

**ANALISIS KONSUMSI ENERGI
PADA PROSES PRODUKSI ES KRIM "PETERS"
DI PT DAIRYVILLE JAKARTA**

Oleh

KITTY KARTIKA EKA SHANTY

F 26. 0978



1994

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R**



Kitty Kartika Eka Shanty. F 26 0978. Analisis Konsumsi Energi Pada Proses Produksi Es Krim "Peters" di PT Dairyville, Jakarta. Di bawah bimbingan Prof.Dr. H. Kamaruddin Abdullah, MSA dan Dr.Ir. Armansyah H. Tambunan, MAggr.

RINGKASAN

Industri Es Krim merupakan industri pengolah hasil pangan yang mempunyai prospek cerah di Indonesia yang telah menuju negara industri/negara maju. Sebagai suatu produk pangan beku, sebagian besar proses pengolahan Es Krim membutuhkan perlakuan pendinginan dan refrigerasi yang memerlukan energi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kebutuhan energi dalam proses produksi Es Krim, termasuk perlakuan pendinginannya, pada PT Dairyville, Jakarta.

Analisis energi pada industri Es Krim ini perlu dilakukan agar dapat diketahui berapa konsumsi energi perusahaan dan agar dapat dilakukan konversi energi untuk mengefisienkan pemakaian energi.

Konsumsi energi terbesar terjadi pada proses produksi Es Krim dengan menggunakan peralatan pengemas Sidam yaitu sebesar 2.320,63 kJ/ltr. Konsumsi energi terkecil terjadi pada proses produksi Es Susu dengan menggunakan peralatan pengemas Vexino, yaitu sebesar 408,87 kJ/ltr.



Kondisi produksi maksimal dari perusahaan belum tercapai. Rasio terbesar dari kapasitas produksi sebenarnya dibandingkan dengan kapasitas berdasar spesifikasi didapatkan sebesar 93% sewaktu proses produksi Es Sirup menggunakan peralatan pengemas Sidam. Rasio terkecil adalah sebesar 11% pada proses produksi Es Krim menggunakan pengemas Drumstick dan Vexino.

Dari semua peralatan produksi, Hoyer mempunyai nilai efisiensi terendah, yaitu sebesar 38% untuk Es Susu dan 19% untuk Es Krim.

Konsumsi energi total pada proses produksi mencapai nilai sebesar 1.548,7 kJ/kg.

Rasio konsumsi energi manusia dibandingkan dengan konsumsi energi listrik adalah sebesar 0.2 untuk proses produksi Es Sirup; 0.06 untuk proses produksi Es Susu dan 0,04 untuk proses produksi Es Krim. Rasio energi manusia terhadap energi listrik terbesar pada peralatan pengemas Sidam, yaitu sebesar 0,09.

Kebutuhan energi rata-rata untuk pendinginan dan pembekuan adalah sebanyak 265.359,89 kJ untuk 82.416,87 kg stok dalam ruang pendingin. Beban panas dari produk terutama disebabkan oleh beban pendinginan yang dibutuhkan oleh bahan hasil produksi.

Beban panas yang diterima oleh ruang pendingin terutama disebabkan oleh beban akibat motor peralatan pada ruang pendingin, sebesar 42,4 kW (63%) diikuti oleh laju udara luar yang masuk akibat buka tutup pintu, sebesar 13 kW (19%). Beban untuk pendinginan dan pembekuan produk adalah sebesar 3,07 kW (5%).

Untuk meningkatkan efisiensi energi perlu perhatian terhadap penggunaan peralatan produksi yang mengkonsumsi listrik. Penggunaan peralatan produksi yang mempunyai kapasitas besar dan dalam kondisi baik akan dapat meningkatkan efisiensi konsumsi energi.

Untuk memperkecil beban panas pada ruang pendinginan perlu diperhatikan jumlah peralatan penunjang dan motor yang ada pada ruang pendingin yang benar-benar diperlukan; serta frekwensi buka tutup pintu ruang pendingin.

Perhitungan tenaga pompa yang digunakan untuk mengalirkan adonan dengan menggunakan nilai kerugian tinggi tekan mendapatkan nilai maksimal sebesar 4,978 kW yaitu sebesar 44% dari daya motor berdasarkan spesifikasi yang digunakan.

**ANALISIS KONSUMSI ENERGI
PADA PROSES PRODUKSI ES KRIM "PETERS"
DI PT DAIRYVILLE, JAKARTA**

Oleh:

KITTY KARTIKA EKA SHANTY

F 26 0978

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

1994

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**ANALISIS KONSUMSI ENERGI
PADA PROSES PRODUKSI ES KRIM "PETERS"
DI PT DAIRYVILLE, JAKARTA**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

Oleh:

KITTY KARTIKA EKA SHANTY

F 26 0978

Dilahirkan pada tanggal 13 Januari 1971

di Bandung

Tanggal lulus : 24 Agustus 1994

Disetujui,

Bogor, September 1994

Dr. Ir. Armansyah H. Tambunan, MAg

Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. H. Kamaruddin Abdullah, MSA

Dosen Pembimbing I



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirabbil alamin penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Skripsi ini.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian di PT Dairyville, Jakarta yang dilaksanakan pada bulan Agustus 1993 sampai akhir bulan Januari 1994,

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Kamaruddin Abdullah, MSA, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Armansyah H. Tambunan, MAg, selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
3. Bpk. Lemba, Ir. Edy Sukma, Bpk. Suwandi, Bpk. Nurdin serta seluruh staf dan karyawan di PT Dairyville, Jakarta yang telah begitu banyak memberikan pengarahan dan bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
4. Segenap Sivitas Akademika FATETA terutama staf kantor ADAET, atas segala bantuannya.



5. Mama, Papa dan Yerry yang telah dengan ketulusan hati, kasih sayang dan kesabarannya senantiasa memberi dukungan moral dan material kepada penulis.
6. Uda yang selalu memberi segalanya yang terbaik selama ini; serta Gati, Anis, Vanda, Rika dan Ani atas segala persahabatan kita yang indah.
7. Wefsi, Wulan, Af, Rita, Bono, Ihsan, Taufik, mbak Rika, mbak Rin, Mbak Wahyu dan Warga Baristar atas segala bantuan dan limpahan perhatian selama ini.
8. Serta semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukannya.

Bogor, September 1994

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR SIMBOL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. ES KRIM DAN PROSES PRODUKSINYA	6
B. PROSES PENDINGINAN DAN PEMBEKUAN	9
C. ANALISIS ENERGI	13
III. PENDEKATAN TEORITIS	17
A. PENDEKATAN MASALAH	17
IV. METODOLOGI PENGOLAHAN DATA	30
A. WAKTU DAN TEMPAT	30
B. BAHAN DAN ALAT	30
C. PENGUKURAN PARAMETER	31
D. PENGOLAHAN DATA	32

V.	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
	A. TEKNIK PENGOLAHAN ES KRIM	36
	B. ANALISIS KONSUMSI ENERGI	41
VI	KESIMPULAN DAN SARAN	68
	A. KESIMPULAN	68
	B. SARAN	71
	LAMPIRAN	72
	DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Tingkat Kerja dan Fenomena Metabolisma.....	20
Tabel 2.	Nilai Konduktifitas Beberapa Bahan	22
Tabel 3.	Nilai Keseimbangan Panas untuk Pekerja	25
Tabel 4.	Hasil Perhitungan Konsumsi Energi pada Proses Produksi	52
Tabel 5.	Kapasitas Pemakaian dan Kapasitas Maksimal Peralatan Pengemas	52
Tabel 6.	Hasil Konsumsi Energi beberapa Proses Produksi	56
Tabel 7.	Rasio Konsumsi Energi Manusia Terhadap Energi Listrik	57
Tabel 8.	Rasio Energi Manusia Terhadap Energi Listrik pada Peralatan Pengemas yang Berbeda	58
Tabel 9.	Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Secara Teori	58
Tabel 10.	Efisiensi Produksi pada Rangkaian Peralatan Produksi	59
Tabel 11.	Perhitungan Daya Motor Pompa dengan Faktor Kerugian Tinggi Tekan	61
Tabel 12.	Beban Pendinginan pada Ruang Pendingin	65

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Homogeniser	7
Gambar 2. Plat Pindah Panas	8
Gambar 3. <i>Air Blast Freezer</i>	11
Gambar 4. Persentasi input energi primer yang dikonversi menjadi energi listrik	15
Gambar 5. Distribusi konsumsi energi untuk sektor perekonomian utama di Amerika	15
Gambar 6. Nilai efisiensi tenaga motor listrik	18
Gambar 7. Nilai Faktor tenaga (PF) motor	19
Gambar 8. Diagram Moody	28
Gambar 9. Bagan alir proses pada Plat Pindah Panas	36
Gambar 10. Analisis pada aliran adonan dari Tanki Penampung ke Tanki Adonan	42
Gambar 11. Analisis pada sirkulasi pada Tanki Adonan dan Plat Pindah Panas	43
Gambar 12. Analisis pada aliran dari Tanki Adonan ke Tanki Penuaan pada proses produksi Es Sirup	44
Gambar 13. Analisis pada aliran dari Tanki Adonan ke Tanki Penuaan pada proses produksi Es Susu dan Es Krim	45
Gambar 14. Analisis pada proses di Tanki Penuaan	45

Gambar 15.	Analisis pada proses di Tanki <i>Flavour</i>	47
Gambar 16.	Analisis pada peralatan pembeku Hoyer	48
Gambar 17.	Analisis pada peralatan pengemas Sidam	50
Gambar 18.	Analisis pada peralatan pengemas Freemark	51
Gambar 19.	Analisis pada peralatan pengemas Vexino	53
Gambar 20.	Analisis pada peralatan pengemas Drumstick	54



DAFTAR SIMBOL

E	= energi listrik yang digunakan untuk tiap liter hasil produksi (kJ/ltr)
D	= daya peralatan (W)
T	= waktu (dtk)
E _{fm}	= faktor efisiensi peralatan
PF	= faktor daya peralatan
L	= jumlah produksi (ltr)
E _{tm}	= konsumsi tenaga manusia pada proses produksi (kJ/ltr)
No	= jumlah pekerja (orang)
JK	= jumlah jam kerja pekerja (mnt)
UEM	= Nilai Unit Tenaga Manusia (kJ/ltr)
Q	= daya yang dibutuhkan untuk mendinginkan dan membekukan bahan (kJ)
m	= massa bahan (kg)
c	= panas jenis bahan (kJ/kg K)
Δt	= perubahan suhu bahan (K)
PL	= panas laten pembekuan (kJ/kg)
Q _u	= laju panas yang ditransfer melalui dinding (W)
A	= luas permukaan pindah-panas (m ²)
U	= koefisien keseluruhan dari transmisi panas (W/m ² K)
Q _o	= daya yang dibutuhkan oleh ruang pendingin akibat pertukaran udara (kW)
A _p	= Luas pintu ruang pendingin (m ²)



- h_i = entalpi udara masuk (kJ/kg)
 h_e = entalpi udara pada ruang pendingin (kJ/kg)
 ρ_i = densitas udara masuk (kg/m³)
 ρ_e = densitas udara pada ruang pendingin (kg/m³)
 H_a = tinggi pintu ruang pendingin (m)
 F_m = Faktor densitas
 Q_{or} = beban panas rata-rata akibat laju udara masuk dalam periode satu hari (kW)
 Q_o = beban panas akibat laju udara masuk untuk pembukaan penuh (kW)
 F_t = faktor waktu pembukaan pintu
 F_r = faktor laju pembukaan pintu (= 0,5 atau 1)
 N_p = frekuensi buka-tutup pintu
 T_p = waktu buka tutup pintu (= 25 dt/pembukaan)
 T_o = lama pintu terbuka (dt)
 T_d = periode waktu (jam)
 R_f = faktor laju pembekuan (*Chilling Rate factor*)
 Q_a = beban panas dari pekerja pada ruang pendingin (kW)
 N_{or} = jumlah pekerja (orang)
 $H_{..}$ = keseimbangan panas pekerja (kW/orng)
 $Q_{..}$ = beban akibat peralatan di ruang pendingin (kW)
 $M_{..}$ = jumlah motor peralatan pada ruang pendingin
 $H_{..}$ = keseimbangan panas motor (kW)
 H = kerugian tinggi tekan (m)
 V = kecepatan alir fluida (m/dtk)



- ΔP = perbedaan tekanan pada peralatan (N/m^2)
- ρ = berat jenis fluida (kg/m^3)
- g = gaya gravitasi (m/dtk^2)
- K = konstanta untuk keadaan khusus pipa pada pengaliran adonan
- μ = viskositas kinematik (m^2/dtk)
- f = faktor gesekan pada pipa
- d = diameter pipa (m)
- l = panjang pipa (m)
- P = daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan adonan (kW)
- G = debit aliran (m^3/dtk)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Contoh perhitungan aliran energi pada proses produksi	72
Lampiran 2. Contoh perhitungan aliran energi pada proses produksi Es Sirup sesuai kapasitas alat	108
Lampiran 3. Bagan alir konsumsi energi listrik pada proses produksi	112
Lampiran 4. Hasil perhitungan beban pendingin pada ruang pendingin	120
Lampiran 5. Program komputer untuk perhitungan beban pendinginan pada ruang pendingin	122
Lampiran 6. Beban akibat pekerja dan motor pada ruang pendingin	127
Lampiran 7. Perhitungan kebutuhan energi pendinginan pada peralatan	129
Lampiran 8. Perhitungan tenaga pompa dalam pengaliran adonan pada proses produksi dengan memperhitungkan kerugian tinggi tekan (<i>Head</i>).....	133
Lampiran 9. Denah peralatan pembuatan adonan	160
Lampiran 10. Diagram Psikrometrik	161

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri yang pesat dewasa ini di Indonesia merupakan keadaan yang sangat menguntungkan ditinjau dari segi ekonomi dan pembangunan. Tetapi di sisi lain perkembangan ini dibatasi oleh jumlah ketersediaan energi yang ada.

Negara-negara berkembang termasuk Indonesia mengkonsumsi energi sebesar 12% dari energi komersial dunia. Walaupun perkembangan ekonominya lebih cepat dari negara maju, permintaan terhadap energi komersial untuk pertumbuhan kota, industri, transportasi dan kebutuhan lain untuk pembangunan berkembang lebih pesat dibandingkan dengan kenaikan GNP (World Bank, 1980).

Indonesia sebagai negara berkembang dengan laju pembangunan yang cukup pesat juga membutuhkan energi yang besar untuk keperluan pembangunan. Dalam hal penggunaan energi, Indonesia dewasa ini sedang menggalakkan kampanye hemat energi. Pemerintah pada PELITA VI mencanangkan konservasi pemakaian energi sebesar 17% pertahun dari total pemakaian energi nasional (Dirjen Listrik dan Energi Baru, 1992). Diharapkan kepada semua pihak yang berperan dalam kegiatan pembangunan, baik itu swasta maupun pemerintah, untuk dapat mendukung program hemat energi.

Industri adalah pemakai utama dari permintaan energi komersial negara berkembang. Di beberapa negara sektor industri memakai seperempat sampai dua pertiga dari total energi komersialnya dengan probabilitas rata-rata 35% (World Bank, 1980). Efisiensi energi di sektor industri memperoleh lebih banyak perhatian dari lembaga-lembaga internasional dan bank-bank pembangunan nasional karena pemakaian energi pada industri yang besar ini membutuhkan penanganan yang tepat dan benar (Blackburn, 1988).

Masalah energi dewasa ini dihadapi oleh semua negara, baik negara maju maupun negara berkembang, demikian pula Indonesia. Oleh karenanya 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. Pengembangan sumber energi baru dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia banyak dan belum terpakai penuh seperti tenaga matahari, biomassa dan biogas.
5. Kelestarian lingkungan.
6. Meningkatkan ketahanan nasional.

Untuk melaksanakan KUBE tersebut maka Pemerintah meningkatkan pola usaha:

- a. Intensifikasi, yaitu peningkatan survei dan eksplorasi sumber energi agar diperoleh informasi mengenai sumber energi tersebut,
- b. Diversifikasi, yaitu peningkatan penganeakargaman sumber energi sehingga tidak tergantung dari satu sumber energi saja,
- c. Konservasi energi, yaitu penghematan penggunaan energi terutama untuk energi yang penggunaannya tidak dapat diganti dengan energi lain, dan
- d. Indeksasi, yaitu pemilihan sumber energi yang tepat digunakan untuk suatu proses produksi yang dilakukan secara ilmiah.

Energi merupakan kebutuhan vital untuk dapat berlangsungnya kegiatan dalam industri. Terbatasnya persediaan energi membutuhkan antisipasi yang tepat agar tercapai penggunaan energi yang efisien. Efisiensi energi dalam industri juga merupakan salah satu faktor untuk penghematan biaya produksi.

Industri es krim merupakan industri pengolah hasil pangan yang mempunyai prospek cerah di Indonesia yang telah menuju negara industri/negara maju. Disamping karena Indonesia beriklim tropis, hal lain yang menunjang adalah tingkat kesejahteraan masyarakat yang semakin tinggi, sehingga es krim yang bernilai gizi tinggi ini tidak lagi dianggap sebagai makanan mewah dan dapat terjangkau oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Perkembangan yang berkesinambungan dari industri es krim tergantung pada daya beli konsumen (Diggin's, 1969).

Dewasa ini es krim yang merupakan hasil industri pengolahan lanjutan dari susu, sudah memasyarakat di Indonesia. Es krim biasanya disajikan sebagai hidangan pencuci mulut dan merupakan produk jajanan yang digemari oleh semua tingkatan umur. Sebagai suatu produk pangan beku, sebagian besar proses pengolahan es krim membutuhkan perlakuan pendinginan dan refrigerasi.

Untuk perlakuan refrigerasi sebagai suatu usaha, diperlukan energi.

Analisis energi pada industri es krim ini perlu dilakukan agar dapat diketahui berapa konsumsi energi perusahaan dan dapat dilakukan konservasi energi untuk mengefisienkan pemakaian energi. Harga dari es krim memang dapat dikategorikan bukan harga

yang murah, karena harga bahan bakunya yang antara lain susu murni, krim, susu skim, stabilizer, dan coklat, juga cukup mahal. Dengan efisiensi energi diharapkan perusahaan dapat menghemat biaya sehingga kenaikan harga satu satuan produk untuk mengimbangi pertumbuhan ekonomi dan kenaikan harga bahan baku, tidak melaju dengan cepat.

B. TUJUAN

Penelitian dilakukan untuk mengetahui jumlah energi yang dibutuhkan persatuan produk. Hasil yang diperoleh akan dianalisis untuk dapat mengetahui kemungkinan terjadinya pemborosan energi dalam tahapan proses produksi serta mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan energi. Sasaran lebih jauh adalah upaya penghematan biaya produksi.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. ES KRIM DAN PROSES PRODUKSINYA

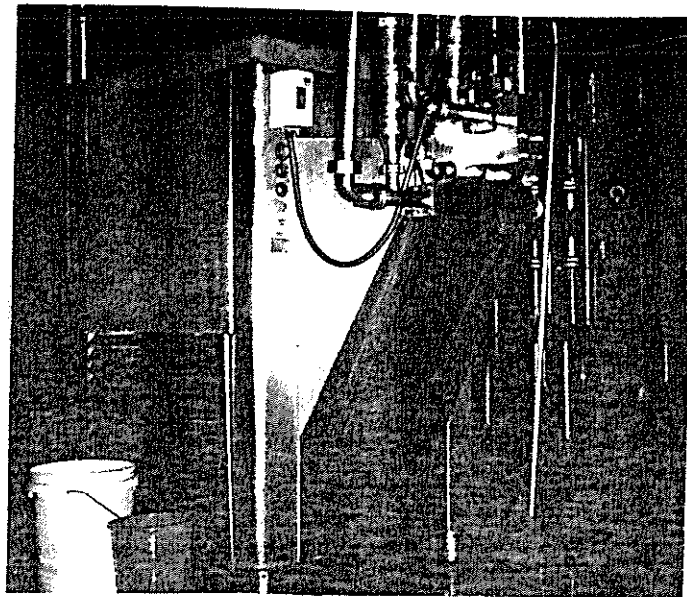
Es krim merupakan hasil produksi industri pengolahan bahan pangan yaitu susu. Kandungan gizi es krim ini tinggi, karena bahan bakunya adalah susu, krim, pemanis, stabilizer, pengemulsi, air, coklat atau buah sebagai *flavour* serta mengandung minimal 14% lemak. Sebagai perbandingan, 1 liter susu murni mengandung nilai energi 670 kalori, dan 1 liter susu skim mengandung 340 kalori. Sedangkan adonan es krim standar harus terdiri dari 40% susu murni, 24% krim, 14% susu kental, 15.5% gula dan 0.5% stabilizer dan *flavour*. Es krim sebagai produk akhir dari bahan-bahan ini yang terbentuk oleh 3 fase yaitu padat, cair dan gas, merupakan suatu produk pangan kaya protein, vitamin, mineral dan energi disamping merangsang selera serta mudah dicerna (Diggins dan Bundy, 1969).

Proses produksi es krim terbagi dalam dua jenis kegiatan yaitu proses pembuatan adonan dan proses pembuatan es krimnya sendiri.

Dalam proses pembuatan adonan bahan baku yang telah distandarisasi pertama kali akan melalui proses pencampuran sampai bahan tersebut menjadi adonan yang siap diolah untuk proses selanjutnya.

Selama proses pencampuran diperlukan pengadukan agar adonan tercampur merata. Adonan yang telah tercampur merata ini kemudian disaring, yang bertujuan untuk memisahkan kotoran serta bahan-bahan yang tidak melarut secara sempurna dalam campuran.

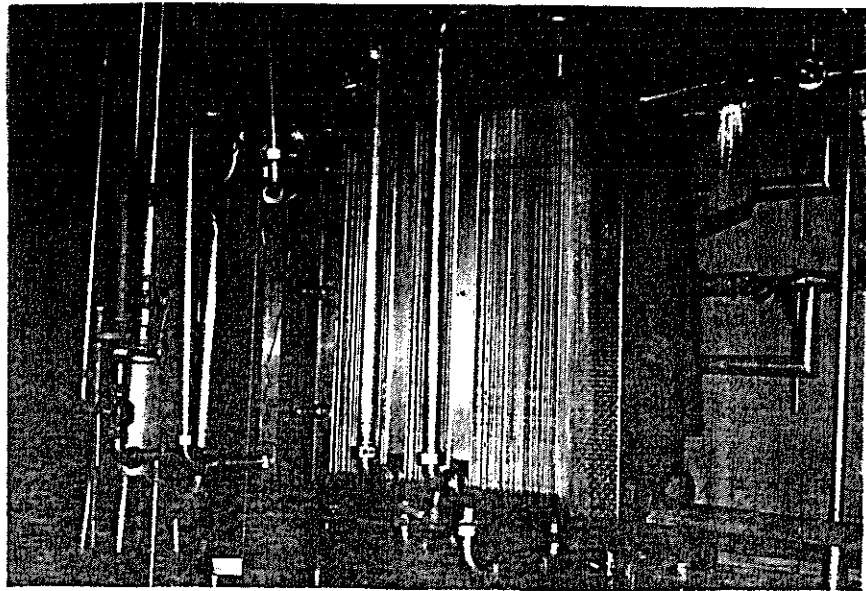
Proses selanjutnya adalah homogenisasi, yang dimaksudkan agar lemak dapat terpecah menjadi butiran-butiran yang lebih kecil sehingga adonan menjadi lebih halus, lembut dan kental. Menurut Arbuckle, (1981) homogenisasi dilakukan pada keadaan campuran bersuhu tinggi, untuk mencegah globula lemak kembali bersatu. Untuk itu diperlukan pemanasan awal pada adonan agar tercapai suhu idealnya.



Gambar 1. Homogeniser

Adonan kemudian dilewatkan ke plat pindah panas (Plat Heat Exchanger) untuk pasteurisasi dan pendinginan. Suhu akhir dari campuran ini diharapkan berkisar antara 4° C sampai 6° C.

Selanjutnya adalah proses pembuatan produk es krim. Proses ini diawali dengan penuaan adonan yang berfungsi untuk meningkatkan kestabilan dan kekentalan adonan. Suhu selama penuaan berkisar antara 2° C sampai 3° C. Selama proses penuaan ini diperlukan pengadukan untuk mencegah adonan menjadi beku karena terbentuknya kristal-kristal es.



Gambar 2. Plat Pindah Panas

Setelah kondisi adonan optimal, dilakukan penambahan flavour dan rasa untuk menambah daya

tarik produk. Selama proses diperlukan pengadukan supaya flavour dan warnanya merata.

Tahap selanjutnya adalah pembekuan adonan agar terbentuk kristal-kristal es yang halus sesuai tekstur es krim yang diharapkan. Es krim selanjutnya dicetak dan dikemas sebelum disimpan di ruang pendingin untuk proses pengerasan. Semakin cepat proses pengerasan terjadi, kristal es yang terbentuk akan semakin kecil dan teksturnya makin lembut. Proses ini bertujuan untuk memperkokoh tekstur agar keras sehingga tidak meleleh pada saat dikonsumsi.

Prospek masa depan industri Es krim di Indonesia dapat diharapkan cukup cerah. Hal ini disebabkan oleh karena kondisi Indonesia yang beriklim tropis, kenaikan dalam kesadaran nilai gizi serta kenaikan dalam kondisi perekonomian.

B. PROSES PENDINGINAN DAN PEMBEKUAN

Proses pendinginan dan pembekuan merupakan proses yang sangat penting dalam proses produksi Es Krim. Pembekuan harus dilaksanakan secara cepat untuk mendapatkan kristal es yang halus dan tekstur yang lembut (Hall, 1981). Performansi pembekuan mengandung dua fungsi yaitu membekukan bagian air dari adonan dan bekerjasama dengan udara terhadap produk pangan beku tersebut untuk memberikan tekstur

yang diinginkan. Dalam hal ini adalah proses Over-run, yaitu penambahan udara pada saat proses pembekuan untuk mendapatkan tekstur Es Krim yang lembut.

Menurut Farral, (1963) titik beku dari susu dan produk susu cukup konstan. Titik beku ini lebih rendah daripada air dan bervariasi tergantung pada komposisinya. Titik suhu pembekuan adonan Es Krim tergantung pada komposisi, biasanya mulai membeku pada -2°C .

