

**ANALISIS ALIRAN ENERGI  
DALAM PRODUKSI LOBSTER BEKU  
DI PT MERIN**

Oleh

**WITARSA WIDJAJA**

**F 25.0443**



**1 9 9 3**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**B O G O R**

Witarsa Widjaja. F. 25.0443. Analisis Aliran Energi dalam Produksi Lobster Beku di PT Merin. Di bawah bimbingan Ir. Abdul Kohar Irwanto, MSc. dan Ir. Mad Yamin

### RINGKASAN

Lobster merupakan hasil perikanan yang penting dan digemari baik ditinjau dari konsumsi dalam negeri maupun sebagai komoditi ekspor. Lobster menduduki tempat kedua setelah daging dan unggas sebagai sumber protein. Lobster termasuk bahan pangan yang mudah rusak sehingga perlu pengawetan yaitu dengan pembekuan dan penyimpanan beku. Penggunaan energi yang tidak terbarukan diusahakan sehemat mungkin.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa kebutuhan energi untuk memproduksi dan menyimpan lobster beku, mempelajari efisiensi energi pada pengolahan lobster beku dan penyimpanan bekunya pada perusahaan ini dan membuat program komputer untuk mendapatkan penggunaan energi dalam produksi, penyimpanan beku, serta efisiensinya.

Lobster termasuk bahan pangan yang mudah rusak. Kerusakan ini akibat aktivitas enzim, aktivitas bakteri, kegiatan organisme, kontaminasi dari mikroorganisme yang terbawa pada saat penangkapan, penanganan dan pengolahan.



Secara teknis lobster memerlukan penanganan yang cepat dan suhu yang rendah selama proses pengolahan. Pembekuan dilakukan dengan menggunakan "Air Blast Freezer" dengan suhu  $-40^{\circ}\text{C}$  sedangkan ruang penyimpanan beku mempunyai suhu  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Konsumsi energi total terbesar pada bulan Januari 1992 sebesar 11 561.23 SLM (setara liter minyak) dan terkecil pada bulan April 1992 sebesar 6 801.78 SLM. Konsumsi energi total rata-rata perusahaan setiap bulannya sebesar 8 601.29 SLM dengan intensitas 0.68 SLM/kg lobster beku. Energi yang dikonsumsi terbesar adalah energi listrik sekitar 49.99 % dari energi total, kedua energi bahan bakar minyak solar sekitar 49.41 % dan ketiga energi manusia sekitar 0.59 %. Efisiensi konsumsi energi listrik perusahaan adalah 32 %. Kebutuhan energi untuk menghasilkan lobster beku adalah 680 SLM/ton.

Intensitas energi rata-rata perusahaan setiap bulan adalah 0.68 SLM per kg lobster beku. Pada kondisi ini perusahaan tidak menggunakan kapasitas optimum yang secara teoritis adalah 0.11 SLM per kg lobster beku. Untuk menghemat energi pemakaian alat-alat bertenaga listrik sehemat mungkin dan produksi lobster beku lebih banyak sesuai dengan kapasitas alat pembeku dan ruang penyimpanan beku.



INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

ANALISIS ALIRAN ENERGI  
DALAM PRODUKSI LOBSTER BEKU  
DI PT. MERIN

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN  
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN,  
Fakultas Teknologi Pertanian,  
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

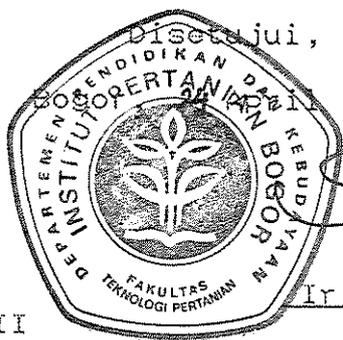
WITARSA WDJAJA

F 25.0443

Dilahirkan pada tanggal 24 April 1968

di Jakarta

Tanggal lulus : Bogor, 2 April 1993



*[Signature]*

Ir. Mad Yamin  
Dosen Pembimbing II

*[Signature]*

Ir. A. Kohar Irwanto, MSc.  
Dosen Pembimbing I



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh kasih karunia-Nya yang membimbing dalam setiap kesulitan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Abdul Kohar Irwanto, MSc. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam penulisan skripsi ini.
2. Ir. Mad Yamin sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penulisan skripsi ini.
3. Ir. John Kumendong, MS. sebagai Dosen Penguji.
4. Bapak Sutarto sebagai pembimbing lapang dalam penulisan skripsi ini.
5. Semua pihak yang telah memberikan dukungan moril selama penyusunan skripsi ini.

Penulis dengan senang hati menerima saran dan kritik yang membangun demi perbaikan skripsi ini.

Bogor, April 1993

Penulis

DAFTAR ISI

	<u>halaman</u>
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
I. PENDAHULUAN .....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. TUJUAN PENELITIAN .....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. KOMODITI LOBSTER .....	6
B. KOMPOSISI KIMIA LOBSTER .....	7
C. PENURUNAN MUTU LOBSTER .....	7
D. PEMBEKUAN .....	10
E. PENYIMPANAN BEKU .....	15
F. ENERGI PEMBEKUAN DAN PENYIMPANAN BEKU .....	17
G. ANALISA ENERGI .....	21
III. BAHAN DAN METODE .....	23
A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN .....	23
B. BAHAN DAN ALAT .....	23
C. PENGUKURAN PARAMETER .....	24
D. PENGOLAHAN DATA .....	25



IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A.	TEKNIS .....	29
B.	ENERGI .....	36
V.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
A.	KESIMPULAN .....	46
B.	SARAN .....	48
	DAFTAR PUSTAKA .....	49
	LAMPIRAN .....	51

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan mencantumkan sumber.  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan media massa.  
 3. Diperbolehkan tidak mencantumkan nama penulis yang tertera pada IPB University.  
 4. Dilarang memperjualbelikan dan menyalin ulang karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

	<u>halaman</u>
Tabel 1. Jumlah pemasukan devisa dari ekspor udang .	3
Tabel 2. Komposisi kimia per 100 gram berat lobster pada bagian yang dapat dimakan .....	8
Tabel 3. Komposisi kimia per 100 gram berat lobster pada bagian yang diperjualbelikan dan tidak dimakan .....	9
Tabel 4. Rata-rata infiltrasi udara (lt/dt) karena pembukaan pintu .....	27
Tabel 5. Perbedaan entalpi (kJ/dt) dalam udara pendingin pada ruangan penyimpanan dengan suhu di bawah 0°C .....	28
Tabel 6. Pemakaian energi pengolahan lobster beku tahun 1991/1992 .....	44
Tabel 7. Konsumsi energi listrik dalam pengolahan lobster beku dan efisiensinya menurut perhitungan .....	45

DAFTAR LAMPIRAN

	<u>halaman</u>
Lampiran 1. Data suhu udara lingkungan .....	51
Lampiran 2. Data produksi, pemakaian energi listrik, bahan bakar minyak dan jam orang kerja dalam pengolahan lobster beku di PT Merin Jakarta tahun 1991/1992 .....	52
Lampiran 3. Data suhu lobster sebelum dibekukan berdasarkan berat .....	53
Lampiran 4. Data suhu lobster setelah dibekukan ....	54
Lampiran 5. Data suhu lobster setelah dari ruang penyimpanan dingin .....	55
Lampiran 6. Daftar simbol pada program komputer .....	56
Lampiran 7. Program komputer pemakaian energi lobster beku di PT Merin .....	60
Lampiran 8. Perhitungan energi pengolahan lobster beku di PT Merin .....	61
Lampiran 9. Program komputer konsumsi energi listrik lobster beku dan efisiensinya .....	67
Lampiran 10. Foto-foto penelitian .....	69
Lampiran 11. Diagram psikrometrik .....	75
Lampiran 12. Denah PT Merin .....	76

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Orang yang melanggar hak cipta akan dikenakan sanksi  
 2. Orang yang melanggar hak cipta akan dikenakan sanksi  
 3. Orang yang melanggar hak cipta akan dikenakan sanksi

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia mempunyai laut yang kaya. Laut ini merupakan salah satu sumber kekayaan alam yang sangat besar yang dapat menyediakan bahan makanan sumber protein yang penting. Kekayaan alam ini belum seluruhnya dimanfaatkan secara optimal sampai ke perairan zone ekonomi eksklusif.

Dalam fungsinya sebagai bahan baku pangan sumber protein, pada berbagai daerah di dunia komoditi ikan menduduki tempat ke dua setelah daging dan unggas.

Sehubungan dengan itu, peningkatan hasil perikanan sebagai komoditi ekspor non migas telah memberikan sumbangan yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara.

Potensi perikanan yang besar itu perlu dimanfaatkan secara optimal dan efektif. Hal tersebut berarti bahwa teknologi yang tepat untuk mencapai produksi sesuai dengan potensial yang ada masih diperlukan. Peningkatan produksi ini ditekankan pada tujuan pembangunan perikanan untuk mencukupi kebutuhan gizi dan kemungkinan untuk ekspor. Realisasi tujuan tersebut menurut Presiden Republik Indonesia pada pidato kenegaraan tanggal 16 Agustus 1983, dapat dilaksanakan secara terpadu melalui upaya intensifikasi, ekstensifikasi dan diversifikasi.

Upaya intensifikasi diarahkan untuk mencapai produksi yang optimal dengan memperhatikan kelestarian sumber-sumber perikanan. Upaya ekstensifikasi diarahkan untuk memperluas usaha penangkapan dan budidaya ke daerah-daerah yang mempunyai potensi perikanan yang besar. Sedangkan upaya diversifikasi diarahkan pada penganekaragaman usaha perikanan, pengembangan pengolahan dan pemasarannya.

Dengan adanya usaha peningkatan produksi, berarti pula akan melibatkan sektor pemasaran terutama dalam pembinaan mutu dan kegiatan-kegiatan lainnya. Dengan lain perkataan untuk mencapai produksi yang tinggi diperlukan modernisasi alat sistem penangkapan, pemasaran serta usaha untuk mempertahankan mutu produk.

Lobster (udang) merupakan hasil perikanan yang penting dan digemari baik ditinjau dari konsumsi dalam negeri maupun sebagai komoditi ekspor. Menurut Biro Pusat Statistik (1988), jumlah pemasukan devisa negara dari ekspor udang (termasuk lobster) adalah seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Lobster (udang) termasuk bahan pangan yang mudah rusak. Kerusakan dimulai pada saat lobster ditangkap dan mati. Hal ini disebabkan karena adanya bakteri yang terdapat pada lobster, terutama pada lendir yang terdapat pada permukaan kulit dan pada saluran pencernaannya. Kerusakan akan makin hebat bila terjadi kontaminasi selama penanganan. Penanganan segera



setelah ditangkap dapat mencegah kerusakan baik secara mikrobiologis maupun secara enzimatis.

Tabel 1. Jumlah pemasukan devisa dari ekspor udang (termasuk lobster \*)

Tahun	Harga (X 1 000 000 US \$)
1982	181.4
1983	193.9
1984	195.5
1985	202.3
1986	284.7
1987	351.9
1988	372.5

\*) Biro Pusat Statistik (1988)

Pengawetan yang baik adalah pengepakan beku yang disimpan pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$ . Mutu dan stabilitas penyimpanan sangat dipengaruhi oleh hubungan antara suhu dan waktu selama proses pembekuannya (Desrosier, 1988).

Dalam pembekuan dan penyimpanan lobster beku dibutuhkan energi. Energi tersebut diperlukan untuk membekukan lobster, mengatur ruangan penyimpanan kosong pada suhu yang dikehendaki, mengatasi bermacam-macam beban panas dalam pengaturan ruangan penyimpanan lobster beku dan mengatasi energi yang hilang akibat pertukaran udara dengan lingkungan luar. Energi ini mengalir sepanjang produksi lobster beku dijalankan.

Masalah energi dewasa ini dihadapi oleh semua negara baik negara-negara maju maupun negara berkembang. Demikian pula Indonesia. Oleh karena itu pemerintah Indonesia mengeluarkan Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) yang bertujuan untuk:

- (1). Pengadaan energi dalam negeri, yaitu menyediakan sumber energi yang terpenuhi baik jumlah maupun mutu bagi rakyat dengan harga yang terjangkau,
- (2). Pengadaan energi untuk ekspor, yaitu menyiapkan sumber energi untuk ekspor dengan harga yang menguntungkan dan untuk jangka waktu yang cukup lama,
- (3). Penghematan penggunaan bahan bakar minyak, karena bahan bakar minyak merupakan energi yang tidak terbarukan (non-renewable),
- (4). Mengembangkan sumber energi baru dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia banyak dan belum terpakai penuh seperti tenaga matahari, biomassa dan biogas,
- (5). Pelestarian lingkungan,
- (6). Meningkatkan ketahanan nasional.

Untuk melaksanakan KUBE tersebut di atas maka pemerintah memberikan pola usaha :

- (1). Intensifikasi, yaitu peningkatan survey dan eksplorasi sumber energi agar diperoleh informasi mengenai sumber energi tersebut,



- (2). Diversifikasi, yaitu peningkatan penganekaragaman penggunaan sumber energi sehingga tidak tergantung dari satu sumber energi saja,
- (3). Konservasi energi, yaitu penghematan penggunaan energi terutama untuk energi yang penggunaannya tidak dapat digantikan dengan energi lain,
- (4). Indeksasi, yaitu pemilihan sumber energi yang tepat digunakan untuk suatu proses produksi yang dilakukan secara ilmiah. Penelitian ini dipusatkan pada konservasi energi.

Konservasi energi di Indonesia dilaksanakan dalam bentuk pemeriksaan awal (preliminary energi audit) yang dimulai dengan adanya kerjasama Indonesia-Perancis di bidang energi. Evaluasi yang terinci memberikan gambaran bahwa potensi penghematan energi sebesar 6% - 60% dapat diperoleh melalui berbagai cara dan pemanfaatan energi.

## B. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

- (1). Untuk menganalisis kebutuhan energi untuk produksi dan penyimpanan lobster beku,
- (2). Mempelajari efisiensi energi pada pengolahan lobster beku dan penyimpanan bekunya.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Komoditi Lobster

Jenis lobster yang penting dan ekonomis di pasaran adalah lobster merah (*Panulirus Versicolor*), lobster hijau (*Panulirus Homarus*), lobster batik (*Panulirus Longipes*), lobster mutiara (*Panulirus Ornatus*).

Problem utama dari lobster adalah pemanenan, penanganan dan pengangkutan lobster. Industri lobster masih sangat tergantung pada proses pengiriman dari lobster hidup ke pasaran.

Lobster merah ditemukan pada perairan karang sampai kedalaman beberapa meter. Biasanya ia mendiami tempat-tempat yang terlindung diantara batu-batu karang dan jarang terlibat dalam kelompok yang berjumlah banyak. Lobster ini mempunyai warna-warni yang indah, sebagian besar berwarna merah.

Lobster hijau mendiami perairan dangkal sampai kedalaman beberapa belas meter dan tinggal di lubang-lubang batuan granit atau vulkanis. Lobster ini hidup dalam kelompok yang bisa berjumlah banyak dan masuk ke dalam perangkap yang diberi umpan.

Lobster batik mendiami tempat yang sedikit terlindung dan menyukai perairan yang bersifat oseanik. Lobster ini tinggal di dalam lubang batu atau karang dan pada malam hari keluar untuk mencari makan.



Di pantai selatan Jawa lobster-lobster ini ditangkap dengan jaring yang dipasang di mulut lubang, sedang di tempat yang lebih dalam ditangkap dengan jalan menyelam. Lobster ini mempunyai warna dasar seperti batik.

Lobster mutiara mendiami perairan terumbu karang yang agak dangkal dan juga ditemukan pada perairan yang sedikit keruh dimana karang tidak dapat bertumbuh dengan baik. Lobster ini pada umumnya tidak mau masuk perangkap dan biasa ditangkap dengan menyelam. Lobster ini mempunyai warna dasar seperti mutiara.

