5	4	6	5	31	29	2,0	220											
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220											
270	4	3	4	3	5	4	32	29	2,0	215											
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215											
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	Akhir hari ke-2 hitam mulai kusam	Akhir hari ke-2 daging padat dan	Akhir hari ke-2 merah darah buram	Akhir hari ke-2 hitam mengkilat	Akhir hari ke-2 daging padat dan	Akhir hari ke-2 merah pucat	Akhir hari ke-2 hitam mulai	Akhir hari ke-2 daging padat dan	Akhir hari ke-2 merah darah buram		
315	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220											
330	1	0	1	0	2	1	29	27	2,0	220											
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220											
360	0	-1	0	-1	0	1	29	27	2,0	220											

Tabel C.4. Data Hasil Penelitian Cold Storage

Hari/Tgl : Kamis/ 20 Juli 2006

Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan

Hari ke : 3 (dua)

Waktu Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-3 : 0,65 kg

Penguji : Arwizet K, ST.,MT.& Efrimar

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kondisi Ikan										
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				Rak 1			Rak 2			Rak 3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb			Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang		
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220											
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220	Awal hari ke-3 hitam mulai kusam	Awal hari ke-3 daging padat dan segar	Awal hari ke-3 merah darah buram	Awal hari ke-3 hitam mengkilat	Awal hari ke-3 daging padat dan segat	Awal hari ke-3 merah pucat	Awal hari ke-3 hitam kusam	Awal hari ke-3 daging padat dan segar	Awal hari ke-3 merah darah buram		
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220											
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220											
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220											
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220											
90	16	14	15	13	17	14	33	31	2,0	215											
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220											
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220											
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215											
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220											
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220											
180	7	6	7	6	8	7	31	29	2,0	220											
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220											
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220											
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220											
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220											
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220											
270	4	3	4	3	5	4	32	29	2,0	215											
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215											
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	Akhir hari ke-3 hitam kusam	Akhir hari ke-3 daging agak lunak	Akhir hari ke-3 merah tua	Akhir hari ke-3 hitam mulai kusam	Akhir hari ke-3 daging keras dan padat	Akhir hari ke-3 merah pucat	Akhir hari ke-3 hitam kusam	Akhir hari ke-3 daging agak lunak	Akhir hari ke-3 merah tua		
315	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220											
330	1	0	1	0	2	0	29	27	2,0	220											
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220											
360	0	-1	0	-1	0	-1	30	28	2,0	220											

**Tabel C.5. Data Hasil Penelitian Cold Storage**

Hari/Tgl : Jum'at/21 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 4 (empat)

Waktu Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-4 : 0,67 kg  
 Penguji : Arwizet K, ST.MT & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kondisi Ikan								
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				Rak 1			Rak 2			Rak 3		
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb			Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220									
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220									
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220	Awal hari ke-4 hitam kusam	Awal hari ke-4 daging agak lunak	Awal hari ke-4 merah tua	Awal hari ke-4 hitam mulai kusam	Awal hari ke-4 daging keras dan padat	Awal hari ke-4 merah pucat	Awal hari ke-4 hitam kusam	Awal hari ke-4 daging agak lunak	Awal hari ke-4 merah tua
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220									
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220									
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220									
90	16	14	15	13	17	14	33	31	2,0	215									
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220									
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220									
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215									
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220									
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220									
180	7	5	7	5	8	7	31	29	2,0	220									
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220									
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220									
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220									
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220									
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220									
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215									
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215									
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	Akhir hari ke-4 hitam kusam	Akhir hari ke-4 agak lunak	Akhir hari ke-4 merah tua	Akhir hari ke-4 hitam kusam	Akhir hari ke-4 daging keras dan padat	Akhir hari ke-4 merah sangat pucat	Akhir hari ke-4 hitam kusam	Akhir hari ke-4 agak lunak	Akhir hari ke-4 merah tua
315	2	1	2	0	2	1	30	28	2,0	220									
330	1	0	1	0	2	0	29	27	2,0	220									
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220									
360	0	-1	0	-1	0	-1	30	28	2,0	220									

**Tabel C.6. Data Hasil Penelitian Cold Storage**

Hari/Tgl : Sabtu/ 22 Juli 2006

Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan

Waktu Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-5 : 0,71 kg

Penguji : Arwizet K, ST.MT & Efriman

Hari ke : 5 (lima)

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltage (Volt)	Kondisi Ikan									
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				Rak 1			Rak 2			Rak 3			
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb			Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	
0	30	28	30	28	30	28	31	28	2,0	220	Awal hari ke-5 hitam kusam	Awal hari ke-5 agak lunak	Awal hari ke-5 merah tua	Awal hari ke-5 hitam kusam	Awal hari ke-5 daging keras dan padat	Awal hari ke-5 merah sangat pucat	Awal hari ke-5 hitam kusam	Awal hari ke-5 agak lunak	Awal hari ke-5 merah tua	
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220										
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220										
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220										
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220										
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220										
90	16	14	15	13	17	14	33	31	2,0	215										
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220										
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220										
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215										
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220										
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220										
180	7	5	7	5	8	7	31	29	2,0	220										
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220										
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220										
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220										
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220										
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220										
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215										
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215										
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	Akhir hari ke-5 hitam sangat kusam	Akhir hari ke-5 agak lunak	Akhir hari ke-5 merah ke coklatan	Akhir hari ke-5 hitam kusam	Akhir hari ke-5 daging keras dan padat	Akhir hari ke-5 merah sangat pucat	Akhir hari ke-5 hitam sangat kusam	Akhir hari ke-5 agak lunak	Akhir hari ke-5 merah ke coklatan	
315	2	1	2	0	2	1	30	28	2,0	220										
330	1	0	1	0	2	0	29	27	2,0	220										
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220										
360	0	-1	0	-1	0	-1	30	28	2,0	220										

**Tabel C.7. Data Hasil Penelitian Cold Storage**

Hari/Tgl : Minggu/23 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 6 (enam)

Waktu Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat awal ikan : 0,71 kg  
 Penguji : Arwizet K, ST.MT& Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Vollase (Volt)	Kondisi Ikan									
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				Rak 1			Rak 2			Rak 3			
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb			Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	Kulit	Daging	Insang	
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220	Awal hari ke-6 hitam sangat kusam	Awal hari ke-6 agak lunak	Awal hari ke-6 merah ke coklatan	Awal hari ke-6 hitam kusam	Awal hari ke-6 daging keras dan padat	Awal hari ke-6 merah sangat pucat	Awal hari ke-6 hitam sangat kusam	Awal hari ke-6 agak lunak	Awal hari ke-6 merah ke coklatan tua	
15	27	25	27	25	28	26	32	29	2,0	220										
30	24	22	24	22	25	23	33	30	2,0	220										
45	20	18	22	20	23	21	33	30	2,0	220										
60	18	16	20	18	20	18	34	31	2,0	220										
75	16	14	18	16	19	18	34	31	2,0	220										
90	13	12	15	13	16	14	33	31	2,0	215										
105	11	10	12	10	14	12	33	32	2,0	220										
120	10	9	10	8	12	10	33	31	2,0	220										
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215										
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220										
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220										
180	7	5	7	5	8	7	31	29	2,0	220										
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220										
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220										
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220										
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220										
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220										
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215										
285	3	2	3	2	3	3	32	30	2,0	215	Akhir hari ke-6 hitam sangat kusam	Akhir hari ke-6 agak lunak	Akhir hari ke-6 merah kecoklatan	Akhir hari ke-6 hitam kusam	Akhir hari ke-6 daging keras dan padat	Akhir ke-6 merah sangat pucat	Akhir hari ke-6 hitam sangat kusam	Akhir hari ke-6 agak lunak	Akhir hari ke-6 merah kecoklatan	
300	2	1	3	1	3	2	30	30	2,0	220										
315	2	1	2	0	2	1	30	29	2,0	220										
330	1	0	1	0	2	1	29	28	2,0	220										
345	0	-1	0	-1	1	0	29	28	2,0	220										
360	0	-1	0	-1	1	0	30	28	2,0	220										

**Tabel C.8. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Senin/17 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Kosong

Mulai Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat awal ikan : -  
 Penguji : Arwizet K, ST.,MT. & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				RH1	RH2	RH3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb									
0	30	27	30	27	30	27	30	27	2,0	220	79	79	79	0	0	352	0,0
15	27	26	27	25	28	26	32	29	2,0	220	87	84	85	954	65,9	352	0,2
30	24	22	24	22	25	23	33	30	2,0	220	84	85	84	1908	131,8	352	0,4
45	20	18	22	20	23	21	33	30	2,0	220	82	83	82	2544	175,8	352	0,5
60	18	16	20	18	20	18	34	31	2,0	220	81	81	82	3180	219,7	352	0,6
75	16	14	18	16	19	18	34	31	2,0	220	80	81	82	3816	263,7	352	0,7
90	13	12	15	13	16	14	33	31	2,0	215	84	83	82	4770	329,6	344	1,0
105	11	10	12	10	14	12	33	32	2,0	220	85	80	81	5724	395,5	352	1,1
120	10	9	10	10	12	11	33	31	2,0	220	86	86	87	6360	439,5	352	1,2
135	10	8	9	8	11	10	32	30	2,0	215	86	86	86	6678	461,4	344	1,3
150	9	8	8	7	10	9	32	30	2,1	220	87	85	86	6996	483,4	370	1,3
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	86	86	86	7314	505,4	352	1,4
180	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	86	86	86	7314	505,4	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	33	31	2,0	220	86	86	87	7632	527,4	352	1,5
210	6	5	5	4	7	6	33	31	2,1	220	86	85	87	7950	549,3	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	33	31	2,0	220	85	85	86	7950	549,3	352	1,6
240	5	3	5	4	6	4	31	31	2,0	220	75	85	86	7950	549,3	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	85	85	85	8268	571,3	352	1,6
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215	85	85	75	8268	571,3	344	1,7
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215	85	85	85	8586	593,3	344	1,7
300	2	1	3	1	3	2	30	30	2,0	220	83	74	84	8586	593,3	352	1,7
315	2	1	2	1	2	1	30	29	2,0	220	83	83	83	8904	615,3	352	1,7
330	1	0	1	0	2	1	29	28	2,0	220	83	83	83	9222	637,2	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	29	28	2,0	220	84	84	84	9540	659,2	352	1,9
360	0	-1	0	-1	1	0	30	28	2,0	220	84	84	84	9540	659,2	352	1,9

**Tabel C.9. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Selasa/ 18 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 1 (satu)

Waktu Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat awal ikan rata-rata : 0,5 kg  
 Penguji : Arwizet K, ST.,MT. & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				RH1	RH2	RH3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb									
0	29	27	29	27	29	27	30	28	2,0	220	86	86	86	318	22	352	0,1
15	27	25	27	25	28	26	31	28	2,0	220	85	85	85	954	66	352	0,2
30	25	23	24	22	25	23	32	30	2,1	220	86	86	84	1908	132	370	0,4
45	22	20	22	20	23	21	32	30	2,0	220	83	83	82	2544	176	352	0,5
60	19	17	18	16	20	18	33	31	2,0	220	84	85	82	3816	264	352	0,7
75	17	15	17	15	18	16	33	31	2,0	220	83	83	82	4134	286	352	0,8
90	15	13	15	13	16	14	33	31	2,0	215	82	82	82	4770	330	344	1,0
105	13	11	12	10	14	12	33	31	2,0	220	82	80	81	5724	396	352	1,1
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220	82	83	80	6042	417	352	1,2
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215	86	86	83	6360	439	344	1,3
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220	87	87	86	6678	461	370	1,2
165	7	5	7	5	8	6	32	30	2,0	220	84	84	85	7314	505	352	1,4
180	7	5	7	5	8	6	31	29	2,0	220	84	84	85	7314	505	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220	86	86	86	7632	527	352	1,5
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220	84	84	87	7950	549	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220	84	84	86	7950	549	352	1,6
240	5	4	5	4	6	5	31	29	2,0	220	84	84	86	7950	549	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	85	85	86	8268	571	352	1,6
270	4	3	4	3	5	4	32	29	2,0	215	85	85	86	8268	571	344	1,7
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215	85	85	85	8586	593	344	1,7
300	2	1	2	1	3	2	30	28	2,0	220	83	83	84	8904	615	352	1,7
315	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	83	8904	615	352	1,7
330	1	0	1	0	2	1	29	27	2,0	220	84	84	83	9222	637	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220	84	84	84	9540	659	352	1,9