Secara umum teknik pendinginan dan pembekuan terbagi menjadi pendinginan/pembekuan alami dan mekanis. Pendinginan alami menggunakan air dan air es sebagai media pendingin. Pendinginan ini dilakukan jika suhu yang dibutuhkan tidak terlalu rendah. Sedangkan proses pendinginan dan pembekuan dengan menggunakan peralatan mekanik atau elektrik merupakan sistem pendinginan dan pembekuan mekanis dan digunakan untuk kebutuhan pendinginan dan pembekuan yang lebih besar (Henderson, 1982). Pelaksanaan sistem ini bisa melalui dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung.

Teknik pembekuan mekanis yang umum digunakan:

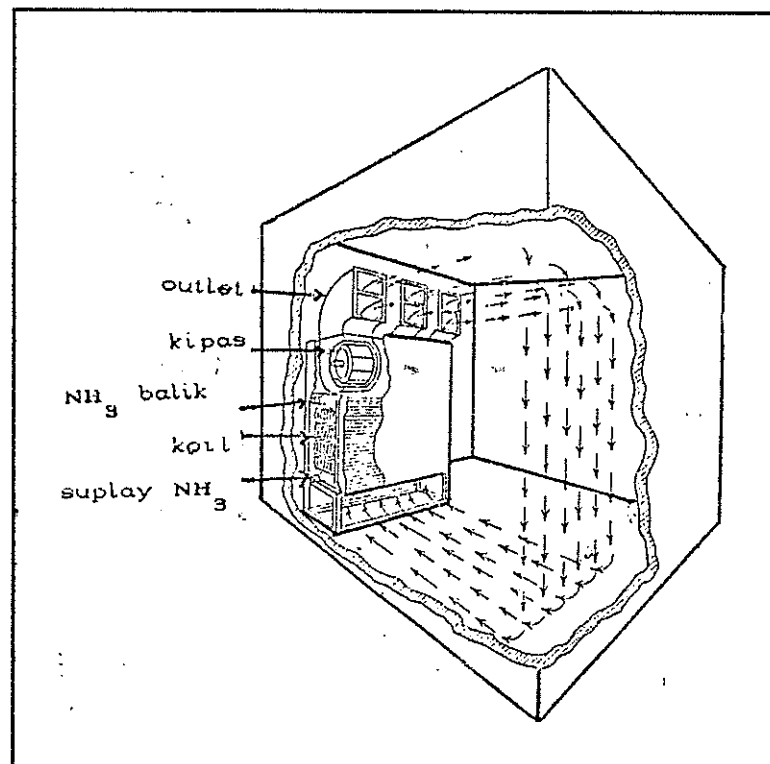
1. *Sharp Freezing*

Merupakan metode pembekuan lambat, dengan cara produk yang dibekukan ditaruh di atas lilitan evaporator.

2. Air Blast Freezing

Metoda ini menggunakan udara dingin yang disirkulasikan dengan kecepatan tinggi ke ruangan tempat produk yang akan dibekukan. Pembekuan berlangsung cepat sehingga mutu hasil beku dengan proses pembekuan ini dapat diharapkan memuaskan.

Bahan yang didinginkan dengan alat ini merupakan sumber panas utama untuk beban pendinginan. Proses pendinginan terjadi akibat adanya pengambilan panas dari bahan oleh sirkulasi udara pendingin dengan suhu sampai -40°C .



Gambar 3. Air Blast Freezer

3. Perendaman langsung makanan ke dalam cairan pendingin atau menyemprotkan cairan pendingin di atas makanan, misalnya Nitrogen cair dan Freon, maupun larutan gula atau garam.

Metoda pembekuan dapat dipilih untuk setiap produk tergantung pada beberapa hal, yaitu:

- a. Mutu produk yang diinginkan
- b. Tipe serta bentuk produk dan kemasan
- c. Fleksibelitas yang dibutuhkan pada proses pembekuan
- d. Biaya pembekuan sebagai alternatif untuk pemilihan teknik pembekuan.

Untuk dapat mempertahankan mutu dari bahan pangan yang dibekukan perlu perhatian terhadap:

- a. Waktu penyimpanan
- b. Metoda dan kecepatan pembekuan
- c. Suhu penyimpanan dan fluktuasinya
- d. RH penyimpanan

Menurut Buckle, (1987) sebelum dimasukkan ke ruang penyimpanan beku, suhu produk seharusnya sudah diturunkan dengan suatu alat pembeku sampai minimal mendekati suhu ruang penyimpanan beku. Kegagalan melakukan hal ini akan mengakibatkan kenaikan suhu ruang penyimpan dingin dan akan mempengaruhi kondisi bahan pangan yang ada di dalamnya. Di samping itu dibutuhkan selang waktu yang cukup lama oleh sistem

pendingin untuk dapat mengembalikan suhu idealnya.

Untuk proses produksi Es Krim pencapaian suhu awal ini dilakukan dengan proses *hardening* (pengerasan). Suhu ruang pengerasan dijaga sekitar -20°C sampai -30°C . Pengerasan yang cepat dan suhu ruang penyimpanan yang relatif seragam sangat penting untuk mendapatkan tekstur Es Krim yang baik (Hall, 1981).

C. ANALISIS ENERGI

Energi diperlukan untuk dapat menghasilkan suatu barang ataupun jasa. Menurut Beardsworth (1975), analisis energi adalah analisis yang mengarah kepada besaran fisik dari energi yang terlibat dalam suatu proses, sistem dan lain sebagainya.

Menurut Kamaruddin et al. (1989), analisis energi bertujuan untuk menghitung nilai energi yang digunakan dalam setiap tahap di dalam suatu sistem produksi secara keseluruhan. Analisis energi ini dapat digunakan untuk memahami dan memperbaiki bagaimana, di mana dan bila energi digunakan secara efektif dan efisien.

Chapman (1974) dan Pimentel et al. (1974) menyebutkan adanya 3 metoda yang dapat digunakan untuk mengadakan analisis Energi, yaitu:

1. Analisis statistik yaitu dengan mengadakan perhitungan energi per unit keluaran dari data statistik.

2. Analisis input-output, yaitu pembuatan suatu matrik yang menunjukkan besarnya setiap komoditi yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap komoditi produk.
3. Analisis proses, yaitu suatu jaringan kerja atau proses yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk akhir yang sudah tertentu.

Salah satu kelebihan dari analisis proses yaitu akan didapatkan gambaran aliran energi berdasar tahapan proses, sehingga memungkinkan untuk mengetahui adanya pemborosan energi pada tahap tertentu.

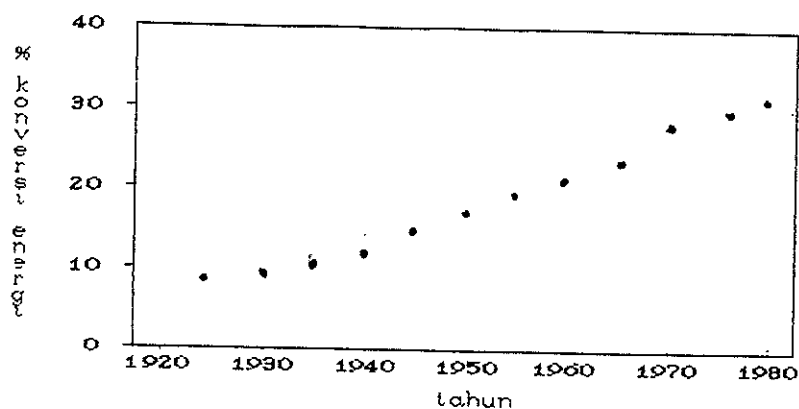
Pelaksanaan metoda analisis proses ini adalah:

- menentukan sasaran analisis
- memilih batas sistem yang dianalisis
- mengidentifikasi semua masukan dan keluaran.

Energi yang sering digunakan dalam bidang industri adalah energi listrik, karena relatif bersih, tidak berisik, dan mudah didapat. Menurut Kadir (1982), pengaruh tenaga listrik terhadap proses produksi industri ada dua, yaitu dengan adanya tenaga listrik akan mendorong terbentuk atau berkembangnya kegiatan industri; dan pengaruh harga tenaga listrik dalam struktur biaya produksi industri.

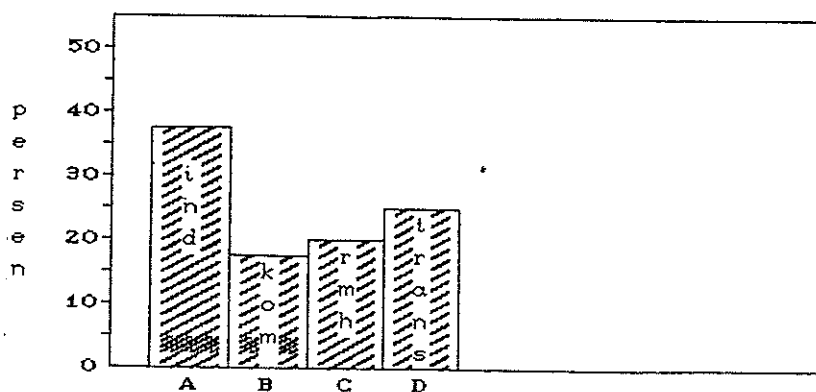
Gambar 4 menunjukkan persentase dari input energi primer yang diubah menjadi listrik. Nilainya bertambah terus dari 9% pada tahun 1925 menjadi

lebih dari 30% pada tahun 1978. Pertambahan paling besar dari konsumsi energi listrik ini terjadi disebabkan karena mudahnya energi listrik ini disubstitusikan menjadi bentuk-bentuk energi lainnya.



Gambar 4: Persentasi input energi primer yang dikonversi menjadi energi listrik (Parker, 1981)

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa pemakai utama energi adalah sektor industri. Untuk itu diperlukan upaya yang serius untuk mencapai efisiensi energi yang optimal di bidang industri untuk pelaksanaan konservasi energi.



Gambar 5. Distribusi konsumsi energi untuk sektor perekonomian utama di Amerika (Parker, 1981)

Cara-cara untuk memperbaiki efisiensi energi pada industri adalah:

1. merubah operasi dari sistem yang mengkonsumsi energi
2. memperbaiki teknik efisiensi dari sistem penggunaan energi

Dengan menganalisis energi yang terpakai per unit hasil dengan jalan mengaudit energi pada tiap tahapan proses produksi, maka akan dapat diketahui konsumsi energi dan adanya kemungkinan pemborosan energi pada tiap tahapan proses produksi. Selain itu dapat dibandingkan antara nilai konsumsi energi pada proses pengolahan bahan pangan beku dari produk susu ini dengan nilai konsumsi energi pada pengolahan bahan pangan beku lainnya yang didapatkan dari pustaka.



III. PENDEKATAN TEORITIS

A. PENDEKATAN MASALAH

Analisis energi yang dilakukan pada penelitian ini dibatasi pada energi yang langsung digunakan pada proses produksi. Setiap input energi yang masuk langsung dikonversi ke dalam satuan yang sama yaitu J atau kJ. Dari hasil analisis akan didapatkan jumlah energi dalam satuan J atau kJ yang telah diberikan persatuan liter atau kilogram produk. Analisis dilakukan pada setiap tahapan proses produksi.

1. Perhitungan konsumsi energi

Proses produksi terdiri dari beberapa tahap. Konsumsi energi dari masing-masing tahapan ini merupakan kombinasi dari energi listrik dan energi manusia, disamping selalu disertai dengan proses pindah panas yang terjadi pada bahan baik itu akibat pendinginan ataupun pemanasan.

Perhitungan mengenai input energi pada proses produksi Es Krim adalah sebagai berikut:

1.1. Tenaga listrik

Secara umum tenaga listrik dihitung dengan persamaan:

$$E_1 = \frac{D * T * E_{fm} * PF}{L} \quad (1)$$

dimana:

E_1 = Energi listrik yang digunakan untuk tiap liter hasil (kJ/ltr)

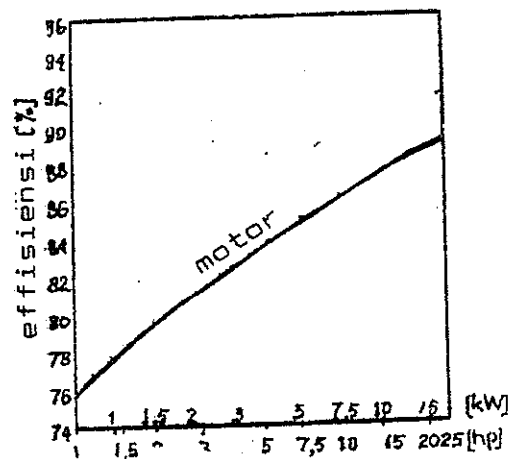
D = Daya peralatan (W)

T = Waktu (detik)

E_{fm} = Faktor efisiensi peralatan

PF = Faktor Daya Peralatan

L = jumlah produksi (liter)



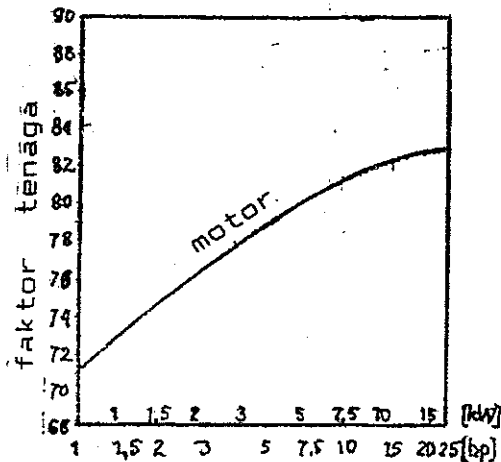
Gambar 6. Nilai efisiensi tenaga motor listrik (M. D. Lyberg 1987)

Untuk peralatan yang menggunakan motor yang menggunakan Hp sebagai satuan tenaga, maka digunakan persamaan:

$$E_1 = \frac{(0.7457 \text{ kW} \times a.Hp \times t \times E_{fm} * PF)}{L}$$

dimana:

a. Hp= besarnya tenaga motor penggerak (Hp)



Gambar 7 : Nilai faktor tenaga (PF) motor
(M. D. Lyberg, 1987)

1.2. Tenaga manusia

Tenaga manusia yang digunakan sebagai sumber energi untuk produksi lazim disebut energi biologis. Besarnya tenaga manusia selama proses produksi secara umum didekati dengan menggunakan persamaan:

$$E_{tm} = \frac{(No \times JK \times UEM)}{L} \quad (2)$$

dimana:

E_{tm} = Tenaga manusia yang dikonsumsi selama proses produksi (kJ/ltr)

No = jumlah pekerja (orang)

JK = jumlah waktu kerja (menit)

UEM = Nilai unit tenaga manusia, dari tabel Suma'mur (kJ/menit)

L = jumlah produksi (liter)

Tabel 1 : Tingkat kerja dan fenomena metabolisme

Tingkat kerja	Energi kJ/mnt	O ₂ ltr/min	Jantung denyut/mnt	Suhu tubuh (°C)
ringan	10 - 20	0,5 - 1,0	75 -100	37,5
sedang	20 - 30	1,0 - 1,5	100-125	37,5-38
berat	30 - 40	1,5 - 2,0	125-150	38-38,5

Sumber : Suma'mur (1989).

Perhitungan beban pendingin dan pindah panas

1. Pada proses produksi

Analisis mengenai beban pendingin pada proses produksi didekati dengan persamaan:

$$Q = \frac{(m \cdot c_p \cdot \Delta t)}{T} \quad (3)$$

dimana:

Q = daya yang dibutuhkan untuk mengubah suhu bahan (kW)

m = massa bahan (kg)

c_p = panas spesifik bahan pangan (kJ/kg K)

Δt = perubahan suhu bahan (K)

T = waktu (dtk)

Untuk menghitung beban akibat pembekuan digunakan persamaan:

$$Q = m \times PL \quad (4)$$

dimana:

PL = panas laten pembekuan (kJ/kg)

2. Pada ruang pendingin

Perhitungan beban pendinginan didasarkan kepada hal-hal yang mempunyai kontribusi untuk menaikkan suhu pada ruang pendingin, yaitu:

- Panas yang bocor ke dalam ruang pendingin
- Panas yang masuk melalui radiasi langsung
- Panas akibat buka-tutup pintu
- Panas yang dilepaskan oleh produk yang didinginkan
- Panas yang dilepaskan oleh orang yang bekerja dalam ruang pendingin
- Panas akibat peralatan yang ada dalam ruang pendingin

Beberapa penyebab tersebut, dikelompokkan menjadi:

- 2.1. Beban dari dinding dan insulasi
- 2.2. Beban akibat pergantian udara
- 2.3. Beban dari produk
- 2.4. Beban akibat peralatan

Untuk analisis beban pendinginan, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

a. Beban dari dinding dan insulasi

$$Q_{\text{d}} = A \times U \times \Delta t \quad (5)$$

dimana,

Q_{d} = laju panas yang ditransfer (kW)

A = luas permukaan dinding (m^2)

U = koefisien keseluruhan dari transmisi panas

(Watt/m²K)

$\Delta t =$ perbedaan suhu antara suhu dalam ruang dengan suhu luar

Tabel 2 : Nilai konduktifitas beberapa bahan

Material	Deskripsi	k (W/m K)
Logam	Alumunium	228
	Kuningan	386
	Besi	73,2
Alloy	Alumunium 2024	122
	Brass (70%Cu, 30%Ni)	107
	Baja Stainless	16,3
	Baja lunak	42,9
Bahan Insulasi	Fiberglass	0,039
	Polystyrene (smooth)	0,029
	Polystyrene (cut cell)	0,036
	Polyurethane	0,025

Sumber : ASHRAE, (1972) di dalam Dossat (1981)

b. Beban pergantian udara

Perhitungan faktor beban dari pergantian udara berdasarkan persamaan Gosney dan Olama (1985):

$$Q_{br} = Q_b \times F_t \times F_r \quad (6)$$

dimana:

Q_{br} = beban panas rata-rata akibat laju udara masuk dalam periode 1 hari (kW)

Q_b = beban panas akibat laju udara masuk untuk

pembukaan penuh (kW)

F_t = faktor waktu pembukaan pintu

F_r = faktor laju pembukaan pintu (= 0,5 atau 1)

Nilai Q_b didapatkan melalui persamaan Gosney dan Olama (1985):

$$Q_b = 0,221 \times A \times (h_i - h_r) \times \rho_r \times (1/\rho_i/\rho_r)^{0,5} \times (g \times H_d)^{1,5} \times F_m \quad (7)$$

$$F_m = \left[\frac{2}{1 + (\rho_r/\rho_i)^{1/3}} \right]^{1,5} \quad (8)$$

dimana :

Q_b = beban panas akibat laju udara masuk pada pembukaan penuh (kW)

A = luas buka pintu (m^2)

h_i = entalpi udara masuk (kJ/kg)

h_r = entalpi udara dalam ruang pendingin (kJ/kg)

ρ_i = densitas udara masuk (kg/ m^3)

ρ_r = densitas udara dalam ruang pendingin (kJ/kg)

g = gravitasi (= 9,81 m/dtk²)

H_d = tinggi pintu (m)

F_m = faktor densitas

Entalpi udara masuk didapatkan dari tabel psikrometrik. Untuk mendapatkan nilai entalpi dalam ruang pendingin yang mempunyai suhu -20°C , dilakukan pendekatan dengan persamaan dari ASHRAE Fundamentals Handbook (1985):

$$h = h_{\text{a}} + W \times (2501 + 1,805 \times h_{\text{a}}) \quad (9)$$

dimana:

h = entalpi udara lembab (kJ/kg)

h_a = entalpi udara kering (kJ/kg)

W = Rasio kelembaban (kg/kg)

Nilai h_a dan W didapatkan dari tabel ASHRAE mengenai sifat termodinamik dari udara lembab.

Untuk penggunaan pintu secara konstan (normal), nilai F_t dihitung dengan persamaan:

$$F_t = \frac{(N_p \times T_p + T_o)}{3600 \times T_d} \quad (10)$$

dimana:

F_t = faktor waktu pembukaan pintu

N_p = frekuensi buka-tutup pintu

T_p = waktu buka-tutup pintu (= 25 dt/pembukaan)

T_o = lama pintu terbuka (dt)

T_d = periode waktu (jam)

c. Beban produk

Beban akibat produk merupakan beban utama dari pendinginan. Hal ini dihitung dengan:

$$Q_e = (m \times c \times \Delta t) / R_f \quad (11)$$

dimana:

Q_e = daya yang dibutuhkan untuk mendinginkan produk (kJ)

c = panas spesifik dari Es Krim (kJ/kg K)

m = massa produk (kg)

Δt = beda suhu produk dengan ruang pendingin (K)

R_f = Chilling Rate faktor

Dossat, (1981) menetapkan nilai Chilling Rate faktor untuk Es Krim sebesar 0,75. Perhitungan beban pembekuan produk menggunakan persamaan (4).

d. Beban karena pekerja dalam ruang pendingin

Menurut Dossat (1981), beban panas yang timbul akibat orang yang bekerja dalam ruang pendingin dihitung dengan persamaan:

$$Q_d = N_{or} \times H_{e0} \times (\text{jam kerja}/24) \quad (12)$$

dimana:

Q_d = beban panas akibat pekerja (kW)

N_{or} = jumlah pekerja pada ruang pendingin (orang)

H_{e0} = keseimbangan panas (kW/orang)

Tabel 3. Nilai Keseimbangan Panas untuk pekerja

Suhu Ruang Pendingin °C	Keseimbangan panas/org, kW
-5	0,305
-10	0,347
-15	0,378
-20	0,407

Sumber : Dossat, (1981) Principle of Refrigeration second Edition

e. Beban akibat peralatan dalam ruang pendingin

Hal ini dihitung dengan persamaan:

$$Q_{ei} = \frac{M_p \times H_{em} \times (\text{jam kerja})}{24} \quad (13)$$

dimana:

Q_{a1} = beban akibat peralatan (kW)

M_b = output motor (kW)

He_m = keseimbangan panas motor, sebesar 1,67 untuk motor berkekuatan 1,34 kW dan 1,45 kW untuk 2,68 kW (Dossat, 1981).

Untuk mendapatkan beban panas akibat lampu listrik, Desrosier (1988) menetapkan nilai keseimbangan panas untuk bola lampu sebesar 3,60 kJ/jam-W, sehingga:

$$Q_{a2} = 3,60 \times \text{Watt} \times \text{jam menyala} \quad (14)$$

dimana:

Q_{a2} = beban panas akibat lampu yang menyala (kJ)

3. Perhitungan efisiensi peralatan pompa

Karena bahan pada proses ini berbentuk aliran, maka pompa merupakan peralatan yang sangat vital dan memberi kontribusi yang berarti pada konsumsi energi produksi.

Menurut Streeter (1985), untuk mengetahui berapa tenaga sebenarnya yang dibutuhkan untuk mengalirkan adonan, diperlukan perhitungan kerugian tinggi tekan (*Head*) yang terjadi pada pipa. Rumus umum yang digunakan untuk perhitungan kerugian tinggi tekan ini adalah:

$$H = \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g} + Z \quad (15)$$

dimana:

H = kerugian tinggi tekan (m)

V = kecepatan alir fluida (m/dtk)

g = gravitasi (m/dtk²)

K = konstanta

Z = perbedaan ketinggian antara dua titik (m)

Untuk perhitungan kehilangan tinggi tekan akibat gesekan di sepanjang pipa pengaliran, digunakan rumus Darcy-Weisbach(1985),

$$H = f \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} \quad (16)$$

dimana:

f = faktor gesekan pada pipa

l = panjang pipa (m)

d = diameter pipa (m)

V = kecepatan alir adonan (m/dtk)

Nilai f didapatkan dari diagram Moody, dengan memperhitungkan faktor bilangan Reynold dan faktor kekasaran pipa (ϵ/d). Bilangan Reynold didapat dengan mempergunakan rumus:

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} \quad (17)$$

Sedangkan tenaga yang sebenarnya digunakan untuk mengalirkan adonan adalah sebesar:

$$P = \gamma * G * H / (E_{fm} * PF) \quad (18)$$

$$\gamma = \rho * g$$

(19)

dimana:

P = daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan adonan
(Watt)

ρ = berat jenis fluida (kg/m^3)

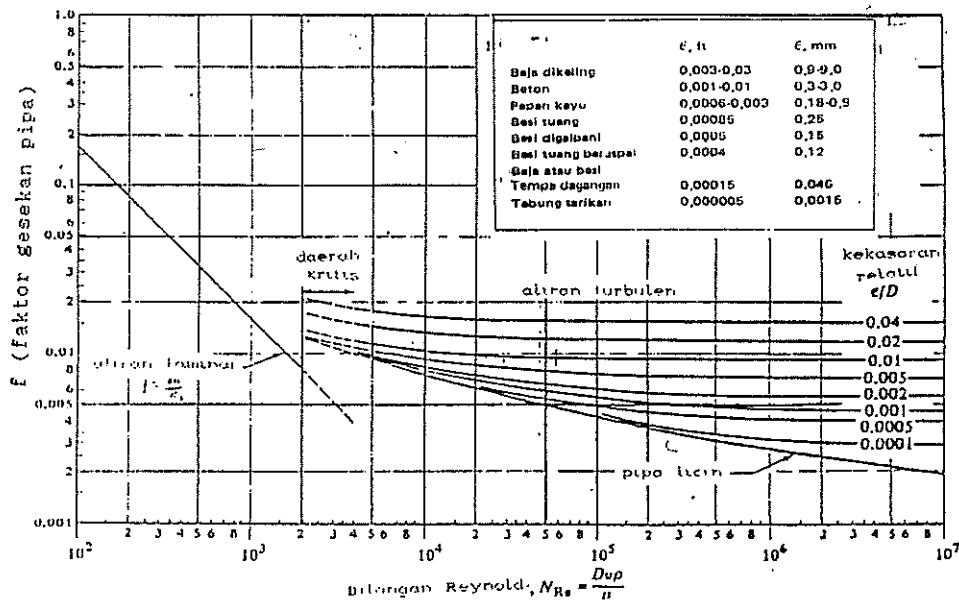
g = kecepatan gravitasi (m/dtk^2)

G = debit aliran (m^3/dtk)

H = kerugian tinggi tekan (m)

E_{fm} = efisiensi motor

PF = Faktor daya motor



Gambar 8 : Diagram Moody (Streeter, 1985)

4. Perhitungan efisiensi peralatan pengemas

Hasil produksi terdiri dari beberapa jenis produk, tergantung dari jenis adonan dan jenis peralatan pengemas. Terdapat 4 macam alat penge-

mas, yaitu Sidam, Freemark, Vexino dan Drumstick. Dari kombinasi jenis adonan dan jenis peralatan pengemas yang digunakan dapat dibandingkan jumlah konsumsi energi per liter produk untuk masing-masing hasil produksi. Konsumsi energi per liter produk akan dibandingkan antara dua jenis produk dengan menggunakan peralatan yang sama dan satu jenis produk dengan alat pengemas yang berbeda.