#### B. Komposisi kimia lobster

Lobster merupakan bahan makanan sumber protein hewani. Protein ini lebih mudah dicerna manusia dibandingkan dengan protein nabati yang mengandung selulosa sehingga sukar dicerna dalam usus. Lobster dari marga *Panulirus* Spp. dalam keadaan mentah per 100 gram memiliki komposisi kimia seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

#### C. Penurunan Mutu Lobster

Ilyas (1983) menyatakan bahwa lobster masak yang baik mempunyai ciri warna cerah cermelang, berat menurut ukurannya, ekor membengkok kuat kebawah tubuh, daging padat dan tegang, ekor kalau ditarik kembali



kepada kedudukan asal (jika tidak, menandakan bahwa lobster tidak hidup waktu dimasak), kulit lobster hidup adalah tertentu warnanya, tapi akan berubah menjadi warna lain sesaat setelah dicelup ke dalam air mendidih karena terjadi penguraian kimia senyawa warna yang asli. Sedangkan lobster yang busuk ditandai dengan warna yang tidak merah lagi, ekor tidak kembali kedudukan asal kalau ditarik, dan timbul warna hitam karena aksi suatu enzim dalam darah terhadap suatu senyawa dalam ginjal.

Tabel 2. Komposisi kimia per 100 gram berat lobster pada bagian yang dapat dimakan \*)

Kandungan	Berat
Kadar air .....	78.30 %
Protein .....	17.90 gram
Lemak .....	1.40 gram
Karbohidrat .....	1.20 gram
Kadar abu .....	1.20 gram
Kalsium .....	58.00 miligram
Fosfor .....	230.00 miligram
Besi .....	1.00 miligram
Sodium .....	182.00 miligram
Potassium .....	500.00 miligram
Retinol .....	25.00 mikrogram
Karotin equivalen .....	5.00 mikrogram
Thiamin .....	0.01 miligram
Riboflavin .....	0.08 miligram
Niasin .....	3.00 miligram
Ascorbic acid .....	2.00 miligram
Energi yang dihasilkan .....	94.00 kalori

\*) Sumber : Anonymous (1972)

Untuk mengetahui prinsip-prinsip penanganan lobster, harus diketahui dan dipahami lebih dahulu penyebab utama proses kemunduran mutu lobster.



Proses kemunduran mutu atau deteriorisasi lobster disebabkan oleh faktor ekstern (lingkungan) yang menjurus kearah pembusukan. Pengaruh tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor fisik antara lain waktu yang terlalu lama antara penangkapan dan pendaratan lobster, tempat penyimpanan lobster yang kurang sesuai dan penempatan yang kurang wajar, perlakuan yang terlalu kasar pada waktu penangkapan dan penanganannya, dan penggunaan air yang kurang bersih pada waktu penanganannya (Ilyas,1983).

Tabel 3. Komposisi kimia per 100 gram berat lobster pada bagian yang diperjualbelikan dan tidak dimakan \*)

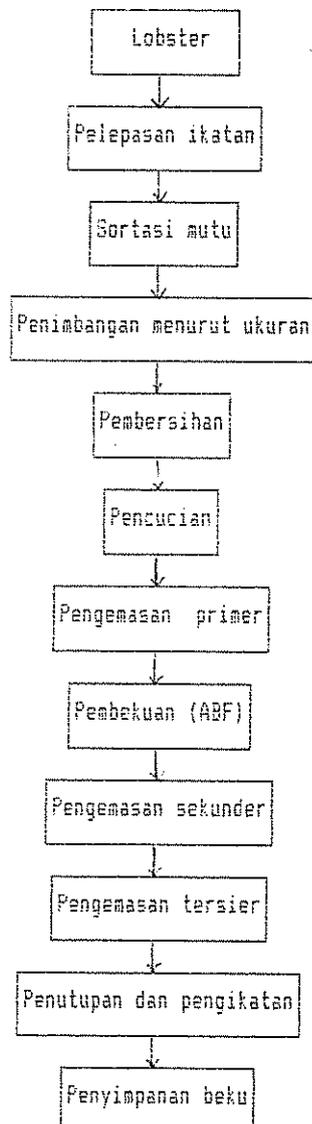
Kandungan	Berat
Kadar air .....	36.80 %
Protein .....	8.40 gram
Lemak .....	0.60 gram
Karbohidrat .....	0.60 gram
Kadar abu .....	0.60 gram
Kalsium .....	27.00 miligram
Phospor .....	108.00 miligram
Besi .....	0.50 miligram
Sodium .....	86.00 miligram
Potassium .....	235.00 miligram
Retinol .....	10.00 mikrogram
Karotin equivalen .....	tidak dapat ditentukan
Thiamin .....	tidak dapat ditentukan
Riboflavin .....	0.04 miligram
Niasin .....	1.40 miligram
Ascorbic acid .....	1.00 miligram
Energi yang dihasilkan .....	44.00 kalori
Bagian yang tidak dipergunakan yang diperjualbelikan.....	53.00 %

\*) Sumber : Anonymous (1972)

Menurut Dossat (1981) panas spesifik lobster di atas titik beku 3.18 kJ/kg °C, panas fusi lobster 235 kJ/kg, panas spesifik lobster di bawah titik beku 1.72 kJ/kg °C. Titik beku lobster adalah pada -2°C.

#### D. Pembekuan

Tahapan produksi lobster beku sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan proses produksi lobster beku

Menurut Desrosier dan Tressler (1977), panas adalah suatu bentuk energi yang dikenal dari efeknya. Efek-efek ini dapat diketahui melalui sentuhan dan perasaan. Ketika panas ditambahkan pada suatu substansi maka suhunya akan meningkat jika tidak ada perubahan fisik seperti penguapan atau peleburan. Seperti itu pula ketika panas dipindahkan dari suatu substansi, ada suhu yang dibuat rendah dan menerima panas pada saat kondensasi dan pembekuan. Panas adalah bentuk energi yang berpindah dari suatu sistem ke sistem lainnya akibat dari penyesuaian terhadap perbedaan suhu yang ada di antaranya. Ketika sistem-sistem tersebut berhubungan atau kontak.

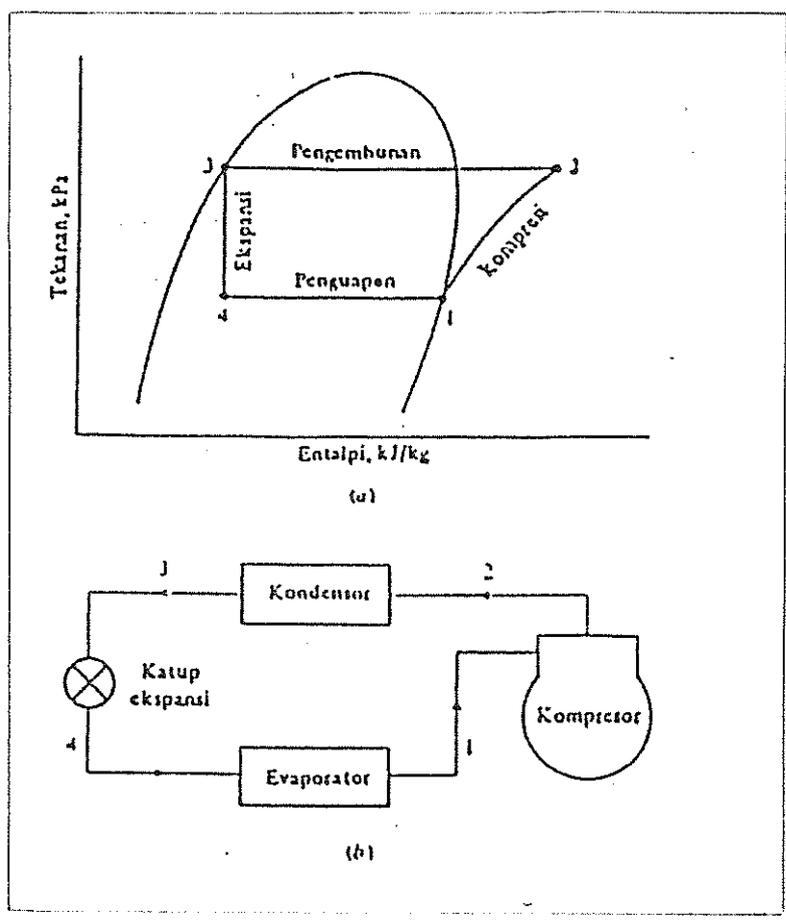
Pada siklus refrigerasi kompresi, refrigeran yang berwujud gas ditekan dengan cara kompresi, kemudian dilewatkan melalui pipa-pipa menuju kondensor. Di dalam kondensor refrigeran didinginkan dan diembunkan menjadi cairan dengan mengurangi panas asalnya. Biasanya cairan refrigeran disimpan dalam silinder tekanan tinggi dengan katup pemasukan dan pengeluaran dalam sistem pipa yang tidak terputus (Desrosier dan Tressler, 1977).

Di bawah kontrol kecepatan aliran cairan refrigeran pada tekanan tinggi dilewatkan melalui katup ekspansi. Aksi resultan mengubah cairan menjadi campuran atomisasi cair-gas pada tekanan rendah ketika



refrigeran memasuki evaporator atau cooler. Sebenarnya evaporator adalah sebuah boiler dimana di dalamnya refrigeran cair-uap seluruhnya diuapkan oleh panas yang berasal dari evaporator dan barang yang didinginkan. Uap refrigeran kembali ke kompresor dan siklus dimulai lagi (Desrosier dan Tressler, 1977).

Stoecker dan Jones (1989) menggambarkan daur kompresi uap standard seperti pada gambar 2.



Gambar 2. (a) Daer kompresi uap standard dalam diagram tekanan-entalpi, (b) diagram aliran (Stoecker dan Jones (1989))

Halaman 12 dari 12

Proses-proses yang membentuk daur kompresi uap standard adalah :

- 1 - 2. Kompresi adiabatik reversibel (dapat balik), dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.
- 2 - 3. Pelepasan kalor reversibel (dapat balik) pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigeran.
- 3 - 4. Ekspansi tidak-reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4 - 1. Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.

Titik beku suatu cairan adalah suhu dimana cairan tersebut dalam keadaan seimbang dengan bentuk padatnya. Suatu larutan dengan tekanan uap yang lebih rendah dari zat pelarutnya murni tidak akan seimbang dengan zat pelarut yang padat pada titik beku normalnya. Sistem tersebut harus didinginkan sampai suhu dimana larutan dan zat pelarut padat mempunyai tekanan uap yang sama. Titik beku suatu larutan adalah lebih rendah daripada zat pelarut murni. Titik beku bahan pangan adalah lebih rendah daripada air murni (Desrosier, 1988).

Kebanyakan bahan pangan kandungan airnya tinggi, sehingga kebanyakan bahan pangan akan membeku pada suhu di antara 0 sampai  $-4^{\circ}\text{C}$  (untuk ikan  $-2^{\circ}\text{C}$ ). Selama berlangsungnya pembekuan suhu bahan pangan tersebut

relatif tetap sampai sebagian besar dari bahan pangan tersebut membeku, dan setelah beberapa waktu suhu akan mendekati suhu medium pembeku. Pembekuan cepat didefinisikan sebagai proses dimana suhu bahan pangan tersebut melampaui zona pembekuan kristal maksimum ( $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $-4^{\circ}\text{C}$ ) dalam waktu 30 menit atau kurang. Prinsip dasar dari semua pembekuan cepat adalah cepatnya pengambilan panas dari bahan pangan (Desrosier, 1988).

Dalam keadaan standar, maka suhu air harus turun dibawah  $0^{\circ}\text{C}$  sebelum kristal-kristal es terbentuk. Bilamana telah terbentuk maka suhu campuran es air akan kembali menjadi  $0^{\circ}\text{C}$ . Jika kristal-kristal es dibiarkan terbentuk dengan lambat, maka kristal-kristal es yang dihasilkan relatif besar. Jika air dibekukan dengan cepat, maka es yang terbentuk akan mempunyai tekstur yang halus.

Melihat pada es yang terbentuk, pada saat permulaan kristal-kristal es besar bertekstur seperti jarum yang tajam, dan pada saat terakhir terdapat kristal-kristal es yang lebih banyak dan kecil. Jika es yang bertekstur halus sebagian dibiarkan mencair dan kemudian dibekukan lagi dan proses ini diulang beberapa kali, maka kristal-kristal es akan berubah dari kecil menjadi besar (Desrosier, 1988).

Untuk menjaga agar molekul-molekul air tetap dalam keadaan padat, diperlukan suatu lingkungan yang dapat



memberi kesempatan adanya keadaan tersebut. Di daerah-daerah beriklim panas perlu diciptakan suatu lingkungan buatan. Pertama suatu kondisi harus dibuat sedemikian rupa sehingga panas dapat dipindahkan dari air yang cair, dan terjadinya suatu perubahan keadaan. Kemudian bahan yang dibekukan harus dilindungi (diisolasi) untuk mencegah adanya penerimaan panas yang akan menaikkan suhu dan mencairkan es yang telah terbentuk. Dalam hal ini ada dua masalah yang berbeda, yaitu masalah mengubah bahan pangan sampai menjadi beku dan masalah mempertahankan bahan pangan yang telah beku tersebut dalam keadaan yang sesuai (Desrosier, 1988).

#### E. PENYIMPANAN BEKU

Menurut Clucas (1981), faktor-faktor yang penting dalam ruangan penyimpanan beku adalah suhu yang rendah, suhu yang seragam, suhu yang tetap (tidak berfluktasi), distribusi udara yang baik, kecepatan udara yang minimum dan pemasukan panas yang minimum.

Suhu udara sekeliling ruangan kadang-kadang mengandung air lebih banyak daripada udara dingin, sehingga tekanan parsial uap air di luar ruangan penyimpanan dingin lebih tinggi daripada di dalam. Hal ini banyak terjadi di negara tropis. Perbedaan tekanan parsial ini menyebabkan masuknya uap air melalui dinding isolasi. Ketika uap air tersebut didinginkan, uap tersebut akan mengembun, dan pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  membeku

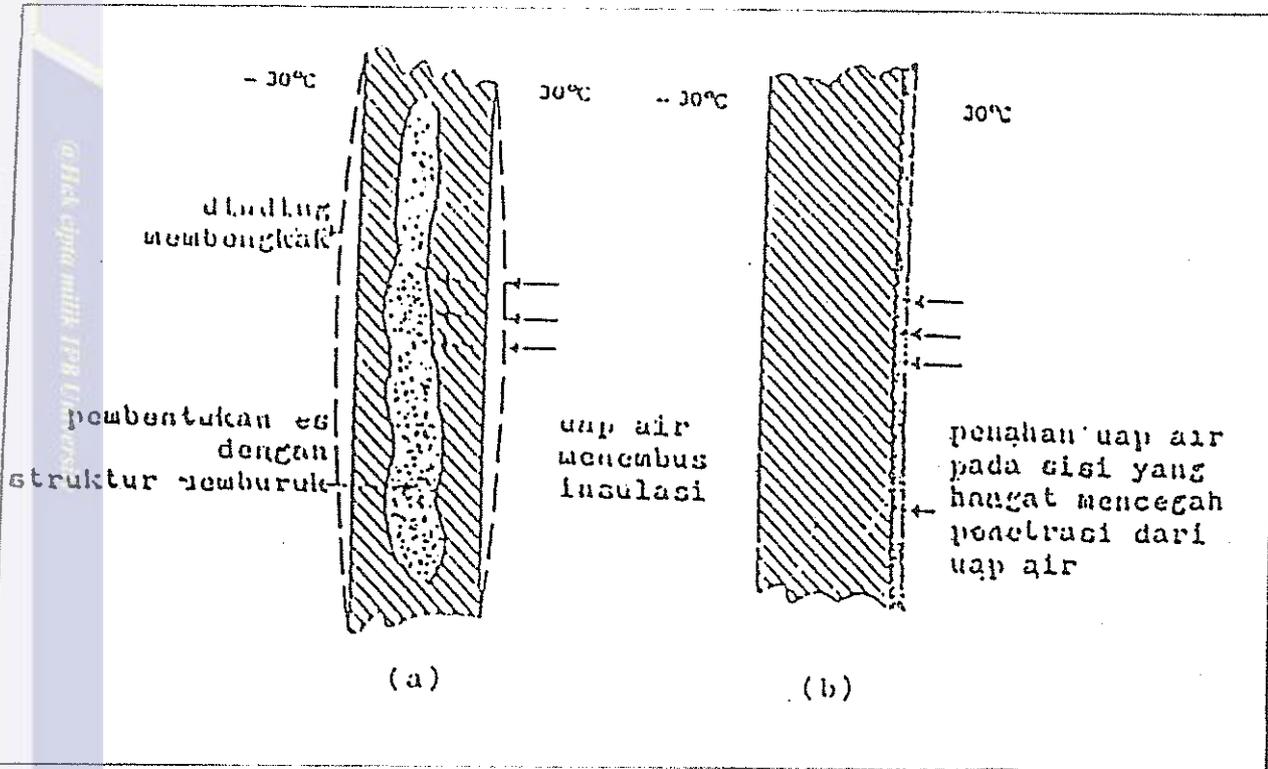
menjadi es. Hal ini akan berlangsung terus menerus sampai es yang terbentuk semakin banyak dan menimbulkan efek yang tidak baik bagi karakteristik insulator dan juga melemahkan struktur yang ada (Gambar 3a), (Clucas, 1981).