**Tabel C.10. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Rabu/ 19 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 2 (dua)  
 Mulai Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB  
 Berat ikan awal ikan hari ke-2 : 0,62 kg  
 Penguji : Anwizet K, ST.,MT. & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur						Arus (Watt)	Voltase (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP		
	Rak 1 Tdb	Rak 1 Twb	Rak 2 Tdb	Rak 2 Twb	Rak 3 Tdb	Rak 3 Twb			Lingkr Tdb	Lingkr Twb	RH1					RH2	RH3
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220	86	86	86	0	0	352	0,0
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220	85	85	85	954	66	352	0,2
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220	86	85	85	1590	110	370	0,3
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220	82	83	82	2544	176	352	0,5
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220	82	82	82	3180	220	352	0,6
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220	81	81	81	3816	264	352	0,7
90	16	14	15	13	17	15	33	31	2,0	215	80	83	83	4770	330	344	1,0
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220	81	82	80	5406	374	352	1,1
120	12	10	11	9	13	11	33	31	2,0	220	80	83	82	6042	417	352	1,2
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215	86	86	83	6360	439	344	1,3
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220	87	87	86	6678	461	370	1,2
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	86	86	86	7314	505	352	1,4
180	7	6	7	6	8	7	31	29	2,0	220	86	86	86	7314	505	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220	86	86	86	7632	527	352	1,5
210	6	5	5	4	7	6	32	30	2,1	220	86	86	86	7950	549	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220	84	84	84	7950	549	352	1,6
240	5	4	5	4	6	5	31	29	2,0	220	84	84	85	7950	549	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	84	84	85	8268	571	352	1,6
270	4	3	4	3	5	4	32	29	2,0	215	83	83	83	8268	571	344	1,7
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215	83	83	83	8586	593	344	1,7
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	83	8904	615	352	1,7
315	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	83	8904	615	352	1,7
330	1	0	1	0	2	1	29	27	2,0	220	83	83	83	9222	637	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9
360	0	-1	0	-1	0	-1	30	28	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9

**Tabel C.11. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Kamis/20 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 3 (tiga)

Mulai Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-3 : 0,65 kg  
 Penguji : Arwizet K, ST.,MT & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltage (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				RH1	RH2	RH3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb									
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220	86	86	86	0	0	352	0,0
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220	86	85	85	954	66	352	0,2
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220	86	85	86	1590	110	370	0,3
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220	84	84	84	2544	176	352	0,5
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220	83	83	83	3180	220	352	0,6
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220	83	83	83	3816	264	352	0,7
90	16	14	15	13	17	14	33	31	2,0	215	83	83	83	4770	330	344	1,0
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220	83	83	83	5406	374	352	1,1
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220	82	82	83	6042	417	352	1,2
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215	84	84	85	6360	439	344	1,3
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220	84	84	85	6678	461	370	1,2
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	84	84	85	7314	505	352	1,4
180	7	6	7	6	8	7	31	29	2,0	220	84	84	85	7314	505	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220	84	84	85	7632	527	352	1,5
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220	84	84	86	7950	549	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220	82	84	86	7950	549	352	1,6
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220	84	84	86	7950	549	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	84	84	86	8268	571	352	1,6
270	4	3	4	3	5	4	32	29	2,0	215	84	84	86	8268	571	344	1,7
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215	83	83	83	8586	593	344	1,7
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	83	8904	615	352	1,7
315	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	83	8904	615	352	1,7
330	1	0	1	0	2	0	29	27	2,0	220	82	83	78	9222	637	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220	83	83	82	9540	659	352	1,9
360	0	-1	0	-1	0	-1	30	28	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9

**Tabel C.12. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Jum'at/21 Juli 2006

Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan

Hari ke : 4 (empat)

Mulai Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-4 : 0,67 kg

Penguji : Arwizet K, ST.,MT. & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				RH1	RH2	RH3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb									
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220	86	86	86	0	0	352	0,0
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220	86	85	85	954	66	352	0,2
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220	86	85	85	1590	110	370	0,3
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220	84	84	86	2544	176	352	0,5
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220	83	83	83	3180	220	352	0,6
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220	83	83	83	3816	264	352	0,7
90	16	14	15	13	17	14	33	31	2,0	215	83	83	83	4770	330	344	1,0
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220	83	83	83	5406	374	352	1,1
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220	82	82	83	6042	417	352	1,2
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215	82	82	82	6360	439	344	1,3
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220	84	84	85	6678	461	370	1,2
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	84	84	85	7314	505	352	1,4
180	7	5	7	5	8	7	31	29	2,0	220	82	82	85	7314	505	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220	84	84	85	7632	527	352	1,5
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220	82	84	86	7950	549	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220	78	84	86	7950	549	352	1,6
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220	84	84	86	7950	549	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	84	84	83	8268	571	352	1,6
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215	83	83	80	8268	571	344	1,7
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215	83	81	82	8586	593	344	1,7
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	80	8904	615	352	1,7
315	2	1	2	0	2	1	30	28	2,0	220	83	83	78	8904	615	352	1,7
330	1	0	1	0	2	0	29	27	2,0	220	83	83	78	9222	637	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	29	27	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9
360	0	-1	0	-1	0	-1	30	28	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9

**Tabel C.13. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Sabtu/22 Juli 2006  
 Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan  
 Hari ke : 5 (lima)

Mulai Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-5 : 0,71 kg  
 Penguji : Arwizet K, ST.,MT. & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Voltase (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				RH1	RH2	RH3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb									
0	30	28	30	28	30	28	31	28	2,0	220	86	86	86	0	0	352	0,0
15	28	26	27	25	28	26	31	28	2,0	220	86	85	86	954	66	352	0,2
30	26	24	25	23	25	23	32	30	2,1	220	86	85	85	1590	110	370	0,3
45	23	21	22	20	23	21	32	30	2,0	220	84	85	84	2544	176	352	0,5
60	20	18	20	18	20	18	33	31	2,0	220	83	83	83	3180	220	352	0,6
75	18	16	18	16	18	16	33	31	2,0	220	83	83	83	3816	264	352	0,7
90	16	14	15	13	17	14	33	31	2,0	215	83	83	83	4770	330	344	1,0
105	14	12	13	11	15	13	33	31	2,0	220	82	82	83	5406	374	352	1,1
120	11	9	11	9	12	10	33	31	2,0	220	82	82	82	6042	417	352	1,2
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215	84	84	78	6360	439	344	1,3
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220	84	84	85	6678	461	370	1,2
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	84	78	85	7314	505	352	1,4
180	7	5	7	5	8	7	31	29	2,0	220	78	78	85	7314	505	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220	84	84	85	7632	527	352	1,5
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220	82	82	86	7950	549	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220	84	82	86	7950	549	352	1,6
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220	78	84	78	7950	549	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	78	78	86	8268	571	352	1,6
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215	78	78	78	8268	571	344	1,7
285	3	2	3	2	3	2	32	30	2,0	215	83	83	83	8586	593	344	1,7
300	2	1	2	1	2	1	30	28	2,0	220	83	83	83	8904	615	352	1,7
315	2	1	2	0	2	1	30	28	2,0	220	83	81	83	8904	615	352	1,7
330	1	0	1	0	2	0	29	27	2,0	220	83	83	81	9222	637	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	28	27	2,0	220	83	83	81	9222	637	352	1,8

**Tabel C.14. Hasil Pengolahan Data Hubungan Antara Temperatur, Kelembaban Relatif dan Coefficient Of Performance (COP) Cold Storage**

Hari/Tgl : Minggu/23 Juli 2006

Kondisi Ruang Pendingin : Berisi Ikan

Hari ke : 6 (enam)

Mulai Pengujian : 09.00 s.d. 15.00 WIB

Berat ikan awal hari ke-6 : 0,71 kg

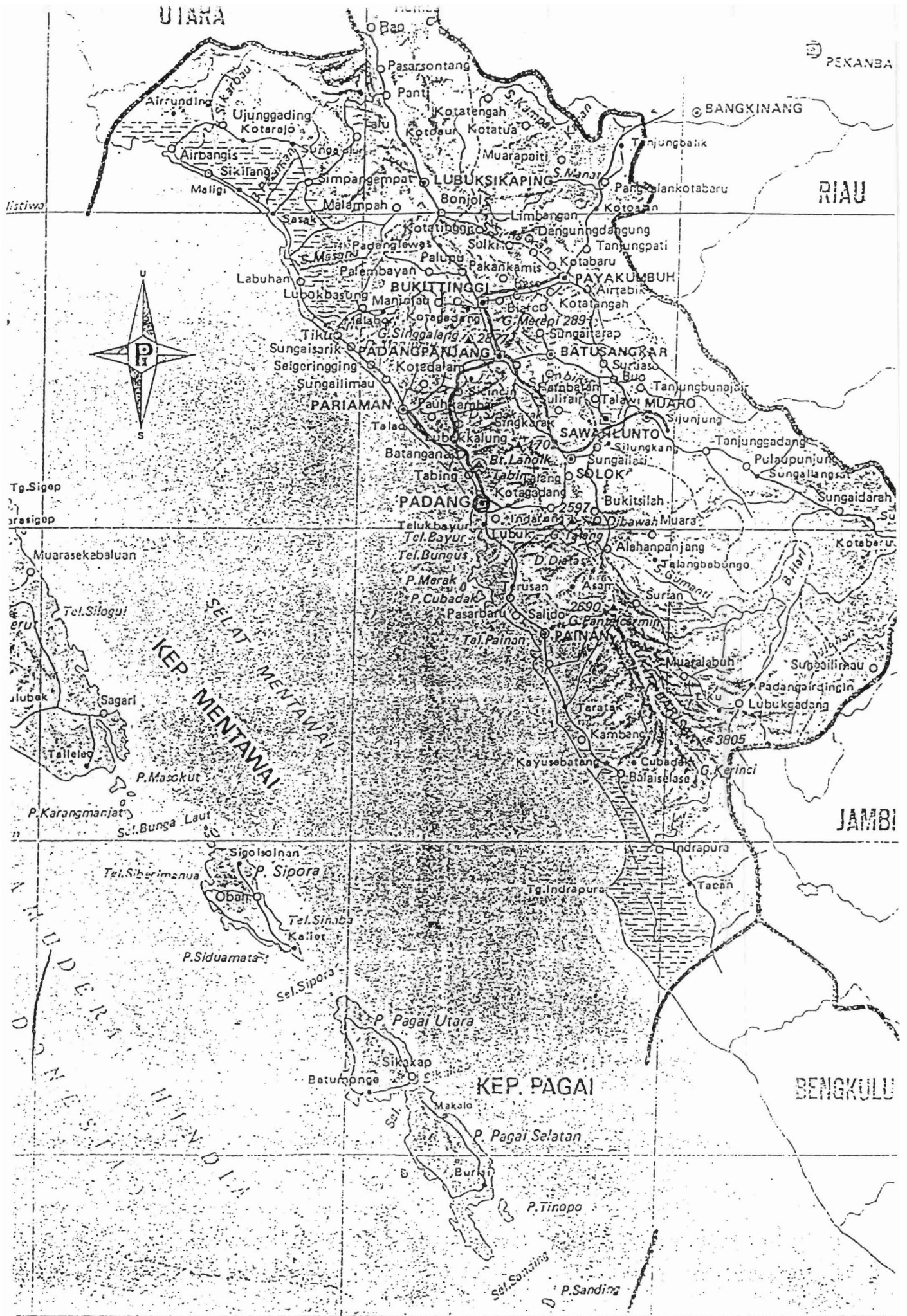
Penguji : Arwizet K, ST.,MT. & Efriman

Jam (Menit)	Temperatur								Arus (watt)	Vollase (Volt)	Kelembaban Relatif (%)			Qe	Qp	Wk	COP
	Rak 1		Rak 2		Rak 3		Lingk				RH1	RH2	RH3				
	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb	Tdb	Twb									
0	30	28	30	28	30	28	32	29	2,0	220	86	86	78	0	0	352	0,0
15	27	25	27	25	28	26	32	29	2,0	220	86	86	86	954	66	352	0,2
30	24	22	24	22	25	23	33	30	2,0	220	85	85	85	1908	132	352	0,4
45	20	18	22	20	23	21	33	30	2,0	220	78	78	85	2544	176	352	0,5
60	18	16	20	18	20	18	34	31	2,0	220	83	83	83	3180	220	352	0,6
75	16	14	18	16	19	18	34	31	2,0	220	83	83	83	3816	264	352	0,7
90	13	12	15	13	16	14	33	31	2,0	215	83	83	86	4770	330	344	1,0
105	11	10	12	10	14	12	33	32	2,0	220	87	83	83	5724	396	352	1,1
120	10	9	10	8	12	10	33	31	2,0	220	87	80	81	6360	439	352	1,2
135	10	8	10	8	11	9	32	30	2,0	215	81	81	80	6360	439	344	1,3
150	9	8	9	8	10	9	32	30	2,1	220	81	81	79	6678	461	370	1,2
165	7	6	7	6	8	7	32	30	2,0	220	84	84	87	7314	505	352	1,4
180	7	5	7	5	8	7	31	29	2,0	220	85	85	86	7314	505	352	1,4
195	6	5	6	5	7	6	32	30	2,0	220	79	79	86	7632	527	352	1,5
210	6	4	5	4	7	6	32	30	2,1	220	85	85	86	7950	549	370	1,5
225	5	4	5	4	6	5	32	30	2,0	220	79	79	86	7950	549	352	1,6
240	5	3	5	4	6	4	31	29	2,0	220	86	86	86	7950	549	352	1,6
255	4	3	4	3	5	4	31	29	2,0	220	78	84	86	8268	571	352	1,6
270	4	3	4	3	5	3	32	29	2,0	215	84	84	86	8268	571	344	1,7
285	3	2	3	2	3	3	32	30	2,0	215	81	81	84	8586	593	344	1,7
300	2	1	3	1	3	2	30	30	2,0	220	81	81	78	8586	593	352	1,7
315	2	1	2	0	2	1	30	29	2,0	220	83	81	83	8904	615	352	1,7
330	1	0	1	0	2	1	29	28	2,0	220	83	83	83	9222	637	352	1,8
345	0	-1	0	-1	1	0	29	28	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9
360	0	-1	0	-1	1	0	30	28	2,0	220	83	83	83	9540	659	352	1,9