IV. METODOLOGI DAN PENGOLAHAN DATA

A. WAKTU DAN TEMPAT

Penelitian ini dilakukan di PT DAIRYVILLE, Jakarta, yang berlangsung selama 6 bulan, dari awal bulan Agustus 1993 - akhir Januari 1994. Kegiatan meliputi studi pustaka, pengambilan data dan analisis data.

B. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang dipergunakan untuk keperluan analisis ini adalah:

1. Bahan baku untuk pembuat adonan Es Krim, antara lain susu, air, *flavour*, gula, stabiliser, dan bahan tambahan lainnya sesuai dengan jenis adonan
2. Air
3. Refrigeran Amoniak (NH_3) dan Freon
4. Larutan garam etilen glikol

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Thermometer bola basah dan bola kering
2. Kapas
3. Alat ukur panjang
4. Alat ukur waktu
5. Alat tulis
6. Rangkaian peralatan produksi

C. PENGUKURAN PARAMETER

Pengukuran pemakaian energi pada proses produksi ini dilakukan dengan menggunakan data pada bulan Agustus 1993 selama 1 bulan.

1. Pengukuran jumlah produksi

Jumlah produksi yang dicatat dalam penelitian ini adalah jumlah produksi selama bulan Agustus. Data ini digunakan untuk perhitungan beban pendinginan pada ruang pendingin dan untuk perhitungan efisiensi alat pengemas. Untuk perhitungan waktu kerja pada proses produksi, jumlah produksi yang dicatat adalah jumlah produksi dari proses produksi yang diamati. Pengamatan dilakukan untuk 3 kali proses untuk diambil rata-ratanya.

2. Pengukuran waktu

Waktu diukur dengan alat pengukur waktu untuk mendapatkan lamanya proses produksi.

3. Pengukuran Suhu

Suhu yang dibutuhkan untuk analisis mencakup suhu produk pada masing-masing tahap proses produksi, suhu steam pada plat pindah panas, suhu ruang produksi, suhu ruang pendingin, suhu udara luar/lingkungan. Suhu bola basah diukur dengan cara 2 buah termometer yang salah satunya diberi kapas yang dibasahi dengan air.

Untuk suhu ruangan diukur beberapa titik dalam sehari selama 15 hari yang mewakili.

4. Pengukuran spesifikasi alat dan dimensi ruang pendingin.

Data didapatkan dari pengamatan langsung dan data dari arsip perusahaan.

5. Pengukuran beban pada ruang pendingin

Data ini juga didapatkan dari arsip perusahaan dan dari pengamatan. Data jumlah bahan secara harian pada ruang pendingin didapatkan dari laporan bulanan stok bahan yang ditulis secara harian. Data jumlah peralatan elektrik yang berada dalam ruang pendingin didapatkan dari pengamatan dan arsip perusahaan. Data jam kerja petugas ruang pendingin didapatkan dari pengamatan.

D. PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data dilakukan untuk mencapai tujuan analisis. Data yang didapatkan dalam penelitian berupa jumlah produksi, jenis dan waktu kerja, spesifikasi peralatan, spesifikasi ruang pendingin, suhu bahan, serta suhu ruang produksi dan ruang pendingin.

Data yang didapatkan dianalisis dengan menggunakan persamaan yang bersesuaian sehingga didapat-

kan hasil yang diinginkan, yaitu konsumsi energi pada proses produksi. Proses produksi yang dimaksud mencakup dari proses produksi bahan sampai penyimpanan di ruang pendingin. Metoda analisis yang digunakan adalah metoda analisis proses.

Konsumsi energi pada aliran proses produksi dilakukan secara manual dan disajikan pada lampiran 1. Perhitungan mengenai beban pendinginan pada ruang pendingin yang diakibatkan oleh beban dari dinding diolah dengan bantuan program komputer dan disajikan pada lampiran 5. Pada lampiran 6 dapat dilihat beban di ruang pendingin akibat panas yang ditimbulkan oleh pekerja dan peralatan motor pada ruang pendingin. Begitu juga dengan perhitungan kebutuhan tenaga untuk mengalirkan adonan dengan memperhitungkan kerugian tinggi tekan yang terjadi pada pipa, disajikan pada lampiran 8.

1. Kelembaban Relatif udara lingkungan

Kelembaban relatif udara lingkungan diperoleh dengan memplotkan suhu bola basah dan suhu bola kering yang terukur pada diagram psikrometrik.

2. Perhitungan koefisien transmisi panas

Koefisien transmisi panas dari bahan konstruksi dinding ruang penyimpanan yang diperlukan untuk perhitungan pada persamaan (5) dilakukan dengan

mengetahui tahanan panas (R), yang tergantung pada nilai konduktifitas panas (k) dari bahan konstruksi. Hubungan antara nilai U , R dan k disajikan pada persamaan:

$$R = x/k \quad (20)$$

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (21)$$

$$U = R_{\text{tot}}^{-1} \quad (22)$$



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. TEKNIK PENGOLAHAN ES KRIM

Proses produksi merupakan seluruh kegiatan dalam menciptakan dan menambah serta mempertahankan kegunaan dari suatu komoditi. Proses produksi di pabrik Es Krim PETERS, Jakarta mengolah bahan pangan susu menjadi produk lanjutannya yaitu Es Krim.

Langkah pertama adalah menstandarisasi bahan-bahan dasar untuk pembuatan Es Krim, sesuai syarat yang telah ditetapkan oleh perusahaan untuk menjaga mutu.

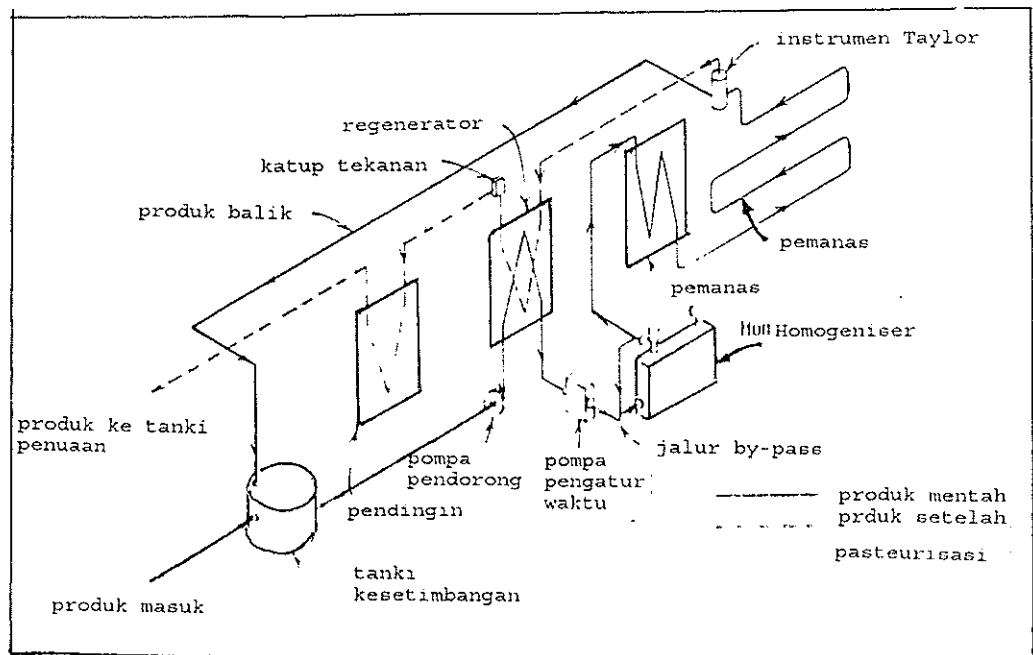
Menurut Olson (1951), standar umum untuk Es Krim adalah mempunyai 8% - 16% kadar lemak, padatan susu tanpa lemak sebanyak 6% - 12%, pemanis 12% - 18%, dan stabilizer sebanyak 0,25% - 0,75%.

Bahan-bahan yang telah distandarisasi kemudian dicampur, sehingga menjadi adonan yang siap diolah untuk proses selanjutnya. Proses pencampuran dilakukan pada dua Tanki Pencampur pada suhu $65-70^{\circ}\text{C}$ dengan disertai pengadukan. Tanki pencampur berbentuk silinder dengan tinggi 210 cm dan diameter 180 cm dengan kapasitas 5.000 liter.

Dengan bantuan pompa adonan berkekuatan 4,103 kW, bahan cair dilewatkan di bawah Hopper yang berisi susu bubuk, sehingga susu bubuk akan terhisap dan bercampur pada bahan cair. Bahan cair kemudian dipindahkan ke tanki pencampur yang berisi bahan-bahan bubuk dan

padatan. Setelah pencampuran adonan, dengan bantuan pengaduk yang digerakkan oleh motor berkekuatan 1,12 kW, dilakukan pengadukan untuk membuat adonan benar-benar tercampur secara merata.

Dengan bantuan gaya gravitasi, adonan dari tanki adonan mengalir ke Tanki Kesetimbangan sebelum memasuki filter. Dari tanki filter, dengan bantuan motor pompa berkekuatan 7,457 kW adonan disirkulasikan pada rangkaian peralatan yang berakhir di Tanki Penuaan.



Gambar 9. Bagan Alir Proses Pada Plat Pindah Panas

Proses pertama adalah proses regenerasi, yaitu memanaskan adonan dengan bantuan steam pada plat

pindah panas. Plat pindah panas yang digunakan berdimensi panjang 156 cm, lebar 37,5 cm dan tinggi 113 cm.

Setelah suhu optimum, yaitu 65 - 70 °C tercapai, adonan akan masuk ke homogeniser untuk mengkondisikan adonan agar seragam dengan cara memecah globula lemak menjadi butiran-butiran halus. Homogenisasi dilakukan dengan piston positif two stage (dua tahap) pada tekanan sebesar 13.789,6 kN/m² - 17.237kN/m². Homogenisasi hanya diperlukan untuk adonan yang mengandung lemak, yaitu Es Susu dan Es Krim.

Alat dengan bahan stainless steel ini berdimensi panjang 160 cm, lebar 94 cm dan tinggi 147 cm. Homogeniser ini dilengkapi dengan motor berkekuatan 29,83 kW untuk menggerakkan 3 piston dan motor untuk menggerakkan grinder sebesar 0,2 kW.

Setelah proses homogenisasi adonan kembali ke Plat Pindah Panas untuk proses pasteurisasi. Type pasteurisasi yang digunakan adalah HTST (High Temperature Short Time), selama 16 detik pada suhu 85 - 88 °C. Untuk menjaga agar seluruh adonan terpasteurisasi secara sempurna maka digunakan instrumen Taylor yang mengatur agar adonan yang masih bersuhu di bawah 85 °C kembali ke Tanki Keseimbangan untuk dipasteurisasi ulang.

Pemanasan awal menggunakan steam bersuhu 100 °C untuk memanaskan adonan awal bersuhu 22°C. Untuk proses awal pada plat regenerator, steam bersuhu 100 °C akan

memanaskan adonan dari suhu 45°C menjadi $65 - 70^{\circ}\text{C}$. Pada proses selanjutnya terjadi pemanfaatan panas timbal-balik. Adonan dari tanki pencampur bersuhu $65 - 70^{\circ}\text{C}$ akan memasuki plat dan dipanaskan oleh adonan yang telah melalui proses pasteurisasi bersuhu 88°C . Sebaliknya adonan dari pasteuriser masuk ke plat regenerator dan akan didinginkan oleh adonan awal bersuhu 45°C sebelum memasuki plat untuk pendinginan.

Pada plat pasteuriser pindah panas terjadi antara adonan yang telah keluar dari homogeniser dengan air panas bersuhu 90°C . Adonan pada Plat Pindah Panas selanjutnya didinginkan kembali oleh susu mentah yang baru masuk dari filter sebelum proses Cooling, yaitu pendinginan dengan air bersuhu ruang (20°C). Adonan diharapkan dapat mencapai suhu lebih kurang 27°C . Pendinginan dilanjutkan dengan menggunakan air es pada proses Chilling yang bersuhu -2°C . Suhu akhir dari adonan diharapkan dapat mencapai sekitar 6°C .

Tahap terakhir dari sirkulasi dengan bantuan pompa 7,457 kW ini adalah di Tanki Penuaan.

Penuaan bertujuan untuk meningkatkan kestabilan adonan yang dilakukan selama 8 sampai 24 jam pada suhu 2 sampai 3°C . Selama penuaan dilakukan pengadukan yang bertujuan untuk menjaga agar proses pendinginan adonan merata disamping mencegah adonan menjadi beku karena terbentuknya kristal-kristal es.



Penambahan flavour dan warna (*flavouring*) dilakukan setelah adonan telah mengalami proses penuaan yang cukup. Adonan mengalir ke Tanki *flavour* dengan bantuan gaya grafitasi. Penambahan *flavour* dan warna ini disesuaikan dengan jenis produk dan standar yang telah ditetapkan perusahaan. Selama penambahan *flavour* selalu dilakukan pengadukan oleh pengaduk dengan motor berkekuatan 3,73 kW. Terdapat 6 tanki *flavour* dengan kapasitas masing-masingnya 500 liter yang dapat digunakan sesuai jumlah adonan yang tersedia. Suhu selama berada di tanki *flavour* ini dipertahankan sekitar 2° C.

Proses produksi dilanjutkan dengan pembekuan dengan Hoyer dan pengemasan dengan rangkaian alat-alat, yaitu Vexino dan Drumstick untuk mengemas Es berbentuk *cup* dan *cone* serta Sidam dan Freemark untuk pengemasan es stik.

Hoyer merupakan alat yang berfungsi untuk membekukan sebagian air dalam adonan sehingga dapat terbentuk kristal-kristal es yang halus. Alat ini juga berfungsi untuk menambahkan udara ke adonan sesuai standar *Over-run* yang telah ditetapkan. Adonan yang berasal dari tanki *flavour* akan dipompa ke dalam rotor Hoyer 3 Barrel dengan bantuan motor berkekuatan 0,37 kW untuk setiap barrelnya dan motor untuk freezer berkekuatan 11,19 kW per barrelnya. Kapasitas alat adalah sebanyak 1.200 liter/jam.



Proses pembekuan dan pengemasan Es Sirup tidak melalui Hoyer tetapi langsung ke peralatan pengemas, yaitu Sidam dan Freemark.

Alat pengemas Sidam membutuhkan tenaga secara keseluruhan untuk pengoperasiannya sebesar 23,13 kW. Sidam mempunyai sistem pendinginan kompresi sendiri dengan refrigeran Freon 502, dan menggunakan media pendingin air garam CaCl_2 .

Alat pengemas Freemark berkapasitas 550 liter/jam. Mempunyai sistem pendinginan kompresi sendiri dengan refrigeran Freon 502 dan media pendingin larutan etylen glikol berdensitas 1,7–1,9 kg/lit. Kebutuhan tenaga keseluruhan adalah sebesar 36,13 kW.

Alat pengemas Drumstick dan Vexino secara prinsip tidak berbeda jauh. Drumstik membutuhkan tenaga keseluruhan untuk pengoperasian alat sebesar 1 kW. Vexino membutuhkan tenaga sebesar 1 kW dengan kapasitas alat 165 lt/jam (50 *cup*/menit).

Setelah proses pengemasan produk segera dibekukan dan disimpan pada ruang pendingin bersuhu -30°C . Pendinginan pada ruang penyimpanan memakai sistem sirkulasi sirip (sistem AC). Evaporator terdapat pada sirip dan akan menguapkan cairan Amonia dengan mengambil panas dari udara yang melewatinya. Kipas mensirkulasi udara dingin ke seluruh ruangan. Suhu yang diinginkan diatur dengan termostat.

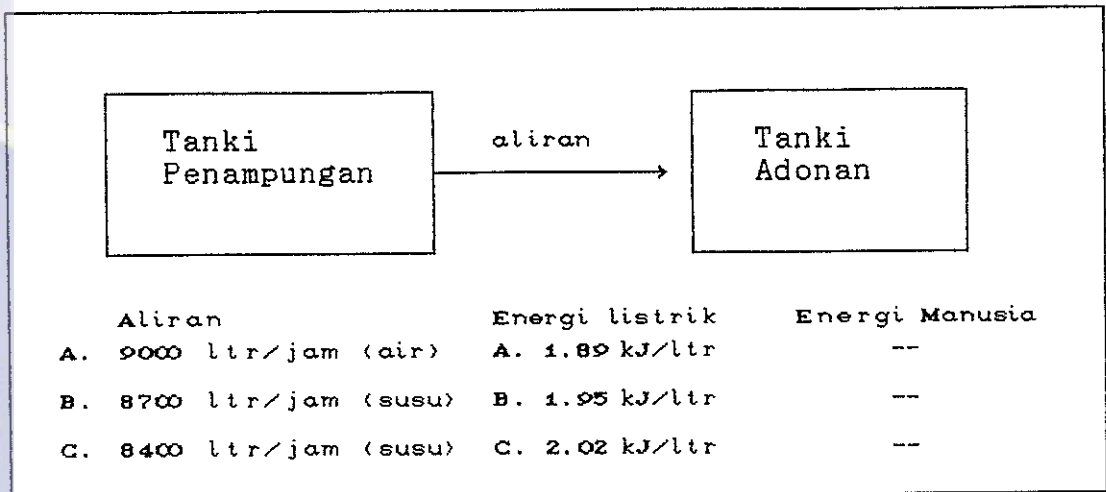
B. ANALISIS KONSUMSI ENERGI

B.1 Analisis Konsumsi Energi Pada Proses Produksi

Perhitungan konsumsi energi dilakukan untuk setiap proses produksi pada jenis aliran bahan yang berbeda. Perhitungan konsumsi energi listrik peralatan dilakukan dengan memperhitungkan faktor efisiensi motor dan faktor tenaga peralatan berdasarkan daya motor seperti terlihat pada gambar 6 dan gambar 7. Perhitungan terhadap konsumsi energi manusia dilakukan dengan mengklasifikasikan jenis pekerjaan menjadi kerja ringan, sedang dan berat. Nilai unit tenaga manusia disajikan pada tabel 2.

Hasil perhitungan terhadap konsumsi energi listrik dan energi manusia untuk peralatan produksi disajikan dalam gambar seperti tertera berikut. Perhitungan dilakukan pada masing-masing aliran dari jenis produk yang berbeda pada masing-masing peralatan produksi. Penulisan hasil analisis pada gambar dilakukan berurutan, yaitu analisis pada proses produksi Es Sirup (A), Es Susu (B) dan Es Krim (C).

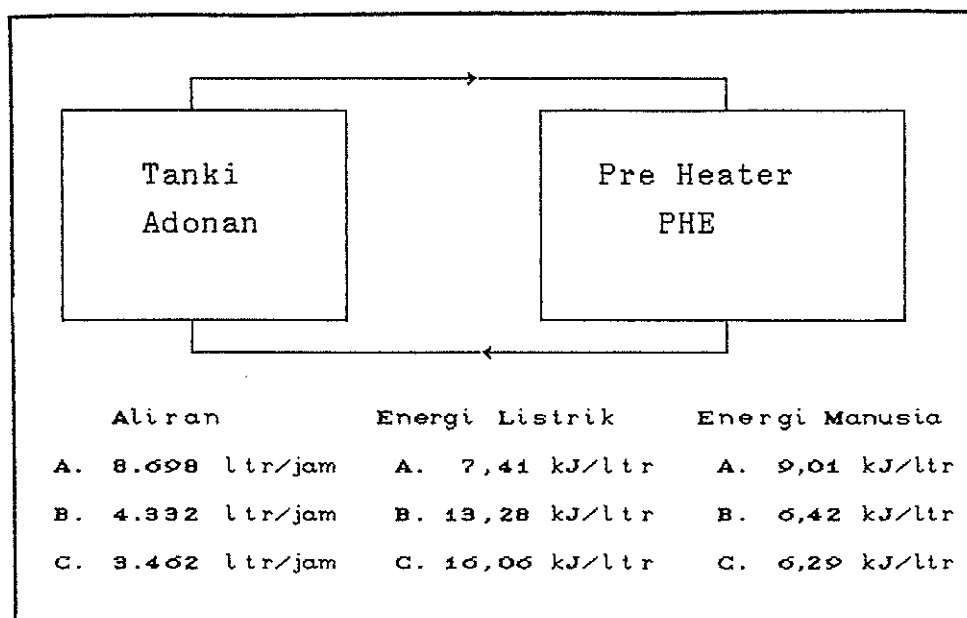
Dalam bentuk bagan alir, hasil perhitungan konsumsi energi untuk proses produksi keseluruhan dari masing-masing jenis produk disajikan pada lampiran 3.



Gambar 10. Analisis pada aliran adonan dari Tanki Penampung ke Tanki Adonan

Untuk proses sirkulasi dari Tanki Adonan ke Plat Pindah Pindah Panas aliran bahan terbesar terjadi pada jenis Es Sirup yaitu sebesar 8.698 ltr/jam. Hal ini terjadi karena adonan Es Sirup dengan berat jenis 1,005 kg/ltr lebih cair daripada adonan Es Susu dan Es Krim, dengan berat jenis 1,03 kg/ltr dan 1,1 kg/ltr. Akibatnya konsumsi energi listrik terbesar adalah pada proses sirkulasi Es Krim, yaitu sebesar 16,06 kJ/ltr dengan aliran bahan sebesar 3,462 ltr/jam.

Konsumsi energi manusia terbesar pada proses sirkulasi dari tanki adonan ke plat pindah panas, adalah pada proses dengan jumlah bahan terkecil yaitu Es Sirup (1.800 ltr), sebesar 9,01 kJ/ltr. Hal ini disebabkan oleh perbedaan lama waktu yang digunakan untuk penanganan bahan.

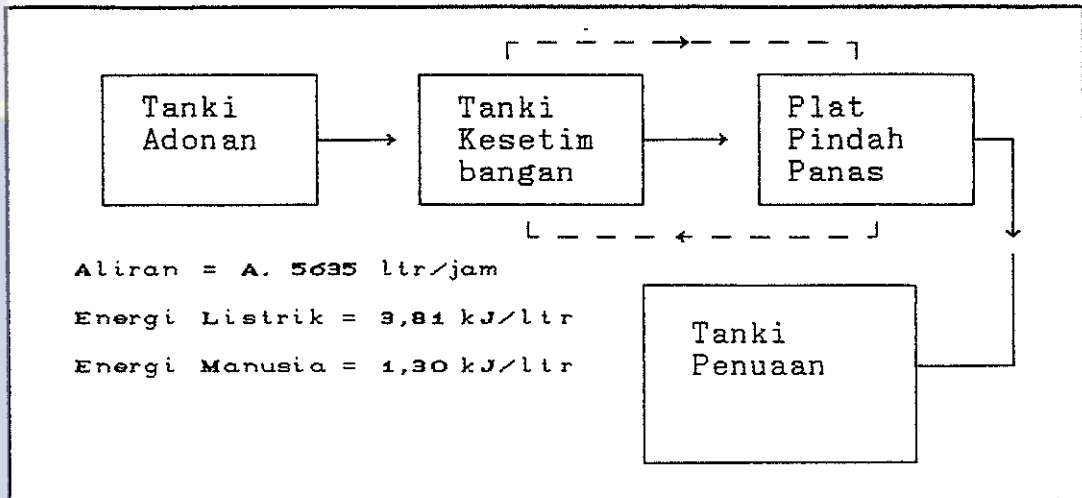


Gambar 11. Analisis pada sirkulasi di Tanki Adonan dan Plat Pindah Panas

Waktu yang dibutuhkan untuk adonan sebanyak 1.800 ltr adalah 1 jam 18 menit, sedangkan untuk 4.500 ltr Es Susu hanya dibutuhkan waktu 2 jam 15 menit dan untuk 4.000 ltr Es Krim dibutuhkan 3 jam 10 menit waktu kerja.

Dengan lebih memperhatikan efektifitas dan efisiensi waktu kerja maka konsumsi energi manusia dapat diperkecil. Melalui upaya ini dapat diharapkan peningkatan efisiensi energi pada proses produksi.

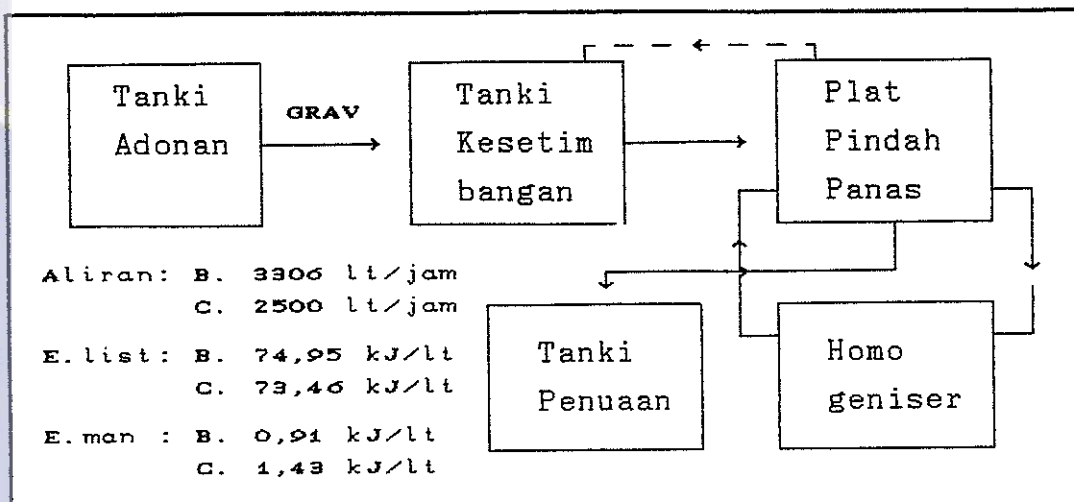
Peningkatan efisiensi waktu kerja dapat dicapai dengan adanya jadwal kerja yang tersusun dengan baik serta ditunjang dengan kedisiplinan dari para pekerja



Gambar 12. Analisis pada aliran dari Tanki adonan ke Tanki Penuaan pada produksi Es Sirup

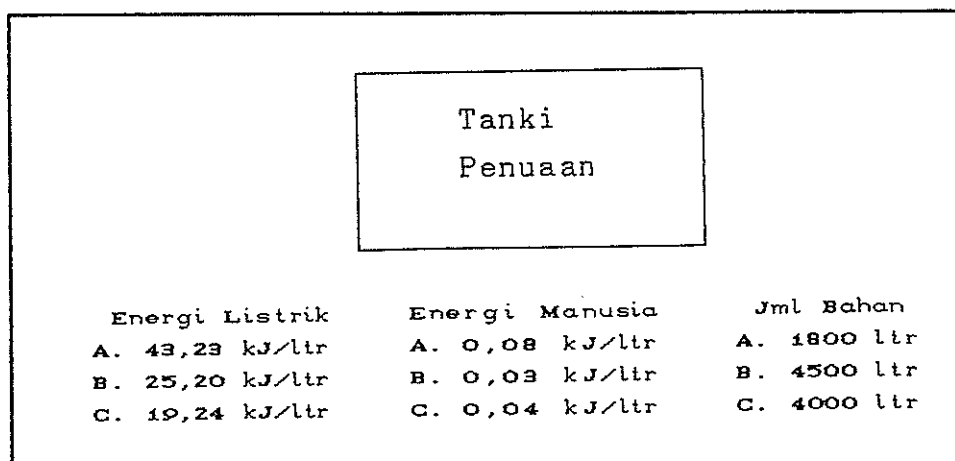
Untuk proses aliran bahan dari Tanki Adonan menuju Tanki Penuaan, Es Sirup mempunyai aliran bahan terbesar karena proses untuk Es Sirup ini berlangsung cepat. Hal ini karena Es Sirup tidak perlu mengalami proses Homogenisasi seperti Es Susu dan Es Krim. Konsumsi energi pada aliran ini berbeda jauh dari pada dua aliran bahan lainnya yaitu sebesar 3,81 kJ/ltr dengan aliran bahan sebesar 5.635 ltr/jam. Sedangkan aliran untuk jenis Es Susu dan Es Krim adalah sebesar 3.306 ltr/jam dan 2.500 ltr/jam.