Untuk mencegah hal ini, maka penahan uap dipakai di luar dinding insulasi. Penahan uap dapat dibuat dengan menyelimuti dinding dengan bitumen atau melapisinya dengan kertas metal pada sisi-sisinya (Gambar 3b), (Clucas, 1981).

Pindah panas adalah suatu proses yang kompleks. Panas dapat dipindahkan dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi. Didalam insulasi ruang pendingin masalah utama adalah konduksi panas dari bagian luar ruang pendingin tersebut. Material dengan densitas yang tinggi seperti logam, memindahkan panas dengan cepat. Material dengan konduktivitas rendah seperti fiber glass, polyurethane dan material lain yang mana mempunyai susunan molekul yang jauh satu sama lain menjadikan penghalang dalam proses pindah panas dan dapat digunakan sebagai insulator (Hallowel, 1980).

Menurut Welty (1974), nilai satu per konduktivitas ( $1/k$ ) tembok adalah  $1.39 \text{ m K/W}$ , timah  $0.028 \text{ m K/W}$ , polyurethane  $43.02 \text{ m K/W}$  dan aluminium  $4.39 \times 10^{-3} \text{ m K/W}$ . Sedangkan tahanan udara di luar ruangan adalah  $0.029 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  dan tahanan udara di dalam ruangan adalah  $0.120 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  (Stoecker et al, 1989).





Gambar 3(a) Insulasi tanpa penahan uap air; (b) Dengan penahan uap air (Clucas, 1981)

F. ENERGI PEMBEKUAN DAN PENYIMPANAN BEKU

1. Energi Pembekuan (Desrossier, 1988)

Energi yang dibutuhkan untuk membekukan bahan pangan terdiri dari :

- a. Energi penurunan suhu sampai titik beku bahan pangan

$$H_1 = (S_L)(W)(T_i - T_f) \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

$H_1$  = energi yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu bahan pangan dari suhu awal sampai dengan suhu dimana bahan pangan membeku (kJ)

$T_i$  = suhu awal bahan pangan ( $^{\circ}C$ )

$T_f$  = titik beku bahan pangan ( $^{\circ}\text{C}$ )

$S_L$  = panas spesifik bahan pangan diatas titik beku bahan pangan ( $\text{kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ).

$W$  = berat bahan pangan yang dibekukan (kg)

b. Energi yang dibutuhkan untuk mengubah fase cair cair menjadi fase padat dari bahan pangan adalah :

$$H_2 = (H_f)(W) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

$H_2$  = energi yang dibutuhkan untuk mengubah fase cair menjadi fase padat dari bahan pangan pada titik bekunya (kJ)

$H_f$  = panas fusi ( $\text{kJ/kg}$ )

c. Energi yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu pangan dari titik bekunya sampai mencapai suhu penyimpanan adalah :

$$H_3 = (S_S)(W)(T_f - T_S) \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$H_3$  = energi yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu massa dari titik bekunya sampai mencapai suhu penyimpanan (kJ)

$T_S$  = suhu penyimpanan ( $^{\circ}\text{C}$ )

$S_S$  = panas spesifik bahan pangan yang dibekukan ( $\text{kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ )

Energi yang dibutuhkan untuk membekukan massa bahan pangan dan menurunkan suhu bahan pangan sampai mencapai suhu penyimpanan adalah :



$$H_{fg} = H_1 + H_2 + H_3 \dots\dots\dots(4)$$

2. Energi yang dibutuhkan dalam pengaturan ruangan penyimpanan bahan pangan beku yang kosong pada suhu yang dikehendaki (Dossat, 1981)

$$H_c = (U)(A)(T_a - T_s)(X)(3.6) \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

$H_c$  = energi yang dibutuhkan untuk mengatur ruangan penyimpanan kosong pada suhu penyimpanan yang dikehendaki (kJ)

$T_s$  = suhu penyimpanan ( $^{\circ}C$ )

$T_a$  = suhu luar ruangan ( $^{\circ}C$ )

$U = 1/R_{tot}$  ( $W/m^2.K$ )

$A$  = luas permukaan luar ruangan pendinginan ( $m^2$ )

$X$  = jam berjalan

3. Berbagai-bagai beban panas dalam pengaturan dan pengoperasian suatu ruangan penyimpanan bahan pangan beku (Desrosier, 1988)

Harga-harga yang berguna dalam menetapkan berbagai-bagai beban panas :

lampu listrik = 3.60 kJ/jam-W

motor listrik = 3162 kJ/jam-PK

orang dalam ruangan = 790.5 kJ/orang-jam

Sehingga beban panas yang ditimbulkan oleh bola lampu dan motor yang hidup ( $H_e$ ) dapat dihitung dari

persamaan berikut :

$$H_e = (3.60)(\text{Watt bola lampu})(\text{jam menyala}) + (3162)(\text{PK motor})(X) \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

$H_e$  = beban panas akibat bola lampu dan motor yang hidup

X = jam bekerja

sedangkan beban panas yang diberikan oleh orang yang sedang bekerja di dalam ruangan penyimpanan dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$H_m = (790.5)(\text{jumlah orang})(X) \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

$H_m$  = beban panas akibat orang yang sedang bekerja dalam ruangan penyimpanan

X = jam dalam ruangan

4. Energi yang hilang akibat pertukaran udara (Dossat, 1981)

$$H_a = (m)(h_o - h_i)(\text{jam berjalan})(3600) \dots\dots(8)$$

dimana :

$H_a$  = energi karena pertukaran udara (kJ)

m = laju infiltrasi ke dalam ruangan penyimpanan beku (lt/det)

h = ( $h_o - h_i$ ) = perbedaan entalpi

Hak Cipta Ditanggung Undang-undang  
 1. Dilindungi sebagai hak cipta sesuai dengan ketentuan yang berlaku  
 2. Tidak dapat digandakan atau disebarluaskan tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor (IPB University)

## 6. ANALISIS ENERGI

Pengaruh tenaga listrik terhadap produksi industri ada dua macam, yaitu : pengaruh- dalam arti adanya tenaga listrik sehingga mendorong terbentuknya atau berkembangnya kegiatan industri, dan pengaruh harga tenaga listrik dalam struktur biaya produksi industri (Kadir, 1982).

Energi spesifik diartikan sebagai perbandingan antara energi yang dikonsumsi (energi masukan) untuk keseluruhan proses dengan hasil produksi akhir, kemudian dikatakan sebagai intensitas energi (Pinarto, 1988).

Intensitas tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan 9. Energi yang dikonsumsi adalah energi bahan bakar, energi listrik dan energi tenaga manusia. Energi tersebut berasal dari proses pengolahan lobster beku dari penerimaan sampai penyimpanan beku. Menurut Irwanto et al (1986) satu SLM (Setara Liter Minyak) sama nilainya dengan 41.52 MJ.

$$\text{Intensitas} = \frac{\text{Konsumsi energi pengolahan (SLM)}}{\text{(SLM/kg) Jumlah produksi lobster beku (kg)}} \dots (9)$$

Dengan menganalisis energi yang terpakai per unit waktu dengan jalan mengaudit energi, maka pemborosan pemakaian energi dapat diketahui. Semakin lama umur ekonomis mesin semakin berkurang. Diduga hal ini yang

menyebabkan semakin lama jalannya pembekuan.

Untuk menghitung jumlah energi total yang dikonsumsi digunakan persamaan (13) yang diperoleh dari penjumlahan hasil pada persamaan (10), (11) dan (12).

$$E_{\text{listrik}} = L * UL / 41.52 \dots\dots\dots(10)$$

$$E_{\text{bbm}} = \text{BBM} * \text{UB} / 41.52 \dots\dots\dots(11)$$

$$E_{\text{manusia}} = \text{JOK} * \text{UM} / 41.52 \dots\dots\dots(12)$$

$$E_{\text{total}} = E_{\text{listrik}} + E_{\text{bbm}} + E_{\text{manusia}} \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

$E_{\text{listrik}}$  = Energi listrik yang terpakai (SLM)

$E_{\text{bbm}}$  = Energi bahan bakar minyak yang terpakai (SLM)

$E_{\text{manusia}}$  = Energi manusia (SLM)

$E_{\text{total}}$  = Energi yang dikonsumsi untuk pengolahan lobster (SLM)

$L$  = Listrik yang terpakai selama satu bulan (kwh)

$UL$  = Nilai unit energi listrik ( 11.99 MJ/kwh)  
(Pimntel, 1980)

$\text{BBM}$  = Bahan bakar solar yang terpakai selama satu bulan  
(liter)

$\text{UB}$  = Nilai unit energi solar (47.78 MJ/liter)  
( Pimntel, 1980)

$\text{JOK}$  = Jam orang kerja selama satu bulan (jam)

$\text{UM}$  = Nilai unit energi manusia untuk kegiatan pengolahan (0.79 MJ/jam), (Moens, 1978)

### III. BAHAN DAN METODA

#### A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perusahaan pembekuan lobster PT Merin, Muara Baru Ujung - Jakarta Utara, antara bulan Maret sampai April 1992.

#### B. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang dipakai untuk penelitian ini adalah :

- lobster dengan berat: 150 g, 200 g, 350 g (Gambar 15)
- es
- air
- kaporit

Sedangkan alat-alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah :

- air blast frezeer (Gambar 12)
- colt storage
- termometer bola basah dan bola kering
- timbangan (Gambar 11)
- mesin pengikat kemasan (Gambar 13 dan 14)
- mesin pemecah es (Gambar 16)
- digital termometer



### C. PENGUKURAN PARAMETER

Pengukuran pemakaian energi pembekuan lobster dilakukan dengan cara sebagai berikut :

#### 1. Pengukuran suhu

Pengukuran suhu yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah suhu awal lobster, suhu penyimpanan beku, yang diukur dengan menggunakan termometer bola kering setiap sepuluh menit. Suhu udara lingkungan di sekitar bangunan pabrik diukur setiap lima menit menggunakan termometer bola kering dan bola basah.

#### 2. Pengukuran jumlah produksi

Jumlah produksi yang dicatat dalam penelitian ini adalah jumlah produksi lobster beku perusahaan. Pengukuran dilakukan setiap bulan dan dicatat berdasarkan arsip data perusahaan tersebut.

#### 3. Pengukuran dimensi dan konstruksi ruangan penyimpanan beku

Dimensi ruangan penyimpanan beku diukur dan dilakukan pengamatan terhadap susunan dan konstruksi penyimpanan beku.

Lapisan ruangan penyimpanan beku dari dalam ke luar adalah aluminium, polyurethane, timah, tembok, dimana  $X_a$  adalah ketebalan dari lapisan aluminium,  $X_p$  adalah ketebalan dari lapisan polyurethane,

$X_t$  adalah ketebalan dari lapisan timah, dan  $X_w$  adalah ketebalan dari lapisan tembok (Gambar 4).

#### 4. Jumlah dan lama orang bekerja

Pada saat pemuatan maupun pembongkaran muatan ke dalam dan keluar dari ruangan penyimpanan beku diukur lama dan jumlah orang yang bekerja.

### D. PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data pada penelitian ini untuk mengetahui kebutuhan energi pembekuan lobster dan efisiensi energinya pada perusahaan tersebut berdasarkan data-data berikut :

#### 1. RH udara lingkungan

RH udara lingkungan diperoleh dengan membuat plot pada diagram psikometrik antara suhu bola basah dan suhu bola kering yang diukur pada udara lingkungan.

#### 2. Koefisien transmisi panas ruangan penyimpanan beku

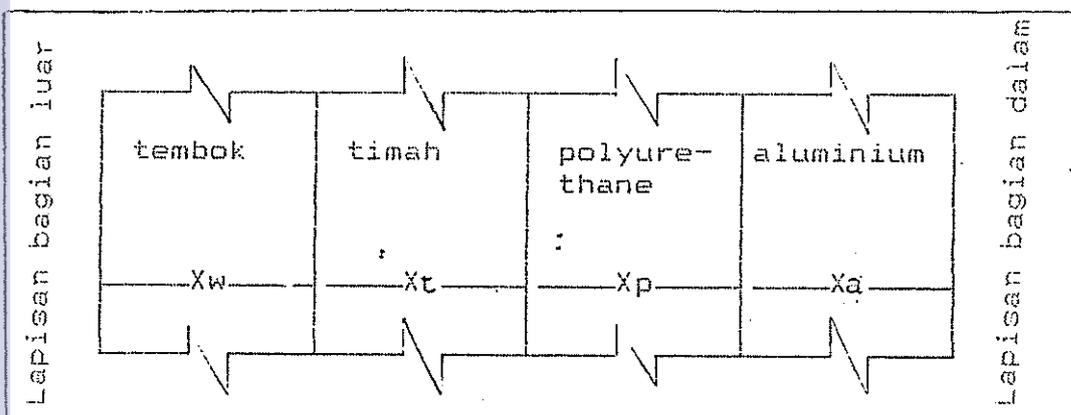
Perhitungan koefisien transmisi (U) dari bahan konstruksi dinding ruangan penyimpanan beku dilakukan dengan mengetahui tahanan panasnya (R). Tahanan panas adalah kebalikan dari konduktivitas panas (k) di mana konduktivitas panas adalah daya tiap-tiap bahan konstruksi untuk menghantarkan

panas. Hubungan antara U, R, dan 1/k dapat dilihat pada persamaan (14), (15), dan (16).

$$R = 1/k * X \dots\dots\dots(14)$$

$$R_{tot} = R1 + R2 + R3 + R4 \dots\dots\dots(15)$$

$$U = 1/R_{tot} \dots\dots\dots(16)$$



Gambar 4. Lapisan dinding ruangan penyimpanan beku

3. Luas permukaan ruangan penyimpanan beku

Menurut Dossat (1981) permukaan yang masuk dalam perhitungan adalah permukaan dinding luar dari ruangan penyimpanan beku. Luas permukaan dinding luar ruangan penyimpanan beku dihitung berdasarkan persamaan (17).

$$A = ( 2 * p * t ) + ( 2 * l * t ) \dots\dots\dots(17)$$

4. Laju infiltrasi ke dalam ruangan penyimpanan beku

Volume ruangan didapat dari ukuran dimensi ruangan penyimpanan beku melalui persamaan (18).

Hal ini disebabkan, lapisan dinding  
 Lapisan bagian luar  
 Lapisan bagian dalam  
 tembok  
 timah  
 polyurethane  
 aluminium  
 Xw  
 Xt  
 Xp  
 Xa  
 Lapisan bagian luar  
 Lapisan bagian dalam

Ruangan penyimpanan beku mempunyai suhu  $-15^{\circ}\text{C}$  (di bawah  $0^{\circ}\text{C}$ ). Dengan data volume ruangan dan suhu tersebut maka diperoleh laju infiltrasi ke dalam ruangan penyimpanan beku pada Tabel 4.

$$V = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \dots\dots\dots (18)$$

Tabel 4. Rata-rata infiltrasi udara (lt/dt) karena pembukaan pintu \*)

Volume ruang ( $\text{m}^3$ )	Kecepatan Infiltrasi	
	suhu ruangan $T > 0^{\circ}\text{C}$	$T < 0^{\circ}\text{C}$
7	3.1	2.3
8.5	3.4	2.6
10	3.7	2.8
15	4.4	3.3
20	5.0	3.8
25	5.5	4.2
30	5.9	4.6
40	6.8	5.4
50	7.5	5.8
75	9.0	6.9
100	10.2	7.9
150	12.2	9.4
200	13.9	10.9
250	15.3	11.9
300	16.7	12.9
400	19.0	14.9
500	21.4	16.8
600	23.6	18.1
700	24.3	18.6
800	25.9	20.4
900	27.1	21.9
1000	28.9	23.1

\*) Dossat(1981)

## 5. Perbedaan entalpi

Perbedaan entalpi udara di dalam dan di luar ruangan penyimpanan beku diperoleh dari Tabel 5 dengan menggunakan data suhu ruangan yang dikehendaki, suhu udara yang masuk dan RH udara yang masuk ke dalam ruangan.