# LAMPIRAN D

## **Peta Daerah Kantong Nelayan Sumatera Barat**

MILIK PERPUSTAKAAN  
UNIV. NEGERI PADANG





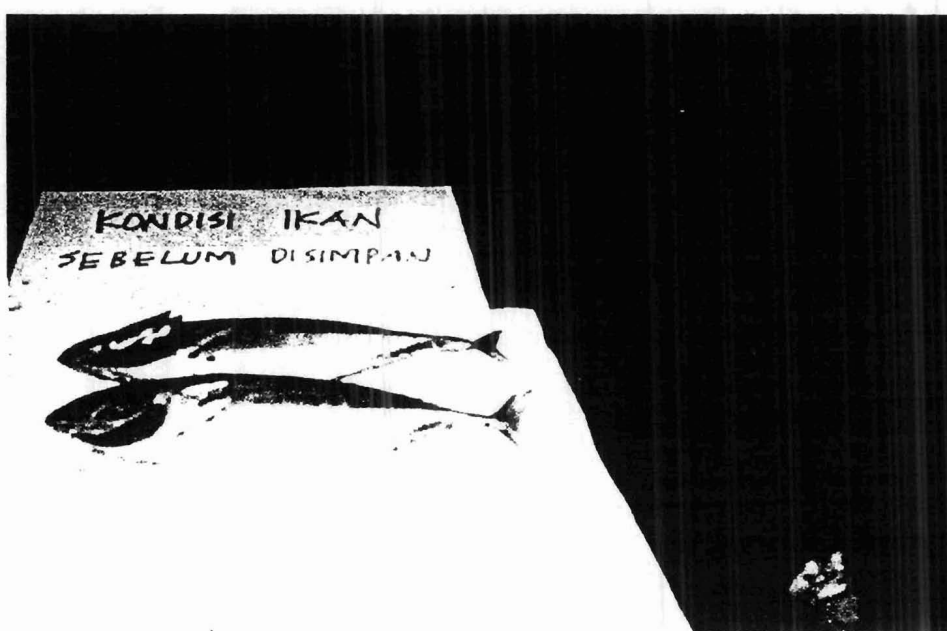


# LAMPIRAN E

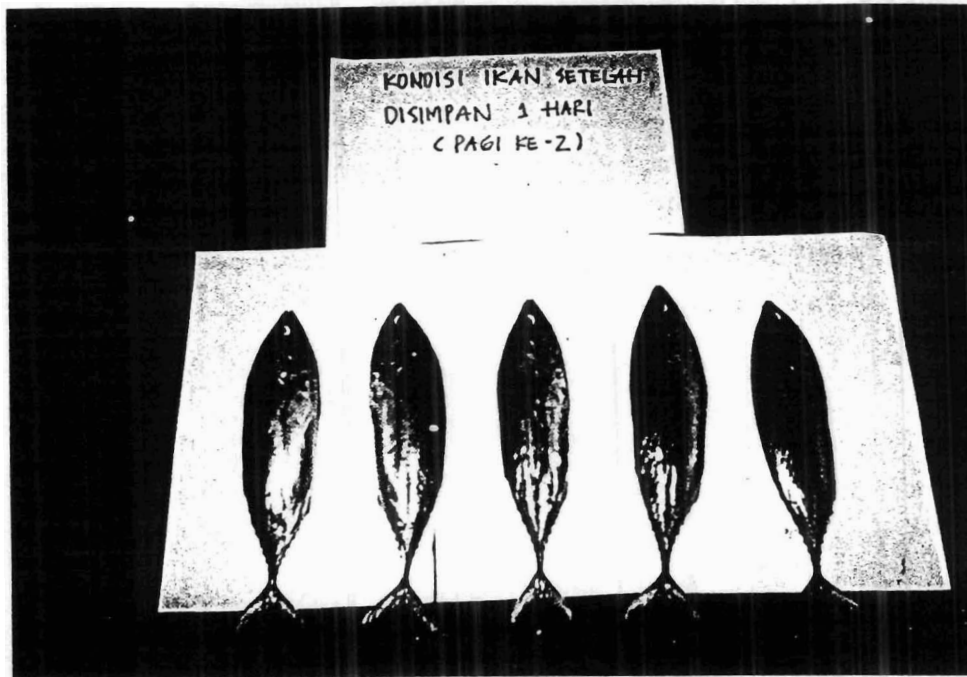
**Dokumentasi Ikan  
Hasil Penyimpanan  
Dalam *Cold Storage***



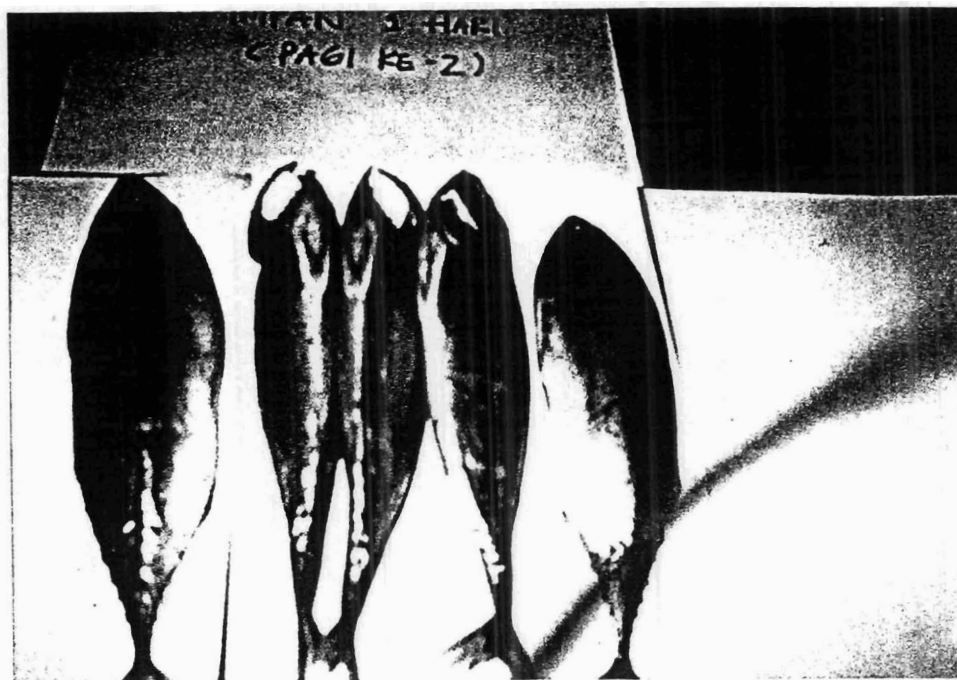
Kondisi daging, warna kulit ikan sebelum disimpan



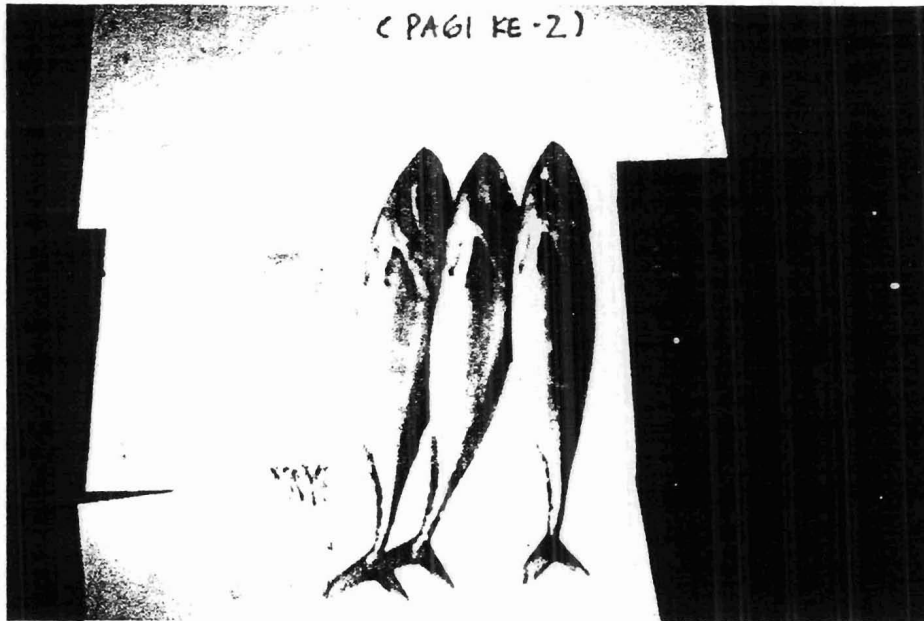
Warna insang ikan sebelum disimpan



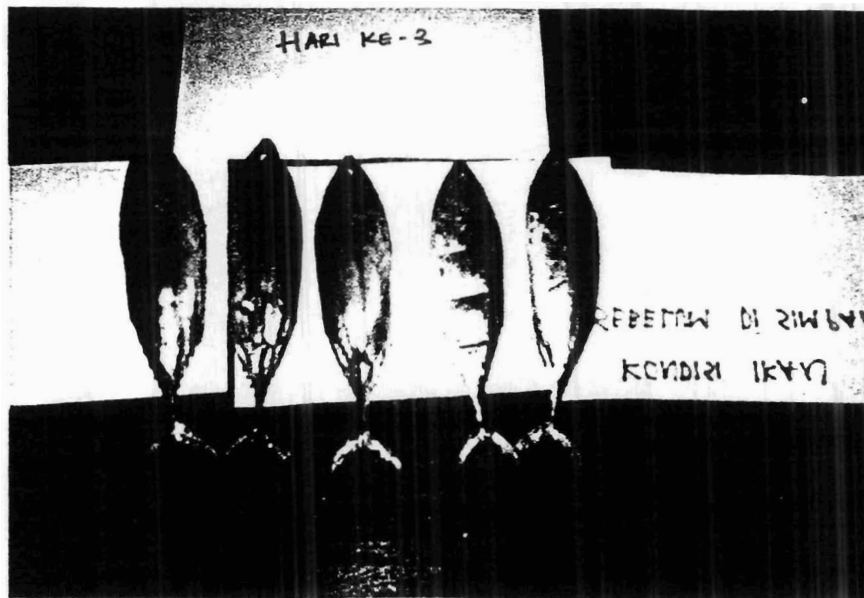
Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke -2 dalam *cold storage* tanpa direndam air laut



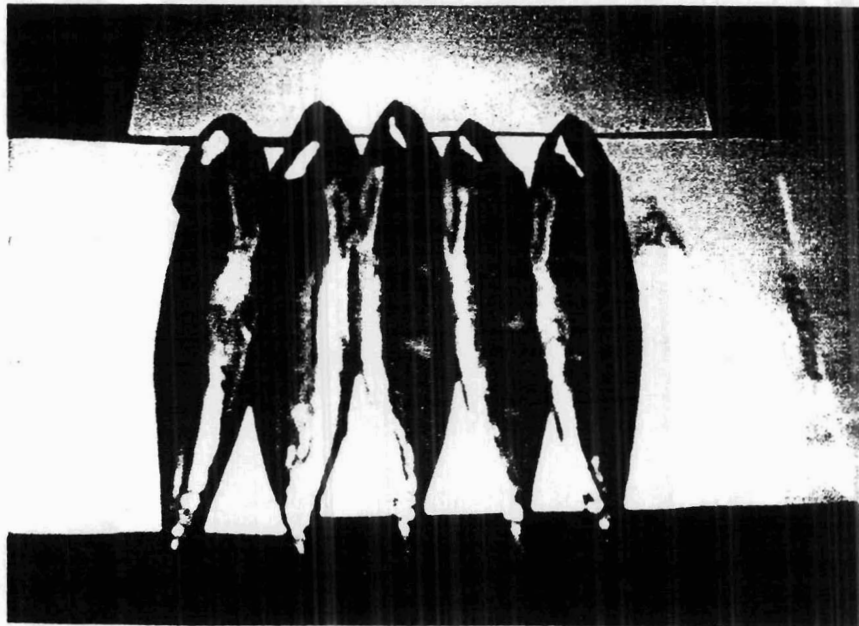
Warna insang ikan hari ke-2 dalam *cold storage* tanpa direndam air laut