Kapasitas alir Homogeniser adalah 3.500 ltr/jam. Efisiensi aliran sebesar 94% tercapai untuk Es Susu dan Es Krim mencapai efisiensi aliran sebesar 71%.



Gambar 13. Analisis pada aliran dari Tanki Adonan ke Tanki Penuaan untuk Es Susu dan Es Krim

Hal ini dikarenakan kandungan lemak Es Krim lebih besar (14%) dibanding Es Susu (5 - 10%). Dengan kandungan lemak yang lebih besar maka dibutuhkan proses homogenisasi yang lebih lama.

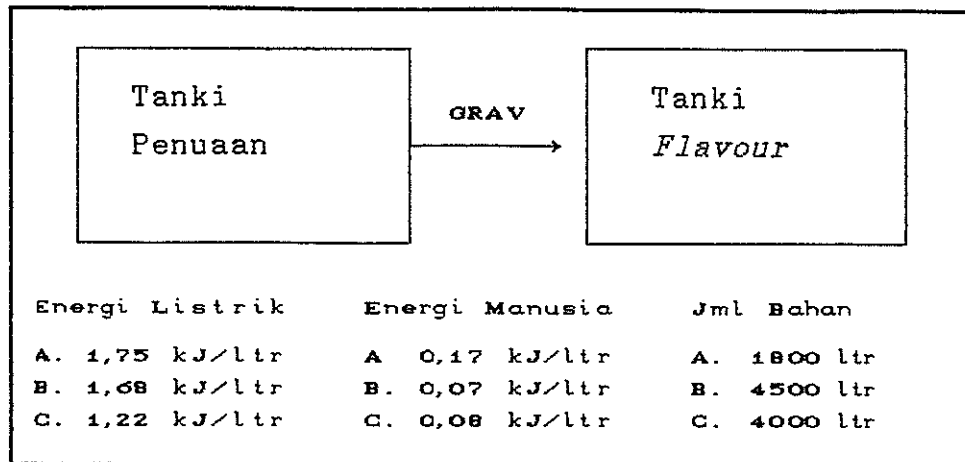


Gambar 14. Analisis pada proses di Tanki Penuaan

Konsumsi energi manusia paling kecil adalah pada jumlah bahan terbesar yaitu sebesar 0,91 untuk jumlah bahan 4.500 ltr. Hasil ini sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini terutama disebabkan karena pada tahap ini konsumsi energi dari tenaga manusia adalah untuk kegiatan pengawasan proses sirkulasi tanpa penanganan bahan secara langsung. Untuk jenis pekerjaan ini, jumlah bahan yang banyak jika diproses dalam jangka waktu yang tidak terlalu berbeda dengan proses untuk bahan yang lebih sedikit, akan mengkonsumsi energi dalam bentuk kJ/ltr yang lebih sedikit.

Pada proses penuaan di tanki penuaan dan proses *Flavouring* untuk semua jenis hasil produksi, faktor yang sangat berpengaruh untuk menentukan besarnya konsumsi energi adalah jumlah dari bahan yang ditangani.

Dari hasil perhitungan didapatkan kenyataan bahwa perlu diusahakan jumlah adonan yang optimal agar energi yang dikeluarkan pada proses penuaan dan *Flavouring* dapat dimanfaatkan sebaik mungkin. Keadaan ini dapat dicapai dengan mengusahakan agar jumlah bahan yang diproduksi mencapai kapasitas maksimal peralatan, seperti tercantum pada tabel 5. Dengan jumlah hasil produksi yang lebih banyak maka energi akan terkonsumsi secara efektif.



Gambar 15. Analisis pada proses di Tanki *Flavour*

Pada proses di Tanki Penuaan, untuk adonan Es Sirup sebanyak 1.800 liter, dibutuhkan energi listrik sebesar 43,23 kJ/ltr dan untuk adonan Es Susu sebanyak 4.500 liter hanya dibutuhkan energi listrik sebesar 25,20 kJ/ltr.

Proses pada Hoyer digunakan khusus untuk jenis Es Susu dan Es Krim. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa efisiensi Hoyer rendah, yaitu sebesar 38% untuk Es Susu dan 19% untuk Es Krim. Efisiensi yang rendah ini menyebabkan proses produksi berlangsung lebih lama sehingga konsumsi energi menjadi sangat besar dibanding kebutuhan energi seharusnya. Konsumsi energi yang sebenarnya tidak termanfaatkan ini perlu diperbaiki untuk dapat meningkatkan efisiensi energi perusahaan, sehingga biaya operasional dapat ditekan.

H o y e r		
Aliran	Energi Listrik	Energi Manusia
B. 450 ltr/jam	B. 277,40 kJ/ltr	B. 3,80 kJ/ltr
C. 222 ltr/jam	C. 852,95 kJ/ltr	C. 4,05 kJ/ltr

Gambar 16. Analisis pada peralatan pembeku Hoyer

Efisiensi Hoyer yang rendah ini disebabkan oleh kondisi Hoyer. Piston pada pompa-pompa positif adonan Hoyer sudah banyak yang aus. Keadaan ini menyebabkan banyak adonan yang tercecer dan terbang, disamping faktor keausan pompa yang menyebabkan pompa tidak dapat mendorong aliran dengan maksimal. Karena tingkat keausan pompa dari ketiga badan *barrel* berbeda-beda, maka kecepatan aliran yang keluar dari ketiga *barrel* juga berbeda-beda. Hal ini mempengaruhi ketepatan komposisi untuk Es Krim yang terdiri dari tiga macam rasa dalam satu kemasan (Es Krim Neapolitan), karena ketiga badan *barrel* digunakan secara bersama-sama sebagai alat pengemas untuk jenis produk ini. Hal ini akan berpengaruh terhadap mutu bahan yang dihasilkan. Disamping itu pipa saluran

adonan pada Hoyer juga sudah banyak yang bocor sehingga banyak terjadi kebocoran adonan yang dapat menyebabkan berkurangnya hasil dari bahan yang diolah.

Konsumsi energi listrik pada proses dengan Hoyer terbesar untuk Es Krim, yaitu sebesar 852,95 kJ/ltr untuk memproduksi 4.000 ltr bahan. Waktu yang dibutuhkan selama 18 jam, atau 5,4 kali lebih lama daripada waktu yang dibutuhkan jika kapasitas berdasar spesifikasi Hoyer tercapai. Dari lamanya waktu proses ini banyak sekali energi listrik terpakai yang seharusnya tidak diperlukan. Lamanya waktu proses pada Hoyer ini juga menyebabkan lamanya jam kerja pekerja sehingga juga meningkatkan konsumsi tenaga manusia.

Proses produksi dilanjutkan dengan pengemasan hasil produksi dengan menggunakan beberapa peralatan pengemas yang berbeda. Alat pengemas Sidam dan Freemark yang menghasilkan es stik sekaligus berfungsi membekukan adonan. Hoyer berfungsi untuk pendinginan awal dan pencampuran udara ke adonan (*overrun*) khusus untuk Es Krim stik. Untuk Vexino dan Drumstick yang menghasilkan es dalam kemasan *cup* dan *cone*, pembekuan adonan dilakukan pada Hoyer disamping juga berfungsi untuk proses *overrun*.

S i d a m		
Aliran	Energi Listrik	Energi Manusia
A. 47,75 lt/jam	A. 1187,07 kJ/lt	A. 129,2 kJ/lt
B. 70,31 lt/jam	B. 763,56 kJ/lt	B. 87,1 kJ/lt
C. 39,60 lt/jam	C. 1355,68 kJ/lt	C. 154,5 kJ/lt

Gambar 17. Analisis pada peralatan pengemas Sidam

Dari perhitungan mengenai efisiensi peralatan pengemas dapat dilihat bahwa pemakaian Freemark jauh lebih efisien dan ekonomis daripada pemakaian alat pengemas Sidam. Peningkatan efisiensi konsumsi energi pada peralatan pengemas dapat dilakukan dengan lebih meningkatkan pemakaian alat pengemas Freemark disamping mengadakan perbaikan yang berarti dan menyeluruh terhadap Sidam.

Dari proses pengemasan yang lancar dapat dihasilkan jumlah produk yang maksimal, sehingga akan meminimalkan konsumsi energi baik energi listrik maupun tenaga manusia. Pada proses pengemasan yang telah berjalan efisiensi tertinggi Freemark baru tercapai sebesar 52% yaitu untuk pengemasan Es Sirup.

FREEMARK		
Aliran	Energi Listrik	Energi Manusia
A. 286,55 lt/jam	A. 559,39 kJ/lt	A. 29,69 kJ/lt
B. 293,46 lt/jam	B. 578,05 kJ/lt	B. 33,90 kJ/lt
C. 148,15 lt/jam	C. 877,91 kJ/lt	C. 51,44 kJ/lt

Gambar 18. Analisis pada peralatan pengemas Freemark

Jika konsumsi energi pada peralatan pengemas Sidam dan Freemark dibandingkan, dapat dilihat bahwa untuk semua jenis produksi penggunaan Freemark lebih menguntungkan dibanding Sidam. Penggunaan Sidam untuk jenis adonan Es Susu, dari data yang telah didapat dan dianalisis, menunjukkan hasil yang cukup baik dan mengkonsumsi energi yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan penggunaan Freemark. Peralatan Sidam dapat diajukan sebagai alternatif untuk penggunaan dalam proses produksi Es Susu sewaktu Freemark digunakan untuk proses produksi jenis lain.

Jika dilakukan perbandingan terhadap jenis hasil produksi, maka konsumsi energi terbesar untuk kedua alat pengemas ini ialah pada pengemasan Es Krim yaitu pada Sidam sebesar 1.355,68

kJ/ltr dan pada Freemark sebesar 877,91 kJ/ltr.

Tabel 4 Hasil konsumsi energi pada proses produksi

Jenis E	Alat	Es Sirup (kJ/ltr)	Es Susu (kJ/ltr)	Es Krim (kJ/ltr)
Listrik	Sidam	1 191.55	1 158.03	2 320.63
	Freemark	563.88	972.52	965.83
	Vexino	—	408.87	1 829.60
	Drumstick	—	—	1 826.90
	Hoyer	—	—	965.95
Manusia	Sidam	139.76	98.32	166.38
	Freemark	40.19	45.12	63.32
	Vexino	—	27.30	24.96
	Drumstick	—	—	21.94
	Hoyer	—	—	34.02

Dari 4 macam peralatan pengemas, kebutuhan energi terbesar adalah pada peralatan Sidam. Hal ini disebabkan karena seringkali terjadi kerusakan pada Sidam.

Tabel 5. Kapasitas pemakaian dan kapasitas maksimal peralatan pengemas

Jenis	Es Sirup (ltr/jam)	Es Susu (ltr/jam)	Es Krim (ltr/jam)	Kapasitas max (ltr/jam)
Sidam	47.75	71.40	39.75	—
Freemark	286.55	233.46	148.40	550.00
Vexino	—	274.85	322.14	360.00
Drumstick	—	—	426.00	—
Hoyer	—	—	232.92	1200.00

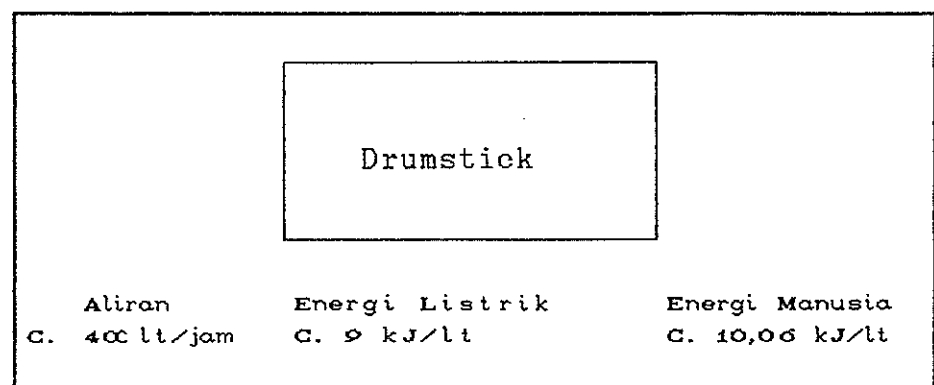
Kerusakan peralatan menyebabkan kemasan hasil produksi tidak sempurna, sehingga produk harus dibuang, dan juga dapat menyebabkan proses penge-
masan berhenti total sementara instalasi listrik pada peralatan tetap terpasang. Jika terjadi keru-
sakan misalnya macetnya pisau pemotong kemasan atau macetnya konveyor maka alat tetap mengkonsum-
si listrik, sedangkan proses pengemasan terhenti. Keadaan ini bisa terjadi beberapa puluh menit atau bahkan sampai berjam-jam. Waktu perbaikan alat jika terjadi kerusakan dalam proses produksi juga sering memakan waktu yang lama. Hal ini menyebab-
kan energi listrik dikonsumsi tanpa termanfaatkan. Begitu juga dengan para pekerja yang harus menunggu alat selesai diperbaiki, sehingga waktu kerja pekerja tidak termanfaatkan secara efektif. Kea-
daan ini mempengaruhi efisiensi konsumsi energi.

V e x i n o		
Aliran	Energi Listrik	Energi Manusia
B. 250 lt/jam	B. 14,40 kJ/lt	B. 16,08 kJ/lt
C. 307,69 lt. jam	C. 11,70 kJ/lt	C. 13,08 kJ/lt

Gambar 19. Analisis pada peralatan pengemas Vexino

Perhitungan waktu produksi didasarkan pada saat awal alat pengemas mengkonsumsi energi, baik energi listrik maupun energi manusia sampai saat terakhir konsumsi energi berakhir, meskipun selama rentang waktu tersebut terjadi interupsi produksi karena kerusakan alat, tetapi dengan tetap mengkonsumsi energi. Hasil produksi yang diperhitungkan adalah hasil dalam bentuk terkemas, sehingga banyaknya hasil produksi yang terbuang mempengaruhi hasil perhitungan konsumsi energi.

Efisiensi pemakaian tenaga yang rendah akan berdampak terhadap biaya produksi. Upaya penghematan energi akan mempunyai pengaruh terhadap keseimbangan biaya operasional perusahaan, sehingga diharapkan perusahaan dapat mencapai penghematan biaya produksi melalui penghematan energi.



Gambar 20. Analisis pada peralatan pengemas Drumstick

Konsumsi energi listrik Drumstick paling kecil untuk keempat alat pengemas ini yaitu 9 kJ/ltr dan mengkonsumsi 10,06 kJ/ltr energi manusia.

Hasil perhitungan konsumsi energi listrik dan manusia secara menyeluruh untuk masing-masing aliran bahan dapat dilihat pada tabel 4. Bagan alir konsumsi energi listrik pada proses produksi disajikan pada lampiran 3.

Konsumsi energi listrik terbesar adalah pada proses produksi Es Krim dengan menggunakan peralatan pengemas Sidam, yaitu sebesar 2.320,63 kJ/ltr, energi manusia sebesar 166,38 kJ/ltr. Nilai konsumsi energi listrik ini adalah sebesar dua setengah kali konsumsi energi listrik untuk memproduksi Es Krim dengan menggunakan peralatan pengemas Freemark. Konsumsi energi listrik terkecil adalah sebesar 408,87 kJ/ltr pada proses produksi Es Susu dengan menggunakan peralatan pengemas Vexino. Konsumsi energi manusia terkecil adalah pada produksi Es Krim dengan menggunakan peralatan pengemas Drumstick, yaitu sebesar 21,94 kJ/ltr. Vexino dan Drumstick mengkonsumsi energi listrik untuk peralatan rata-rata lebih kecil daripada Sidam dan Freemark karena pendinginan produk untuk dikemas pada kedua peralatan ini dilaksanakan sepenuhnya pada Hoyer.

Kebutuhan energi keseluruhan dalam proses produksi jenis produk Es Krim, yaitu tenaga listrik dan tenaga manusia didapatkan rata-rata sebesar 1.643,71 kJ/ltr atau sebesar 1.494,29 kJ/kg. Jika beban pendinginan termasuk dalam perhitungan kebutuhan energi maka didapatkan nilai rata-rata sebesar 1.548,71 kJ/kg.

Data konsumsi energi pada perusahaan lain yang juga mengolah produk susu belum tersedia di pustaka. Hal ini menyebabkan hasil konsumsi energi pada proses pengolahan susu yang didapatkan pada penelitian ini tidak mempunyai data pembanding yang sesuai. Untuk perbandingan pada tabel 6 disajikan konsumsi energi pada proses produksi lain.

Tabel 6. Hasil konsumsi energi beberapa proses produksi

No	Jenis Produksi	Konsumsi Energi (kJ/kg)	Sumber
1.	Pembekuan ikan tuna di PT Kedamaian, Jakarta.	4.567,2	Sutjiawati,1990
2.	Pembekuan ikan tuna di PT PMU, Jakarta.	2.491,2	Wijaya, P.,1992
3.	Pengolahan hasil susu di Jepang	13.204,8	JSTA, 1970
4.	Proses produksi Es Krim di PT Dairyville, Jakarta.	1.548,7	(Penelitian ini)

Hasil yang didapatkan dari penelitian jauh lebih kecil daripada data pustaka terutama data mengenai konsumsi energi pada pengolahan hasil susu di Jepang. Penyebabnya adalah karena perhitungan konsumsi energi pada penelitian ini dibatasi pada konsumsi energi perusahaan dalam proses produksi, bukan konsumsi energi keseluruhan untuk penanganan susu, yaitu mulai dari penanganan di peternakan sampai penanganan di pabrik.

Perhitungan konsumsi energi listrik dan konsumsi energi manusia menunjukkan bahwa energi listrik merupakan energi yang terbesar dikonsumsi untuk proses produksi.

Tabel 7. Rasio konsumsi energi manusia terhadap energi listrik

No.	Jenis Produk	E manusia (kJ/ltr)	E listrik (kJ/ltr)	Rasio
1.	Es Sirup	179,95	877,2	0,20
2.	Es Susu	56,91	898,14	0,06
3.	Es Krim	62,13	1.581,58	0,04

Dari hasil yang didapat terlihat bahwa energi listrik berperan penting dalam upaya penghematan energi.

Tabel 8. Rasio Energi manusia terhadap energi listrik pada peralatan pengemas yang berbeda

Pengemas	Energi manusia (kJ/ltr)	Energi listrik (kJ/ltr)	Rasio
Sidam	134,82	1 556,74	0,09
Freemark	49,54	834,08	0,06
Vexino	26,13	1 196,74	0,02
Drumstick	21,94	1 826,90	0,01
Hoyer	34,02	964,95	0,04

Efisiensi peralatan produksi secara umum didapatkan dengan membandingkan konsumsi energi peralatan sebenarnya pada proses produksi dengan konsumsi energi yang dihitung secara teori berdasarkan kapasitas alat.

Tabel 9 : Hasil perhitungan konsumsi energi secara teori

Konsumsi E (kJ/ltr)		Jenis Produk		
Peralatan		E _s Sirup	E _s Susu	E _s Erim
1 Sidam		1 108.45	1 273.55	1 271.64
2 Freemark		271.51	437.04	462.45
3 Vexino		—	210.44	208.65
4 Drumstick		—	—	208.65
5 Hoyer		—	—	197.95

Jika dibandingkan dengan tabel 4 mengenai konsumsi energi listrik pada proses produksi maka didapatkan nilai efisiensi proses produksi. Nilai dari efisiensi ini disajikan pada tabel 10.

Tabel 10. Efisiensi produksi pada rangkaian peralatan produksi

Jenis Produk	Alat Pengemas	Efisiensi
Es Sirup	Sidam	-
	Freemark	47%
Es Susu	Freemark	44%
	Vexino	50%
Es Krim	Sidam	-
	Freemark	47%
	Vexino	11%
	Drumstick	-
	Hoyer	20%

Dari perhitungan efisiensi secara keseluruhan didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa ternyata efisiensi Sidam paling besar. Padahal dari perhitungan secara parsial dan kenyataan di lapangan Sidam tidak efisien dalam pemakaian energi.

Keadaan ini disebabkan oleh karena perhitungan efisiensi dilakukan dengan membandingkan kapasitas rangkaian peralatan produksi secara praktek dan secara teori. Kapasitas Sidam secara teori sangat kecil dibandingkan dengan peralatan pengemas yang lain yaitu sebesar 50 ltr/jam, seperti terlihat pada tabel 5. Dari hal ini maka data mengenai kapasitas alat secara teori perlu ditinjau kembali ketepatannya disamping perhatian terhadap kapasitas maksimal pemakaian peralatan.

Pengemasan dengan Sidam tidak menggunakan pendinginan dengan Hoyer kecuali untuk pengemasan Es Krim. Pemakaian Hoyer untuk ketiga pengemas lain, yaitu Vexino, Hoyer dan Drumstick menyebabkan efisiensi produksi menjadi kecil, karena secara parsial efisiensi Hoyer paling rendah yaitu sebesar 38% untuk Es Susu dan 19% untuk Es Krim.

B.2 Kehilangan Tinggi Tekan (*Head*) pada Pipa

Dalam proses produksi Es Krim pompa dan saluran adonan/pipa memegang peranan penting karena bahan produksi berbentuk aliran. Pipa dapat mengurangi nilai tenaga yang dikeluarkan oleh motor pompa untuk mengalirkan adonan karena adanya kerugian tinggi tekan akibat gesekan, panjang pipa dan perbedaan ketinggian pada pengaliran fluida.

Perhitungan tenaga pompa sebenarnya yang digunakan untuk mengalirkan adonan dapat dilakukan dengan menggunakan nilai kerugian tinggi tekan, seperti disajikan pada lampiran 8 dan hasil dari perhitungan ini disajikan pada tabel 11.

Dari perhitungan didapatkan bahwa nilai terbesar adalah pada sirkulasi adonan Es Susu dari tanki adonan II menuju Tanki Penuaan, yaitu sebesar 4.978 kW dengan sumber tenaga motor sebenarnya berkekuatan 11,56 kW.

Tabel 11. Perhitungan daya motor pompa berdasarkan kerugian tinggi tekan

No. Proses	G (m ³ /dtk)	V (m/dtk)	Bilangan Reynolds	f, faktor gesekan	H Head(m)	P Daya(kW)	Pm Daya motor (kW)
1 1A	0.0019108	0.9423737	47513	0.014	142.845	3.901	7.46
1B			47513	0.014	145.777	3.981	7.46
1C1	0.0023622	1.1649964	58737	0.0135	2.887	9.74E-2	4.1
1C2			58737	0.0135	145.73	4.915	11.56
2 2A	0.0014871	0.7334039	28513	0.015	136.249	3.031	7.46
2B			28513	0.015	139.075	3.094	7.46
2C	0.001085	0.5348294	20790	0.015	0.0678	1.1E-3	4.1
2D1			20790	0.015	2.585	4.2E-2	4.1
2D2			20790	0.015	306.731	4.978	11.56
3 3A	0.001081	0.5331854	13996	0.0155	129.902	2.201	7.46
3B			13996	0.0155	132.813	2.25	7.46
3C	0.000706	0.3483104	9138	0.016	0.0287	3.2E-4	4.1
3D1			9138	0.016	2.538	2.8E-2	4.1
3D2			9138	0.016	292.772	3.241	11.56

Daya yang digunakan untuk sirkulasi ini adalah sebesar 44% dari daya motor. Pemilihan kekuatan pompa melebihi daya yang dibutuhkan dimaksudkan untuk faktor keamanan, dan untuk mengimbangi kehilangan tenaga dalam bentuk lain, seperti getaran, bunyi, panas dan lain sebagainya.

Makin besarnya nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan ini menunjukkan makin kecilnya daya yang hilang dalam proses pengaliran adonan.

Kerugian tinggi tekan yang terjadi pada proses pengaliran adonan ini dapat dikurangi dengan memperkecil jarak pengaliran dan mengurangi belokan-belokan yang terjadi pada pipa.

B.3. Proses Pendinginan dan Pembekuan Produk

Pada peralatan juga terjadi proses pendinginan ataupun pembekuan. Perhitungan mengenai hal ini disajikan pada lampiran 7. Kebutuhan energi untuk pendinginan pada peralatan adalah sebesar 115,2 kJ/kg. Tenaga pendinginan untuk proses pada tanki adonan, Hoyer dan ruang pendingin berasal dari kompressor NH_3 .

Keseimbangan panas yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator pada unit pendinginan pada ruang penyimpanan dingin berasal dari berbagai faktor. Secara teori faktor beban yang utama adalah pendinginan produk yang didinginkan dan dibekukan.