Tabel 5. Perbedaan entalpi (kJ/lt) dalam udara pendingin pada ruang penyimpanan dengan suhu di bawah 0°C\*)

Suhu ruang (°C)	Suhu udara masuk (°C)					
	25		30		35	
	RH udara masuk (%)					
	50	60	50	60	50	60
0	0.0505	0.0562	0.0650	0.0724	0.0820	0.0921
- 5	0.0592	0.0649	0.0736	0.0809	0.0903	0.1004
-10	0.0662	0.0719	0.0805	0.0877	0.0970	0.1071
-15	0.0732	0.0788	0.0873	0.0945	0.1037	0.1137
-20	0.0801	0.0857	0.0941	0.1013	0.1102	0.1203
-25	0.0866	0.0922	0.0998	0.1077	0.1165	0.1265
-30	0.0926	0.0985	0.1067	0.1138	0.1225	0.1325
-35	0.0989	0.1045	0.1126	0.1197	0.1283	0.1382
-40	0.1050	0.1106	0.1185	0.1256	0.1341	0.1440

\*) Dossat (1981)

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. TEKNIS

###### 1. Proses Penyimpanan Beku

Proses produksi merupakan seluruh kegiatan dalam menciptakan dan menambah serta mempertahankan kegunaan dari suatu komoditi. Proses produksi lobster rebus beku di PT Merin berlangsung sebagai berikut : pelepasan ikatan, sortasi mutu penimbangan menurut ukuran, pembersihan lobster, pencucian, pengemasan primer, pembekuan, pengemasan sekunder, pengemasan tersier, penutupan dan pengikatan, penyimpanan beku.

Lobster yang tiba di perusahaan semuanya dalam bentuk rebus utuh yang didinginkan dengan cara pengesan. Setibanya di perusahaan, lobster tersebut langsung ditangani oleh bagian penerimaan bahan baku, lobster tersebut langsung dibongkar dari wadahnya, lalu dipindahkan ke dalam keranjang plastik, dilepaskan ikatannya, dibersihkan dari es dan kotoran.

Sortasi lobster dilakukan dengan menimbang lobster satu per satu sekaligus memilih diterima

atau ditolakny bahan baku lobster tersebut. Dari tahap sortasi diperoleh standar mutu I, mutu II, dan mutu BS (below standard) dengan kriteria sebagai berikut : keutuhan lobster, ada tidaknya noda hitam pada kulit persediaan maupun pada daging, serta bau dan warna lobster.

Penimbangan ini dimaksudkan untuk mengatur ukuran yang berguna dalam pengelompokan menurut ukuran dalam pengepakan selanjutnya.

Setelah dilakukan proses penimbangan ini maka dilakukan proses pembersihan. Pembersihan ini dimaksudkan untuk membersihkan lobster dari kotoran-kotoran yang melekat dengan menggunakan sikat dan membuang noda-noda hitam pada lobster dengan menggunakan gunting.

Setelah dilakukan proses pembersihan ini maka dilakukan pencucian. Pencucian ini dilakukan dengan cara merendam lobster-lobster dalam air bersih yang ditambah dengan es dan tak lama kemudian diangkat sekaligus ditiriskan. Tujuan dari pencucian ini adalah untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan lendir yang masih melekat pada lobster.

Setelah selesai ditiriskan lobster dikemas primer. Pembungkus primer yang digunakan adalah

kantong plastik polyethilene. Ukuran plastik ini tergantung dari ukuran lobster.

Cara pembungkusannya yaitu dengan memasukkan bagian ekor yang telah ditebuk ke dalam plastik, selanjutnya diikat dengan pengikat karet di bagian ekornya sampai kencang.

Tujuan dimasukkannya ke dalam kantong plastik polyethilene adalah : Untuk mencegah kontaminasi dari luar, mengurangi dehidrasi, sebagai insulator terhadap suhu luar, mempermudah penanganan dan menjaga kekompakkan daging lobster, serta untuk mencegah melekatnya daging lobster dengan inner carton.

Setelah lobster mengalami proses pengemasan primer. Lobster disusun dalam nampan pembekuan, selanjutnya lobster tersebut dibekukan dalam ruang pembekuan. Metode yang digunakan perusahaan ini dalam pembekuan adalah sistem " Air Blast Freezer" yaitu sistem pembekuan cepat dan suhu pembekuan yang digunakan adalah  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Penggunaan alat yang terus menerus akan mengurangi umur teknis alat. Demikian pula halnya dengan alat pembeku lobster (Air Blast Feezer). Semakin sering alat tersebut dipakai, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk membekukan lobster setiap prosesnya. Pembekuan yang berlangsung lama



akan menurunkan mutu lobster yang dibekukan karena kristal es yang terbentuk dalam tubuh lobster menjadi kasar dan merusak sel-sel yang terdapat dalam tubuh lobster.

Lobster yang telah beku dari ruang pembekuan, kemudian dikemas sekunder dengan menggunakan inner carton. Inner carton dipakai untuk mengepak lobster-lobster rebus beku yang sudah dibungkus oleh kantong plastik polyethilene. Setiap satu inner carton berisi 2.5 kg lobster dengan ukuran yang sama.

Tujuan memasukkan lobster rebus beku ke dalam inner carton adalah sebagai insulator untuk mencegah fluktuasi suhu produk dan mencegah rekontaminasi.

Setelah lobster mengalami proses pengemasan sekunder, selanjutnya lobster tersebut dikemas tersier dengan master carton. Setiap satu master carton berisi 4 inner carton dengan ukuran yang sama dan berat 10 kg. Kemudian pada bagian luar master carton diberi tanda yaitu jenis, mutu, ukuran, berat netto dan kode-kode lainnya sesuai dengan spesifikasi pada label yang sudah tercetak.

Tujuan dilakukannya pengemasan tersier dengan menggunakan master carton adalah : untuk

mempermudah penyusunan dalam ruang penyimpanan beku, mencegah terjadinya guncangan/benturan, mencegah kontaminasi dari luar, sebagai insulator terhadap fluktuasi suhu luar, memberikan informasi dari spesifikasi produk, mempermudah penanganan.

Proses selanjutnya adalah penutupan dan pengikatan master carton. Master carton yang berisi 4 inner carton dilakukan penutupan secara manual dan pengikatan dengan menggunakan alat pengikat (strapping). Selanjutnya master carton dimasukkan dan disusun dalam ruang penyimpanan beku untuk penyimpanan beku.

## 2. Konstruksi Ruang Penyimpanan Beku

Didalam ruang penyimpanan beku setiap lapisan master carton disusun secara rapih dengan cara memberi celah pada setiap lapisan, sehingga sirkulasi udara dingin dapat bergerak keseluruhan bagian secara merata. Dengan demikian mutu produk tetap dapat dipertahankan. Suhu penyimpanan beku pada perusahaan ini adalah  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Sistem pendinginan dilakukan dengan satu unit pendingin dan kipas. Unit pendingin diletakkan dekat pintu agar pada saat pemuatan maupun pembongkaran muatan udara luar yang sempat masuk ke dalam ruangan didinginkan terlebih dahulu

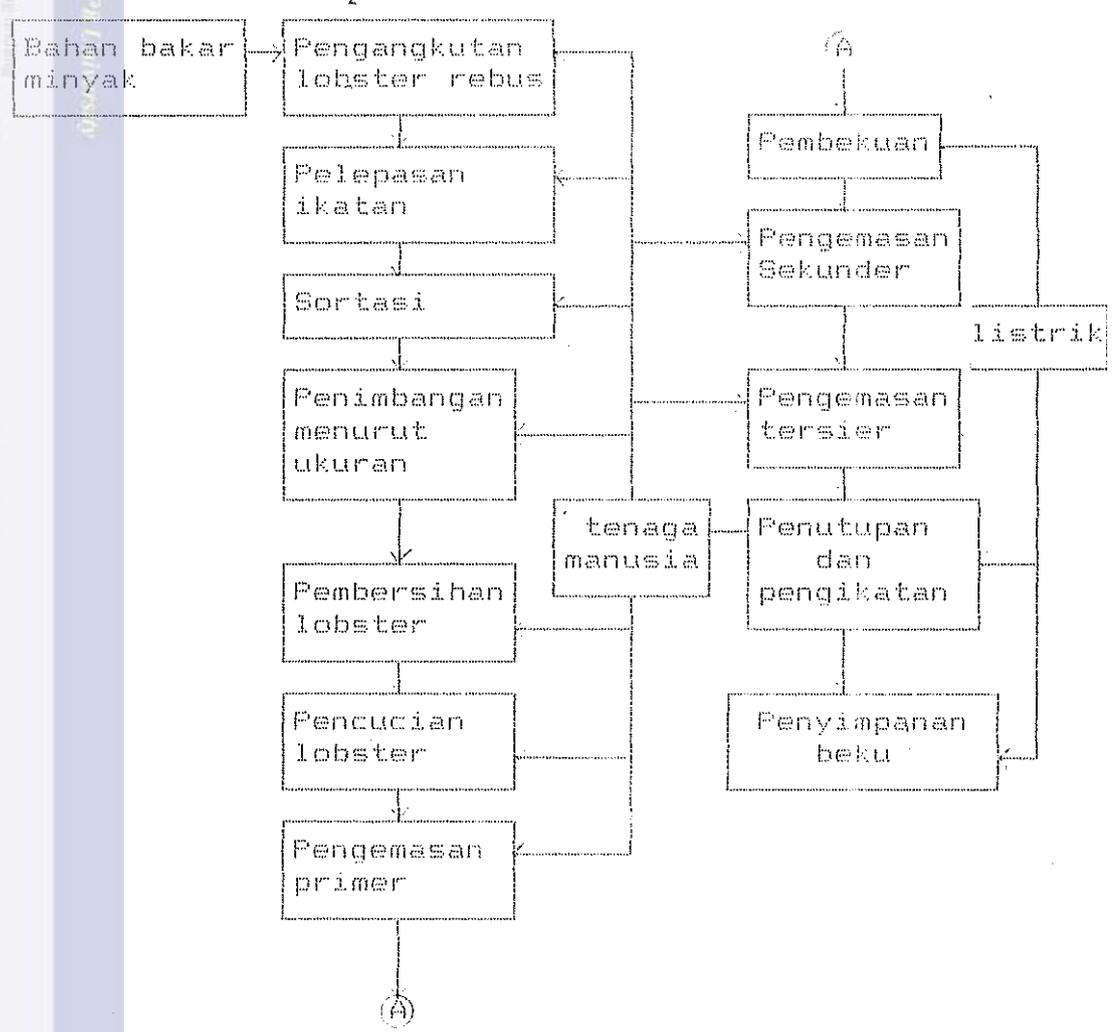


sehingga tidak menyebabkan turunnya suhu ruangan penyimpanan beku.

Setiap ruangan penyimpanan beku dapat menampung sekitar 5 ton. Ruangan penyimpanan beku pertama berukuran 3.61 m x 2.07 m x 2.36 m, ruangan penyimpanan beku kedua berukuran 4.72 m x 1.42 m x 2.36 m, sedangkan ruangan penyimpanan beku ketiga berukuran 2.73 m x 1.99 m x 2.36 m. Ruangan penyimpanan beku mempunyai konstruksi insulasi tembok setebal 0.015 m, timah setebal 0.0004 m, polyurethane setebal 0.01 m, dan aluminium setebal 0.001 m. Insulator tembok dan lapisan tipis aluminium berfungsi sebagai penahan uap yang akan menghindarkan masuknya uap air dari udara luar ke dalam insulasi sebagai akibat dari perbedaan tekanan parsial uap air. Dengan demikian konstruksi tidak mudah rusak dan tahan lama.

Suhu memegang peranan penting dalam menjaga mutu lobster beku. Hampir setiap proses dilakukan secara manual, baik pelepasan ikatan, sortasi, penimbangan menurut ukuran, pembersihan, pencucian, pengemasan, penutupan dan pengikatan. Penanganan lobster yang bersentuhan langsung dengan tangan manusia apabila dilakukan lebih cepat lebih baik karena panas tubuh manusia dapat

dengan cepat meningkatkan suhu lobster yang ditangani. Selama penyimpanan suhu ruang penyimpanan beku dijaga tetap serendah mungkin (Gambar 5).



Gambar 5. Energi yang digunakan pada proses pengolahan lobster rebus beku

Dalam penelitian ini pengukuran suhu pada lobster dilakukan dengan menggunakan tiga ekor

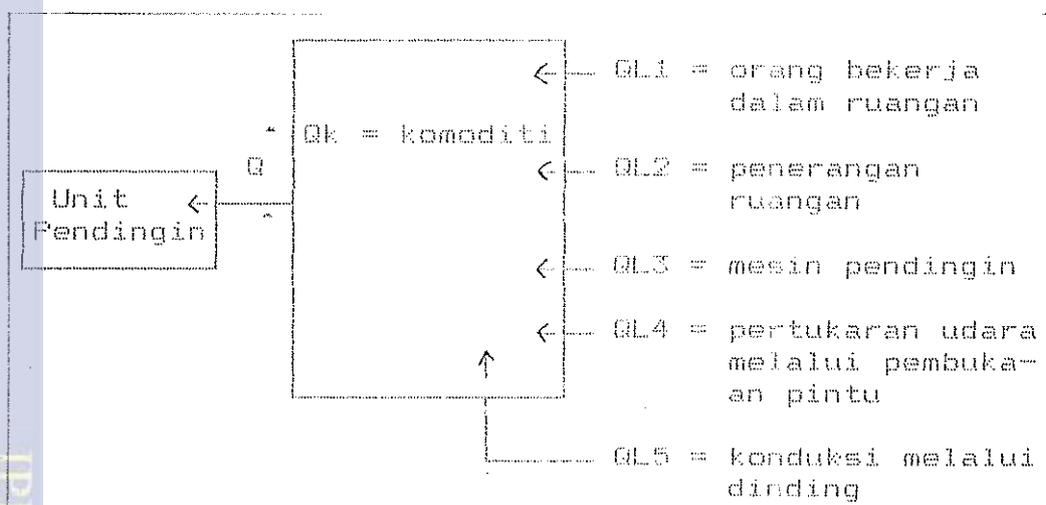
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang menyebarkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin dari penerbit.  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan media massa.  
 3. Diperbolehkan tidak mencantumkan identitas penulis dan penerbit.  
 4. Dilarang menggunakan isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin dari penerbit.  
 5. Dilarang menggunakan isi buku ini untuk tujuan lain tanpa izin dari penerbit.

contoh percobaan. Adapun pengukurannya berdasarkan berat masing-masing lobster adalah 150 gram, 200 gram, 350 gram. Hasil yang didapat berdasarkan pengukuran ternyata sama yaitu suhu pada lobster tersebut adalah  $8^{\circ}\text{C}$ .