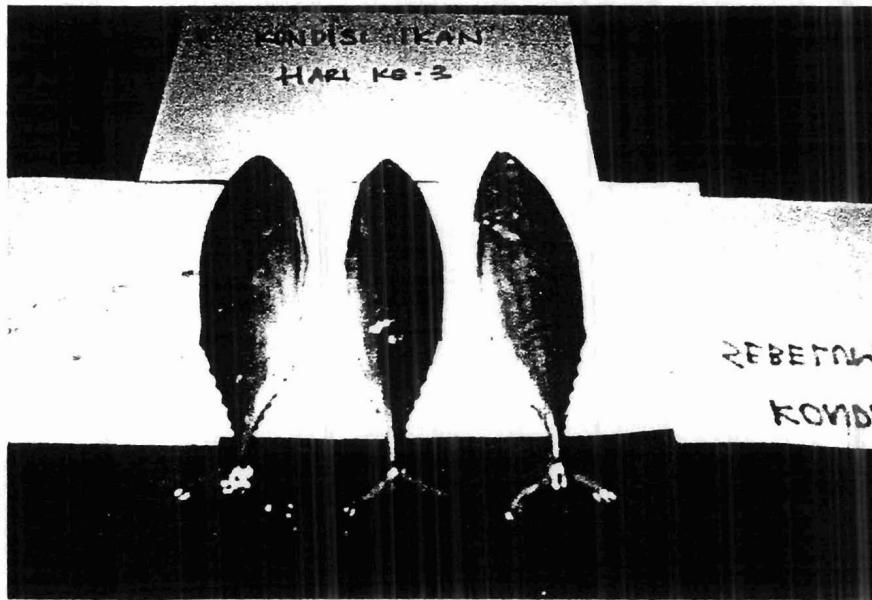
Kondisi daging, warna kulit dan warna insang ikan hari ke-2  
dalam *cold storage* dengan direndam air laut



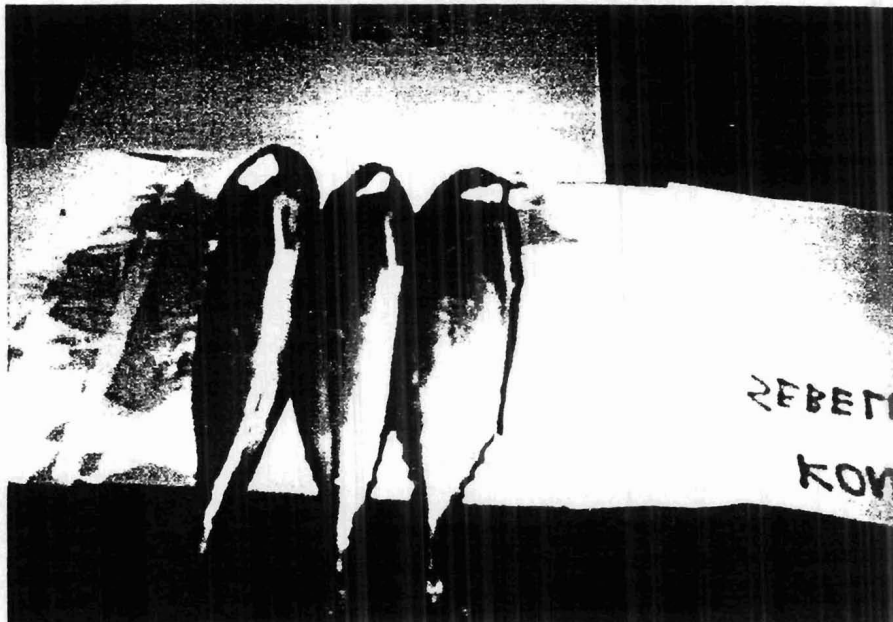
Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-3 dalam *cold storage*  
tanpa direndam *air laut*



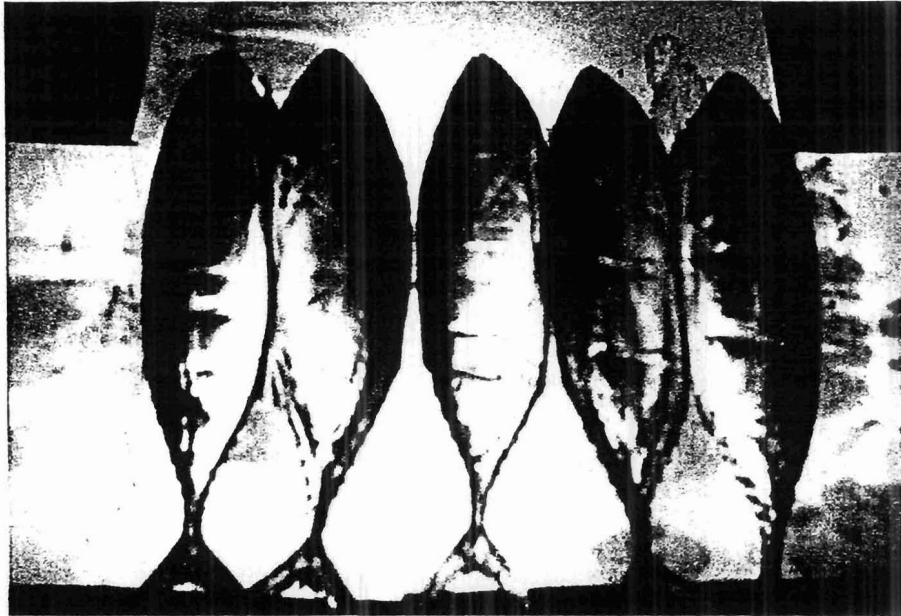
Warna insang hari ke-3 dalam *cold storage*  
tanpa direndam *air laut*



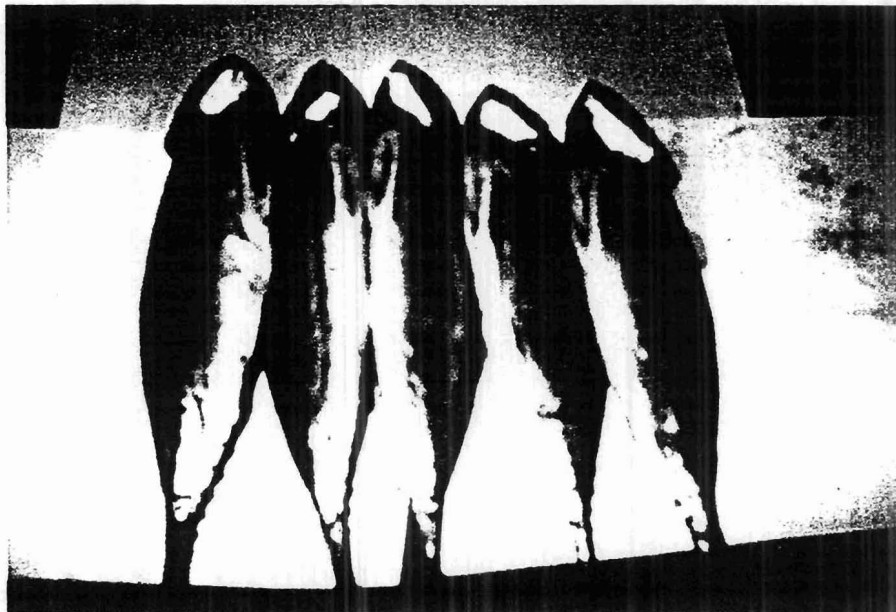
Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-3 dalam *cold storage* dengan direndam *air laut*



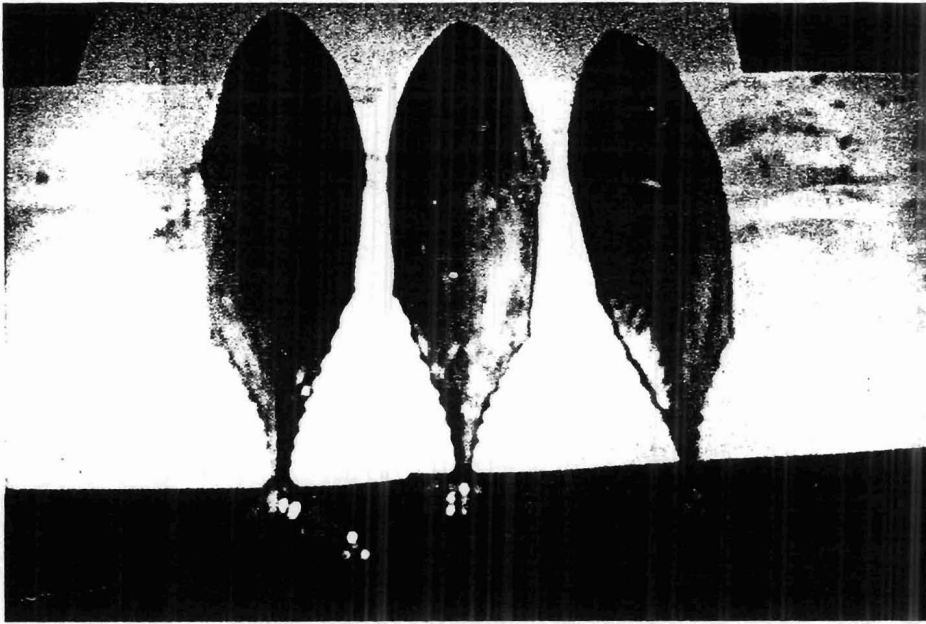
Warna insang ikan hari ke-3 dalam *cold storage* dengan direndam *air laut*



Kondisi daging,warna kulit ikan hari ke-4 dalam *cold storage*  
tanpa direndam *air laut*



Warna insang ikan hari ke-4 dalam *cold storage*  
tanpa direndam *air laut*

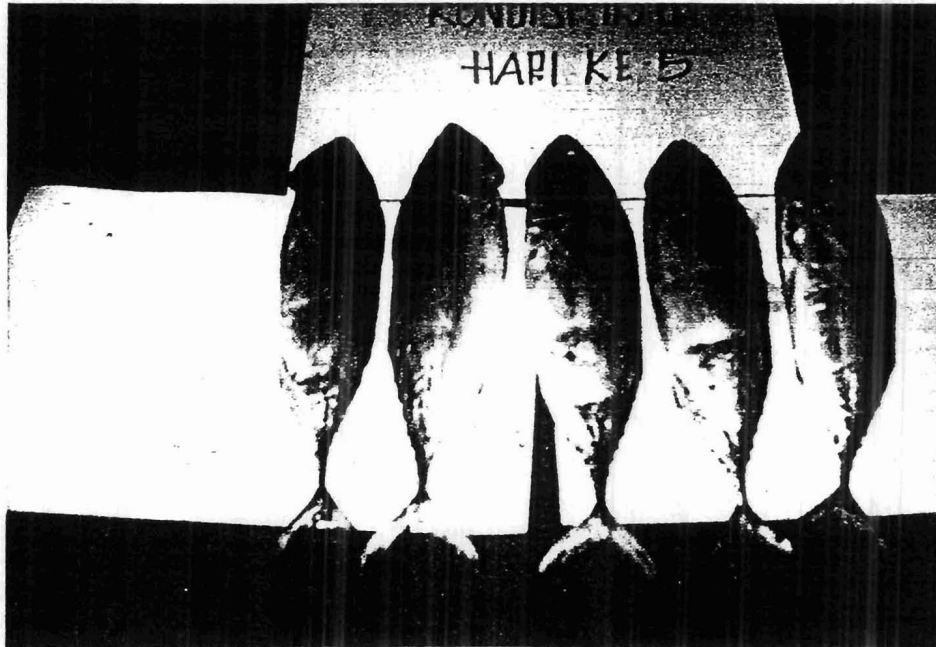


Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-4 dalam *cold storage*  
dengan direndam *air laut*

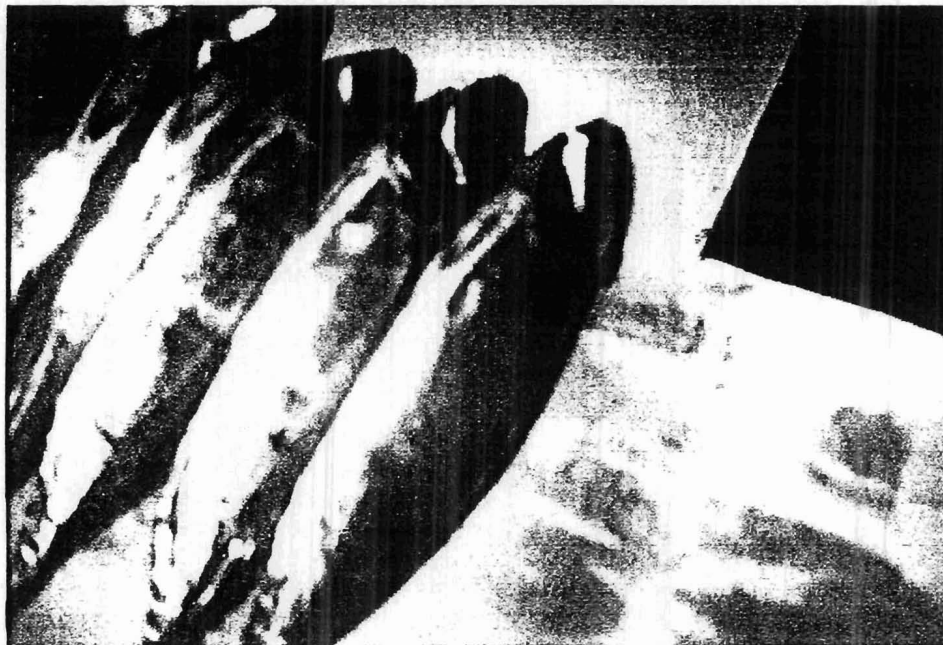


Warna insang ikan hari ke-4 dalam *cold storage*  
dengan direndam *air laut*

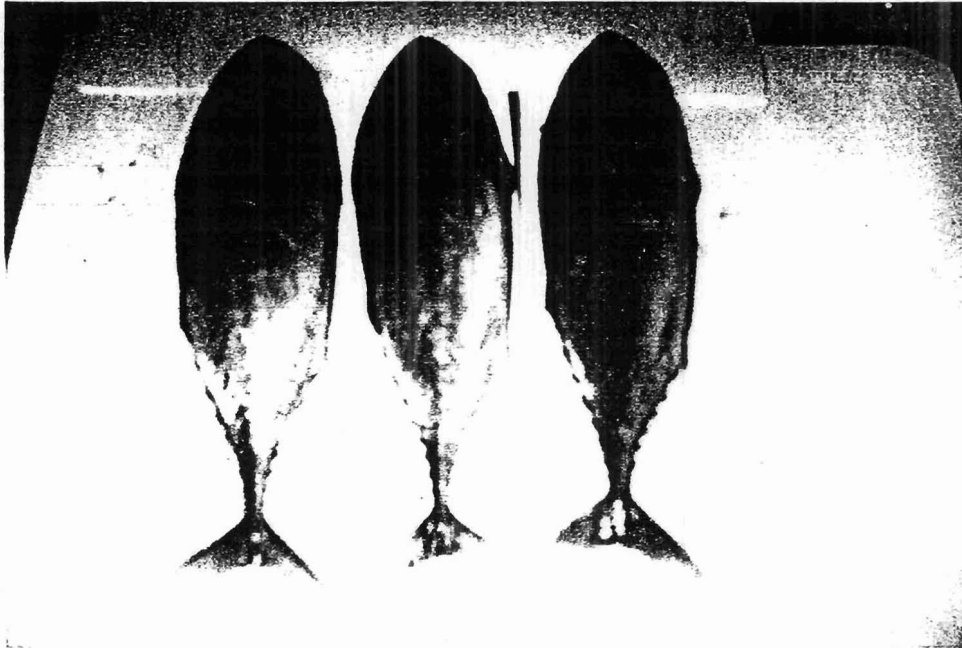




Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-5 dalam *cold storage*  
tanpa direndam *air laut*