Dari data selama 1 bulan didapatkan bahwa energi yang dibutuhkan untuk proses pendinginan ini adalah rata-rata sebanyak 265.359,89 kJ untuk rata-rata 78.757,06 kg stok dalam ruang pendingin, 603,89 kg pengembalian stok dari pemasaran serta 3.055,92 kg hasil produksi. Konsumsi energi terbesar terjadi pada hari ke 31, sebesar 1.024.545,84 kJ untuk jumlah bahan yang berada dalam ruang pendingin sebanyak 77.172,34 kg. Jumlah produk pada hari ke 31 ini bukanlah merupakan jumlah ketersediaan produk terbesar pada ruang pendingin. Besarnya konsumsi energi untuk hari tersebut

disebabkan karena jumlah bahan hasil produksi yang masuk, merupakan jumlah terbesar dalam sebulan itu. Dari lampiran 4 dapat dilihat bahwa perincian dari jumlah beban produk pada ruang pendingin pada hari itu adalah hasil produksi sebanyak 12.873,28 kg, pengembalian dari pemasaran sebanyak 789,96 kg, dan produk yang sudah ada pada ruang pendingin sebanyak 63.509,10 kg.

Konsumsi energi terkecil adalah pada hari ke 29 yaitu sebesar 15.30 kJ untuk 69.865,06 kg. Kecilnya konsumsi energi pada hari tersebut karena tidak adanya hasil produksi maupun pengembalian stok yang masuk ke ruang pendingin. Hal ini menyebabkan kecilnya jumlah produk yang perlu didinginkan, dan juga menyebabkan proses pendinginan awal serta pembekuan tidak diperlukan karena produk yang tersedia sudah berada disekitar titik suhu penyimpanan (-20°C) sehingga hanya diperlukan proses pendinginan untuk penyimpanan dingin produk.

Konsumsi energi pada ruang pendingin terbesar adalah untuk perlakuan terhadap hasil produksi yang masuk. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa jumlah kebutuhan energi adalah 241.048,01 kJ untuk 3.007,41 kg hasil produksi, atau sejumlah 80,15 kJ/kg. Hal ini disebabkan oleh karena hasil

produksi yang masuk ke ruang pendingin harus mengalami proses pendinginan dan pembekuan. Konsumsi energi terkecil adalah untuk pendinginan produk stok ruang pendingin yaitu sebesar 17,25 kJ untuk 78.757,06 kg atau sejumlah $2,19 \times 10^4$ kJ/kg. Konsumsi ini kecil sekali dibandingkan konsumsi energi untuk perlakuan terhadap hasil produksi dan pengembalian stok dari pemasaran.

Konsumsi energi untuk penyimpanan dingin produk dapat dikurangi dengan mengusahakan agar jumlah produksi tidak terlalu jauh melebihi permintaan pasar, sehingga stok tidak terlalu lama dan banyak menumpuk pada ruang pendingin. Stok yang lama tersimpan akan menambah beban pendinginan karena suhu produk harus selalu dijaga mendekati suhu simpan yang diinginkan. Selain menambah konsumsi energi yang tidak perlu, stok yang menumpuk lama akan mempersempit ruang penyimpanan dingin.

Faktor beban lainnya adalah beban panas dari dinding ruang pendingin dengan pengaruh isolasi, beban dari dinding yang terkena sinar matahari langsung, pertukaran udara melalui buka tutup pintu, beban pekerja pada ruang pendingin, serta beban akibat peralatan dan pemakaian lampu.

Tabel 12. Beban Pendinginan dan Pembekuan pada Ruang Pendingin

No.	Sumber beban	Beban pendinginan (kW)	Persen terhadap beban pendinginan total
1.	Produk	3,07	5%
2.	Dinding	5,15	8%
3.	Pergantian udara	13	19%
4.	Pekerja	3,26	5%
5.	Peralatan	42,4	63%
Total beban		66,88	

Dari hasil perhitungan seluruh faktor yang mempengaruhi beban pendinginan di ruang penyimpanan dingin didapatkan hasil kebutuhan energi sebesar 66,88 kW, dengan perincian yang tertera pada tabel 13.

Beban panas terbesar adalah beban panas yang disebabkan oleh peralatan pada ruang pendingin, yaitu sebesar 63% dari beban keseluruhan. Sebagai perbandingan, beban untuk pendinginan dan pembekuan produk adalah sebesar 5%.

Keadaan ini disebabkan karena produk yang masuk sudah dalam kondisi suhu rendah, rata-rata bersuhu -8°C , sedangkan peralatan yang digunakan seperti lampu, heater dan motor untuk penggerak kipas pada ruang pendingin dioperasikan selama 24 jam dan

terus menerus mengeluarkan panas.

Beban panas terbesar kedua untuk ruang pendinginan berasal dari laju udara luar masuk akibat buka tutup pintu, sebesar 13%. Nilai ini dipengaruhi oleh perbedaan entalpi dan densitas dari udara luar dengan udara dalam ruang pendingin; ukuran pintu ruang pendingin; serta lama waktu dan frekuensi dari pembukaan pintu.

Beban dari udara luar ini dapat dikurangi dengan mengoptimalkan kegiatan buka-tutup pintu.

Beban akibat pengaruh dinding dengan koreksi insulasi tanpa dipengaruhi oleh radiasi matahari didapatkan dari dinding bagian Barat dan Utara, sedangkan dengan pengaruh radiasi matahari didapatkan dari dinding Timur dan Selatan. Perhitungan dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran 4. Beban dinding Barat, Utara dan atap rata-rata dalam satu bulan pengukuran adalah sebesar 4.120 kW; beban dinding Selatan rata-rata 0,69 kW dan beban dinding Timur sebesar 0,34 kW.

Beban panas akibat pengaruh dinding dengan insulasi dan adanya radiasi matahari adalah sekitar 2% dari beban keseluruhan. Beban panas dari dinding dapat dikurangi dengan menggunakan bahan insulasi dinding yang baik, yaitu yang mempunyai nilai konduktifitas (k) kecil sehingga

pindah panas konduksi yang terjadi melewati dinding dapat dikurangi.

Kompresor NH_3 yang digunakan sebagai peralatan sumber pendingin mempunyai kapasitas 40 tonh, yang berarti mampu mensuplay tenaga untuk pendinginan dan pembekuan secara teori sebesar 140,7 kW. Cairan refrigeran NH_3 tersebut dialirkan ke evaporator yang berada pada tanki adonan, Hoyer dan ruang pendingin.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa Hoyer membutuhkan 14,34 kW dan tanki penuaan berdasarkan spesifikasi membutuhkan tenaga pendinginan sebesar 2 kW. Jika digabung dengan kebutuhan pada ruang pendingin didapatkan nilai sebesar 83,22 kW, atau sekitar 60% dari total tenaga pendinginan yang dapat diberikan oleh kompresor.

Nilai ini mendekati batas kapasitas maksimum yang diperbolehkan menurut Henderson dan Perry, (1976), yaitu sebesar 67%. Dari besarnya nilai ini maka penting untuk diperhatikan mengenai besarnya beban pada ruang pendingin, terutama yang disebabkan oleh peralatan yang ada di dalam ruang pendingin dan laju udara luar yang masuk ke dalam ruang pendingin.



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dalam penelitian mengenai konsumsi energi ini dapat diambil kesimpulan:

1. Konsumsi energi listrik untuk proses produksi dengan menggunakan peralatan pengemas Sidam, untuk produk Es Sirup adalah sebesar 1.191,55 kJ/ltr; Es Susu sebesar 1.158,03 kJ/ltr dan Es Krim sebesar 2.320,63 kJ/ltr. Jika menggunakan peralatan pengemas Freemark, maka konsumsi energi untuk produk Es Sirup, Es Susu dan Es Krim berturut-turut adalah sebesar 563,88 kJ/ltr; 972,52 kJ/ltr dan 965,83 kJ/ltr.
2. Secara umum pemakaian peralatan pengemas Freemark lebih menguntungkan dibandingkan dengan pemakaian Sidam. Konsumsi energi Sidam pada proses produksi Es Susu tidak berbeda jauh dengan konsumsi pada Freemark.
3. Konsumsi energi listrik untuk proses produksi dengan menggunakan peralatan pengemas Vexino adalah sebesar 408,87 kJ/ltr untuk Es Susu serta 1.829,60 kJ/ltr untuk Es Krim. Peralatan pengemas Drumstick dan Hoyer yang khusus digunakan untuk proses produksi Es Krim mengkonsumsi energi listrik masing-masingnya sebesar 1.826,90 kJ/ltr dan 964,95 kJ/ltr.

4. Pada kondisi maksimal secara teori konsumsi energi untuk proses produksi dengan peralatan pengemas Freemark, mengkonsumsi energi untuk produksi Es Sirup sebesar 271,51 kJ/ltr; Es Susu 437,04 kJ/ltr dan Es Krim 462,45 kJ/ltr.
5. Perhitungan secara teoritis untuk proses produksi dengan peralatan pengemas Vexino mendapatkan nilai konsumsi energi sebesar 210,44 kJ/ltr untuk Es Susu dan 208,65 kJ/ltr untuk Es Krim. Proses produksi dengan peralatan pengemas Hoyer untuk proses produksi Es Krim mengkonsumsi energi listrik sebesar 197,95 kJ/ltr.
6. Secara umum kondisi maksimal untuk proses produksi belum tercapai.
7. Nilai efisiensi untuk proses produksi Es Sirup adalah sebesar 47% jika menggunakan pengemas Freemark. Es Susu mempunyai nilai efisiensi sebesar 44% jika menggunakan Freemark serta 50% jika menggunakan Vexino. Hoyer yang berfungsi sebagai peralatan pengemas untuk Es Krim mempunyai nilai efisiensi masing-masing sebesar 20%.
8. Rasio konsumsi energi manusia dibandingkan dengan konsumsi energi listrik adalah sebesar 0,2 untuk proses produksi Es Sirup; 0,06 untuk proses produksi Es Susu dan 0,04 untuk proses produksi Es Krim.

9. Untuk proses produksi yang menggunakan peralatan pengemas yang berbeda, didapatkan nilai rasio konsumsi energi manusia terhadap energi listrik sebesar 0,09 untuk Sidam, 0,06 untuk Freemark, 0,02 untuk Vexino, 0,01 untuk Drumstick dan 0,04 untuk Hoyer.
10. Perhitungan mengenai daya motor pompa yang digunakan untuk mengalirkan adonan mendapatkan nilai daya maksimal sebesar 4,978 kW atau sebesar 44% dari besarnya total daya motor berdasarkan spesifikasi.
11. Kebutuhan energi rata-rata pendinginan dan pemanasan di ruang pendingin adalah sebanyak 265.359,89 kJ untuk 78.757,06 kg stok dalam ruang pendingin; 603,89 kg pengembalian stok dari pemasaran dan 3.055,92 kg hasil produksi; dalam satu hari.
12. Beban panas untuk ruang pendingin didapatkan paling besar berasal dari peralatan pada ruang pendingin, yaitu sebesar 63 % dari beban keseluruhan, dengan beban panas dari produk sebesar 5% dari beban keseluruhan.
13. Beban pendinginan pada penyimpanan dan proses produksi yang bersumber dari kompresor NH_3 mencapai nilai sebesar 60% dari total tenaga pendinginan yang bisa diberikan dengan kapasitas kompresor sebesar 40 tonh refrigerasi.

B. SARAN

Berdasarkan pengamatan dalam penelitian ini, dapat diajukan saran, yaitu:

1. Penggunaan peralatan pengemas Freemark dianjurkan lebih ditingkatkan karena mengkonsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan Sidam. Sidam dapat diajukan sebagai alternatif untuk proses produksi Es Susu.
2. Keadaan peralatan produksi perlu diperhatikan agar konsumsi energi dapat dipergunakan seefisien mungkin untuk proses produksi.
3. Perlunya diusahakan pemenuhan kapasitas peralatan secara optimal pada proses produksi, sehingga energi yang dikonsumsi dapat dimanfaatkan secara efektif.
4. Perlu diusahakan agar pemuatan dan pembongkaran produk dari dan ke ruang pendingin dapat dilakukan seefektif mungkin agar pengaruh udara luar terhadap ruang pendingin dapat dikurangi.
5. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai keadaan ruang pendingin, khususnya mengenai jumlah peralatan penunjang di ruang pendingin yang benar-benar diperlukan karena beban untuk ruang pendingin dari peralatan ini sangat besar.

Lampiran 1 Contoh Perhitungan Aliran Energi Pada Proses Produksi

I. Proses Produksi Water Ice atau Es Sirup, yaitu Icy Pole, Popsi dan Sprint

a. Energi dari Peralatan

1. Proses Pengolahan adonan

- i. motor untuk memompa air dari tanki penampung ke tanki adonan

$$T = 12 \text{ menit} = 720 \text{ detik}$$

$$D = 4 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 82\%$$

$$PF = 77\%$$

$$L = 1800 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a11} &= \frac{(745,7 * Hp * T)}{E_{fm} * PF * L} \\ &= \frac{(745,7 * 4 * 720)}{82\% * 77\% * 1800} \\ &= 1.889,64 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

- ii. motor untuk pengaduk pada tanki adonan

$$T_i = 5$$

$$T_p = 6$$

$$T_s = 6$$

$$T_r = 5 \text{ menit } 40 \text{ detik} = 340 \text{ detik}$$

$$D = 1.5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 78\%$$

$$PF = 74\%$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a12} &= \frac{(745,7 * Hp * T_r)}{E_{fm} * PF * L} \\ &= \frac{(745,7 * 1,5 * 340)}{78\% * 74\% * 1800} \\ &= 366,05 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

- iii. motor untuk memompa adonan dari tanki adonan ke plat pindah panas (Heat Exchanger Plat)

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$T_i = 12 \text{ menit}$$

$$T_p = 12 \text{ menit } 10 \text{ detik}$$

$$T_s = 13 \text{ menit}$$

$$T_r = 745 \text{ detik}$$

$$D = 10 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 85\%$$

$$PF = 81\%$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a13} = \frac{(745,7 * 10 * 745)}{0.85 * 0.81 * 1800}$$

$$= 4.482,74 \text{ J/lt}$$

- iv. motor untuk memindahkan adonan dari tanki adonan I ke tanki adonan II

$$T_i = 12 \text{ menit}$$

$$T_p = 12 \text{ menit } 10 \text{ detik}$$

$$T_s = 13 \text{ menit}$$

$$T_r = 745 \text{ detik}$$

$$D = 5,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 84\%$$

$$PF = 79\%$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a14} = \frac{(745,7 * 5,5 * 745)}{84\% * 79\% * 1800}$$

$$= 2.558,02 \text{ J/lt}$$

- v. motor untuk memompa adonan dari tanki keseimbangan setelah proses dari plat pindah panas menuju ke Tanki Penuaan

$$T_i = 19 \text{ menit } 15 \text{ detik}$$

$$T_p = 19 \text{ menit}$$

$$T_s = 19 \text{ menit } 15 \text{ detik}$$

$$T_r = 19 \text{ menit } 10 \text{ detik} = 1.150 \text{ detik}$$

$$D = 10 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 85\%$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$PF = 81\%$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a15} = \frac{(745,7 * 10 * 1150)}{85\% * 81\% * 1800}$$

$$= 3.805,82 \text{ J/lt}$$

Maka kebutuhan energi peralatan untuk proses pengolahan awal adonan:

$$\begin{aligned} E_{a1} &= E_{a11} + E_{a12} + E_{a13} + E_{a14} + E_{a15} \\ &= (1.889,64 + 366,05 + 4.482,74 + 2.558,02 + \\ &\quad 3.805,82) \text{ J/lt} \\ &= 13.102,27 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

2. Proses Penuaan (aging)

i. motor untuk pengaduk pada tanki penuaan

$$T = 8 \text{ jam} = 28.800 \text{ detik}$$

$$D = 0,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 77\%$$

$$PF = 69\%$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a21} = \frac{(745,7 * 0,5 * 28800)}{77\% * 69\% * 1800}$$

$$= 11.228,31 \text{ J/lt}$$

ii. kebutuhan tenaga untuk pendinginan

$$T = 8 \text{ jam}$$

$$D = 2 \text{ kW}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a22} &= (2 * 28.800) / 1800 \\ &= 32.000 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi peralatan untuk proses penuaan adonan:

$$\begin{aligned} E_{a2} &= E_{a21} + E_{a22} \\ &= (11.228,31 + 32.000) \text{ J/ltr} \\ &= 43.228,31 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

3. Flavouring Mix

- i. motor untuk pengaduk pada 5 buah tanki flavour

$$T = 15 \text{ menit} = 900 \text{ detik}$$

$$D = 5 * 0,5 \text{ Hp} = 2,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 77\%$$

$$PF = 69\%$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{as} = \frac{(745,7 * 2,5 * 900)}{77\% * 69\% * 1800}$$

$$= 1.754,43 \text{ J/lt}$$

4. Proses Pengemasan

Karena Es Sirup bisa dikemas dengan dua peralatan yang berbeda yaitu Sidam dan Freemark, maka perhitungan untuk tenaga pada proses pengemasan ini dilakukan masing-masing terhadap dua alat tersebut.

- a. Sidam

$$D = 20 \text{ Hp}$$

$$L = 1800 \text{ lt}$$

$$T = 38 \text{ jam} = 136.800 \text{ dtk}$$

maka,

$$E_{a4s} = (745,7 * 20 * 136.800) / 1800$$

$$= 1.133.464 \text{ J/lt}$$

- b. Freemark

$$D = 36.128 \text{ W}$$

$$T = 7 \text{ jam} = 25.200 \text{ dtk}$$

maka,

$$E_{a4f} = (36.128 * 25.200) / 1800$$

$$= 505.792 \text{ J/lt}$$

Maka kebutuhan energi peralatan keseluruhan pada proses pengolahan adonan dengan pengemas:

- Sidam

$$E_{as} = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4s}$$

$$= 1.191.549,01 \text{ J/ltr}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

- Freemark

$$\begin{aligned} E_{af} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4f} \\ &= 563.877,01 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

b. Energi dari tenaga manusia

1. Proses Pengolahan adonan

i. jenis kerja : pemuatan gula ke tanki adonan
kerja sedang

jumlah pekerja : 2 orang laki-laki

T_i = 11 menit 30 detik

T_p = 10 menit 10 detik

T_s = 14 menit

T_r = 11 menit 53 detik = 11,89 menit

d_{gl} = 881,0175 kg/m = 0,88 kg/lt

L = 300 kg * (1/0,88) lt/kg = 340,91 lt

UEM = 25 kJ/menit

maka,

$$\begin{aligned} E_{b11} &= (2 * 25 * 11,89) / 340,91 \\ &= 1,74 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

ii. jenis kerja pemasukan glukosa ke tanki adonan
kerja sedang

jumlah pekerja 3 orang laki-laki

T_i = 13 menit

T_p = 13 menit

T_s = 13 menit 30 detik

T_r = 13 menit 10 detik = 13,17 menit

d_{glk} = 890,132 kg/m = 0,89 kg/m

L = 121 kg * (1/0,89) lt/kg = 135,96 lt

UEM = 25 kJ/menit

maka,

$$\begin{aligned} E_{b12} &= (3 * 25 * 13,17) / 135,96 \\ &= 7,27 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

iii. jenis kerja pengawasan proses pembuatan adonan
kerja sangat ringan

jumlah pekerja 3 orang laki-laki

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$T_i = 70 \text{ menit}$$

$$T_p = 80 \text{ menit}$$

$$T_s = 85 \text{ menit}$$

$$T_r = 78 \text{ menit}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{b13} &= (3 * 10 * 78)/1800 \\ &= 1,3 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi manusia keseluruhan untuk proses pengolahan awal adonan adalah:

$$\begin{aligned} E_{b1} &= E_{b11} + E_{b12} + E_{b13} \\ &= 10,31 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

2. Proses penuaan

- i. jenis kerja pengawasan proses produksi
 kerja sangat ringan

$$\text{jumlah pekerja} \quad 1 \text{ orang}$$

$$T = 15 \text{ menit}$$

$$L = 1.800 \text{ lt}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{b2} &= (1 * 15 * 10)/1800 \\ &= 0,08 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

3. Proses Flavouring

- i. jenis kerja memasukkan aroma, rasa dan warna
 serta pengawasan proses produksi
 kerja sangat ringan

$$\text{jumlah pekerja} \quad 2 \text{ orang laki-laki}$$

$$T = 15 \text{ menit}$$

$$L = 1800 \text{ lt}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{b3} &= (2 * 10 * 15)/1800 \\ &= 0,17 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Lampiran 1 (lanjutan)

4. Proses Pengemasan

a. Sidam

i jenis kerja : mengawasi pemuatan stik
kerja ringan

jumlah pekerja : 1 Orang

T = 38 jam = 2.280 menit

UEM = 15 kJ/mnt

L = 1800 lt

maka,

$$E_{b41s} = (1 * 15 * 2 \ 280) / 1800 \\ = 19 \text{ kJ/lt}$$

ii. jenis kerja : mengawasi kelancaran jalan
konveyor
kerja sedang

jumlah pekerja : 1 orang

T = 38 jam = 2.280 menit

UEM = 20 kJ/mnt

L = 1800 lt

maka,

$$E_{b42s} = (1 * 20 * 2 \ 280) / 1800 \\ = 25,3 \text{ kJ/lt}$$

iii. jenis kerja : mengemas es dan memuat ke da-
lam kotak sebagai kemasan luar
kerja ringan

jumlah pekerja : 2 orang

T = 38 jam = 2.280 menit

UEM = 15 kJ/mnt

L = 1800 lt

maka,

$$E_{b43s} = (2 * 15 * 2 \ 280) / 1800 \\ = 38 \text{ kJ/lt}$$

iv. jenis kerja : pengangkutan es dengan ke-
masan kotak ke ruang pendingin
kerja sedang

Lampiran 1 : (lanjutan)

jumlah pekerja : 1 orang

T = 38 jam = 2 280 menit

UEM = 22 kJ/mnt

L = 1800 lt

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{44s} &= (1 * 22 * 2\ 280) / 1800 \\ &= 27,9 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

v. jenis kerja : pengawasan proses pengemasan
secara umum
kerja ringan

jumlah pekerja : 1 orang

T = 38 jam = 2 280 menit

UEM = 15 kJ/mnt

L = 1800 lt

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{45s} &= (1 * 15 * 2\ 280) / 1800 \\ &= 19 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi manusia untuk proses pembekuan
dan pengemasan dengan Sidam:

$$\begin{aligned} Eb_{4s} &= Eb_{41s} + Eb_{42s} + Eb_{43s} + Eb_{44s} \\ &= 129,2 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

b. Freemark

i. jenis kerja : mengawasi wadah flavour, alat
pemasang stik dan konveyor
jenis kerja ringan

jumlah pekerja : 3 orang

T = 7 jam = 420 menit

UEM = 10 kJ/menit

L = 1800 lt

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41f} &= (3 * 10 * 420) / 1800 \\ &= 7 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

ii. jenis kerja : mengemas produk es dengan ke-
masan dalam dan luar (kotak)
jenis kerja ringan

Lampiran 1 : (lanjutan)

jumlah pekerja : 4 orang

T = 7 jam = 420 menit

UEM = 15 kJ/menit

L = 1800 lt

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{42f} &= (4 * 15 * 420) / 1800 \\ &= 14 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- iii. jenis kerja : pengangkutan produk es ke ruang pendingin
jenis kerja sedang

jumlah pekerja : 1 orang

T = 7 jam = 420 menit

UEM = 22 kJ/menit

L = 1800 lt

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{43f} &= (1 * 22 * 420) / 1800 \\ &= 5,13 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- iv. jenis kerja : pengawasan proses pengemasan secara umum
jenis kerja ringan

jumlah pekerja : 1 orang

T = 7 jam = 420 menit

UEM = 15 kJ/menit

L = 1800 lt

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{44f} &= (1 * 15 * 420) / 1800 \\ &= 3,50 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi manusia pada proses pembekuan dan pengemasan dengan Freemark:

$$\begin{aligned} Eb_{4f} &= Eb_{41f} + Eb_{42f} + Eb_{43f} + Eb_{44f} \\ &= 29,63 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi manusia keseluruhan pada proses produksi Es Sirup :

Lampiran 1 :(lanjutan)

- . Sidam

$$\begin{aligned} E_{bs} &= E_{b1} + E_{b2} + E_{b3} + E_{b4s} \\ &= 139,76 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

- . Freemark

$$\begin{aligned} E_{bf} &= E_{b1} + E_{b2} + E_{b3} + E_{b4f} \\ &= 40,19 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

II. Proses Produksi Milk Ice atau Es Susu

a. Energi Peralatan

1. Proses Pengolahan Adonan

- i. motor pompa untuk pengisian susu segar dari tanki penampung ke tanki adonan

$$T = 23 \text{ menit} = 1380 \text{ detik}$$

$$D = 4 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 82\%$$

$$PF = 77\%$$

$$L = 3.335 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a11} = \frac{(745,7 * 4 \text{ Hp} * 1380)}{82\% * 77\% * 3.335}$$

$$= 1.954,86 \text{ J/lt}$$

- ii. motor untuk pengaduk pada tanki adonan

$$T_1 = 60 \text{ menit}$$

$$T_2 = 65 \text{ menit}$$

$$T_3 = 62 \text{ menit}$$

$$T_r = 62 \text{ menit } 20 \text{ detik}$$

$$= 3.740 \text{ detik}$$

$$D = 1,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 78\%$$

$$PF = 74\%$$

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a12} = \frac{(745,7 * 1,5 * 3740)}{78\% * 74\% * 4500}$$

$$= 1.610,53 \text{ J/lt}$$

- iii. motor pompa untuk sirkulasi pemanasan cairan dan pencampuran bubuk susu dari Hopper

$$T_1 = 60 \text{ menit}$$

$$T_2 = 65 \text{ menit}$$

$$T_3 = 62 \text{ menit}$$

$$T_r = 62 \text{ menit } 20 \text{ detik}$$

$$= 3.740 \text{ detik}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$D = 10 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 85\%$$

$$PF = 81\%$$

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a13} = \frac{(745,7 * 10 * 3740)}{0,85 * 0,81 * 4.500}$$

$$= 9.001,59 \text{ J/lt}$$

- iv. motor untuk memindahkan adonan dari tanki adonan I ke tanki adonan II

$$T_1 = 30 \text{ menit}$$

$$T_2 = 35 \text{ menit}$$

$$T_3 = 32 \text{ menit}$$

$$T_r = 32 \text{ menit } 20 \text{ detik}$$

$$= 1.940 \text{ detik}$$

$$D = 5,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 84\%$$

$$PF = 79\%$$

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a14} = \frac{(745,7 * 5,5 * 1.940)}{0.84 * 0.79 * 4500}$$

$$= 2.664,46 \text{ J/lt}$$

- v. motor untuk pompa sirkulasi adonan dari tanki kesetimbangan, ke filter, ke plat Regenerasi, ke Homogeniser ke Plat Pindah Panas dan terakhir ke Tanki Penuaan

$$T_1 = 85 \text{ menit}$$

$$T_2 = 80 \text{ menit}$$

$$T_3 = 80 \text{ menit}$$

$$T_r = 4.900 \text{ detik}$$

$$D = 10 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 85\%$$

$$PF = 81\%$$

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

maka,

$$E_{a15} = \frac{(754,7 * 10 * 4900)}{85\% * 81\% * 4500}$$

$$= 11.793,46 \text{ J/lt}$$

vi. Tenaga pada Homogenizer

$$T_1 = 85 \text{ menit}$$

$$T_2 = 80 \text{ menit}$$

$$T_3 = 80 \text{ menit}$$

$$T_r = 4.900 \text{ detik}$$

$$D_2 = 0,25 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 75\%$$

$$PF = 69$$

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a16} = \frac{(745,7 * 40,25 * 4.900)}{75\% * 69\% * 4500}$$

$$= 63.154,20 \text{ J/lt}$$

Kebutuhan energi peralatan keseluruhan pada proses pengolahan awal adonan:

$$E_{a1} = E_{a11} + E_{a12} + E_{a13} + E_{a14} + E_{a15} + E_{a16}$$

$$= 90.179,10 \text{ J/ltr}$$

2. Proses Penuaan Adonan

i. motor untuk pengaduk pada tanki adonan

$$T = 8 \text{ jam} = 28.800 \text{ detik}$$

$$D = 1,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 78\%$$

$$PF = 74\%$$

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a21} = \frac{(745,7 * 1,5 * 28.800)}{78\% * 74\% * 4500}$$

$$= 12.402,49 \text{ J/lt}$$

ii. tenaga untuk pendinginan

$$T = 8 \text{ jam} = 28.800 \text{ detik}$$

$$D = 2.000 \text{ W}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$L = 4.500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a22} &= (2000 * 28.800)/4500 \\ &= 12.800 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