## B. Energi

### 1. Keseimbangan Energi

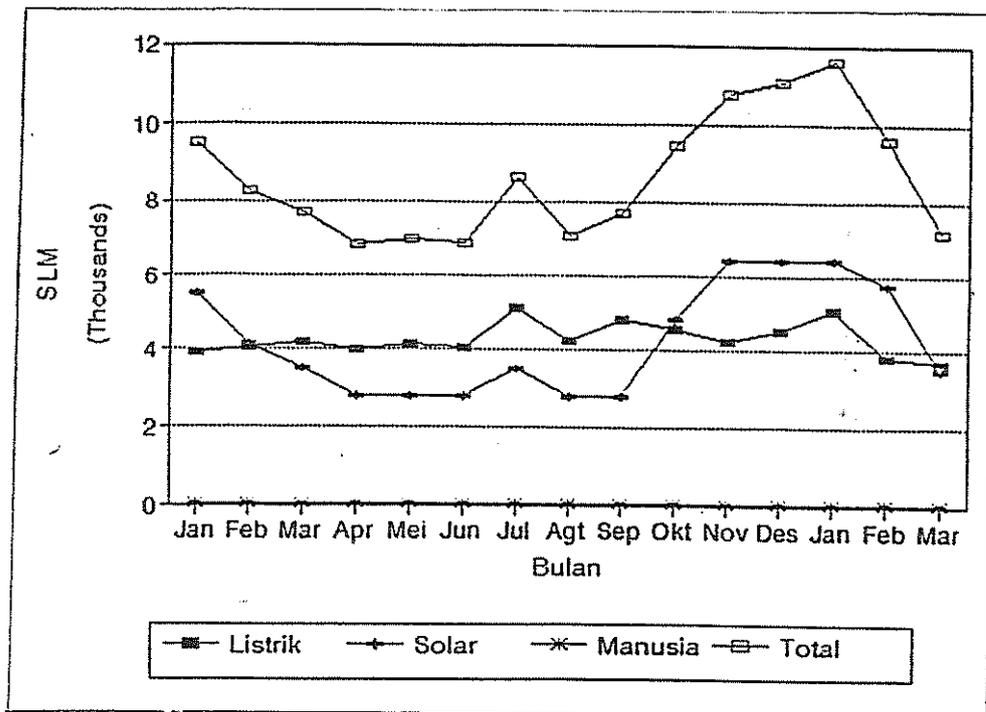
Keseimbangan energi ruang penyimpanan beku lobster akan tercapai apabila unit pendingin di ruang pendingin menyerap seluruh energi panas yang berasal dari komoditi, orang yang bekerja dalam ruangan, penerangan ruangan, mesin pendingin, pertukaran udara melalui pembukaan pintu, dan konduksi melalui dinding (Gambar 6).



$$Q = Q_k + Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3} + Q_{L4} + Q_{L5} \dots (19)$$

Gambar 6. Keseimbangan energi ruang penyimpanan beku lobster

Dari hasil perhitungan dan analisis seperti tercantum dalam Tabel 6 dan Gambar 7 diketahui bahwa konsumsi energi total terbesar adalah pada bulan Januari 1992 yaitu sebesar 11 561,23 SLM dan terkecil pada bulan April 1991 yaitu sebesar 6 801,78 SLM. Pemakaian energi total rata-rata setiap bulannya sebesar 8 601,29 SLM dengan intensitas 0,68 SLM per kg lobster beku.



Gambar 7. Grafik pemakaian energi listrik, solar, manusia, dan total setiap bulannya.

Apabila ditinjau dari energi yang dikonsumsi, maka energi listrik merupakan yang terbesar,

sekitar 49.99 % dari energi total, kemudian energi bahan bakar minyak tidak berbeda jauh sekitar 49.41 % dan energi manusia sekitar 0.59 %. Oleh karena itu energi listrik dan bahan bakar minyak memegang peranan penting dalam rangka penghematan energi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara pemeliharaan dan pemakaian mesin bertenaga listrik serta kendaraan pengangkutan yang efisien.

## 2. Tenaga Listrik

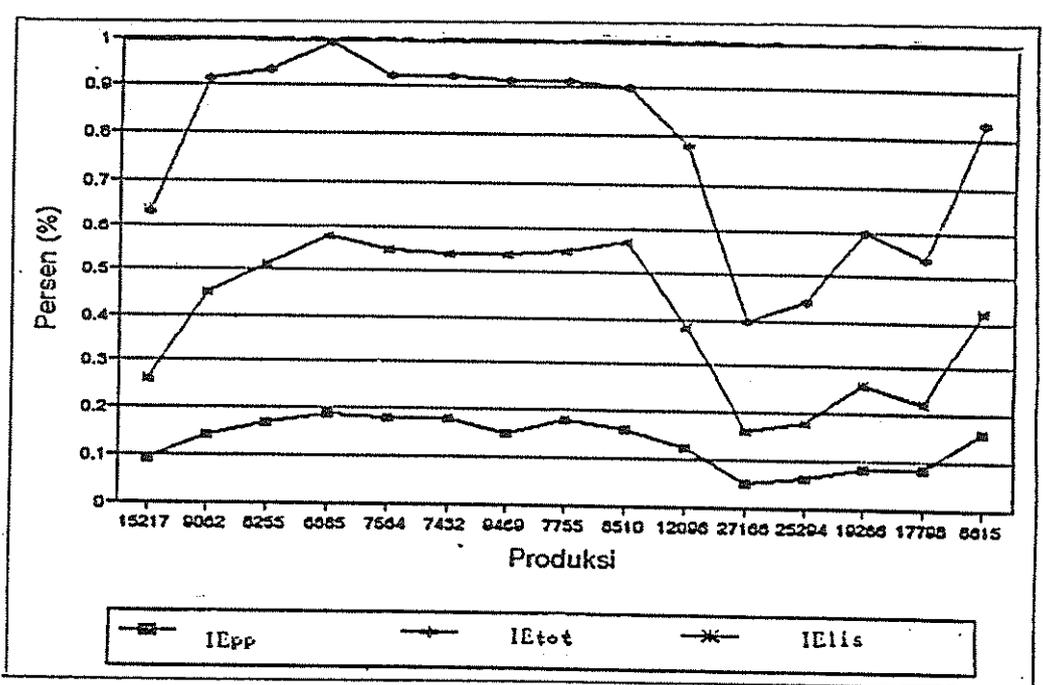
Pada tahun 1991-1992, intensitas konsumsi energi listrik terbesar terjadi pada bulan April 1991 yaitu sebesar 0.58 SLM per kg lobster beku dan terkecil pada bulan November 1991 yaitu 0.16 SLM per kg lobster beku. Jika dilihat dari jumlah produksi yang dihasilkan, kenaikan konsumsi energi terjadi pada saat jumlah produksi yang dihasilkan menurun, demikian pula sebaliknya. Dengan kata lain konsumsi energi perusahaan ini boros pada saat produksi lobster beku sedikit (Gambar 8).

Pemborosan terjadi karena lobster rebus yang diolah sedikit, sehingga jauh dibawah kapasitas mesin. Rata-rata lobster rebus yang diolah setiap bulan 84 % dari kapasitas mesin yang 15 000 kg. Oleh karena itu konsumsi energi listrik semakin banyak per kg lobster beku.



Terjadinya penurunan nilai dan umur teknis maupun ekonomis mesin pembeku karena penggunaan alat tersebut yang terus menerus. Oleh karena itu untuk tahap pembekuan dibutuhkan waktu yang lama. Hal ini menyebabkan konsumsi energi listrik bertambah dan semakin boros. Total pemakaian energi listrik rata-rata setiap bulan pada tahun 1991-1992 adalah 4 300.07 SLM dengan produksi lobster beku setiap bulannya rata-rata 12 692 kilogram.

Energi listrik digunakan untuk tahap pembekuan, penyimpanan beku, penerangan, serta peralatan lain sebagai pelengkap seperti mesin pemecah es, dan mesin pengikat kemasan.



Gambar 8. Grafik Intensitas energi pembekuan dan penyimpanan, Intensitas energi total, Intensitas listrik dengan produksi

Hal ini disebabkan karena...  
 1. Dampak...  
 2. Dampak...

a. Hal ini...  
 b. Hal ini...

Tenaga kerja dipakai pada setiap tahap proses pengolahan lobster rebus beku. Tenaga kerja yang tersedia - meliputi tenaga kerja tetap dan borongan . Tenaga kerja borongan tergantung dari jumlah lobster yang masuk ke perusahaan untuk diolah. Tenaga kerja ini tidak terikat kepada perusahaan dan datang hanya apabila dibutuhkan.

#### 5. Efisiensi Pemakaian Energi

Dari Tabel 7 diketahui bahwa intensitas konsumsi energi listrik rata-rata menurut perhitungan untuk pengolahan lebah kecil yaitu 0.11 SLM per kg setiap bulannya daripada intensitas energi listrik rata-rata yang dipakai oleh perusahaan ini yaitu 0.34 SLM per kg seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6. Efisiensi rata-rata perusahaan dalam pemakaian listrik kira-kira 32 %. Efisiensi terbesar adalah pada bulan Maret 1992 yaitu sebesar 38 % dan terkecil pada bulan Juli dan September 1991 yaitu sekitar 27 %. Efisiensi ini dihitung berdasarkan perbandingan antara intensitas konsumsi energi listrik sebenarnya pada perusahaan (hanya pada pengolahan), dengan kebutuhan energi listrik menurut perhitungan (intensitas listrik). Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan menggunakan listrik lebih banyak daripada yang dibutuhkan untuk

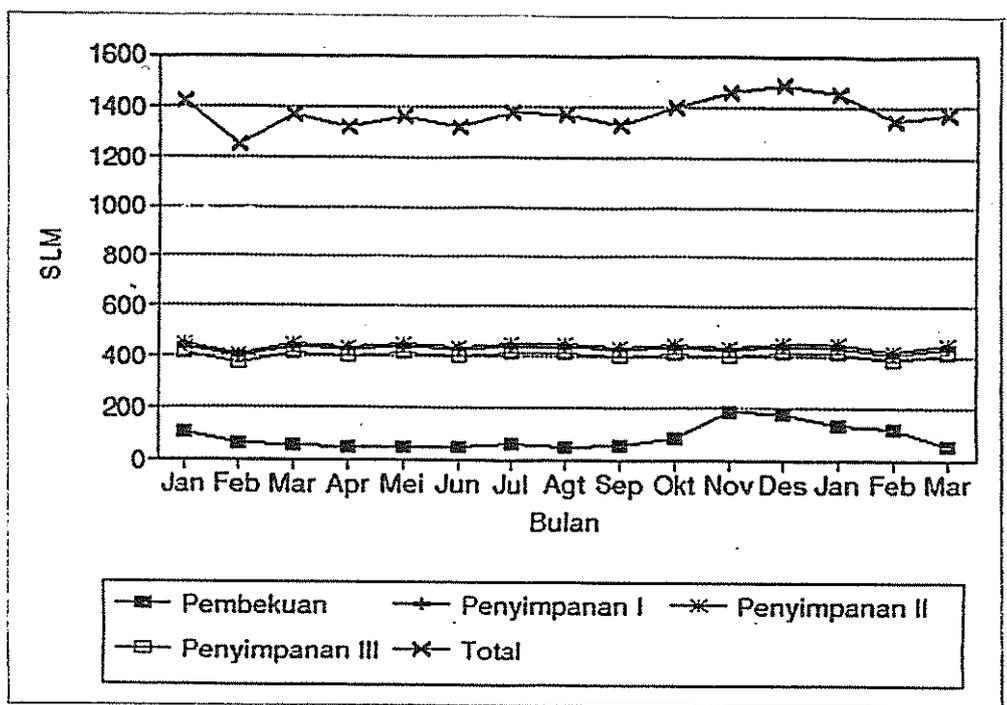


pengolahan lobster beku. Pemborosan dapat terjadi karena umur ekonomis peralatan yang semakin menurun sehingga jalannya proses menjadi semakin lama. Pemakaian lampu untuk penerangan yang terlampau banyak dan beberapa memakan daya yang lebih besar dari yang dibutuhkan. Beberapa dari lampu tersebut ditempatkan dalam ruangan dimana ruangan penyimpanan beku berada. Hal ini menyebabkan kehilangan energi bagi pendinginan dalam ruangan penyimpanan beku tersebut. Kebutuhan energi untuk menghasilkan lobster beku adalah 680 SLM/ton.

Berdasarkan hasil perhitungan (Tabel 7) dan analisis (Gambar 9), pemakaian energi untuk ruang pembekuan lebih kecil daripada ruang penyimpanan beku yaitu 1 325.90 SLM, sedangkan untuk ruang penyimpanan beku I, II, III masing-masing adalah 6 538.37 SLM, 6 681.53 SLM, 6 155.08 SLM. Hal ini disebabkan karena ruang pembekuan tergantung oleh faktor jumlah produksi dan pada perusahaan ini jumlah produksi lobster yang akan dibekukan tidak banyak. Sedangkan penyimpanan beku tergantung oleh faktor-faktor energi yang dibutuhkan untuk mengatur ruangan penyimpanan kosong pada suhu penyimpanan yang dikehendaki, beban panas akibat bola lampu dan motor yang hidup, beban panas



akibat orang yang sedang bekerja dalam ruangan penyimpanan, dan energi karena pertukaran udara. Dimana semua faktor-faktor tersebut hanya tergantung dari jumlah hari dalam sebulan.



Gambar 9. Grafik konsumsi energi pada ruang pembekuan dan penyimpanan setiap bulan

Hak Cipta Ditanggung Undang-Undang  
 1. Dilindungi sebagai kekayaan intelektual yang akan diproses dan dipublikasikan secara resmi.  
 2. Berkeadilan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan publikasi ilmiah.  
 3. Berkeadilan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 4. Dilindungi sebagaimana hak cipta dan hak paten yang berlaku di Indonesia.

Hubungi kami untuk lebih lanjut  
 IPB University

TABEL 6. PEMAKAIAN ENERGI PENGOLAHAN LOBSTER BEKU TAHUN 1991

Bulan ke-	Produksi Listrik (kg)	Solar (SLM)	Manusia (SLM)	Total IE (SLM)	IE tot (SLM/kg)	(%) IE lis (SLM/kg)
1	15217	3934.87	5523.70	56.38	9514.94	0.63 0.26
2	9062	4080.41	4142.77	52.67	8275.85	0.91 0.45
3	8255	4193.03	3452.31	47.80	7693.14	0.93 0.51
4	6885	3592.91	2761.85	47.02	6801.78	0.99 0.58
5	7564	4150.01	2761.85	46.62	6958.47	0.92 0.55
6	7432	4029.01	2761.85	46.12	6836.98	0.92 0.54
7	9469	5116.54	3452.31	47.91	8616.76	0.91 0.54
8	7755	4248.19	2761.85	46.77	7056.81	0.91 0.55
9	8510	4849.14	2761.85	47.72	7658.70	0.90 0.57
10	12096	4560.07	4833.24	52.84	9446.14	0.78 0.38
11	27166	4271.00	6444.32	56.97	10772.29	0.40 0.16
12	25294	4538.99	6444.32	56.85	11040.16	0.44 0.18
13	19266	5060.23	6444.32	56.58	11561.23	0.60 0.26
14	17798	3826.58	5753.85	54.84	9635.27	0.54 0.22
15	8615	3650.13	3452.31	48.42	7150.67	0.83 0.42
Total	190384	64501.12	63752.70	763.59	129019.40	
Rata2	12692	4300.07	4250.18	51.04	8601.29	0.68 0.34

(\*) IE<sub>tot</sub> = Intensitas energi total : - energi listrik  
 - energi solar  
 - energi manusia

IE<sub>lis</sub> = Intensitas energi listrik : - khusus energi listrik



Tabel 7. Konsumsi energi lobster beku dan efisiensinya menurut perhitungan

Suhu awal : 8 °C  
 Suhu penyimpanan : -15 °C

Bln.	Produksi (kg)	Pembekuan (SLM)	Energi			Total (SLM)	IEpp (%) (SLM/ kg)	Eff.
			I	II	III			
1	15217	105.98	444.49	454.23	418.44	1423.13	0.09	0.36
2	9062	63.11	401.48	410.27	377.94	1252.80	0.14	0.31
3	8255	57.49	444.49	454.23	418.44	1374.65	0.17	0.33
4	6885	47.95	430.16	439.57	404.94	1322.62	0.19	0.33
5	7564	52.68	444.49	454.23	418.44	1369.84	0.18	0.33
6	7432	51.76	430.16	439.57	404.94	1326.43	0.18	0.33
7	9469	65.95	444.49	454.23	418.44	1383.10	0.15	0.27
8	7755	54.01	444.49	454.23	418.44	1371.17	0.18	0.32
9	8510	59.27	430.16	439.57	404.94	1333.94	0.16	0.27
10	12096	84.24	444.49	454.23	418.44	1401.40	0.12	0.30
11	27166	189.19	430.16	439.57	404.94	1463.86	0.05	0.34
12	25294	176.16	444.49	454.23	418.44	1493.31	0.06	0.33
13	19266	134.18	444.49	454.23	418.44	1451.33	0.08	0.29
14	17798	123.95	415.82	424.92	391.44	1356.13	0.08	0.35
15	8615	60.00	444.49	454.23	418.44	1377.16	0.16	0.38
Total		1325.90	6538.37	6681.53	6155.08	20700.87		
Rata2		88.39	435.89	445.44	410.34	1380.06	0.11	0.32

(\*) IEpp = Intensitas energi pembekuan dan penyimpanan beku

- IEpp terdiri :
- energi untuk mengatur ruangan penyimpanan kosong
  - beban panas akibat bola lampu, motor dan manusia
  - energi karena pertukaran udara

intensitas energi listrik rata-rata yang dipakai perusahaan ini yaitu 0.34 SLM per kilogram.