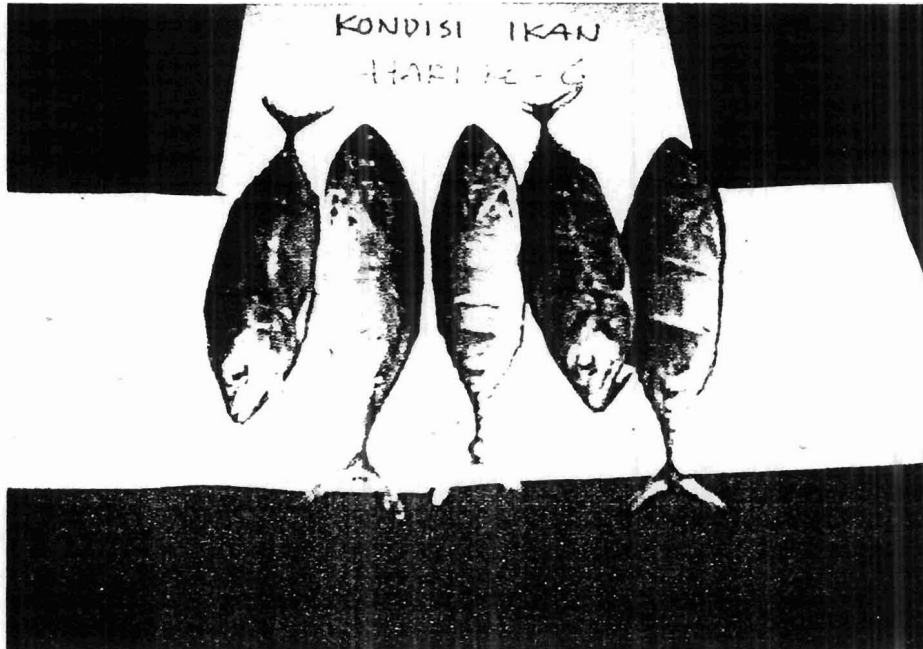
Warna insang ikan hari ke-5 dalam *cold storage*  
tanpa direndam *air laut*



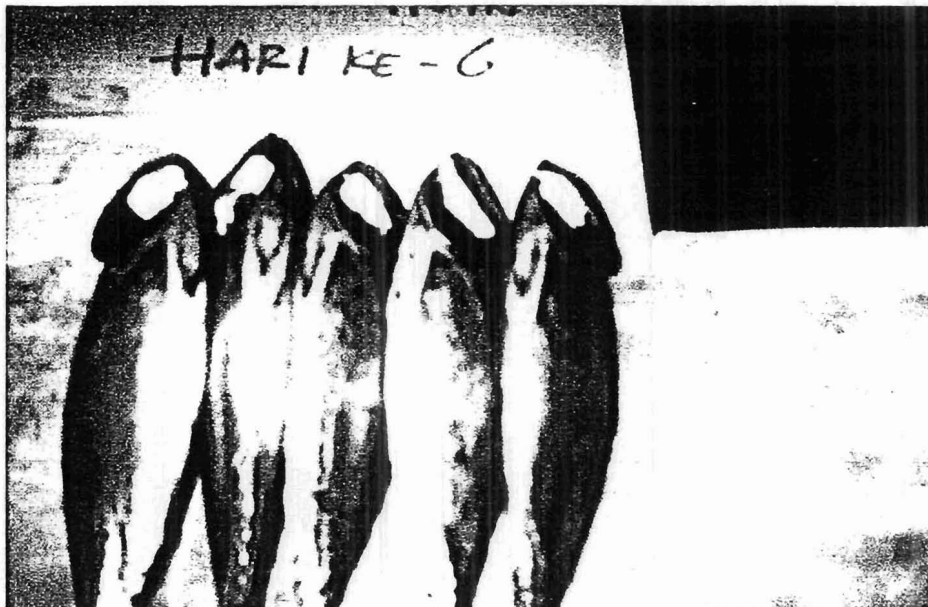
Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-5 dalam *cold storage*  
dengan direndam *air laut*



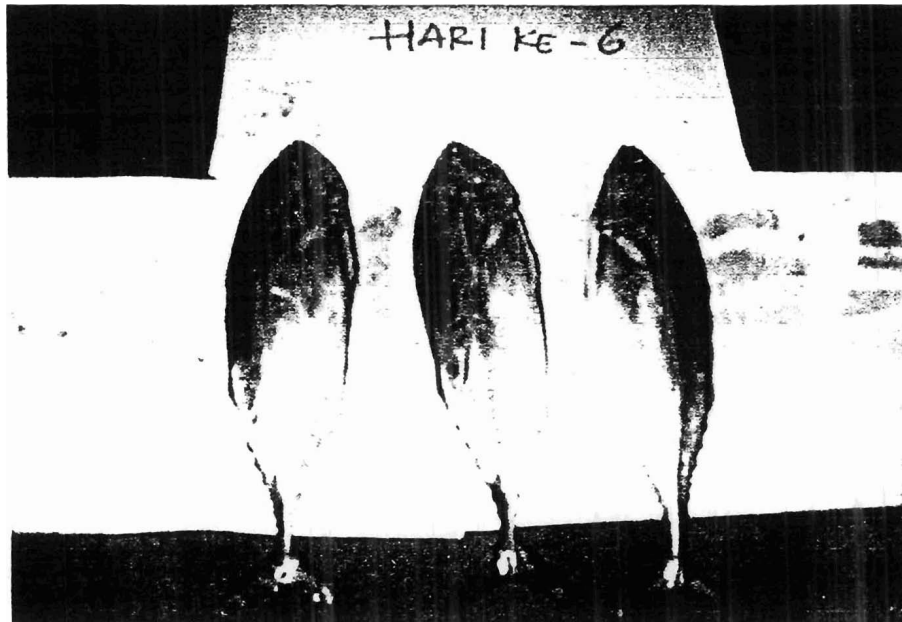
Warna insang ikan hari ke-5 dalam *cold storage*  
dengan direndam *air laut*



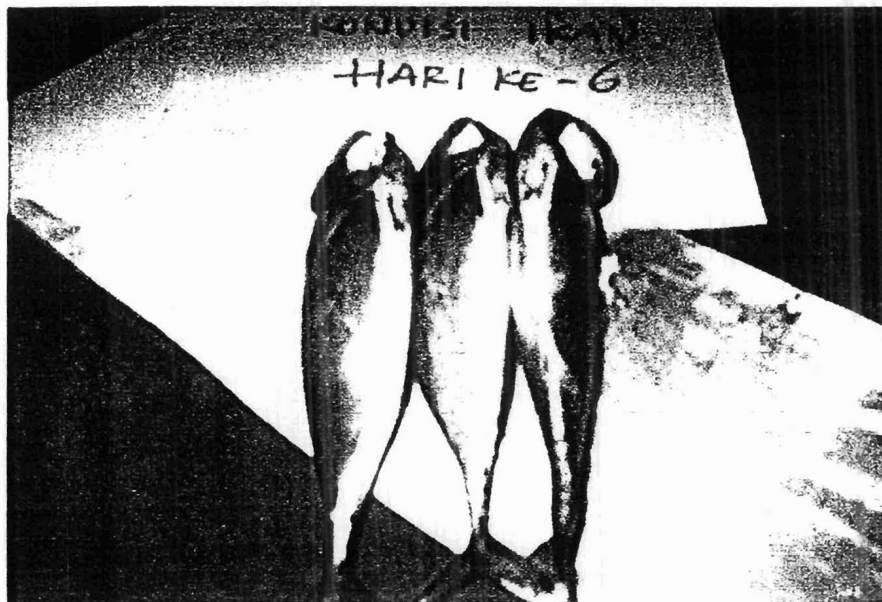
Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-6 dalam *cold storage* tanpa direndam *air laut*



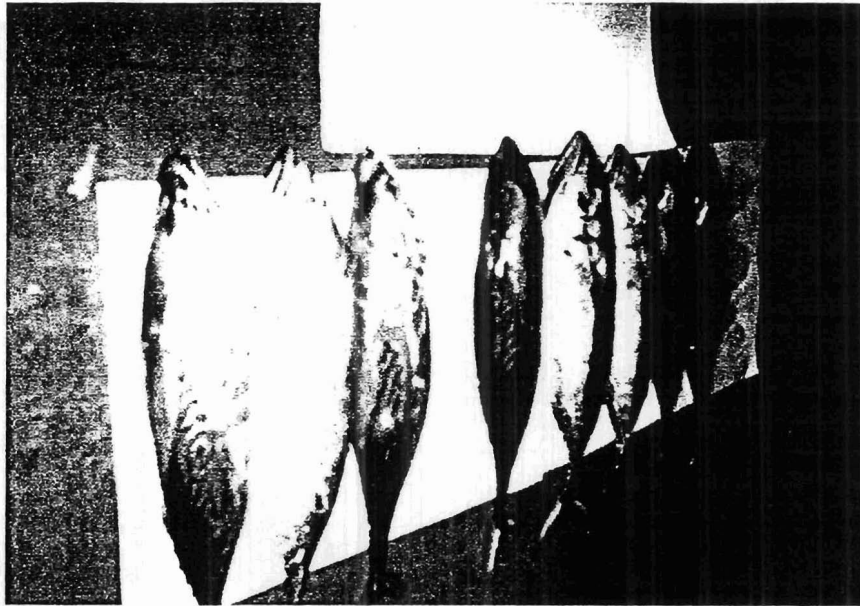
Warna insang ikan hari ke-6 dalam *cold storage* tanpa direndam *air laut*



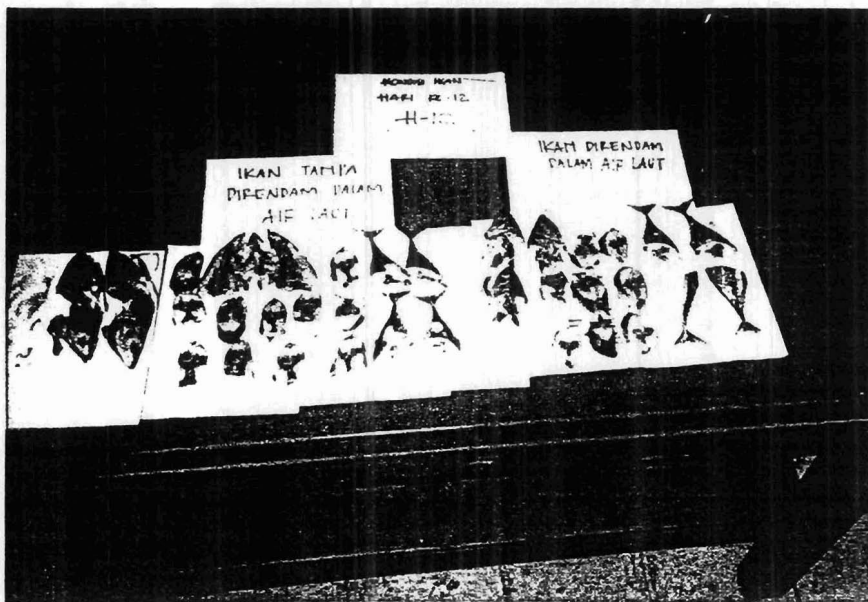
Kondisi daging, warna kulit ikan hari ke-6 dalam *cold storage* dengan direndam *air laut*