3. Proses Flavouring

i. motor untuk pengaduk pada 12 tanki flavour

$$T = 15 \text{ menit} = 900 \text{ detik}$$

$$D = 12 * 0,5 \text{ Hp} = 6 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 77\%$$

$$PF = 69\%$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a3} &= \frac{(745,7 * 6 * 900)}{77\% * 69\% * 4500} \\ &= 1.684,25 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

4. Proses Pengemasan

Pembekuan dengan Hoyer

$$T = 10 \text{ jam} = 36.000 \text{ dtk}$$

$$D = 93 \text{ Hp}$$

$$L = 4500 \text{ ltr}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a4h} &= (745,7 * 93 * 36.000)/4500 \\ &= 277.400,04 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

Karena Es Susu bisa dikemas dengan peralatan yang berbeda, maka perhitungan untuk tenaga pada proses pengemasan ini dilakukan terhadap masing-masing alat.

a. Sidam

$$T = 64 \text{ jam} = 230.400 \text{ dtk}$$

$$D = 20 \text{ Hp}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a4s} &= (745,7 * 20 * 230.400)/4500 \\ &= 763.560 \text{ J/lt} \end{aligned}$$



Lampiran 1 : (lanjutan)

b. Freemark

$$T = 7 \text{ jam} = 72.000 \text{ dtk}$$

$$D = 36.128 \text{ W}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a4f} &= (36.128 * 72.000) / 4500 \\ &= 578.048 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

c. Vexino

$$T = 18 \text{ jam} = 64.800 \text{ dtk}$$

$$D = 1 \text{ kW}$$

$$L = 4500$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a4v} &= (1.000 * 64.800) / 4500 \\ &= 14.400 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi keseluruhan pada proses produksi Es Susu adalah:

-. Sidam

$$\begin{aligned} E_{as} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4h} + E_{a4s} \\ &= 1.158.027,88 \text{ J/ltr} = 1.158,03 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

-. Freemark

$$\begin{aligned} E_{af} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4h} + E_{a4f} \\ &= 972.515,88 \text{ J/ltr} = 972,52 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

-. Vexino

$$\begin{aligned} E_{av} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4h} + E_{a4v} \\ &= 408.867,88 \text{ J/ltr} = 408,87 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

b. Energi dari tenaga manusia

1. Proses pengolahan adonan

i. jenis kerja : pemuatan gula ke tanki adonan
kerja sedang

jumlah pekerja : 2 orang

$T_1 = 12$ menit

$T_2 = 12$ menit

$T_3 = 12$ menit

$T_r = 12$ menit

$d_{gl} = 881,0175$ kg/m

$L = 322 \text{ kg} * (1/0,88) \text{ ltr/kg} = 365,91 \text{ ltr}$

UEM = 25 kJ/menit

maka,

$$E_{b11} = (2 * 25 * 12) / 365,91 \text{ ltr} \\ = 1,64 \text{ kJ/ltr}$$

ii. jenis kerja : pemuatan glukosa ke tanki adonan
kerja sedang

jumlah pekerja : 3 orang

$T_1 = 16$ menit

$T_2 = 17$ menit

$T_3 = 18$ menit

$T_r = 17$ menit

$d_{glk} = 890,132$ kg/m

$L = 698,82 \text{ kg} * (1/0,89) \text{ ltr/kg} \\ = 785,19 \text{ ltr}$

UEM = 25 kJ/menit

$$E_{b12} = (3 * 25 * 17) / 785,19 \\ = 1,62 \text{ kJ/ltr}$$

iii. jenis kerja : pemuatan bubuk susu skim ke
Hopper
kerja sedang

jumlah pekerja 2 orang

$T_1 = 12$ menit

$T_2 = 13$ menit

$T_3 = 13$ menit

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$T_r = 12,67 \text{ menit}$$

$$d_s = 1,0320 \text{ gr/cm} = 1,0320 \text{ kg/ltr}$$

$$L = 240 \text{ kg} * (1/1,0320) \text{ ltr/kg} \\ = 232,56 \text{ ltr}$$

$$UEM = 25 \text{ kJ/ltr}$$

maka,

$$Eb_{13} = (2 * 25 * 12,67)/232,56 \text{ ltr} \\ = 2,72 \text{ kJ/ltr}$$

iv. jenis kerja : pemuatan bahan-bahan stabilizer
kerja ringan

jumlah pekerja 2 orang

$$T_1 = 2 \text{ menit}$$

$$T_2 = 2,5 \text{ menit}$$

$$T_3 = 2 \text{ menit}$$

$$T_r = 2,17 \text{ menit}$$

$$L = 100 \text{ ltr}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$Eb_{14} = (2 * 10 * 2,17)/100 \\ = 0,434 \text{ kJ/ltr}$$

v. jenis kerja : pengawasan pembuatan adonan
kerja sangat ringan

jumlah pekerja 3 orang

$$T_1 = 2 \text{ jam}$$

$$T_2 = 2 \text{ jam } 35 \text{ menit}$$

$$T_3 = 2 \text{ jam } 15 \text{ menit}$$

$$T_r = 136,67 \text{ menit}$$

$$L = 4500 \text{ ltr}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$Eb_{15} = (3 * 10 * 136,67)/4500 \\ = 0,91 \text{ kJ/lt}$$

Maka kebutuhan energi untuk pengolahan awal adonan adalah :

$$Eb_1 = Eb_{11} + Eb_{12} + Eb_{13} + Eb_{14} + Eb_{15} \\ = 7,324 \text{ kJ/ltr}$$

1 orang

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$T = 64 \text{ jam} = 3.840 \text{ menit}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41s} &= (1 * 15 * 3.840) / 4500 \\ &= 12,8 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- ii. jenis kerja : mengawasi kelancaran jalan
konveyor
kerja sedang

$$\text{jumlah pekerja} = 1 \text{ orang}$$

$$T = 64 \text{ jam} = 3.840 \text{ menit}$$

$$UEM = 20 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{42s} &= (1 * 20 * 3.840) / 4500 \\ &= 17,1 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- iii. jenis kerja : mengemas es dan memuat ke da-
lam kotak sebagai kemasan luar
kerja ringan

$$\text{jumlah pekerja} = 2 \text{ orang}$$

$$T = 64 \text{ jam} = 3.840 \text{ menit}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{43s} &= (2 * 15 * 3.840) / 4500 \\ &= 25,6 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- iv. jenis kerja : pengangkutan es dengan kemasan
kotak ke ruang pendingin
kerja sedang

$$\text{jumlah pekerja} = 1 \text{ orang}$$

$$T = 64 \text{ jam} = 3.840 \text{ menit}$$

$$UEM = 22 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{44s} &= (1 * 22 * 3.840)/4500 \\ &= 18,8 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- v. jenis kerja : pengawasan proses pengemasan
 secara umum
 kerja ringan

jumlah pekerja 1 orang

$$T = 64 \text{ jam} = 3.840 \text{ menit}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{45s} &= (1 * 15 * 3.840)/4500 \\ &= 12,8 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi manusia untuk pengemasan
dengan Sidam:

$$\begin{aligned} Eb_{4s} &= Eb_{41s} + Eb_{42s} + Eb_{43s} + Eb_{44s} + Eb_{45s} \\ &= 87,1 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

b. Freemark

- i. jenis kerja : mengawasi wadah flavour, alat
 pemasang stik dan konveyor
 jenis kerja ringan

jumlah pekerja 3 orang

$$T = 20 \text{ jam} = 1200 \text{ menit}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41f} &= (3 * 10 * 1200)/4500 \\ &= 8 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- ii. jenis kerja : mengemas produk es dengan ke-
 masan dalam dan luar (kotak)
 jenis kerja ringan

jumlah pekerja 4 orang

$$T = 20 \text{ jam} = 1200 \text{ menit}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/menit}$$

$$L = 4500 \text{ lt}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{42f} &= (4 * 15 * 1200)/4500 \\ &= 16 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- iii. jenis kerja : pengangkutan produk es ke ruang pendingin
jenis kerja sedang

$$\begin{aligned} \text{jumlah pekerja} &= 1 \text{ orang} \\ T &= 20 \text{ jam} = 1200 \text{ menit} \\ UEM &= 22 \text{ kJ/menit} \\ L &= 4500 \text{ lt} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{43f} &= (1 * 22 * 1200)/4500 \\ &= 5,9 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- iv. jenis kerja : pengawasan proses pengemasan secara umum
jenis kerja ringan

$$\begin{aligned} \text{jumlah pekerja} &= 1 \text{ orang} \\ T &= 20 \text{ jam} = 1200 \text{ menit} \\ UEM &= 15 \text{ kJ/menit} \\ L &= 4500 \text{ lt} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{44f} &= (1 * 15 * 1200)/4500 \\ &= 4 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi manusia untuk proses pengemasan dengan Freemark:

$$\begin{aligned} Eb_{4f} &= Eb_{41f} + Eb_{42f} + Eb_{43f} + Eb_{44f} \\ &= 33,9 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

c. Vexino

- i. jenis kerja : mengemas produk es
kerja ringan

$$\begin{aligned} \text{jumlah pekerja} &= 3 \text{ orang} \\ T &= 18 \text{ jam} = 1080 \text{ mnt} \\ UEM &= 15 \text{ kJ/mnt} \\ L &= 4500 \text{ lt} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41v} &= (3 * 15 * 1080)/4500 \\ &= 10,8 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

ii. jenis kerja : mengangkut produk es terkemas
ke ruang pendingin
kerja sedang

$$\begin{aligned} \text{jumlah pekerja} &: 1 \text{ orang} \\ T &= 18 \text{ jam} = 1080 \text{ mnt} \\ UEM &= 22 \text{ kJ/mnt} \\ L &= 4500 \text{ lt} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{42v} &= (1 * 22 * 1080)/4500 \\ &= 5,28 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi manusia untuk proses pengemasan
dengan Vexino:

$$\begin{aligned} Eb_{4v} &= Eb_{41v} + Eb_{42v} \\ &= 16,08 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi manusia secara keseluruhan pada
proses produksi Es Susu, dengan pengemas:

-. Sidam

$$\begin{aligned} Ebs &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4h} + Eb_{4s} \\ &= 98,321 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

-. Freemark

$$\begin{aligned} Ebf &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4h} + Eb_{4f} \\ &= 45,121 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

-. Vexino

$$\begin{aligned} Ebv &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4h} + Eb_{4v} \\ &= 27,301 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (Lanjutan)

III. Proses produksi Es Krim

a. Energi dari Peralatan

1. Proses pengolahan adonan

- motor untuk memompa susu segar dari tanki penampungan ke tanki adonan

$$T = 25 \text{ menit} = 1500 \text{ detik}$$

$$D = 4 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 82\%$$

$$PF = 77\%$$

$$L = 3500 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a11} = \frac{(745,7 * 4 * 1500)}{0,82 * 0,77 * 3500}$$

$$= 2.024,62 \text{ J/ltr}$$

- motor untuk pengaduk pada tanki adonan

$$T_1 = 68 \text{ menit}$$

$$T_2 = 70 \text{ menit}$$

$$T_3 = 70 \text{ menit}$$

$$T_r = 69 \text{ menit } 20 \text{ detik} = 4160 \text{ detik}$$

$$D = 1,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 78\%$$

$$PF = 74\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a12} = \frac{(745,7 * 1,5 * 4160)}{0,78 * 0,74 * 4000}$$

$$= 2.015,42 \text{ J/ltr}$$

- motor untuk pompa sirkulasi proses pemanasan adonan dari tanki pencampur ke plat pindah panas,

$$T_1 = 68 \text{ menit}$$

$$T_2 = 70 \text{ menit}$$

$$T_3 = 70 \text{ menit}$$

$$T_r = 4160 \text{ detik}$$

$$D = 10 \text{ Hp}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$E_{fm} = 85\%$$

$$PF = 81\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a13} = \frac{(745,7 * 10 * 4160)}{0,85 * 0,81 * 4000}$$

$$= 11.264,02 \text{ J/ltr}$$

- motor untuk memindahkan adonan dari tanki adonan I ke tanki adonan II dan sekaligus terjadinya proses pencampuran bubuk susu dari Hopper,

$$T_1 = 28 \text{ menit}$$

$$T_2 = 30 \text{ menit}$$

$$T_3 = 30 \text{ menit}$$

$$T_r = 1800 \text{ detik}$$

$$D = 5,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 84\%$$

$$PF = 79\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a14} = \frac{(745,7 * 5,5 * 1800)}{0,84 * 0,79 * 4000}$$

$$= 2.781,20 \text{ J/ltr}$$

- motor untuk pompa pada proses sirkulasi dari tanki keseimbangan menuju filter, regenerasi, Homogeniser, Plat pindah panas dan tanki penuaan,

$$T_1 = 94 \text{ menit}$$

$$T_2 = 95 \text{ menit}$$

$$T_3 = 99 \text{ menit}$$

$$T_r = 96 \text{ menit} = 5760 \text{ detik}$$

$$D = 10 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 85\%$$

$$PF = 81\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

maka,

$$E_{a15} = \frac{(745,7 * 10 * 5760)}{0.85 * 0.81 * 4000}$$

$$= 15.596,34 \text{ J/ltr}$$

- tenaga pada Homogeniser

$$T = 5760 \text{ detik}$$

$$D = 40 + 0,25 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 90\%$$

$$PF = 83\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a16} = \frac{(745,7 * 40,25 * 5760)}{0.90 * 0.83 * 4000}$$

$$= 57.859,13 \text{ J/ltr}$$

Maka kebutuhan energi peralatan keseluruhan pada proses pengolahan adonan adalah sebesar:

$$\begin{aligned} E_{a1} &= E_{a11} + E_{a12} + E_{a13} + E_{a14} + E_{a15} + E_{a16} + E_{a17} \\ &= 91.540,73 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

2. Proses Penuaan Adonan

- motor untuk pengaduk pada tanki penuaan

$$T = 8 \text{ jam} = 28800 \text{ menit}$$

$$D = 0,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 77\%$$

$$PF = 72\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a21} = \frac{(745,7 * 0,5 * 28800)}{0.77 * 0.72 * 4000}$$

$$= 4.842,21 \text{ J/ltr}$$

- tenaga untuk pendinginan

$$T = 8 \text{ jam} = 28800 \text{ menit}$$

$$D = 2 \text{ kW} = 2000 \text{ W}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$E_{a22} = (2000 * 28800)/4000$$

$$= 14.400 \text{ J/ltr}$$

Maka kebutuhan energi peralatan keseluruhan pada proses penuaan adonan adalah sebesar:

$$E_{a2} = E_{a21} + E_{a22}$$

$$= (4.842,21 + 14.400) \text{ J/ltr}$$

$$= 19.242,21 \text{ J/ltr}$$

3. Proses *flavouring* adonan

- motor untuk pengaduk pada 10 tanki *flavour*

$$T = 15 \text{ menit}$$

$$D = 10 * 0,5 = 5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 85\%$$

$$PF = 81\%$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$E_{a3} = \frac{(745,7 * 5 * 900)}{0.85 * 0.81 * 4000}$$

$$= 1.218,46 \text{ J/ltr}$$

4. Proses Pengemasan

- proses pada Hoyer

$$T = 18 \text{ jam} = 64\ 800 \text{ dtk}$$

$$D = 46,5 \text{ Hp} = 3 * 15 \text{ Hp} + 3 * 0,5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm1} = 86\%$$

$$E_{fm2} = 77\%$$

$$PF_1 = 82\%$$

$$PF_2 = 69\%$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$E_{a41} = \frac{(745,7 * 45 * 64\ 800)}{86\% * 77\% * 4000} + \frac{(745,7 * 1,5 * 64\ 800)}{82\% * 69\% * 4000}$$

$$= 820.923,14 + 32.026,35 \text{ J/lt}$$

$$= 852.949,49 \text{ J/lt}$$

Karena proses pengemasan Es Krim ini bisa dilakukan dengan bermacam alat pengemas, maka perhitungan aliran energi dilakukan untuk masing-masing peralatan,

Lampiran 1 : (lanjutan)

a. Sidam

$$T = 101 \text{ jam} = 363 \ 600 \text{ detik}$$

$$D = 20 \text{ Hp}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a42s} &= (745,7 * 20 * 363 \ 600) / 4000 \\ &= 1.355.680 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi untuk proses pengemasan dengan Sidam:

$$\begin{aligned} E_{a4s} &= E_{a41} + E_{a42s} \\ &= 2.208.629,49 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

b. Freemark

$$T = 27 \text{ jam} = 97200 \text{ dtk}$$

$$D = 36 \ 128 \text{ W}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a42f} &= (36 \ 128 * 97200) / 4000 \\ &= 877,91 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi untuk proses pengemasan dengan Freemark :

$$\begin{aligned} E_{a4f} &= E_{a41} + E_{a42f} \\ &= 853.827,40 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

c, Vexino

$$T = 13 \text{ jam} = 46 \ 800 \text{ dtk}$$

$$D = 1 \text{ kW}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

$$\begin{aligned} E_{a42v} &= (1000 * 46 \ 800) / 4000 \\ &= 11.700 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi untuk proses pengemasan dengan Vexino:

$$\begin{aligned} E_{a4v} &= E_{a41} + E_{a42v} \\ &= 864.649,49 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

d, Drumstick

$$T = 10 \text{ jam} = 36.000 \text{ detik}$$

$$D = 1 \text{ kW}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a4d} &= (1000 * 36\ 000)/4000 \\ &= 9.000 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} E_{a4d} &= E_{a41} + E_{a42d} \\ &= 861.949,49 \text{ J/ltr} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi peralatan keseluruhan untuk proses produksi Es Krim dengan peralatan pengemas:

a. Sidam

$$\begin{aligned} E_{as} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4s} \\ &= (91.540,73 + 19.242,21 + 1.218,46 + 2.208.629,49) \\ &\quad \text{J/ltr} \\ &= 2.320.630,89 \text{ J/ltr} = 2.320,63 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

b. Freemark

$$\begin{aligned} E_{af} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4f} \\ &= (91\ 540,73 + 19\ 242,21 + 1\ 218,46 + 853\ 827,4) \\ &= 965.828,80 \text{ J/ltr} = 965,83 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

c. Vexino

$$\begin{aligned} E_{av} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a41} + E_{a4v} \\ &= 1.829,60 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

d. Drumstick

$$\begin{aligned} E_{ad} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a41} + E_{a4d} \\ &= 1.826,90 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

e. Hoyer

$$\begin{aligned} E_{ah} &= E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a41} \\ &= 964,95 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

b. Energi dari Tenaga manusia

- jenis kerja : pemuatan bubuk susu ke *Hopper*
jenis kerja sedang
- jumlah pekerja : 1 orang
- $T_1 = 6 \text{ menit}$
- $T_2 = 6 \text{ menit}$
- $T_3 = 5 \text{ menit}$
- $T_r = 5,7 \text{ menit}$

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$d_s = 1,032 \text{ kg/ltr}$$

$$L = 62,37 \text{ kg} * (1/1,032) \text{ ltr/kg}$$

$$= 60,44 \text{ ltr}$$

$$UEM = 25 \text{ kJ/ltr}$$

maka,

$$Eb_{11} = (1 * 25 * 5,7)/60,44$$

$$= 2,36 \text{ kJ/ltr}$$

- jenis kerja : pemuatan gula ke tanki adonan
jenis kerja sedang

- jumlah pekerja : 3 orang

$$T_1 = 30 \text{ menit}$$

$$T_2 = 35 \text{ menit}$$

$$T_3 = 36 \text{ menit}$$

$$T_r = 33,7 \text{ menit}$$

$$L = 750 \text{ kg} * (1/0,89) \text{ ltr/kg}$$

$$= 842,7 \text{ ltr}$$

$$UEM = 25 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$Eb_{12} = (3 * 25 * 33,7)/842,7$$

$$= 3 \text{ kJ/ltr}$$

- jenis kerja : pemasukan bahan stabiliser dan bahan-bahan lainnya
Jenis kerja ringan

- jumlah pekerja : 2 orang

$$T_1 = 6 \text{ menit}$$

$$T_2 = 4 \text{ menit}$$

$$T_3 = 4 \text{ menit}$$

$$T_r = 4,67 \text{ menit}$$

$$L = 238 \text{ lt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/ltr}$$

maka,

$$Eb_{13} = (2 * 15 * 4,67)/238$$

$$= 0,59 \text{ kJ/ltr}$$

- jenis kerja : pemasukan lemak nabati
jenis kerja sedang

Lampiran 1 : (lanjutan)

- jumlah pekerja : 2 orang

$$T_1 = 2 \text{ menit}$$

$$T_2 = 2 \text{ menit}$$

$$T_3 = 2 \text{ menit}$$

$$T_r = 2 \text{ menit}$$

$$L = 294,38 \text{ ltr}$$

$$UEM = 25 \text{ kJ/ltr}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{14} &= (2 * 25 * 2) / 294,38 \\ &= 0,34 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- jenis kerja : pengawasan proses pembuatan adonan (kerja sangat ringan)

- jumlah pekerja : 3 orang

$$T = 190 \text{ menit}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{15} &= (3 * 10 * 190) / 4000 \\ &= 1,43 \text{ kJ/menit} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan tenaga manusia keseluruhan pada proses pengolahan adonan :

$$\begin{aligned} Eb_1 &= Eb_{11} + Eb_{12} + Eb_{13} + Eb_{14} + Eb_{15} \\ &= (2,36 + 3 + 0,59 + 0,34 + 1,43) \text{ kJ/ltr} \\ &= 7,72 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

2. Proses penuaan adonan

- jenis kerja : pengawasan kerja sangat ringan

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 15 \text{ menit}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_2 &= (1 * 10 * 15) / 4000 \\ &= 0,038 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

3. Proses *flavouring* adonan

- jenis kerja : memasukkan *flavour* dan mengawasi proses penuaan jenis kerja sangat ringan

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 30 \text{ menit}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/menit}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_3 &= (1 * 10 * 30)/4000 \\ &= 0,075 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

4. Proses Pengemasan

Pembekuan dengan Hoyer

- jenis kerja : operator Hoyer kerja ringan

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 18 \text{ jam} = 1080 \text{ mnt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41} &= (1 * 15 * 1080)/4000 \\ &= 4,05 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

a. Sidam

- Jenis kerja : mengawasi pemuatan stik kerja ringan

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 101 \text{ jam} = 6\ 060 \text{ mnt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/lt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41s} &= (1 * 15 * 6\ 060)/4000 \\ &= 22,7 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- jenis kerja : mengawasi kelancaran jalan konveyor kerja sedang

- jumlah pekerja : 1 orang

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$T = 101 \text{ jam} = 6\,060 \text{ mnt}$$

$$UEM = 20 \text{ kJ/lt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{42s} &= (1 * 20 * 6\,060) / 4000 \\ &= 30,3 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- jenis kerja : mengemas produk es dengan kemasan dalam dan luarnya (kotak) kerja ringan

- jumlah pekerja : 2 orang

$$T = 101 \text{ jam} = 6\,060 \text{ mnt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/lt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{43s} &= (2 * 15 * 6\,060) / 4000 \\ &= 45,5 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- jenis kerja : pengangkutan produk es terkemas ke ruang pendingin kerja sedang

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 101 \text{ jam} = 6.060 \text{ mnt}$$

$$UEM = 22 \text{ kJ/lt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{44s} &= (1 * 22 * 6\,060) / 4000 \\ &= 33,3 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- Jenis kerja : pengawasan proses pembekuan secara umum, kerja ringan

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 101 \text{ jam} = 6\,060 \text{ mnt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/lt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

$$\begin{aligned} Eb_{45s} &= (1 * 15 * 6\,060) / 4000 \\ &= 22,7 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

Maka kebutuhan energi manusia pada proses pembekuan dan pengemasan dengan Sidam:

$$\begin{aligned} Eb_{4s} &= Eb_{41} + Eb_{41s} + Eb_{42s} + Eb_{43s} + Eb_{44s} + E_{45s} \\ &= (4,05 + 22,7 + 30,3 + 45,5 + 33,3 + 22,7) \text{ kJ/lt} \\ &= 158,55 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

b. Freemark

- jenis kerja : mengawasi wadah *flavour*, alat pemasang stik dan konveyor kerja ringan

- jumlah pekerja : 3 orang

$$T = 27 \text{ jam} = 1620 \text{ mnt}$$

$$UEM = 10 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{41f} &= (3 * 10 * 1620) / 4000 \\ &= 12,15 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- jenis kerja : mengemas produk es dengan kemasan dalam dan luar (kotak) kerja ringan