3. Efisiensi rata-rata perusahaan dalam pemakaian listrik adalah 32 %. Efisiensi terbesar adalah pada bulan Maret 1992, yaitu 38 % dan terkecil pada bulan Juli 1991 dan September 1991, yaitu 27 %.
4. Total pemakaian energi listrik, bahan bakar minyak, manusia rata-rata setiap bulan pada tahun 1991-1992 adalah 4 300.07 SLM, 4 250.18 SLM, 51.04 SLM dengan produksi lobster beku rata-rata 12 692 kilogram.
5. Total rata-rata pemakaian energi pembekuan, penyimpanan beku I, II, III rata-rata setiap bulan pada tahun 1991-1992 adalah 98.39 SLM, 435.89 SLM, 445.44 SLM, 410.34 SLM dengan rata-rata keseluruhan pemakaian energi hanya untuk pengolahan lobster beku adalah 1 380.06 SLM. Pemakaian energi untuk ruang pembekuan lebih kecil daripada ruang penyimpanan beku yaitu 1 325.90 SLM untuk ruang pembekuan, sedangkan untuk ruang penyimpanan beku I, II, III masing-masing adalah 6 538.37 SLM, 6 681.53 SLM, 6 155.08 SLM.

## B. SARAN

Berdasarkan pengamatan dalam penelitian ini dapat diajukan saran, yaitu :

1. Untuk memperoleh mutu lobster beku yang baik dan penghematan energi sebaiknya umur alat pembeku, kendaraan pengangkut, dan alat-alat lainnya perlu diperhatikan.
2. Dalam pengangkutan lobster dari pos-pos pembelian ke perusahaan ini diusahakan dalam jumlah yang banyak agar penggunaan energi bahan bakar minyak lebih efisien dan produksi lobster beku diperbanyak sesuai dengan kapasitas alat pembeku dan ruangan penyimpanan beku agar penggunaan energi listrik lebih efisien. Penambahan jumlah produksi lobster dapat dilakukan dengan menambah pos-pos pembelian yang baru yang dekat dari pos-pos pembelian yang lama atau dengan menambah variasi produksi dengan ikan dan lain-lainnya.
3. Lobster untuk konsumsi lokal tidak perlu dibekukan karena jumlahnya yang sedikit akan menambah konsumsi energi pembekuan. Dengan demikian penggunaan energi dengan hemat dapat tercapai. Disamping itu pembekuan tidak dapat menambah tinggi mutu lobster, tetapi hanya dapat mempertahankannya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. 1972. *Food Composition Tabel for Use in East Asia*. Department of Health, Education and Welfare. US.

Banks, A., J.A. Dasso, E.A. Feiger, A.E. Novak, J.A. Peters, J.W. Slavin and J.J. Waterman. 1977. *Freezing of shellfish*. Di dalam N.W. Desrosier and D.K. Tressler (eds). *Fundamentals of Food Freezing*, p. 346. AVI Publishing Company, Inc., Westport.

Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, and M. Wooton. 1985. *Ilmu pangan. Terjemahan* Purnomo, H. dan Adiono. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Clucas, I.J. 1981. *Fish Handling, Preservation and Processing in The Tropics*. Tropical Products Institute, London.

Desrosier, N.W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan. Terjemahan* Muljohardjo, M. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Desrosier, N.W. and Tressler, D.K. 1977. *Fundamentals of Food Freezing*. AVI Publishing Company, Inc., Westport.

Dossat, R.O. 1981. *Principles of Refrigeration*. John Willey and Sons, New York.

Hallowel, E.R. 1980. *Cold Storage Manual*. AVI Pub. Co., Inc., Westport.

Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. *Food Process Engineering*. AVI Pub. Co., Inc., Westport.

Ilyas, S. 1983. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid I. Teknik Pendinginan Ikan*. CV Paripurna. Jakarta.

Irwanto, A.K. dan Kamaruddin A. 1987. *Energi dan Elektrifikasi Pertanian*. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Kadir, A. 1982. *Energi*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Pimentel, D. 1980. *Hand Book of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

- Pinarto, T.F. 1988. *Analisis Energi pada Pembuatan Mesin Penggiling-Penyosoh Gabah di CV. Karya Hidup Sentosa, Yogyakarta*. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Bogor, Bogor.
- Sears, F.W. dan M.W. Zemansky. 1985. *Fisika untuk Universitas I*. Terjemahan Achmad, A. dan Soerdjana. Penerbit Binacipta, Jakarta.
- Stansby, E.M. 1963. *Industrial Fishery Technology*. Reinhold Pub. Co., London.
- Stoecker, W.F. dan J.W. Jones. 1989. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Terjemahan Sampurno, A. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Welty, J.R. 1974. *Engineering Heat Transfer*, 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons, New York.

Lampiran 1. Rata-rata data suhu udara lingkungan

Hari ke-	Suhu bola kering( <sup>0</sup> C)	Suhu bola basah( <sup>0</sup> C)
1	32	26
2	32	26
3	32.5	26
4	32.5	26
5	33	26
6	33	26
7	32.5	26
8	32.5	26
9	32.5	26
10	32.5	26
11	32.5	26
12	32.5	26
13	32.5	26
14	32.5	26
<b>RATA-RATA</b>	<b>32.5</b>	<b>26</b>

Lampiran 3. Data suhu lobster sebelum dibekukan berdasarkan berat.

Berat (gram)	Ulangan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
150	1	7.5
	2	8.5
	3	8.0
	4	8.0
	5	8.0
200	1	8.5
	2	7.5
	3	7.5
	4	8.0
	5	8.0
350	1	8.5
	2	8.0
	3	8.0
	4	8.0
	5	8.0
RATA-RATA		8.0

## Lampiran 4. Data suhu lobster setelah dibekukan

Berat (gram)	Ulangan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
150	1	-2.0
	2	-1.8
	3	-2.2
	4	-2.0
	5	-2.0
200	1	-2.0
	2	-2.1
	3	-1.9
	4	-2.0
	5	-2.0
350	1	-1.9
	2	-2.0
	3	-2.1
	4	-2.0
	5	-2.0
RATA-RATA		-2.0



Lampiran 5. Data suhu berdasarkan berat lobster dari ruangan penyimpanan beku

Berat (gram)	Ulangan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )
150	1	-15
	2	-15
	3	-15
	4	-15
	5	-15
200	1	-15
	2	-15
	3	-15
	4	-15
	5	-15
300	1	-15
	2	-15
	3	-15
	4	-15
	5	-15

## Lampiran 6. Daftar simbol pada program komputer

RL	= hambatan lapisan udara luar
RD	= hambatan lapisan udara dalam
SL	= panas spesifik bahan pangan di atas titik beku
HF	= panas fusi bahan pangan
SS	= panas spesifik bahan pangan di bawah titik beku
TF	= suhu beku bahan pangan
KW	= satu per konduktivitas tembok (1/k)
KT	= satu per konduktivitas timah (1/k)
KP	= satu per konduktivitas polyurethane (1/k)
KA	= satu per konduktivitas alumunium (1/k)
XW	= tebal tembok
XT	= tebal timah
XP	= tebal polyurethane
XA	= tebal alumunium
TT	= suhu luar ruangan penyimpanan/lingkungan
LL	= Watt lampu dalam ruangan penyimpanan
TL	= lamanya lampu dalam ruangan penyimpanan menyala
PK	= PK motor pendinginan ruangan penyimpanan
TM	= lamanya motor pendingin ruangan penyimpanan berjalan

## Lampiran 6. Lanjutan

TK	=	lamanya orang bekerja di dalam ruangan penyimpanan
J0	=	Jumlah orang bekerja di dalam ruangan penyimpanan
M1	=	laju infiltrasi ke dalam ruangan penyimpanan pertama
M2	=	laju infiltrasi ke dalam ruangan penyimpanan kedua
M3	=	laju infiltrasi ke dalam ruangan penyimpanan ketiga
DH	=	perbedaan entalpi
JB	=	jam berlangsungnya pertukaran udara
P1	=	panjang ruangan penyimpanan pertama
P2	=	panjang ruangan penyimpanan kedua
P3	=	panjang ruangan penyimpanan ketiga
L1	=	lebar ruangan penyimpanan pertama
L2	=	lebar ruangan penyimpanan kedua
L3	=	lebar ruangan penyimpanan ketiga
T	=	tinggi ruangan penyimpanan pertama, kedua, ketiga
TCS	=	suhu penyimpanan yang dikehendaki
W(L)	=	berat bahan pangan pada bulan ke-L
HR(L)	=	jumlah hari bulan ke-L
RS(L)	=	rasio listrik sebenarnya bulan ke-L
H1(L)	=	energi untuk menurunkan suhu awal bahan menjadi suhu beku bulan ke-L
H2(L)	=	energi untuk mengubah cairan menjadi padatan bulan ke-L

## Lampiran 6. Lanjutan

HC1(L)	=	energi untuk menurunkan suhu beku bahan menjadi suhu penyimpanan bulan ke-L
HFG(L)	=	energi untuk membekukan bahan pangan bulan ke-L
RW	=	tahanan tembok
RT	=	tahanan timah
RP	=	tahanan polyurethane
RA	=	tahanan aluminium
RTOT	=	tahanan total
A1	=	luas permukaan ruangan penyimpanan pertama
A2	=	luas permukaan ruangan penyimpanan kedua
A3	=	luas permukaan ruangan penyimpanan ketiga
V1	=	volume ruangan penyimpanan pertama
V2	=	volume ruangan penyimpanan kedua
V3	=	volume ruangan penyimpanan ketiga
HC1(L)	=	energi untuk mengatur ruangan penyimpanan pertama pada suhu yang dikehendaki bulan ke-L
HC2(L)	=	energi untuk mengatur ruangan penyimpanan kedua pada suhu yang dikehendaki bulan ke-L
HC3(L)	=	energi untuk mengatur ruangan penyimpanan ketiga pada suhu yang dikehendaki bulan ke-L
HE(L)	=	beban panas akibat bola lampu dan motor yang berjalan dalam ruangan penyimpanan bulan ke-L
HM(L)	=	beban panas akibat orang yang bekerja dalam ruangan bulan ke-L
HA1(L)	=	energi yang hilang akibat pertukaran udara dalam ruangan penyimpanan pertama bulan ke-L
HA2(L)	=	energi yang hilang akibat pertukaran udara dalam ruangan penyimpanan kedua bulan ke-L





Lampiran 7. Program komputer pemakaian energi listrik, solar, manusia pada pengolahan lobster beku PT Merin

```

M Pemakaian Energi Lobster Beku
M L(50), S(50), M(50), P(50), EL(50), ES(50), EN(50), TOT(50), R(50), RL(50)
S : INPUT "Konsumsi energi tahun : ", TAHUN: PRINT
PUT "Jumlah bulan      : ", BL: PRINT
DT = 0: TL = 0: TS = 0: TM = 0: TP = 0
R I = 1 TO BL
INT "Bulan"; I; : INPUT "- Masukkan Listrik,Solar,Manusia,Produksi : ", L(I), S(I), M(I), P(I)
(I) = 11.99 * L(I) / 41.52
(I) = .79 * M(I) / 41.52
S(I) = 47.78 * S(I) / 41.52
TOT(I) = EL(I) + ES(I) + EM(I)
ETOT = ETOT + TOT(I)
(I) = TOT(I) / P(I)
= TL + EL(I); TS = TS + ES(I)
= TM + EM(I); TP = TP + P(I)
(I) = EL(I) / P(I)
XT I
S : LPRINT"          TABEL 6. PEMAKAIAN ENERGI PENGOLAHAN LOBSTER BEKU TAHUN"; TAHUN
PRINT
PRINT
PRINT "          " + STRING$(65, "-") + "          "
PRINT "          Bulan Produksi Listrik Solar Manusia Total I.E. (*) I.E.          "
PRINT "          ke-          (kg)          (SLM)          (SLM)          (SLM)          (SLM)(SLM/kg)(SLM/kg)          "
PRINT "          " + STRING$(65, "-") + "          "
PRINT "          " + SPACE$(65) + "          "
R I = 1 TO BL
PRINT USING "          | ## ##### ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## " ; I; P(I); EL(I); ES(I); EM(I); TOT(I); R(
LPRINT "          |"
PRINT "          |" + SPACE$(65) + "          "
XT I
PRINT "          |" + STRING$(65, "-") + "          "
= TP / BL
= TL / BL; TSR = TS / BL
= TM / BL; RLL = TL / TP
TR = ETOT / BL
INT USING "          | Total ##### ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.##          " ; TP; TL; TS; TM; ETOT; : LPRINT "          |"
= ETOT/ TP
INT USING "          | Rata2 ##### ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.## ##.##          " ; TPR; TLR; TSR; TMR; ETOTR; RT; RLL; : L
INT "          L" + STRING$(65, "-") + "          "
INT "          (*) I.E. = Intensitas Energi"

```



Lampiran B. Perhitungan Energi Pengolahan Lobster Beku di PT Merin, Jakarta

$S_L$ (panas spesifik lobster $T >$ titik beku)	= 3.18 kJ/kg <sup>o</sup> C
$H_f$ (panas fusi lobster)	= 235 kJ/kg
$S_S$ (panas spesifik lobster $T <$ titik beku)	= 1.72 kJ/kg <sup>o</sup> C
Produksi pada bulan Januari 1991	= 15 217 kg
Susunan insulasi ruangan adalah tembok, timah, polyurethane, dan alumunium.	
X (tebal) tembok	= 0.015 m
X (tebal) timah	= 0.0004 m
X (tebal) polyurethane	= 0.010 m
X (tebal) alumunium	= 0.0010 m
R (tahanan) udara luar	= 0.029 m <sup>2</sup> oC/W
R (tahanan) udara dalam	= 0.120 m <sup>2</sup> oC/W
1/k (tahanan persatuan tebal) tembok	= 1.39 m oC/W
1/k (tahanan persatuan tebal) timah	= 0.028 m oC/W
1/k (tahanan persatuan tebal) polyurethane	= 43.82 m oC/W
1/k (tahanan persatuan tebal) alumunium	= 0.00439 m oC/W
p (panjang) ruang penyimpanan I	= 3.61 m
p (panjang) ruang penyimpanan II	= 4.72 m
p (panjang) ruang penyimpanan III	= 2.73 m
l (lebar) ruang penyimpanan I	= 2.07 m
l (lebar) ruang penyimpanan II	= 1.42 m
l (lebar) ruang penyimpanan III	= 1.99 m
t (lebar) ruang penyimpanan I, II, III	= 2.36 m
RH udara masuk (grafik psikrometrik) ( $T_{bb} = 26^{\circ}\text{C}$ , $T_{bk} = 32.5^{\circ}\text{C}$ )	= 60 %

Lampiran B. Lanjutan

- $T_a$  (suhu udara lingkungan) =  $32.5^{\circ}\text{C}$
- $T_s$  (suhu penyimpanan) =  $-15^{\circ}\text{C}$
- $T_i$  (suhu awal lobster) =  $8^{\circ}\text{C}$
- $T_f$  (suhu dimana lobster membeku) =  $-2^{\circ}\text{C}$
- lampu =  $1 \times 40 \text{ W}$
- motor =  $5 \text{ PK}$
- orang bekerja dalam ruangan =  $3 \text{ orang};$   
 $a = 15 \text{ menit}$
- $t$  (lamanya motor berjalan) =  $24 \text{ jam}$

Dari data  $1/k$  dan  $X$ , maka  $R = (1/k) (X)$ , sehingga :

$R \text{ tembok} = (1.39 \text{ m}^{\circ}\text{C/W}) (0.015 \text{ m}) = 0.021 \text{ m}^2_{\circ}\text{C/W}$

$R \text{ timah} = (0.028 \text{ m}^{\circ}\text{C/W}) (0.0004 \text{ m}) = 1.14 \times 10^{-5} \text{ m}^2_{\circ}\text{C/W}$

$R \text{ polyurethane} = (43.82 \text{ m}^{\circ}\text{C/W}) (0.01 \text{ m}) = 0.438 \text{ m}^2_{\circ}\text{C/W}$

$R \text{ alumunium} = (.00439 \text{ m}^{\circ}\text{C/W}) (0.001 \text{ m}) = 4.39 \times 10^{-6} \text{ m}^2_{\circ}\text{C/W}$