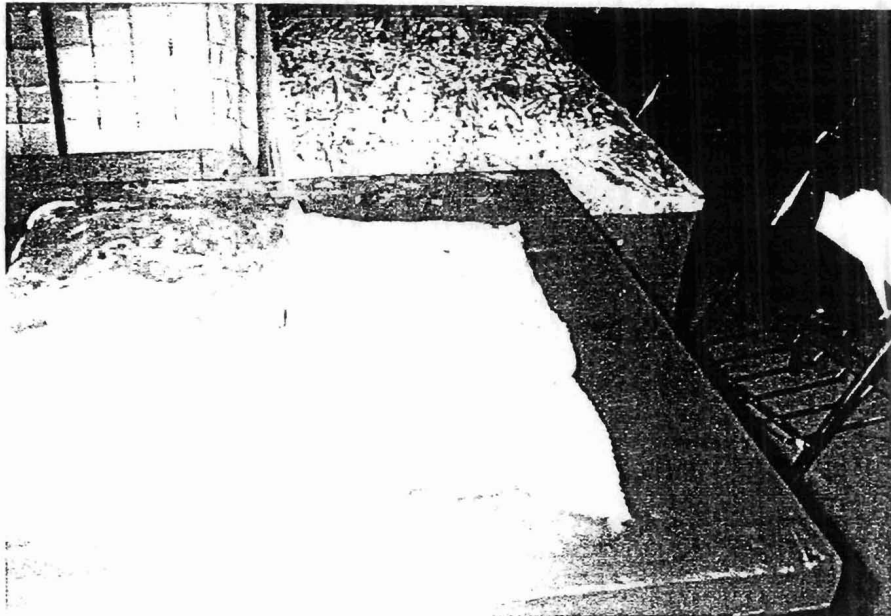
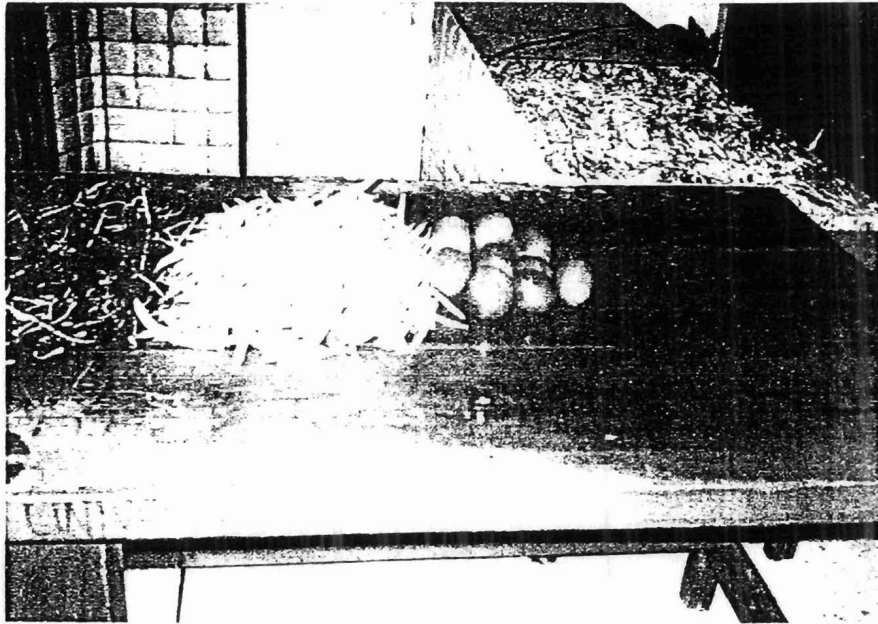
Warna insang ikan hari ke-6 dalam *cold storage* dengan direndam *air laut*



Kondisi fisik (warna kulit dan daging) ikan setelah disimpan  
13 hari *cold storage*



Bentuk daging ikan yang dipotong-potong  
setelah disimpan 13 hari dalam *cold storage*



Sayur-sayuran yang akan disimpan dalam *Cold Storage*

## PERSONALIA PENELITIAN

### 1. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Arwizet K, ST. MT
- b. Golongan Pangkat dan NIP : Penata Muda TK.I/ III.b/ 132 206 169
- c. Jabatan Fungsional : Lektor
- d. Jabatan Struktural : Sekretaris Lab. Perencanaan dan Pengujian Mesin (PPM)
- e. Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Mesin
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
- g. Bidang Keahlian : Teknik Pendingin
- h. Waktu untuk Penelitian ini : 15 jam/minggu

### 2. Anggota Peneliti

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Nelvi Erizon
  - b. Golongan Pangkat dan NIP : Pembina/ IV.a/ 131 847 377
  - c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
  - d. Jabatan Struktural : Ketua Jurusan Teknik Mesin FT.UNP
  - e. Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Mesin
  - f. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
  - g. Bidang Keahlian : Teknologi Fabrikasi
  - h. Waktu untuk Penelitian ini : 10 jam/minggu
-

### 3. Tenaga Labor/Teknisi

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Yusrizal Latief
- b. Golongan Pangkat dan NIP : Penata Muda/ IIIa/ 130 808 645
- c. Jabatan Fungsional : Teknisi Labor
- d. Jabatan Struktural : -
- e. Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Mesin
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
- g. Bidang Keahlian : Perencanaan Mesin Fluida
- h. Waktu untuk Penelitian ini : 10 jam/minggu



**DAFTAR ALAT YANG DIGUNAKAN  
(INSTRUMENTASI PENGUJIAN)**

<b>No</b>	<b>Nama Alat</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Ket</b>
1.	Termometer gelas & digital (Alat ukur temperatur)	Alkohol & magic	8 & 2	
2.	Ampere meter (alat pencatat arus listrik)		1	
3.	Multi meter (alat pencatan tegangan listrik)		1	
4.	Timbangan		1	
5.	Senter		1	
6.	Alat uji kimiawi			Balai POM Padang

## B. DRAF ARTIKEL ILMIAH

### RANCANG BANGUN *COLD STORAGE* SERTA ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS DAN KIMIAWI IKAN HASIL PENYIMPANAN

Arwizet K<sup>1)</sup> dan Nelvi Erizon<sup>2)</sup>

#### *Abstract*

The fish is a product that its freshness can't to get hold of a long time, if it isn't stored in a place with low temperature. The fish is easy putrid quickly, this is result from to grow microorganisms in the fish. One or other the place for storage of the fish is cold storage. Cold storage is a place have used for save kind product like of; fish, meats, vegetables, fruits and some industry products as milks and ice cream so that can to get hold of the putrefaction processes. The research was intended how to design and built of the cold storage for storage a preserve of the fish and to know distance between to influence the storage technical fish without put in and with put in sea water for physical and chemical condition of the fish after storage. The result are obtained from experimental data that; dry ball temperature ( $T_{db}$ ) and wet ball temperature ( $T_{wb}$ ) in the cold storage room are between  $1^{\circ}\text{C}$  until  $0^{\circ}\text{C}$  and  $0^{\circ}\text{C}$  until  $-1^{\circ}\text{C}$  and also relative humidification (RH) between 80% until 86%. The Coefficient Of Performance (COP) cold storage between 1,8 until 1,9.

*Key Words:* Cold Storage, Relatif Humification (RH), Coefficient Of Performance (COP), dry ball temperature ( $T_{db}$ ) and wet ball temperature ( $T_{wb}$ ).

#### PENDAHULUAN

Akibat dari letak geografis Sumatera Barat  $0^{\circ} 54' \text{LU} - 3^{\circ} 30' \text{LS}$  dan  $98^{\circ} 36' - 101^{\circ} 53' \text{BT}$  maka propinsi ini memiliki laut yang luas dan garis pantai yang panjang. Garis pantai Sumatera Barat membujur dari Air Bangis di Kabupaten Pasaman Barat hingga ke Muaro Sako di Kabupaten Pesisir Selatan. Luas perairan Sumatera Barat  $186.580 \text{ km}^2$  dengan luas laut territorial  $57.880 \text{ km}^2$  dan  $128.700 \text{ km}^2$  perairan ZEEI serta panjang garis pantai 2.420,4 km. Wilayah laut yang luas dan garis pantai yang panjang menjadikan Propinsi Sumatera Barat sangat kaya dengan potensi daya kelautan terutama *ikan laut*.

1) & 2) Dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Padang

Dari sektor perikanan Sumatera Barat menghasilkan 289.390 Ton ikan pertahun (Sumatera Barat Dalam Angka, 2002). Produksi ikan dari kantong nelayan di daerah ini, tidak semuanya dapat dikonsumsi oleh masyarakat. Fenomena ini terlihat disaat produksi ikan melimpah, harga ikan jatuh jauh di bawah harga normal, kondisi seperti tentu sangat merugikan nelayan.

Ikan laut kesegarannya tidak dapat dipertahankan dalam waktu lama, jika tidak disimpan di tempat yang dingin. Berbagai upaya untuk itu telah dilakukan oleh para nelayan yakni menyimpan ikan dalam peti yang taburi dengan batu es yang telah dihancurkan terlebih dahulu. Akan tetapi cara seperti ini menurut pengamatan penulis mempunyai beberapa kelemahan diantaranya; 1) Kulit ikan akan terlihat memucat atau insangnya akan memutih, serta ukuran fisik ikan akan menyusut akibat kontak langsung antara batu es dengan ikan, 2) Secara ekonomis dinilai cukup boros, karena dengan proses penyimpanan yang lama dan jumlah ikan yang banyak akan menambah beban pembiayaan lagi bagi nelayan sebelum ikan dijual kepada konsumen. Dari dua kelemahan di atas, menyebabkan nelayan terpaksa menjual ikan hasil tangkapan mereka sesegera mungkin, walaupun harganya lebih rendah dari harga normal.

Sehubungan dengan permasalahan di atas maka dirasa perlu mencari solusi lain dalam hal penyimpanan. Salah satu alat untuk penyimpanan dan pengawetan ikan adalah *cold storage*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara merancang bangun *cold storage*, mendapatkan informasi sejauhmana pengaruh teknik penyimpanan tanpa merendam dan dengan merendam ikan dalam air laut terhadap kondisi fisik dan kimiawi ikan hasil penyimpanan.

---

1) & 2) Dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Padang

mempunyai temperatur ruangan lebih tinggi jika dibanding dengan jenis *everhead cold storage*, dengan temperatur berkisar antara 3–10°C (Dossat, Roy J.,1981:164)

### **Cold Storage Berdasarkan Produk Yang Disimpan**

#### **a. Cold Storage Untuk Penyimpanan Sayur dan Buah (*Fresh Product*)**

*Cold Storage* jenis ini digunakan untuk penyimpanan sayur-sayuran dan buah-buahan. *Cold Storage* untuk penyimpanan *fresh product* ini mempunyai temperatur pendinginan berkisar 3°C hingga 10°C, dengan waktu penyimpanan selama 1 hingga 2 minggu.

#### **b. Cold Storage Untuk Penyimpanan Makanan Beku (*Frozen Product*)**

*Cold Storage* jenis ini digunakan untuk penyimpanan produk-produk makanan beku yang disimpan dalam waktu yang cukup lama, seperti produk ice cream, keju, es wall, es kristal dan produk-produk farmasi seperti penyimpanan obat - obatan dan bahan - bahan kimia. Temperatur penyimpanan bisa mencapai -18°C hingga -29°C dengan lama penyimpanan mencapai 6 bulan atau lebih.

#### **c. Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan atau Daging**

*Cold Storage* jenis ini digunakan untuk menyimpan ikan atau daging agar kesegarannya tetap bisa terjaga. Temperatur pendinginan pada *cold storage* jenis ini berkisar antara -1,0°C hingga 3,25°C sedikit di atas titik beku daging atau ikan -2°C dengan waktu penyimpanan 1 hingga 2 minggu. Akan tetapi untuk ikan atau daging yang akan disimpan dalam kurun waktu yang lama, maka temperatur pendinginan dalam *cold storage* harus mencapai -18°C dengan waktu penyimpanan bisa mencapai 6 bulan.

Untuk produk yang didinginkan hingga mencapai titik beku, biasanya tidak memerlukan waktu yang lama. Besarnya panas yang dilepaskan produk tersebut dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = m_{\text{prod}} \cdot c_{p,\text{prod}} \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (2)$$

**b. Pendinginan pada Titik Beku**

Pendinginan pada titik beku merupakan proses pelepasan panas laten dari produk pada saat mencapai titik bekunya. Besarnya panas laten yang dilepaskan produk tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan,

$$Q_L = m \cdot L \quad \dots\dots\dots (3)$$

**c. Pendinginan di Bawah Titik Beku**

Beban pendingin di bawah titik beku merupakan langkah akhir pelepasan panas dari produk. Pendinginan ini biasanya dilakukan pada proses pembekuan produk yang membutuhkan waktu penyimpanan yang cukup lama. Untuk menentukan besarnya panas yang dilepaskan dapat dihitung dengan persamaan,

$$Q_p = m_{\text{prod}} \cdot c_{p,\text{prod}} \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (4)$$

Beban pendinginan produk total diperoleh dengan menjumlahkan ketiga hasil perhitungan beban pendinginan di atas. Besarnya panas yang diserap oleh produk yang didinginkan tiap detik (kW) dapat dirumuskan,

$$Q_{\text{produk}} = \frac{q_{\text{total}}}{n \cdot 3600} \quad \dots\dots\dots (5)$$

atau dengan memasukan faktor koreksi yang disebut juga dengan *Chilling Rate Factor (RF)*, sehingga persamaan (5) dapat ditulis dengan,

$$Q_{\text{produk}} = \frac{q_{\text{total}}}{n \cdot 3600 \cdot RF} \quad \dots\dots\dots (6)$$

## Prestasi Kerja Mesin Pendingin

Prestasi kerja mesin pendingin dinyatakan dalam bentuk perbandingan antara laju efek pendinginan pada evaporator  $Q_e$  dengan daya kompresor yang diberikan,  $W_k$ . Prestasi kerja mesin pendingin disebut juga *Coefficient Of Performance (COP)*.