- jumlah pekerja : 4 orang

$$T = 27 \text{ jam} = 1620 \text{ mnt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} Eb_{42f} &= (4 * 15 * 1620) / 4000 \\ &= 24,3 \text{ kJ/lt} \end{aligned}$$

- jenis kerja : pengangkutan produk es terkemas ke ruang pendingin kerja sedang

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 27 \text{ jam} = 1620 \text{ mnt}$$

$$UEM = 22 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$Eb_{43f} = (1 * 22 * 1620) / 4000$$

$$= 8,91 \text{ kJ/lt}$$

- jenis kerja : mengawasi proses pengemasan secara umum

kerja ringan

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 27 \text{ jam} = 1620 \text{ mnt}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ lt}$$

maka,

$$Eb_{44f} = (1 * 15 * 1620)/4000$$

$$= 6,08 \text{ kJ/lt}$$

Maka kebutuhan energi manusia pada proses pembekuan dan pengemasan dengan Freemark:

$$Eb_{4f} = Eb_{41} + Eb_{41f} + Eb_{42f} + Eb_{43f} + E_{44f}$$

$$= (4,05 + 12,15 + 24,30 + 8,91 + 6,08) \text{ kJ/ltr}$$

$$= 55,49 \text{ kJ/ltr}$$

c. Vexino

- jenis kerja : mengemas produk es

kerja ringan

- jumlah pekerja : 3 orang

$$T = 13 \text{ jam} = 780 \text{ menit}$$

$$UEM = 15 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$Eb_{41v} = (3 * 15 * 780)/4000$$

$$= 8,79 \text{ kJ/lt}$$

- jenis kerja : mengangkut produk es terkemas ke ruang pendingin

kerja sedang

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 13 \text{ jam} = 780 \text{ dtk}$$

$$UEM = 22 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

maka,

$$Eb_{42v} = (1 * 22 * 780)/4000$$

$$= 4,29 \text{ kJ/lt}$$

Lampiran 1 : (lanjutan)

Maka kebutuhan energi manusia pada proses pembekuan dan pengemasan dengan Vexino:

$$\begin{aligned} Eb_{4v} &= Eb_{41} + Eb_{41v} + Eb_{42v} \\ &= (4,05 + 8,79 + 4,29) \text{ kJ/ltr} \\ &= 17,13 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

d. Drumstick

- jenis kerja : mengemas produk es
kerja ringan
- jumlah pekerja : 3 orang
T = 10 jam = 600 menit
UEM = 15 kJ/mnt
L = 4000 ltr
maka,
$$Eb_{41d} = (3 * 15 * 600)/4000$$
$$= 6,76 \text{ kJ/lt}$$
- jenis kerja : mengangkut produk es terkemas ke ruang pendingin
kerja sedang
- jumlah pekerja : 1 orang
T = 10 jam = 600 dtk
UEM = 22 kJ/mnt
L = 4000 ltr
maka,
$$Eb_{42d} = (1 * 22 * 600)/4000$$
$$= 3,30 \text{ kJ/lt}$$

Maka kebutuhan energi manusia pada proses pembekuan dan pengemasan dengan Drumstick:

$$\begin{aligned} Eb_{4d} &= Eb_{41} + Eb_{41d} + Eb_{42d} \\ &= (4,05 + 6,76 + 3,30) \text{ kJ/ltr} \\ &= 14,11 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

e. Hoyer (jenis *Bulk Ice*)

- jenis kerja : mengemas produk es
kerja sedang
- jumlah pekerja : 3 orang
T = 18 jam = 1080 dtk

Lampiran 1 : (lanjutan)

$$UEM = 20 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

$$\begin{aligned} Eb_{41h} &= (3 * 20 * 1080) / 4000 \\ &= 16,2 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

- jenis kerja : mengangkut produk es terkemas ke ruang pendingin kerja sedang

- jumlah pekerja : 1 orang

$$T = 18 \text{ jam} = 1080 \text{ dtk}$$

$$UEM = 22 \text{ kJ/mnt}$$

$$L = 4000 \text{ ltr}$$

$$\begin{aligned} Eb_{42h} &= (1 * 22 * 1080) / 4000 \\ &= 5,94 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan energi manusia pada proses pembekuan dan pengemasan dengan Hoyer:

$$\begin{aligned} Eb_{4h} &= Eb_{41} + Eb_{41h} + Eb_{42h} \\ &= (4,05 + 16,2 + 5,94) \text{ kJ/ltr} \\ &= 26,19 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi keseluruhan dari tenaga manusia untuk proses produksi Es Krim dengan pengemas:

- . Sidam

$$\begin{aligned} Ebs &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4s} \\ &= 166,383 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

- . Freemark

$$\begin{aligned} Ebf &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4f} \\ &= 63,32 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

- . Vexino

$$\begin{aligned} Ebv &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4v} \\ &= 24,96 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

- . Drumstick

$$\begin{aligned} Ebd &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4d} \\ &= 21,94 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

- . Hoyer

$$\begin{aligned} Ebh &= Eb_1 + Eb_2 + Eb_3 + Eb_{4h} \\ &= 34,02 \text{ kJ/ltr} \end{aligned}$$

Lampiran : 2 Contoh Perhitungan Aliran Energi Pada Proses Produksi Es Sirup sesuai kapasitas alat

Proses Produksi Water Ice atau Es Sirup, yaitu Icy Pole, Popsi dan Sprint

a. Energi dari Peralatan

1. Proses Pengolahan adonan

- i. motor untuk memompa air dari tanki penampung ke tanki adonan

$$T = 0.5 \text{ jam} = 1800 \text{ detik}$$

$$D = 4 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 82\%$$

$$PF = 77\%$$

$$L = 5000 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a11} &= \frac{(745.7 * Hp * T)}{E_{fm} * PF * L} \\ &= \frac{(745.7 * 4 * 1800)}{82\% * 77\% * 5000} \\ &= 1700.68 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

- ii. motor untuk pengaduk pada tanki adonan

$$T_i = 5$$

$$T_p = 6$$

$$T_s = 6$$

$$T_r = 5 \text{ menit } 40 \text{ detik} = 340 \text{ detik}$$

$$D = 1.5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 78\%$$

$$PF = 74\%$$

$$L = 1800 \text{ lt}$$

maka,

$$\begin{aligned} E_{a12} &= \frac{(745.7 * Hp * T_r)}{E_{fm} * PF * L} \\ &= \frac{(745.7 * 1.5 * 340)}{78\% * 74\% * 1800} \\ &= 366.05 \text{ J/lt} \end{aligned}$$

- iii. motor untuk memompa adonan dari tanki adonan ke

Lampiran 2 : (lanjutan)

plat pindah panas (Heat Exchanger Plat)

T = 3600 detik

D = 10 Hp

Efm= 85%

PF = 81%

L = 10 000 lt

maka,

$$E_{a13} = \frac{(745.7 * 10 * 3600)}{0.85 * 0.81 * 10000}$$

$$= 3\ 899.1 \quad \text{J/lt}$$

T = 3600 detik

D = 5.5 Hp

Efm= 84%

PF = 79%

L = 10 000 lt

maka,

$$E_{a14} = \frac{(745.7 * 5.5 * 3600)}{0.84 * 0.79 * 10000}$$

$$= 2\ 224.96 \quad \text{J/lt}$$

- motor untuk memompa adonan dari tanki keseimbangan setelah proses dari plat pindah panas menuju ke Tanki Penuaan

T = 0.5 jam = 1800 dtk

D = 10 Hp

Efm= 85%

PF = 81%

L = 5000 lt

maka,

$$E_{a15} = \frac{(745.7 * 10 * 1800)}{85\% * 81\% * 5000}$$

$$= 3\ 899.08 \quad \text{J/lt}$$

Maka kebutuhan energi peralatan untuk proses pengolahan awal adonan:

Lampiran 2 : (lanjutan)

$$\begin{aligned}
 Ea1 &= Ea11 + Ea12 + Ea13 + Ea14 + Ea15 \\
 &= (1\,700.68 + 366.05 + 2\,224.96 + 3\,899.1 + 3\,899.08) \\
 &= 12\,089.87 \text{ J/ltr}
 \end{aligned}$$

2. Proses Penuaan (aging)

- motor untuk pengaduk pada tanki penuaan

$$T = 8 \text{ jam} = 28800 \text{ detik}$$

$$D = 0.5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 77\%$$

$$PF = 69\%$$

$$L = 5000 \text{ lt}$$

maka,

$$Ea21 = \frac{(745.7 * 0.5 * 28800)}{77\% * 69\% * 5000}$$

$$= 4\,042.19 \text{ J/lt}$$

- kebutuhan tenaga untuk pendinginan

$$T = 8 \text{ jam}$$

$$D = 2 \text{ kW}$$

maka,

$$Ea22 = (2 * 28800) / 5000$$

$$= 11\,520 \text{ J/lt}$$

Maka kebutuhan energi peralatan untuk proses penuaan adonan:

$$Ea2 = Ea21 + Ea22$$

$$= (4\,042.19 + 11\,520) \text{ J/ltr}$$

$$= 15\,562.19 \text{ J/ltr}$$

3. Flavouring Mix

- motor untuk pengaduk pada 5 buah tanki flavour

$$T = 15 \text{ menit} = 900 \text{ detik}$$

$$D = 0.5 \text{ Hp}$$

$$E_{fm} = 77\%$$

$$PF = 69\%$$

$$L = 500 \text{ lt}$$

Lampiran 2 : (lanjutan)

maka,

$$E_{a3} = \frac{(745.7 * 0.5 * 900)}{77\% * 69\% * 500}$$

$$= 1\,263.18 \text{ J/lt}$$

4. Proses Pengemasan

Karena Es Sirup bisa dikemas dengan dua peralatan yang berbeda yaitu Sidam dan Freemark, maka perhitungan untuk tenaga pada proses pengemasan ini dilakukan masing-masing terhadap dua alat tersebut.

a. Sidam

$$D = 20 \text{ Hp}$$

$$L = 50 \text{ lt}$$

$$T = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ dtk}$$

maka,

$$E_{a4s} = (745.7 * 20 * 3600)/50$$

$$= 1\,073\,808 \text{ J/lt}$$

b. Freemark

$$D = 36\,128 \text{ W}$$

maka,

$$E_{a4f} = (36\,128 * 3600)/550$$

$$= 236\,474.18 \text{ J/lt}$$

Maka kebutuhan energi peralatan keseluruhan pada proses pengolahan adonan dengan pengemas:

-. Sidam

$$E_{as} = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4s}$$

$$= 1\,108\,847.28 \text{ J/ltr} = 1\,108.85 \text{ kJ/ltr}$$

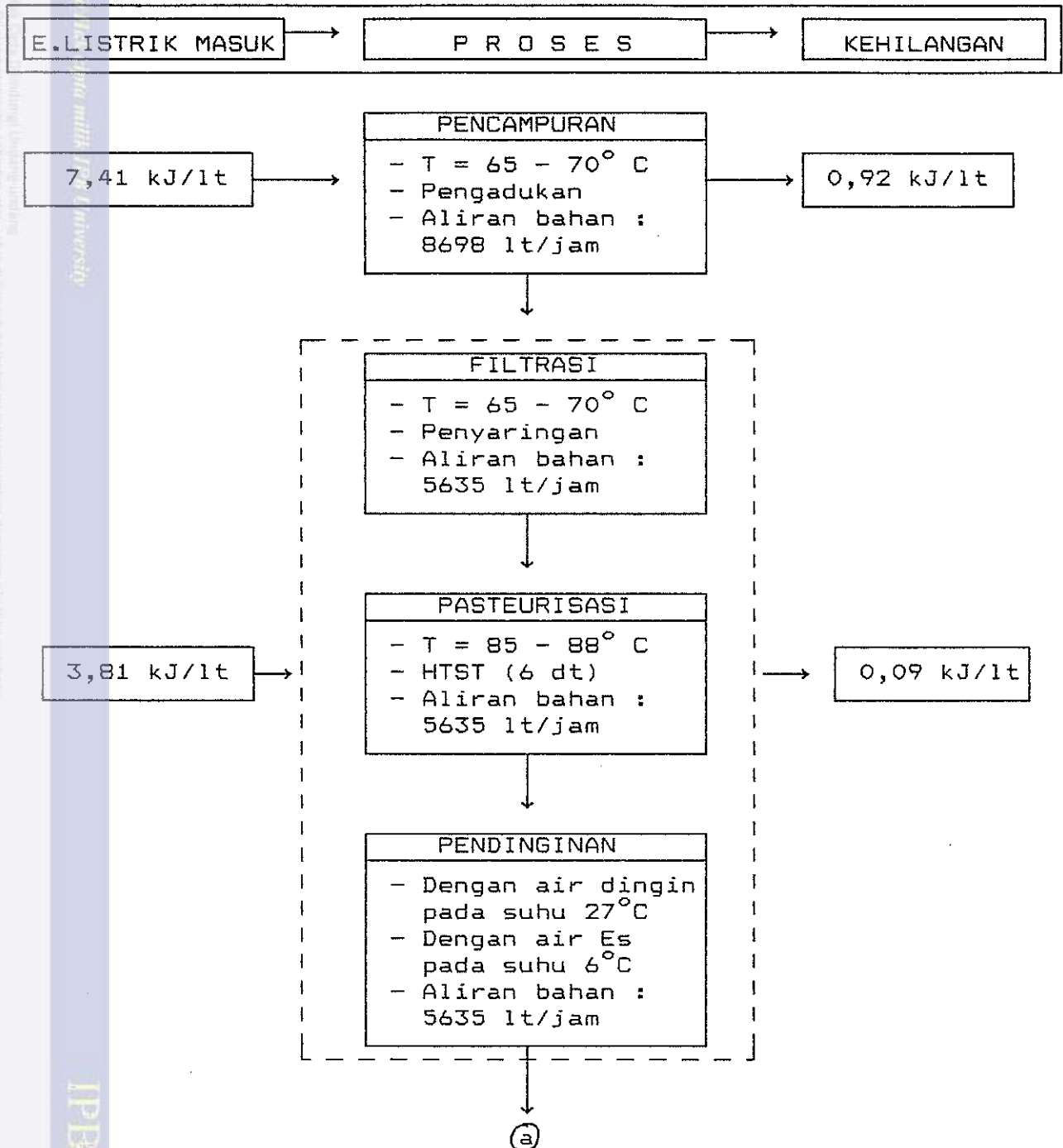
-. Freemark

$$E_{af} = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4f}$$

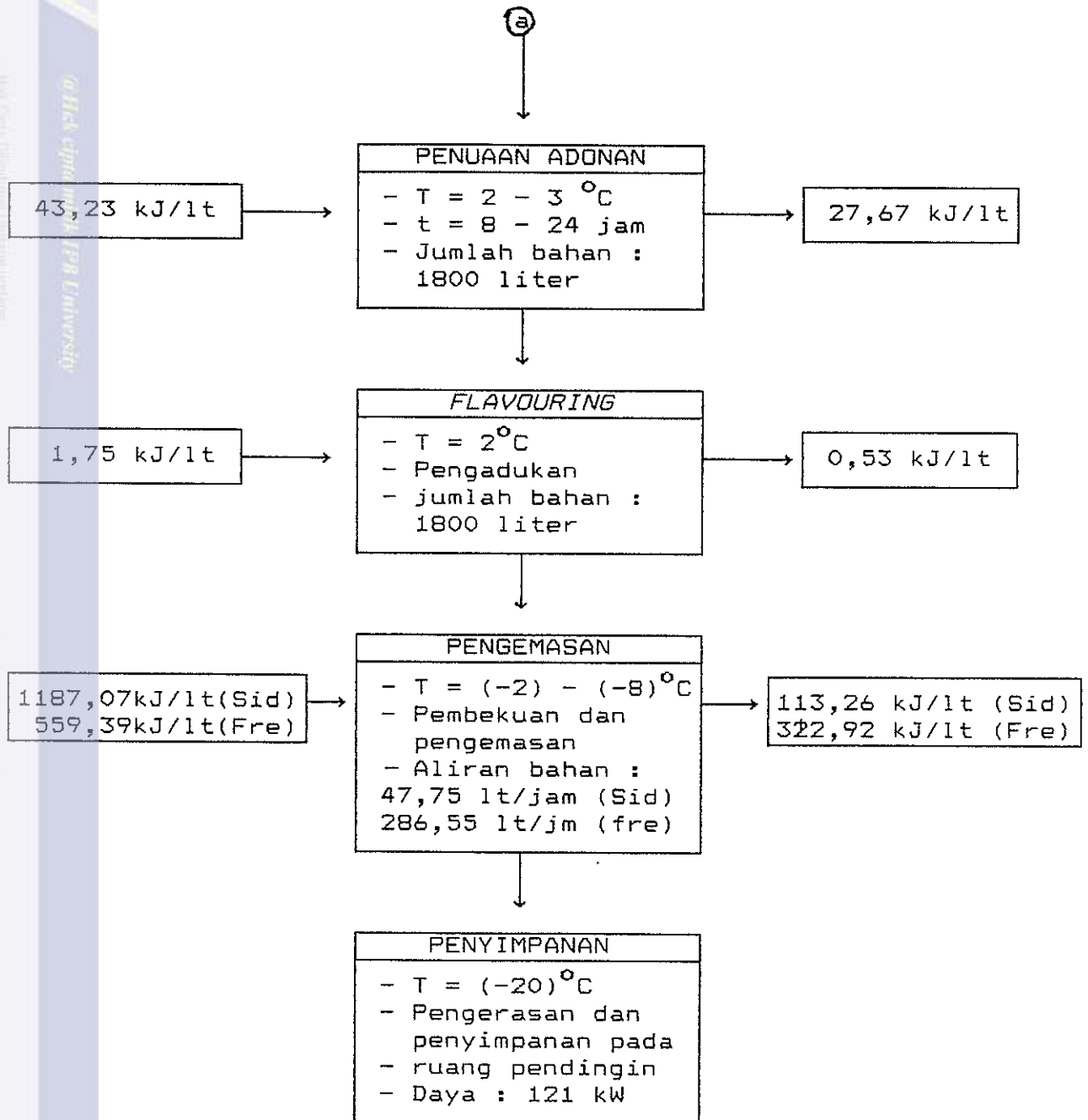
$$= 271\,513.46 \text{ J/ltr} = 271.51 \text{ kJ/ltr}$$

Lampiran 3 : Bagan alir konsumsi energi listrik pada proses produksi

A. Pada proses produksi es sirup

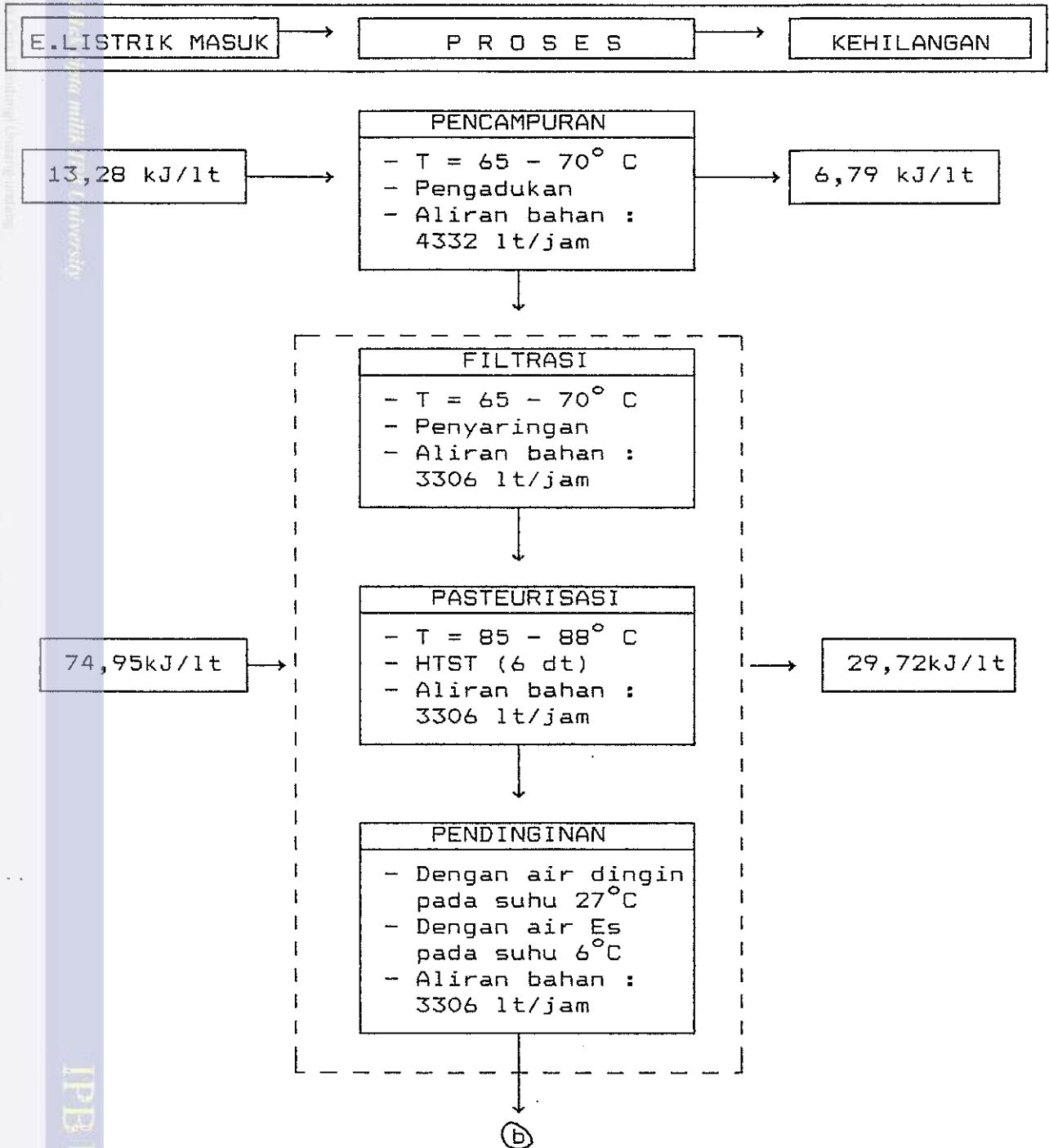


Lampiran 3 : (lanjutan)

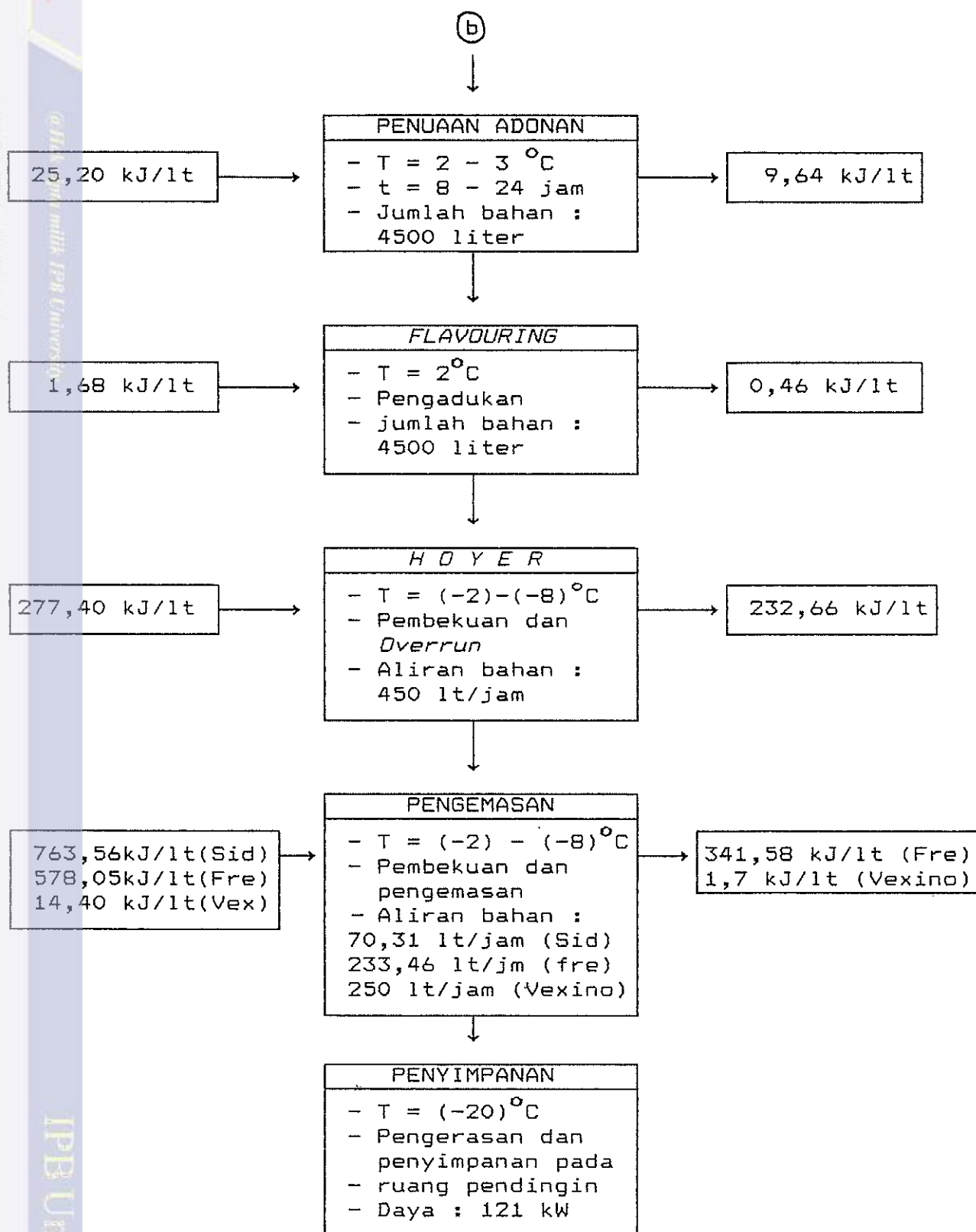


Lampiran 3 : (lanjutan)