$A$  (luas permukaan ruang penyimpanan) I =

$(2 * p * t) + (2 * l * t) = (2 * 3.61 * 2.36) + (2 * 2.07 * 2.36) = 26.81 \text{ m}^2$

$A$  (luas permukaan ruang penyimpanan) II =

$(2 * p * t) + (2 * l * t) = (2 * 4.72 * 2.36) + (2 * 1.42 * 2.36) = 28.98 \text{ m}^2$

$A$  (luas permukaan ruang penyimpanan) III =

$(2 * p * t) + (2 * l * t) = (2 * 2.73 * 2.36) + (2 * 1.99 * 2.36) = 22.28 \text{ m}^2$

$V$  (volume ruang penyimpanan ) I =

$(p * l * t) = (3.61 * 2.07 * 2.36) = 17.64 \text{ m}^3$

$V$  (volume ruang penyimpanan ) II =

$(p * l * t) = (4.72 * 1.42 * 2.36) = 15.82 \text{ m}^3$

IPB University  
Jalan Pajadiran, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, Indonesia  
Telp. (021) 88531000  
www.ipb.ac.id

Lampiran 8. Lanjutan

$$V \text{ (volume ruang penyimpanan )} \quad \text{III} =$$

$$(p * l * t) = (2.73 * 1.99 * 2.36) \quad = 12.82 \text{ m}^3$$

Dari data volume ruangan dan Table 4 maka :

- m ruang penyimpanan I = 3.56 lt/dt
- m ruang penyimpanan II = 3.38 lt/dt
- m ruang penyimpanan III = 3.08 lt/dt

Dari data RH udara masuk,  $T_a$ ,  $T_s$  serta Table 5 maka :

$$H = 0.1041 \text{ kJ/lt}$$

Energi yang dibutuhkan dalam pembekuan lobster pada bulan Januari 1991 adalah (1 SLM = 41.52 MJ) :

$$H_1 = (3.18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) (15217 \text{ kg}) (8 - (-2) ^\circ\text{C})$$

$$= 483 \ 900.6 \text{ kJ} = 11.65 \text{ SLM}$$

$$H_2 = (235 \text{ kJ/kg}) (15217 \text{ kg})$$

$$= 3 \ 575 \ 995 \text{ kJ} = 86.13 \text{ SLM}$$

$$H_3 = (1.72 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) (15217 \text{ kg}) (-2 - (-15) ^\circ\text{C})$$

$$= 340 \ 252.12 \text{ kJ} = 8.19 \text{ SLM}$$

Energi yang dibutuhkan dalam pembekuan lobster beku pada bulan Januari 1991 adalah :

$$H_{fg} = H_1 + H_2 + H_3$$

$$H_{fg} = 4 \ 400 \ 147.7 \text{ kJ} = 105.97 \text{ SLM}$$

IPB University  
 Institut Pertanian Bogor  
 Jl. Raya Pajadjaran No. 101, Bogor, Jawa Barat 16155  
 Telp. (0251) 8622111  
 www.ipb.ac.id

Lampiran 8. Lanjutan

Energi yang dibutuhkan dalam penyimpanan lobster beku pada bulan Januari 1991 adalah :

$$R_{tot} = 0.029 + 0.021 + 1.14 \times 10^{-5} + 0.438 + 4.39 \times 10^{-6} + 0.120 = 0.608 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$U = 1/R_{tot} = 1.64 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$H_c, H_e, H_m, H_a$  ruang penyimpanan I :

$$H_{c1} = (1.64 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (26.81 \text{ m}^2) (23.5 - (-15)) (24 \text{ jam/hari}) (3600 \text{ dt/jam}) (1000^{-1} \text{ kJ/J}) (31 \text{ hari/bulan})$$

$$= 5\,593\,835.72 \text{ kJ} = 134.73 \text{ SLM}$$

$$H_{e1} = ((3.60 \text{ kJ/jam W}) (40 \text{ W}) (8 \text{ jam}) (31 \text{ hari/bulan}) + (3162 \text{ kJ/jam PK}) (5 \text{ PK}) (24 \text{ jam}) (31 \text{ hari/bulan}))$$

$$= 11\,798\,352 \text{ kJ} = 284.16 \text{ SLM}$$

$$H_{m1} = (790.5 \text{ kJ/orang jam}) (3 \text{ Orang}) (0.75 \text{ jam/hari}) (31 \text{ hari/bulan}) = 55\,137.38 \text{ kJ} = 1.33 \text{ SLM}$$

$$H_{a1} = (3.56 \text{ lt/dt}) (0.1041 \text{ kJ/lt}) (24 \text{ jam/hari}) (3600 \text{ dt/jam}) (31 \text{ hari/bulan}) = 992\,604.33 \text{ kJ}$$

$$= 23.91 \text{ SLM}$$

$H_c, H_e, H_m, H_a$  ruang penyimpanan II :

$$H_{c2} = (1.64 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (28.98 \text{ m}^2) (32.5 - (-15)) (24 \text{ jam/hari}) (3600 \text{ dt/jam}) (1000^{-1} \text{ kJ/J}) (31 \text{ hari/bulan})$$

$$= 6\,046\,600.4928 \text{ kJ} = 145.63 \text{ SLM}$$

$$H_{e2} = H_{e1} = 11\,798\,352 \text{ kJ} = 284.16 \text{ SLM}$$

$$H_{m2} = H_{m1} = 55\,137.38 \text{ kJ} = 1.33 \text{ SLM}$$

Hal ini menunjukkan bahwa energi yang dibutuhkan untuk pendinginan lobster beku pada bulan Januari 1991 adalah 134.73 SLM. Energi yang dibutuhkan untuk pendinginan lobster beku pada bulan Januari 1991 adalah 134.73 SLM. Energi yang dibutuhkan untuk pendinginan lobster beku pada bulan Januari 1991 adalah 134.73 SLM.

## Lampiran 8. Lanjutan

$$\begin{aligned}
 H_{a2} &= (3.38 \text{ lt/dt}) (0.1041 \text{ kJ/lt}) (24 \text{ jam/hari}) \\
 &\quad (3600 \text{ dt/jam}) (31 \text{ hari/bulan}) \\
 &= 942\,416.470 \text{ kJ} = 22.69 \text{ SLM}
 \end{aligned}$$

$H_c$ ,  $H_e$ ,  $H_m$ ,  $H_a$  ruang penyimpanan III :

$$\begin{aligned}
 H_{c3} &= (1.64 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (22.28 \text{ m}^2) (32.5 - (-15) ^\circ\text{C}) \\
 &\quad (24 \text{ jam/hari}) (3600 \text{ dt/jam}) (1000^{-1} \text{ kJ/J}) \\
 &\quad (31 \text{ hari/bulan}) \\
 &= 4\,648\,663.18 \text{ kJ} = 111.96 \text{ SLM}
 \end{aligned}$$

$$H_{e3} = H_{e1} = 11\,798\,352 \text{ kJ} = 284.16 \text{ SLM}$$

$$H_{m3} = H_{m1} = 55\,137.38 \text{ kJ} = 1.33 \text{ SLM}$$

$$\begin{aligned}
 H_{a3} &= (3.08 \text{ lt/dt}) (0.1041 \text{ kJ/lt}) (24 \text{ jam/hari}) \\
 &\quad (3600 \text{ dt/jam}) (31 \text{ hari/bulan}) \\
 &= 858\,770.04 \text{ kJ} = 20.68 \text{ SLM}
 \end{aligned}$$

Energi yang dibutuhkan untuk penyimpanan beku ruangan I adalah :

$$\begin{aligned}
 &= H_{c1} + H_{e1} + H_{m1} + H_{a1} \\
 &= 5\,593\,835 + 11\,798\,352 + 55\,137.38 + 992\,604.33 \text{ kJ} \\
 &= 18\,439\,928.71 \text{ kJ} = 444.12 \text{ SLM}
 \end{aligned}$$

Energi yang dibutuhkan untuk penyimpanan beku ruangan II adalah :

$$\begin{aligned}
 &= H_{c2} + H_{e2} + H_{m2} + H_{a2} \\
 &= 6\,046\,600.49 + 11\,798\,352 + 55\,137.38 + 942\,416.47 \text{ kJ} \\
 &= 18\,942\,505.85 \text{ kJ} = 453.82 \text{ SLM}
 \end{aligned}$$



Konsumsi Energi Listrik Lobster Beku dan Efisiensinya

W(50), HR(50), RS(50), H1(50), H2(50), H3(50)
HFG(50), HC1(50), HC2(50), HC3(50), HE(50), HM(50), HA1(50)
HA2(50), HA3(50), HCS1(50), HCS2(50), HCS3(50), THFG(50)
TOT(50), RASIO(50), EFISIENSI(50)

UT "Suhu awal lobster : ", TI

NT :INPUT "Suhu penyimpanan : ", TCS

NT :INPUT "Jumlah bulan : ",BL

INT

R L=1 TO BL

INT "Bulan";L;:INPUT "- MASUKKAN PRODUKSI,HASI/BULAN,RASIO-LISTRIK : ",W(L),HR(L),RS(L)

TF = 0; HFG = 0; RTOT = 0; HCS1 = 0; HCS2 = 0; HCS3 = 0; HE = 0; TP = 0
SS = 3.18; HF = 235; SS = 1.72; TF = -2
KT = 1.39; KP = .016; KA = 43.82; RA = 4.39; RL = .029; RE = .12
XT = .015; XP = .0004; XA = .01; YA = .001
TL = 32.5; LL = 40; TL = 8; FK = 5; TM = 24; TK = .75; JC = 3
M2 = 3.56; M3 = 3.38; M3 = 3.08; DH = .1041; JB = 24
P2 = 3.61; P2 = 4.72; P3 = 2.73; L1 = 2.07; L2 = 1.42; L3 = 1.99; T = 2.36

INT " Tabel 7. Konsumsi energi lobster beku dan efisiensinya' menurut perhitungan"

INT : LPRINT

INT " Suhu awal : ", TI; "°C"

INT " Suhu penyimpanan : ", TCS; "°C"

INT " "+STRING\$(71,"-")+"

INT " Energi

INT " Bin. Produksi Pembekuan Penyimpanan Beku Total L.E. (%) Eff. Listrik (SLM/kg)

INT " "+STRING\$(71,"-")+"

INT " "+SPACE\$(71)+"|"

L = 1 TO BL

) = SL \* W(L) \* (TI - TF)

) = HF \* W(L)

) = SS \* W(L) \* (TF - TCS)

L) = (H1(L) + H2(L) + H3(L)) / (1000 \* 41.52)

(L) = THFG(L) + HFG(L)

B = TTHFG + THFG(L)



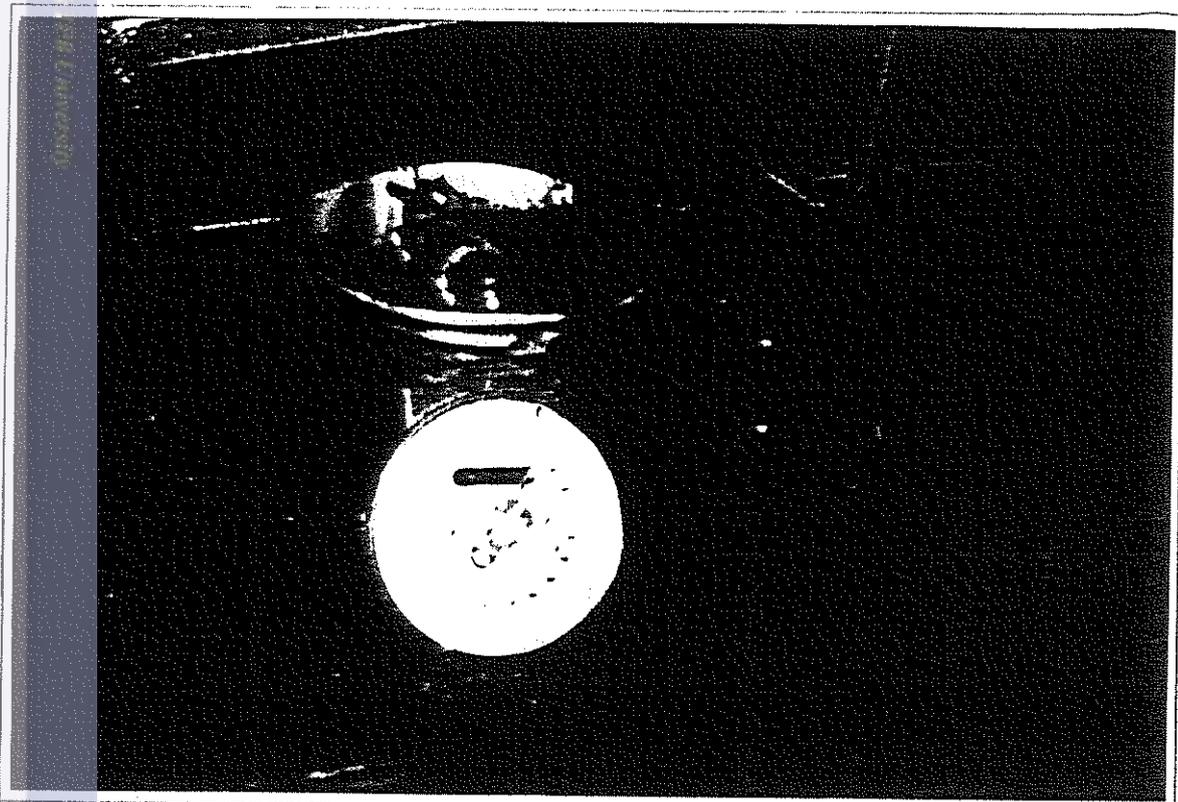
Lampiran 9 . Lanjutan

```

W = KW * XW
T = KT * XT
Z = KP * XP
A = KA * XA
TOT = RL + RW + RT + RP + RA + RD
= 1 / RTOT
= (2 * P1 * T) + (2 * L1 * T)
= (2 * P2 * T) + (2 * L2 * T)
= (2 * P3 * T) + (2 * L3 * T)
= P1 * L1 * T
= P2 * L2 * T
= P3 * L3 * T
1(L) = U * A1 * (IT - TCS) * JB * 3.6 * HR(L)
2(L) = U * A2 * (IT - TCS) * JB * 3.6 * HR(L)
3(L) = U * A3 * (IT - TCS) * JB * 3.6 * HR(L)
(L) = (3.6 * LL * TL * HR(L)) + (3182 * FX * (B * HR(L)))
(L) = 790.5 * JD * TK * HR(L)
1(L) = M1 * DH * JB * 3600 * HR(L)
2(L) = M2 * DH * JB * 3600 * HR(L)
3(L) = M3 * DH * JB * 3600 * HR(L)
SI(L) = (HC1(L) + HE(L) + HM(L) + HA1(L)) / (1000 * A1.52)
CSI = THCS1 + HCSI(L)
S2(L) = (HC2(L) + HE(L) + HM(L) + HA2(L)) / (1000 * A1.52)
CS2 = THCS2 + HCS2(L)
S3(L) = (HC3(L) + HE(L) + HM(L) + HA3(L)) / (1000 * A1.52)
CS3 = THCS3 + HCS3(L)
T(L) = THFG(L) + HCS1(L) + HCS2(L) + HCS3(L); TTOT = TTOT + TOT(L)
SIO(L) = TOT(L) / W(L); TP = TP + W(L);
SIENSI(L) = RASIO(L) / RS(L); TEF = TEF + EFISIENSI(L)
PRINT USING " | ## #####.## #####.## #####.## #####.## #####.## #####.## #.# #.##"; L; W(L); THFG(L); HCS1(L); HCS2(L);
T(L); RASIO(L); EFISIENSI(L);:LPRINT " |": LPRINT " |"+SPACE*(71)+"|"
T L
PRINT " |"+STRING*(71,"_")+|"
BR = TTHFG / BL; THCS1R = THCS1 / BL; THCS2R = THCS2 / BL
CS2R = THCS2 / BL; TTOTR = TTOT / BL
PRINT USING " | Total #####.## #####.## #####.## #####.## #####.##"; TTHFG; THCS1; THCS2; THCS3; TTOT;:LPRINT "
= TTOT / TP; RTEF = TEF / BL
PRINT USING " | Rate2 #####.## #####.## #####.## #####.## #####.## #.# #.##"; TTHFG; THCS1R; THCS2R; THCS3R; TTOTR
LPRINT " |
PRINT " |"+STRING*(71,"_")+|"
PRINT " (2) I.E. = Intensitas Energi"