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_{e/prod}}{W_k} = \frac{m_{prod} \cdot c_{p,prod} \cdot (T_{awal} - T_{akhir})}{V.I.\cos\phi.t} \\ &= \frac{(h_4 - h_1)}{(h_2 - h_1)} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

## METODOLOGI PENELITIAN

### Wilayah Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perencanaan dan Pengujian Mesin (PPM) Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT), Universitas Negeri Padang. Sedangkan waktu pelaksanaan penelitian ini, mulai dari pembuatan alat hingga selesai penulisan laporan penelitian direncanakan minimal selama 6 (enam) bulan.

### Objek Penelitian

Topik penelitian ini adalah rancang bangun *cold storage* serta analisis karakteristik fisis dan kimiawi ikan hasil penyimpanan. Sebagai objek dari penelitian ini adalah *cold storage* dan teknis penyimpanan ikan tanpa direndam air laut dan dengan direndam air laut pengaruhnya terhadap kondisi fisik dan kimiawi ikan hasil penyimpanan.

### Disain Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian dan untuk membuktikan kebenaran hipotesis yang diajukan, maka dilakukan beberapa langkah antara lain; merancang dan

1) & 2) Dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Padang

membuat alat penelitian (*cold storage*), percobaan pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data.

Adapun yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kondisi fisik ikan yang disimpan, distribusi temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) dan bola basah ( $T_{wb}$ ) dalam ruangan serta waktu pencapaian temperatur terendah dalam ruang. Sedangkan yang menjadi variabel terikat dalam penelitian ini adalah teknis penyimpanan ikan tanpa direndam dalam air laut dan ikan yang direndam dalam air laut.

### Kondisi Perancangan Produk

Temperatur awal produk	= 30°C
Temperatur akhir produk yang direkomendasikan ( $T_{db}$ )	= -1,0°C
Temperatur produk yang diizinkan ( $T_{db}$ )	= -1,0–0°C
Kelembaban relatif produk yang direkomendasikan ( $\phi$ ),	= 85%
Kelembaban relatif produk yang diizinkan ( $\phi$ ),	= 80-85%
Massa Produk ( $m_p$ )	= 100 kg
Panas jenis produk, $c_{p,ikan}$	= 3,18 kJ/kg.K
Chilling Rate Facktor (RF)	= 0,67
Titik beku ikan	= -2,25°C
Chilling Time, yaitu waktu yang diperlukan oleh mesin pendingin untuk mencapai temperatur akhir produk dalam ruang pendingin. Untuk produk ikan diasumsikan Chilling Time	= 18 jam

Pengambilan data dilakukan pertama saat *cold storage* dalam kondisi kosong dan kondisi berisi ikan, baik yang tanpa direndam dalam air laut maupun dengan direndam dalam air laut. Pencatatan temperatur dilakukan setiap 15 menit selama 6 jam peengujian melalau celah intip yang sengaja dibuat pada pintu *cold storage*.

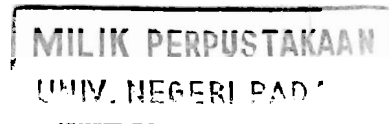
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Pengujian terhadap *cold storage* hasil rancangan dibedakan atas; pengujian kosong dan pengujian yang diisi dengan ikan. Pada pengujian yang diisi dengan ikan dilakukan selama 6 hari berturut-turut dengan lama pengujian setiap hari adalah 6 jam. Teknik penyimpanan ikan dalam *cold storage* dibedakan atas penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut dan dengan merendam ikan dalam air laut. Setiap 15 menit data-data pengukuran dicatat dan ditabulasikan. Untuk setiap akhir pengujian dilakukan pengecekan terhadap kondisi fisik ikan; warna kulit, kondisi daging dan warna insang lalu difoto untuk dokumentasi. (Lampiran D pada laporan).

### B. Pembahasan

#### B.1. Pengujian *Cold Storage* dalam Kondisi Kosong



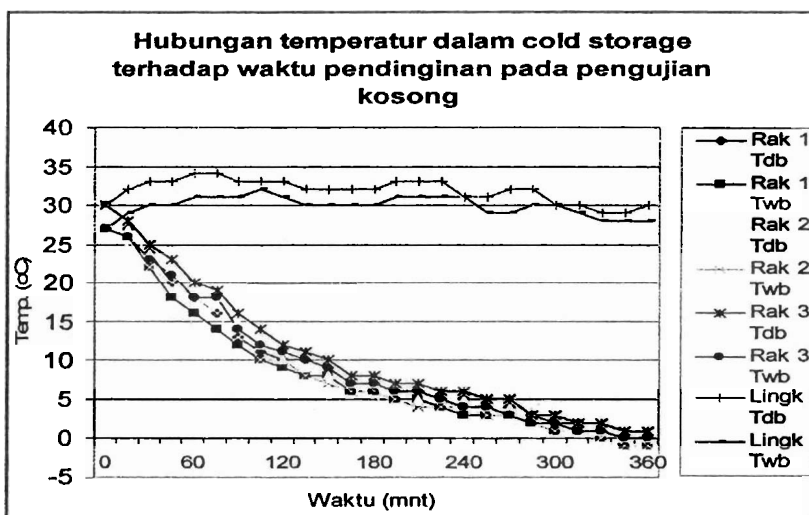
Hasil pengujian untuk *cold storage* dalam kondisi kosong dapat digambarkan oleh grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu untuk pengujian kosong pada gambar 1. Distribusi temperatur dalam ruangan *cold storage* cukup merata, hal ini terlihat dari perbedaan perubahan temperatur pendinginan untuk masing-masing rak dalam *cold storage* terhadap waktu selama proses pendinginan berkisar hanya antara 1-2°C untuk rak 1 dan rak 2. Sedangkan beda antara rak 1 dan rak 3 berkisar antara 2-3°C.

Temperatur terendah yang dapat dicapai oleh *cold storage* dalam pengujian kosong untuk temperatur bola kering ( $T_{db}$ ) adalah 0°C dan temperatur bola basah ( $T_{wb}$ ) adalah -1°C. Angka di atas membuktikan bahwa *cold storage* hasil rancangan ini mempunyai prestasi kerja yang cukup baik. Pada gambar 1 terlihat bahwa laju penurunan temperatur pendinginan berlangsung cepat di awal-awal proses

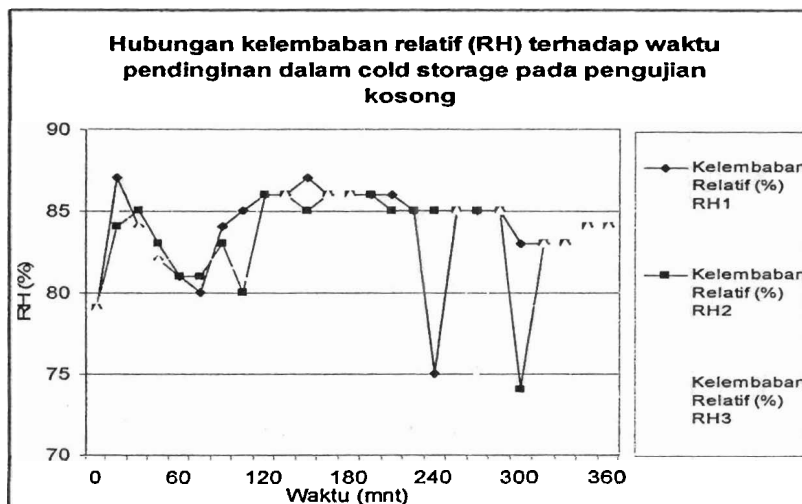


pendinginan dan setelah mendekati temperatur  $6^{\circ}\text{C}$ , maka laju penurunan temperatur pendinginan semakin lambat hingga sampai kondisi tertentu maka temperatur sulit untuk diturunkan lagi.

Fluktuasi temperatur udara lingkungan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap proses pendinginan dalam ruangan *cold storage*. Temperatur udara luar berfungsi untuk membuang panas yang ada pada refrigeran ke udara lingkungan melalui kondensor.



Gambar 1. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian kosong.



Gambar 2. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian kosong.

Gambar 2 memperlihatkan hubungan kelembaban relatif (RH) dalam ruang *cold storage* terhadap waktu pendinginan. Dari data pengujian diperoleh bahwa rata-rata kelembaban dalam ruangan *cold storage* berkisar antara 80% hingga 85%. Angka ini sesuai dengan kriteria rekomendasi rancangan untuk RH yang diizinkan. Dimana RH dari rekomendasi rancangan yang diizinkan adalah 80-85%. Sedangkan unjuk kerja mesin pendingin yang diperoleh dari persamaan (2.23) berkisar 1,9.

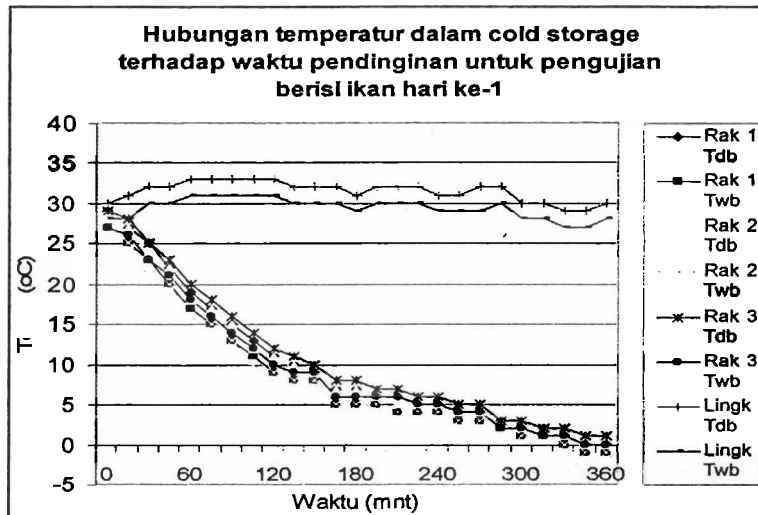
## **B.2. Pengujian *Cold Storage* Berisi Ikan (Hari Pertama)**

Hasil pengujian *cold storage* berisi ikan hari pertama seperti pada tabel C.2. (Lampiran C). Dari tabel C.2 terlihat bahwa; secara umum temperatur dalam *cold storage* terdistribusi cukup merata di seluruh ruangan, perbedaannya pada masing-masing rak tidak terlihat secara signifikan. Pencapaian temperatur terendah Tdb terjadi hampir merata terutama pada rak 1 dan 2 yaitu 0 °C, disusul oleh rak 3 yaitu 1°C, sedang untuk Twb adalah untuk rak 1, dan 2 yaitu -1°C, sedangkan rak 3 yaitu 0°C. Fenomena ini diestimasi penyebabnya adalah hampir sama dengan saat pengujian *cold storage* dalam kondisi kosong, dimana posisi sumber udara dingin (evaporator) berada pada bagian atas ruang *cold storage*.

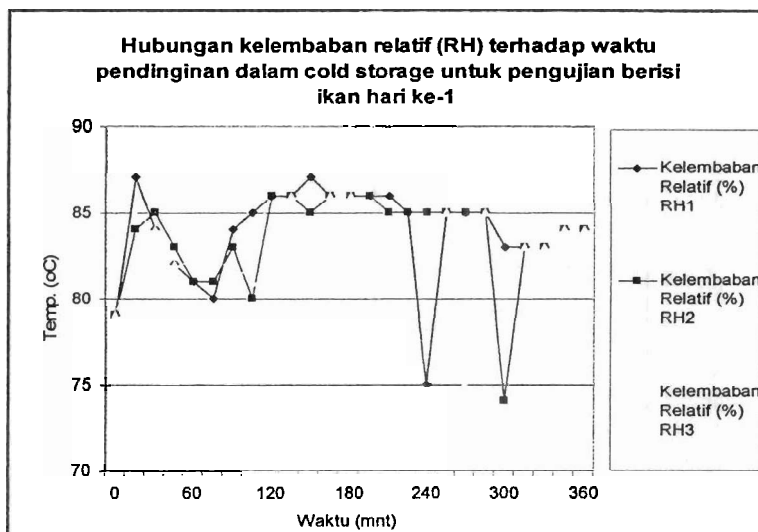
Pada awal-awal proses pendinginan juga terjadi fenomena dimana laju penurunan temperatur berlangsung dengan cepat sampai mendekati nilai 6 atau 5°C, setelah itu penurunan temperatur semakin lambat.