```

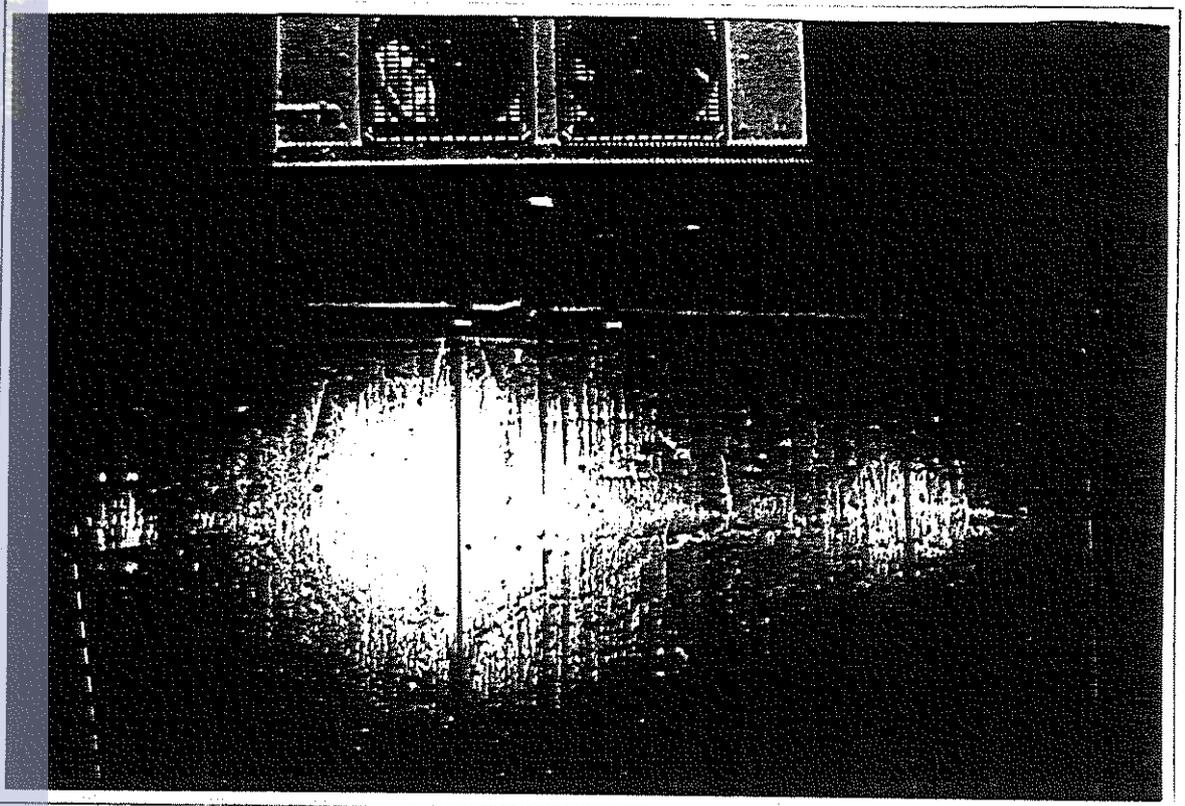
## Lampiran 10. Foto-foto penelitian



Gambar 10. Timbangan merk Nagata, kapasitas 2 Kg

Lampiran 10. Lanjutan

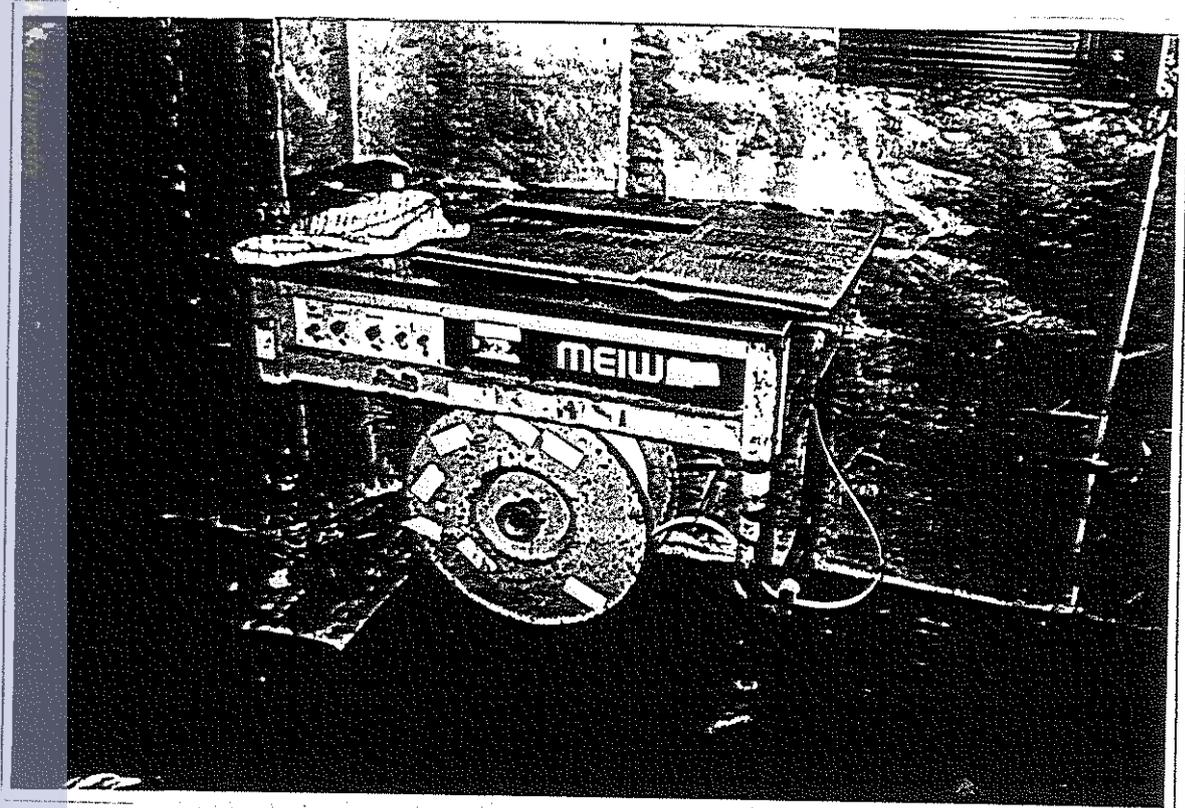
oHick opa mitk IP



Gambar 11. Air Blast Frezeer merk Searle, kapasitas 1 ton

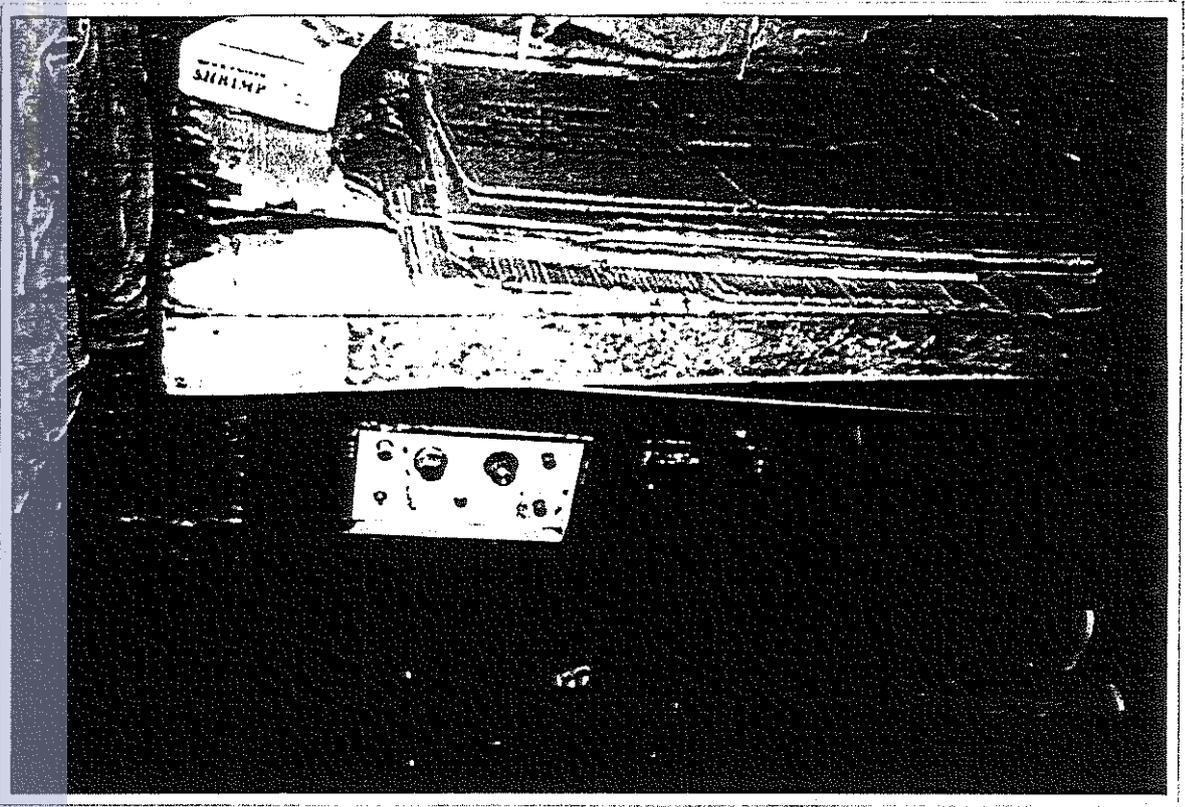
Lampiran 10. Lanjutan

di Hektar opita mnt



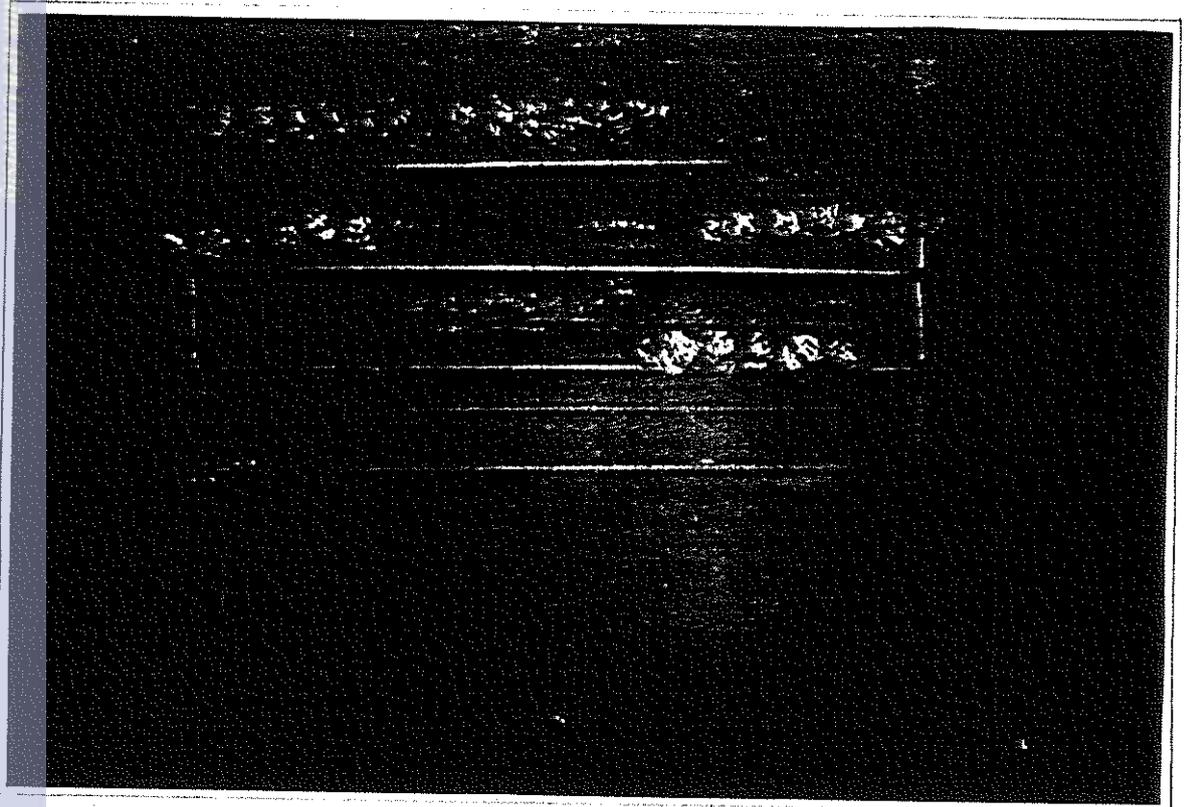
Gambar 12. Mesin Pengikat Kemasan

Lampiran 10. Lanjutan



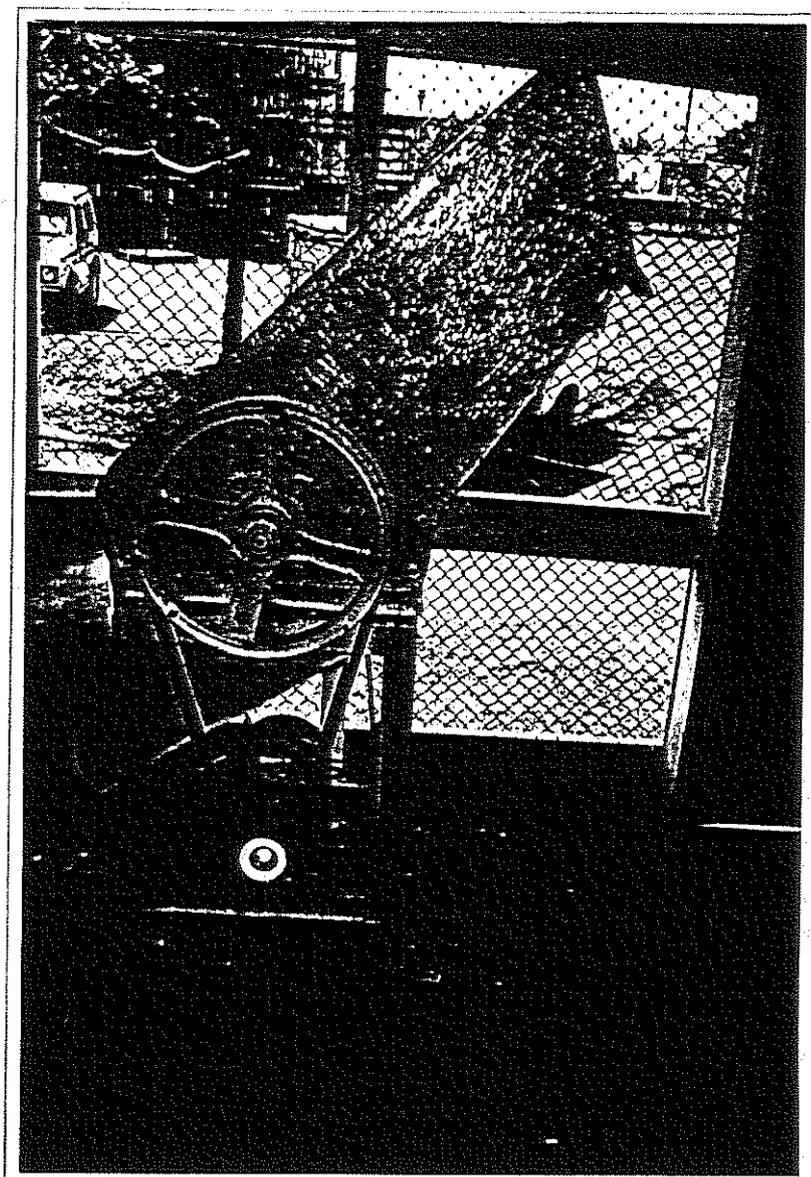
Bambar 13. Mesin Pengikat Kemasan

Lampiran 10. Lanjutan



Gambar 14. Lobster dalam proses pembekuan

## Lampiran 10. Lanjutan



Gambar 15. Mesin pemecah es

		<p>Meja Sortasi I</p>	<p>Bak Pencucian I</p>
	<p>Meja Pengemasan Primer I</p>	<p>Meja Sortasi I</p>	<p>Bak Pencucian I</p>
		<p>Meja Sortasi I</p>	<p>Bak Pencucian I</p>
			<p>Kantor</p>
	<p>Ruang Pengemasan I</p>		
			<p>Kantor</p>
			<p>Tempat es</p>