Dari tabel C.9 terlihat bahwa kelembaban relatif udara dalam ruang *cold storage* berkisar antara 81% hingga 87%. Angka ini sudah memenuhi kriteria kelembaban relatif seperti yang direkomendasikan oleh rancangan penelitian. Sedangkan dari gambar 4 terlihat bahwa adanya kecenderungan pada rak 1 mempunyai nilai kelembaban relatif (RH) lebih besar dibanding rak 2 dan rak 3.

Akan tetapi masih dalam batas toleransi perancangan. Dengan menggunakan persamaan (2.23) diperoleh bahwa prestasi kerja dari *cold storage* atau *Coefficient of Performance* (COP) mesin pendingin pada pengujian berisi ikan hari pertama adalah 1,9.



Gambar 3. Grafik hubungan temperatur dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari pertama.



Gambar 4. Grafik hubungan kelembaban relatif (RH) dalam *cold storage* terhadap waktu pendinginan untuk pengujian berisi ikan hari pertama.

Data hasil pengujian *cold storage* berisi ikan yang dilakukan selama 6 (enam) hari berturut-turut memiliki kecenderungan data hasil yang hampir sama. Hal ini

1) & 2) Dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Padang

	hitam mulai kusa m	daging padat dan segar	merah darah buram	hitam mengkilat	daging padat dan segar	merah pucat	hitam mulai kusam	daging padat dan segar	merah darah buram
Akhir hari ketiga	hari ke-3 hitam kusa m	Akhir hari ke-3 daging agak lunak	Akhir hari ke-3 merah tua	Akhir hari ke-3 hitam mulai	Akhir hari ke-3 daging keras dan padat	Akhir hari ke-3 merah pucat	Akhir hari ke-3 hitam kusam	Akhir hari ke-3 daging agak lunak	Akhir hari ke-3 merah tua
Akhir hari ke empat	Akhir ke-4 hitam kusa m	hari ke-4 agak lunak	Akhir hari ke-4 merah tua	Akhir hari ke-4 hitam kusam	Akhir hari ke-4 daging dan padat	Akhir hari ke-4 merah sangat pucat	ke-4 hitam kusam	Akhir hari ke-4 agak lunak	Akhir hari ke-4
Akhir hari kelima	Akhir hari ke-5 hitam sangat kusa m	Akhir hari ke-5 agak lunak	Akhir hari ke-5 merah ke coklat an	Akhir hari ke-5 hitam kusam	hari ke-5 daging keras dan padat	Akhir hari ke-5 merah sangat pucat	Akhir hari ke-5 hitam sangat kusam	Akhir hari ke-5 agak lunak	Akhir hari ke-5 merah ke coklat an
Akhir hari keenam	Akhir hari ke-6 hitam sangat kusa m	Akhir hari ke-6 agak lunak	hari ke-6 merah kecoklatan	Akhir hari ke-6 hitam kusam	Akhir hari ke-6 daging keras dan padat	Akhir ke-6 merah sangat pucat	Akhir hari ke-6 sangat kusam	Akhir hari ke-6 agak lunak	Akhir hari ke-6 merah kecoklatan

Analisis karakteristik kimiawi (kadar air, protein dan lemak) ikan hasil penyimpanan dalam *cold storage* dilakukan dengan bantuan tenaga ahli bidang kimia di Balai Pengawas Obat dan Makanan (POM) Padang, Jalan Gajah Mada Po. Box. 172 Gunung Pangilun Padang, Sumatera Barat dengan rincian hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis karakteristik kimiawi ikan sebelum dan sesudah disimpan dalam *cold storage*

No	Jenis Ikan	Teknik Penyimpanan	Kandungan			Ket
			Air	Protein	Lemak	
1	Tongkol	Sebelum disimpan	69,43%	28,55%	5,83%	

2	Tongkol	Disimpan tanpa direndam air laut	68,91%	27,45%	5,53%	
3	Tongkol	Disimpan dengan direndam air laut	72,90%	25,64%	4,56%	

Sumber : Hasil pengujian oleh Balai POM Padang

Dari Tabel 2. terlihat bahwa selama proses penyimpanan dalam *cold storage* ditinjau dari teknik penyimpanan yakni; teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut mengalami penurunan kadar air 0,52%, protein 1,1 % dan lemak 0,3% dari kondisi ikan sebelum disimpan. Sedangkan untuk teknik penyimpanan dengan merendam ikan dalam air laut mengalami peningkatan kadar air 3,47% , penurunan kadar protein 2,91% dan lemak 1,27%. Penurunan kadar air, protein dan lemak untuk teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air tidak terlalu signifikan. Secara umum penurunan tersebut menurut hemat peneliti dilihat dari segi kelayakan konsumsi, ikan masih layak dimakan atau dikonsumsi. Begitu juga untuk teknik penyimpanan dengan merendam ikan dalam air laut, dengan kenaikan kadar air, penurunan kadar protein dan lemak juga tidak terlalu signifikan. Secara umum Dilihat dari peningkatan kadar air, maupun penurunan kadar protein dan lemak menurut hemat peneliti, dilihat dari segi kelayakan konsumsi, ikan masih layak untuk dimakan atau dikonsumsi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. *Cold storage* hasil rancang bangun pada penelitian ini dapat digunakan untuk penyimpanan ikan dengan capaian temperatur terendah sekitar 0°C sampai -1°C.

2. Hasil analisa fisik hasil proses penyimpanan dengan teknik merendam ikan dalam air laut, lebih baik dari pada teknik penyimpanan tanpa merendam ikan dalam air laut.
3. Teknik penyimpanan dengan merendam ikan dalam air laut dapat mempertinggi kadar air dalam ikan dan mengurangi kadar protein serta lemak ikan hasil penyimpanan.
4. *Cold storage* hasil rancang bangun ini dapat pula digunakan untuk penyimpanan dan pengawetan produk-produk lain seperti daging, sayur-sayuran dan buah-buahan serta produk industri; minuman kaleng, air mineral, susu dan ice cream, mengingat capaian temperatur terendah bisa mencapai  $-1^{\circ}\text{C}$  yang cocok untuk kriteria temperatur untuk penyimpanan sayur-sayuran, buah-buahan dan produk industri.
5. *Cold storage* hasil rancang bangun ini dapat pula digunakan pada kapal ikan nelayan dengan syarat harus ada modifikasi terhadap bentuk dan bahan yang dipakai untuk pembuatan *cold storage*..

## **B. Saran**

1. Menggunakan *cold storage* sebagai tempat penyimpanan suatu produk, maka temperatur pendinginannya harus disesuaikan dengan kondisi fisik dan kimia produk tersebut.
2. Dalam pembuatan ruang pendingin *cold storage* gunakan bahan-bahan yang mempunyai tahanan termal yang tinggi agar dapat mencegah atau memperkecil energi panas yang masuk dari lingkungan ke ruangan pendingin.
3. Peneliti mengharapkan adanya penelitian lebih lanjut tentang rancang bangun *cold storage* ini dan teknik penyimpanan ikan dalam *cold storage* agar diperoleh

informasi yang betul-betul dapat menjadi acuan bagi masyarakat nelayan dalam cara menyimpan ikan yang baik.

4. Lakukan juga penelitian terhadap produk-produk lain seperti buah-buahan dan sayur-sayuran komoditi unggulan Sumatera Barat dengan teknik penyimpanan yang lebih bervariasi; metode dan pengepakan (*packaging*).
5. Waktu pengambilan data pengujian, gunakan alat ukur yang akurat dan presisi agar kesalahan dalam penelitian dapat dikurangi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, R.S.,(1997), "*Refrigeration Appliances Using Hydrocarbon Refrigerants: Manual for the Safe Design, Manufacturing, Servicing and Drop-in Conversion of Domestic and Commercial Appliances*", Department of Mechanical Engineering, Huaz Khan, New Delhi..
- Andersen, S.A., (1959), "*Automatic Refrigeration*", MacLaren & Sons LTD, Danfoss, Nordborg, Denmark,
- Arwizet, K., (2003), "*Kaji Numerik dan Eksperimental Aliaran Udara Terkondisi Melalui Jet Swirling dan Difuser Grille*", Laporan Penelitian Pascasarjana, Teknik Mesin ITB Bandung. .
- Arismunandar, W., (1986), "*Penyegaran Udara*", Pradnya Paramita, Jakarta.
- Arora, C.P., (2001), "*Refrigerating and Air Conditioning* ", Second Edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York
- ASHRAE Handbook, Fundamental Volume, American Society of Heating, (1977), "*Refrigerating and Air Conditioning Engineer*", Atlanta, Georgia.
- ASHRAE Psychrometrics Teory and Practice, American Society of Heating, (1996), "*Refrigerating and Air Conditioning Engineer*", Atlanta, Georgia.
- Bejan, A., (1982), "*Convection heat Transfer*", John Willey & Sons, New York.
- Carrier Handbook, (1982), "*Air Conditioning System Design*", McGraw-Hill Book Company Inc., New York,
- Darmanto, P.S. dan I Made Astina, (1999), "*Pengembangan Prototipe Mesin Pengkondisian Udara Tak Stasioner (Mobile AC Unit)*", Laporan Penelitian Hibah Bersaing VI/2.
- Dossat, Roy J., (1981), "*Principles of Refrigeration*", Second Edition John Wiley & Sons, New York.
- Fox, Robert W. dan Alan T., (1994), "*Introduction to Fluid Mechanics*", John Willey & Sons, New York
- Stoecker, W.F. (1996). "*Refrigeration and Air Conditioning*", McGraw-Hill Book Company Inc., New York



## JURNAL SASARAN

1. Jurnal “Saintek” diterbitkan oleh Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang
2. Jurnal “Perkapalan” diterbitkan oleh Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

### C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian Rancang Bangun *Cold Storage* serta Analisis Karakteristik Fisis dan Kimiawi Ikan Hasil Penyimpanan merupakan penelitian yang relatif baru dan bersifat inovatif dan aplikatif. Penelitian ini sangat bermanfaat untuk mendapatkan solusi dalam proses penyimpanan ikan hasil tangkapan nelayan. Pada penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, baik dalam hal perancangan dan pembuatan alat, metode penelitian yang digunakan, instrumentasi yang dipakai dalam pengambilan data serta sistem pengolahan data yang belum optimal. Untuk itu untuk masa yang akan datang diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan kajian yang lebih komprehensif, mendalam dan memiliki keakuratan data yang mempunyai standar minimal skala nasional atau jika perlu skala internasional.

Peneliti berkeyakinan benar bahwa penelitian lanjutan yang komprehensif dan mendalam tentang proses penyimpanan ikan dan pengaruhnya terhadap kondisi fisik dan kimiawi ikan, akan melahirkan informasi yang sangat bermanfaat tentang metode atau teknik yang baik dalam hal penyimpanan ikan bagi nelayan. Jika hal ini bisa diwujudkan tentu akan sangat membantu nelayan dalam hal mengurangi biaya operasional penyimpanan, dan menstabilkan harga ikan dipasaran. Nelayan tidak perlu kuatir tentang harga jika produksi ikan melimpah terutama saat-saat musim kelam (gelap), tugas mereka hanya menangkap ikan sebanyak-banyaknya. Untuk menjawab tantangan dan peluang tersebut di atas, peneliti membuat sinopsis penelitian lanjutan dari Penelitian Dosen Muda tahun 2006 ini:

## 1. Topik

Melakukan Rancang Bangun Cold Storage untuk peningkatan sistem pendinginan ikan pada kapal nelayan dengan sistem pendinginan cepat (*blast freezer*) agar dapat mempertahankan kualitas ikan agar tetap segar. Pada alat ini di buat sistem kontrol temperatur yang dapat mengatur temperatur, agar sesuai dengan kondisi ikan yang diinginkan dalam *cold storage*. Apakah pendinginan untuk *chilling* (*penyimpanan tanpa pembekuan*) atau *frozen* (*pembekuan*). Pada penelitian lanjutan juga akan dilanjutkan analisa secara kimiawi ikan hasil penyimpanan khusus untuk kandungan-kandungan lain dari ikan selain kadar air, protein dan lemak. Adapun judul yang diajukan: **Rancang Bangun Cold Storage Untuk Peningkatan Sistem Pendinginan Ikan Pada Kapal Nelayan Dengan Sistem Pendinginan Cepat.** Kapal nelayan yang dijadikan sasaran adalah kapal nelayan Pasir Naras Pariaman jenis Kapal Bagan.

## 2. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana merancang bangun *cold storage* untuk kapal nelayan jenis kapal bagan dengan sistem pendinginan cepat (*blast freezer*)
- b. Apa pengaruh proses pendinginan cepat (*blast freezer*) terhadap kondisi fisik dan kandungan kimiawi ikan.

## 3. Rancangan Penelitian

- a. Merancang alat penelitian (*cold storage*) meliputi; menghitung beban pendingin dari produk, lingkungan dan dari sumber lainnya.
- b. Mendisain kondisi ruang *cold storage*, produk dan kondisi lingkungan.

- d. Melakukan pengujian terhadap alat penelitian yang dibuat, mengambil data dan menganalisa data.
- e. Mengambil kesimpulan dari hasil analisa data pengujian.

#### **4. Prosedur Pengujian**

- a. Menyediakan alat dan bahan pengujian
- b. Melakukan pengujian dan mentabulasikan data pengujian
- c. Analisa data pengujian