B. Pada proses produksi es susu

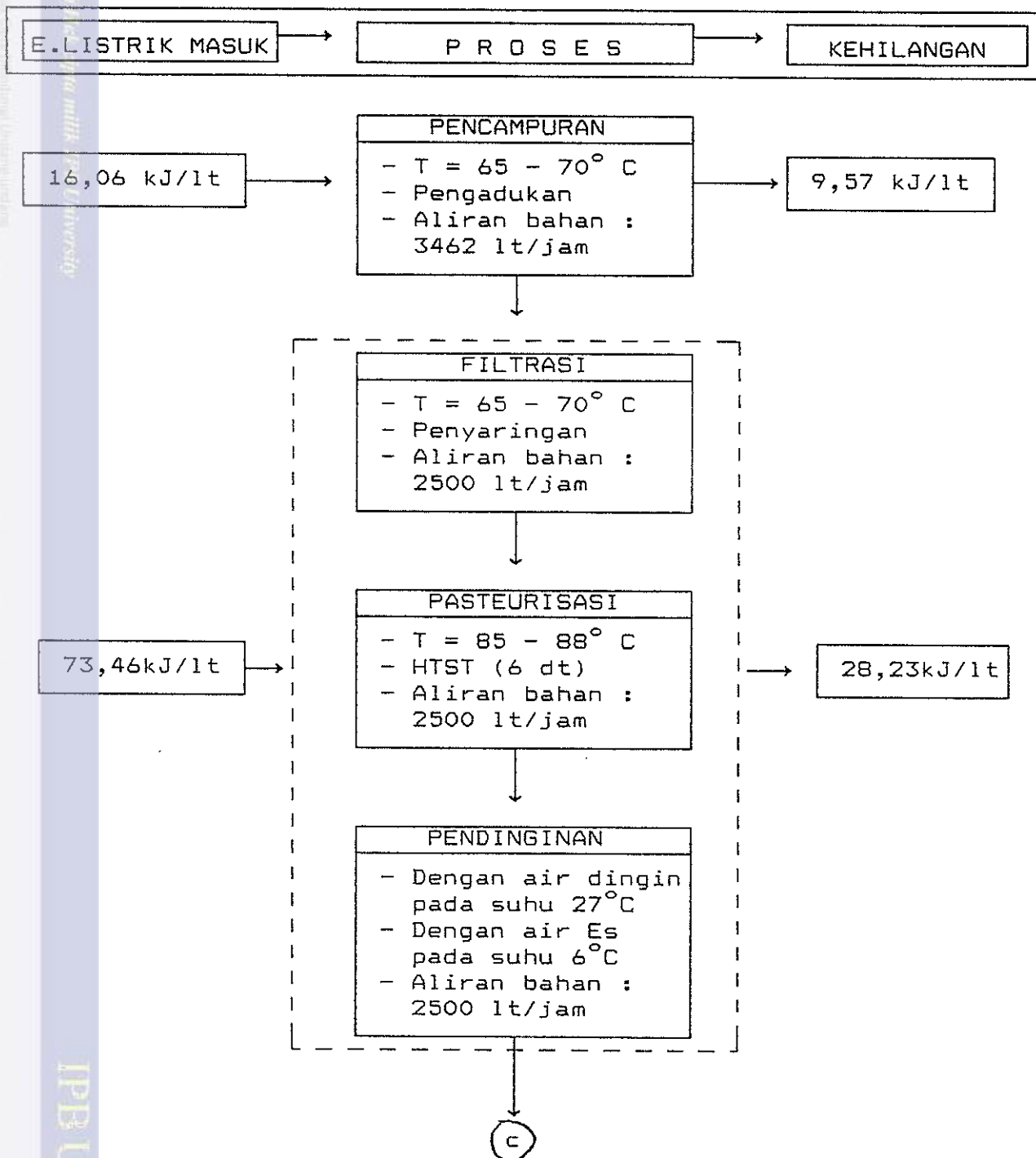


Lampiran 3 : (lanjutan)

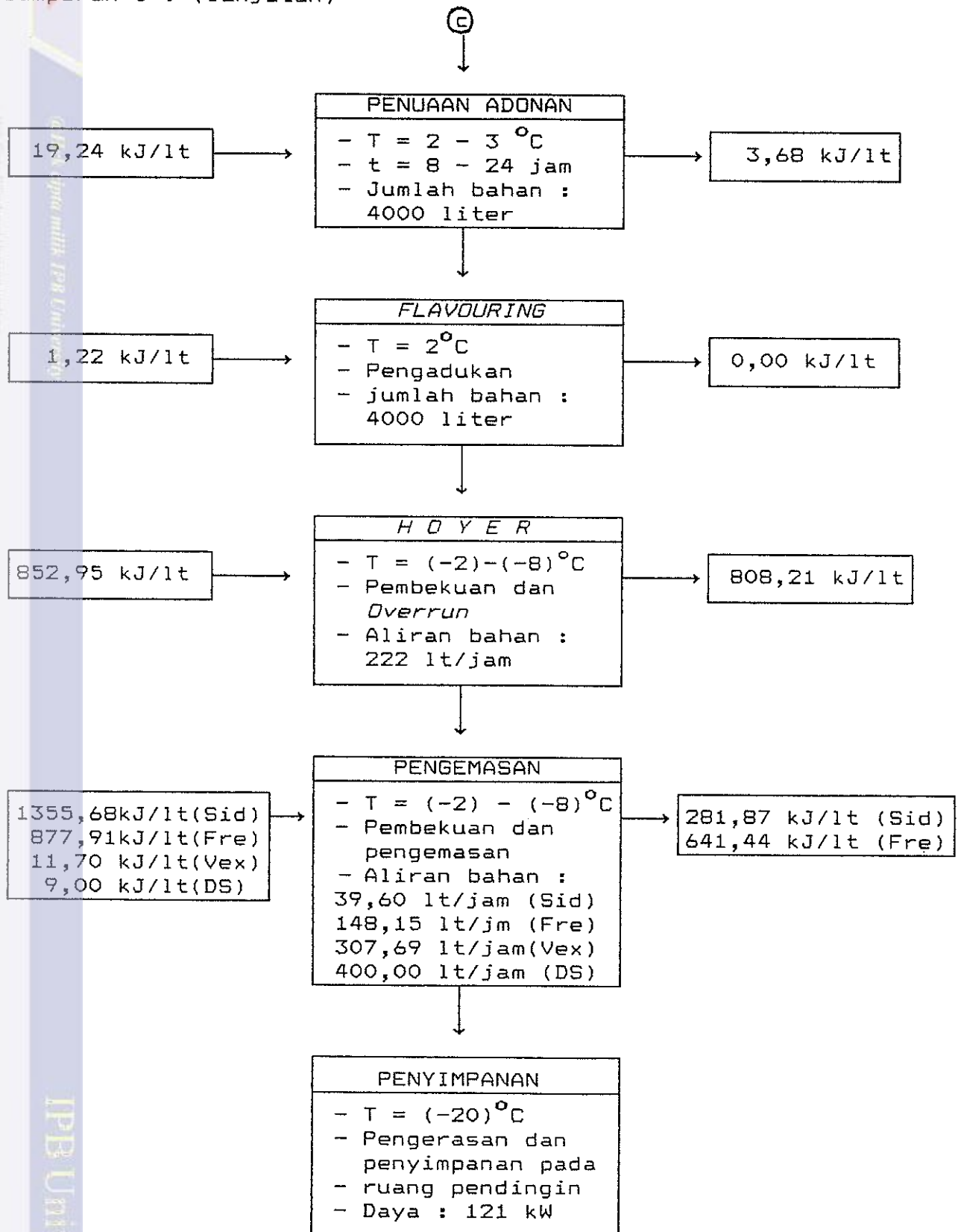


Lampiran 3 : (lanjutan)

C. Pada proses produksi es krim



Lampiran 3 : (lanjutan)



Lampiran 4: Hasil perhitungan beban pendinginan/pembekuan di ruang pendingin

KEBUTUHAN ENERGI UNTUK PENDINGINAN DAN PEMBEKUAN HASIL PRODUKSI

Q3 (kJ) (M*KJ1)	Q2 (kJ) (M*C*dT2)	Q1 (kJ) (M*C*dT1)	Q (kJ) (Q1+Q2+Q3)	JUMLAH LTR	TBHNMSK
KJ1=3.02	delta T2=12		0.00	0.00	
5.77	77575.29	81023.08	158604.14	1912.04	-8.60
9.59	128903.33	128903.33	257816.25	3177.15	-9.00
13.00	174626.92	126119.44	300759.36	4304.12	-11.50
8.35	112212.58	68574.35	180795.28	2765.76	-12.50
14.31	192208.67	187937.37	380160.35	4737.47	-9.20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21.92	294504.85	366494.92	661021.68	7258.82	-6.80
20.08	269819.62	233843.67	503683.38	6650.39	-10.20
24.73	332230.31	431899.41	764154.45	8188.66	-6.30
16.59	222814.69	282231.94	505063.21	5491.83	-6.60
7.49	100651.02	74929.09	175587.60	2480.80	-11.30
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7.07	94956.25	92846.11	187809.43	2340.44	-9.20
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10.04	134909.37	175382.17	310301.58	3325.18	-6.30
12.18	163685.79	94574.01	258271.98	4034.45	-12.80
10.57	141945.40	94630.27	236586.24	3498.61	-12.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.00	120971.30	120971.30	241951.61	2981.65	-9.00
14.04	188556.30	152940.11	341510.45	4647.45	-10.70
6.49	87229.15	85290.73	172526.37	2149.98	-9.20
15.59	209495.96	169924.50	379436.05	5163.56	-10.70
8.62	115780.92	115780.92	231570.47	2853.72	-9.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
37.03	497423.67	486369.82	983830.52	12260.27	-9.20

KEBUTUHAN ENERGI UNTUK PENDINGINAN DAN PEMBEKUAN STOCK RETUR:

Q3 (kJ) (M*KJ1)	Q2 (kJ) (M*C*dT2)	Q1 (kJ) (M*C*dT1)	Q (kJ) (Q1+Q2+Q3)	JUMLAH LITER	TBHNMSK
KJ1=3.02	delta T2=12				
2.73	36640.33	9363.64	46006.90	903.09	-15.70
1.05	14086.76	6260.78	20348.67	347.20	-14.00
2.14	28774.84	6394.41	35171.55	709.23	-16.00
1.58	21288.05	5913.35	27203.10	524.70	-15.50
2.54	34125.56	17062.78	51191.07	841.11	-13.50
0.90	12039.25	4548.16	16588.38	296.74	-14.60
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.27	16998.41	3777.42	20777.20	418.97	-16.00
2.90	38983.16	18192.14	57178.42	960.84	-13.80
2.18	29306.54	5861.31	35170.19	722.33	-16.20
1.70	22792.13	9116.85	31910.81	561.77	-14.40
3.07	41256.65	6417.70	47677.66	1016.88	-16.60
1.58	21181.42	2353.49	23536.61	522.07	-17.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.81	37726.48	12575.49	50305.00	929.87	-15.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.47	33243.80	10342.52	43588.98	819.38	-15.20
1.62	21816.50	7272.17	29090.41	537.72	-15.00
3.67	49353.16	27418.42	76775.54	1216.43	-13.00
0.85	11370.55	6316.97	17688.43	280.26	-13.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.78	37295.77	33151.80	70450.55	919.25	-10.00
2.49	33502.21	14889.87	48394.76	825.75	-14.00
2.41	32338.72	10779.57	43120.89	797.07	-15.00
1.52	20371.53	7922.26	28295.42	502.11	-14.50
2.64	35400.37	15733.50	51136.70	872.53	-14.00
1.99	26743.64	12480.37	39226.15	659.17	-13.80
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.70	36206.94	6436.79	42646.63	892.41	-16.40
2.27	30524.22	10174.74	40701.41	752.35	-15.00

**KEBUTUHAN ENERGI UNTUK PENDINGINAN/PEMBEKUAN BAHAN
DALAM RUANG PENDINGIN**

Hari Ke	JUMLAH(KG) CHAMBER	JUMLAH(KG) St.RETURN	JUMLAH(KG) HASILPROD	Q (kJ) Keseluruhan
1	85120.70	0.00	0.00	18.65
2	86988.13	948.25	2007.64	204630.10
3	85319.76	364.56	3336.01	278183.62
4	84974.84	744.69	4519.33	335949.53
5	83258.30	550.93	2904.05	208016.62
6	83019.47	883.17	4974.34	431369.60
7	85283.07	311.57	0.00	16607.06
8	81123.78	0.00	0.00	17.77
9	76083.27	439.92	7621.76	681815.55
10	79298.29	1008.88	6982.91	560879.17
11	79530.26	758.45	8598.09	799342.06
12	86830.12	589.86	5766.43	536993.04
13	90328.99	1067.72	2604.84	223285.05
14	90613.80	548.17	0.00	23556.46
15	91089.48	0.00	0.00	19.95
16	85411.55	976.36	2457.46	238133.14
17	85866.75	0.00	0.00	18.81
18	74927.30	860.35	3491.44	353906.98
19	76136.23	564.61	4236.17	287379.07
20	75995.26	1277.26	3673.54	313378.42
21	78268.29	294.27	0.00	17705.57
22	81090.52	0.00	0.00	17.76
23	73064.74	965.21	3130.73	312418.17
24	70298.30	867.03	4879.82	389920.61
25	68764.72	836.92	2257.48	215662.32
26	65154.02	527.21	5421.74	407745.74
27	68269.49	916.16	2996.40	282722.12
28	69168.74	692.12	0.00	39241.30
29	69865.06	0.00	0.00	15.30
30	66816.64	937.03	0.00	42661.27
31	63509.10	789.96	12873.28	1024545.84

**KEBUTUHAN ENERGI PEMBEKUAN UNTUK STOK BAHAN
DALAM RUANG PENDINGIN**

Q (kJ) (M * kJ)	JUMLAH (M3)	JUMLAH (LTR)	KEADAAN
18.65	81.07	81067.34	TCHAMBER
19.05	82.85	82845.84	TCHAMBER
18.69	81.26	81256.91	TCHAMBER
18.61	80.93	80928.42	TCHAMBER
18.24	79.29	79293.62	TCHAMBER
18.19	79.07	79066.16	TCHAMBER
18.68	81.22	81221.98	TCHAMBER
17.77	77.26	77260.75	TCHAMBER
16.67	72.46	72460.26	TCHAMBER
17.37	75.52	75522.18	TCHAMBER
17.42	75.74	75743.11	TCHAMBER
19.02	82.70	82695.36	TCHAMBER
19.79	86.03	86027.61	TCHAMBER
19.85	86.30	86298.86	TCHAMBER
19.95	86.75	86751.88	TCHAMBER
18.71	81.34	81344.33	TCHAMBER
18.81	81.78	81777.86	TCHAMBER
16.41	71.36	71359.33	TCHAMBER
16.68	72.51	72510.69	TCHAMBER
16.65	72.38	72376.43	TCHAMBER
17.14	74.54	74541.23	TCHAMBER
17.76	77.23	77229.07	TCHAMBER
16.00	69.59	69585.47	TCHAMBER
15.40	66.95	66950.77	TCHAMBER
15.06	65.49	65490.21	TCHAMBER
14.27	62.05	62051.45	TCHAMBER
14.95	65.02	65018.56	TCHAMBER
15.15	65.87	65874.99	TCHAMBER
15.30	66.54	66538.15	TCHAMBER
14.64	63.63	63634.90	TCHAMBER
13.91	60.48	60484.86	TCHAMBER

```
'Perhitungan Beban Pendinginan
cls
dim Tr(30),Qd(30),Qdh(30),Qrh1(18),Qrh2(9)
l=12.6
p=25
t=3.6
A=2*p*t+2*l*t+p*l
fi=9.37
k1=228
k2=0.029
fo=22.77
x1=3*10^(-3)
x2=0.2
R=1/fi+x1/k1+x2/k2+1/fo
U=1/R
Q=0
for i=1 to 30
read Tr(i)
Qd(i)=A*U*(Tr(i)-(-20))
Q=Q+Qd(i)
next i
Qr=Q/30
print " Beban Dinding = ";Qr

data 28.55,28.24,28.63,31.55,30.81,29.02,28.55,28.45,28.39,31.35
data 28.65,31.07,30.15,31.72,28.82,28.50,28.23,28.60,28.40,29.32
data 31.20,31.02,28.90,31.50,28.70,29.32,30.80,31.43,28.63,28.50
```

Beban dinding : 4.119,67 watt



'Perhitungan Beban Pendinginan

```
cls
dim Tr(30), Qdht(30)
l=12.6
t=3.6
A=l*t
fi=9.37
k1=228
k2=0.029
fo=22.77
x1=3*10^(-3)
x2=0.2
R=1/fi+x1/k1+x2/k2+1/fo
U=1/R
Q=0
for i=1 to 30
read Tr(i)
Qdht(i)=A*U*(Tr(i)+3-(-20))
Q=Q+Qdht(i)
next i
Qr=Q/30
print " Beban dinding Timur = ";Qr
```

```
data 27.9,28.1,28.1,28.3,28.4,28.6,28.6,28.8,28.8,29.0
data 29.0,28.9,28.9,28.8,28.8,28.8,29.2,30.0,30.2,30.6
data 30.9,31.1,31.5,31.3,31.3,31.0,30.8,30.3,30.0,29.8
```

Beban dinding Timur : 338,09 watt

'Perhitungan Beban Pendinginan
cls

```

dim Tr(30), Qdhs(30)
t=3.6
p=25
A=p*t
fi=9.37
k1=228
k2=0.029
fo=22.77
x1=3*10^(-3)
x2=0.2
R=1/fi+x1/k1+x2/k2+1/fo
U=1/R
Q=0
for i=1 to 30
read Tr(i)
Qdhs(i)=A*U*(Tr(i)+2-(-20))
Q=Q+Qdhs(i)
next i
Qr=Q/30
print " Beban dinding Selatan = ";Qr

data 29.1,29.7,30.5,31.4,32.3,32.9,33.8,34.1,34.3,34.3
data 34.2,33.9,32.8,32.3,31.8,29.0,29.8,30.5,30.9,31.7
data 32.6,32.9,33.2,33.8,33.5,33.5,33.1,32.6,31.7,31.0

```

Beban dinding Selatan : 692,70 watt

PERHITUNGAN BEBAN UDARA MASUK

Qi (kg/m ³)	Hi (kJ/kg)	Or (kg/m ³)	Fm	Q (kW)	Qb (kW)
1.17508048	61	1.35255992	0.96504768	77.1365932	385.682966
1.17075562	65	1.35255992	0.96413739	81.9193349	409.596674
1.16643076	71	1.35255992	0.96322404	88.7566825	177.513365
1.16434842	68	1.35255992	0.96278319	86.2221083	258.666325
1.16018374	75	1.35255992	0.96189933	94.1350142	282.405043
					1513.86437
					84.1035763

$$Q_b = 84,1 \text{ kW}$$

Untuk pintu dalam (pemasukan dari ruang produksi)

$$F_r = 0,5$$

$$N_p = 240 \text{ kali}$$

$$T_p = 25 \text{ dt/pembukaan}$$

$$T_o = 60 \text{ dt}$$

$$T_d = 24 \text{ jam}$$

$$F_t = \left(\frac{N_p \cdot T_p + T_o}{3600 \cdot T_d} \right)$$

$$= \frac{240 \cdot 25 + 60}{3600 \cdot 24}$$

$$= 0,07$$

maka,

$$Q_{br1} = 0,5 \cdot 0,07 \cdot 84,1$$

$$= 6 \text{ kW}$$

lampiran 5 : (lanjutan).

Untuk pintu luar (pengeluaran produk untuk pemasaran)

$$F_r = 1$$

$$T_o = 2 \text{ jam}$$

$$F_t = \frac{2 * 3600}{24 * 3600}$$

$$= 0,08$$

maka

$$Q_{or2} = 0,08 * 84,1 = 7 \text{ kW}$$

maka, nilai Q untuk kedua pintu tersebut:

$$Q_{or} = 13 \text{ kW}$$



Lampiran 6 : Beban Akibat Pekerja dan Motor pada ruang pendingin

1. Beban akibat orang bekerja pada ruang pendingin

a. Jumlah pekerja : 2 orang

Jenis pekerjaan : memasukkan es terkemas
ke dalam chamber

$$Heo = 0,407 \text{ kW}$$

$$T = 4 \text{ jam} = 14\,400 \text{ dtk}$$

maka,

$$\begin{aligned} Qd1 &= Nor * Heo * T \\ &= 2 * 0,407 * 14.400 \\ &= 11.721,6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

b. Jumlah pekerja : 3 orang

Jenis pekerjaan : pemuatan produk dari chamber ke
kendaraan armada distribusi,

$$Heo = 0,407 \text{ kW}$$

$$T = 2 \text{ jam} = 7200 \text{ dtk}$$

maka,

$$\begin{aligned} Qd2 &= 3 * 0,407 * 7200 \\ &= 8.791,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

c. Jumlah pekerja : 3 orang

Jenis kerja : merapikan dan mengatur produk
dalam chamber

$$Heo = 0,407 \text{ kW}$$

$$T = 2 \text{ jam} = 7200 \text{ dtk}$$

maka,

$$\begin{aligned} Qd3 &= 3 * 0,407 * 7200 \\ &= 8.791,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Qd &= Qd1 + Qd2 + Qd3 \\ &= 29.304 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Beban akibat motor

a. motor berkekuatan 1,34 kW

jumlah motor : 9

$$Hem = 1,67$$

$$T = 24 \text{ jam} = 86\,400 \text{ dtk}$$

Lampiran 6 :(lanjutan)

maka,

$$\begin{aligned} Q_{e1} &= N_m * kW_m * H_{em} * T \\ &= 8 * 1,34 * 1,67 * 86\ 400 \\ &= 1.741.440,26 \text{ kJ} \end{aligned}$$

b. motor berkekuatan 2,68 Hp

jumlah motor : 4

$$H_{em} = 1,45$$

$$T = 24 \text{ jam} = 86.400$$

maka,

$$\begin{aligned} Q_{e2} &= N_m * H_{em} * kW_m * T \\ &= 4 * 1,45 * 2,68 * 86\ 400 \\ &= 1.343.001,6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Q_e &= Q_{e1} + Q_{e2} \\ &= 3.084.441,86 \end{aligned}$$

3. Beban akibat lampu

$$D = 5000 \text{ W}$$

$$T = 24 \text{ jam}$$

$$H_{el} = 3,6 \text{ kJ}/(\text{W jam})$$

maka,

$$\begin{aligned} Q_f &= H_{el} * D * T \\ &= 3,6 * 5.000 * 24 \\ &= 432.000 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Beban akibat heater

$$D = 1.000 \text{ W}$$

maka,

$$\begin{aligned} Q_g &= 1 \text{ kW} * 24 * 60 * 60 \\ &= 86.400 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Maka beban panas keseluruhan akibat pekerja, motor, lampu dan heater adalah:

$$\begin{aligned} Q_o &= Q_d + Q_e + Q_f + Q_g \\ &= (29\ 304 + 3\ 084\ 441,86 + 432\ 000 + 86400) \text{ kJ} \\ &= 3.632.145,86 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Lampiran 7 : Perhitungan kebutuhan energi pendinginan pada peralatan

A. Es Sirup

1. Proses penuaan adonan

$$m = 1800 \text{ ltr} = 1800 \text{ ltr} * 1,005 \text{ kg/ltr} = 1809 \text{ kg}$$

$$c = 3,22 \text{ kJ/kg K}$$

$$t_1 = 6^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 2^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= m * c * (t_1 - t_2) \\ &= 1809 * 3,22 * (6 - 2^{\circ}\text{C}) \\ &= 23.299,92 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Proses Pada Sidam

$$m = 1800 \text{ ltr} = 1809 \text{ kg}$$

$$PL = 3,02 \text{ kJ/kg}$$

$$t_1 = 6,8^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = -8^{\circ}\text{C}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{a. } Q_{2a} &= 1809 * 3,22 * (6,8 - (-2)) \\ &= 51.259,82 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Q_{2b} &= 1809 * 3,02 \\ &= 5.463,18 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Q_{2c} &= 1809 * 3,22 * (-2 - (-8)) \\ &= 34.949,88 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_{2a} + Q_{2b} + Q_{2c} \\ &= 91.672,88 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Proses Pada Freemark

$$m = 1800 \text{ ltr} = 1809 \text{ kg}$$

$$t_1 = 2,9^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = -10^{\circ}\text{C}$$

maka,

$$\begin{aligned} Q_{3a} &= 1809 * 3,22 * (2,9 - (-2)) \\ &= 28.542,40 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{3b} &= 1809 * 3,02 \\ &= 5.463,18 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{3c} &= 1809 * 3,22 * (-2 - (-10)) \\ &= 46.599,84 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Lampiran 7 : (lanjutan)

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_3 &= Q_{3a} + Q_{3b} + Q_{3c} \\ &= 80.605,42 \text{ kJ} \end{aligned}$$

B. Es Susu

1. Proses penuaan adonan

$$m = 4500 \text{ ltr} = 4500 \text{ ltr} * 1,030 \text{ kg/ltr} = 4635 \text{ kg}$$

$$c = 3,22 \text{ kJ/kg K}$$

$$t_1 = 6^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 2^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= m * c * (t_1 - t_2) \\ &= 4635 * 3,22 * (6 - 2^{\circ}\text{C}) \\ &= 59.698,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Proses Pada Hoyer

$$m = 4500 \text{ ltr} = 4635 \text{ ltr}$$

$$t_1 = 6,4^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = -4,2^{\circ}\text{C}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{a. } Q_{2a} &= 4635 * 3,22 * (6,4 - (-2)) \\ &= 125.367,48 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Q_{2b} &= 4635 * 3,02 \\ &= 13.997,7 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Q_{2c} &= 4635 * 3,22 * (-2 - (-4,2)) \\ &= 32.834,34 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_{2a} + Q_{2b} + Q_{2c} \\ &= 172.199,52 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Proses Pada Sidam

$$m = 4500 \text{ ltr} = 4635 \text{ kg}$$

$$PL = 3,02 \text{ kJ/kg}$$

$$t_1 = 6,8^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = -8^{\circ}\text{C}$$

maka,

$$\begin{aligned} \text{a. } Q_{3a} &= 4635 * 3,22 * (6,8 - (-2)) \\ &= 131.337,36 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Lampiran 7 : (lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{b. } Q_{3b} &= 4635 * 3,02 \\ &= 13.997,7 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Q_{3c} &= 4635 * 3,22 * (-2 - (-8)) \\ &= 89.548,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_3 &= Q_{3a} + Q_{3b} + Q_{3c} \\ &= 234.883,3 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Proses Pada Freemark

$$m = 4500 \text{ ltr} = 4635 \text{ kg}$$

$$t_1 = 2,9^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -10^\circ\text{C}$$

maka,

$$\begin{aligned} Q_{4a} &= 4635 * 3,22 * (2,9 - (-2)) \\ &= 73.131,03 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{4b} &= 4635 * 3,02 \\ &= 13.997,7 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{4c} &= 4635 * 3,22 * (-2 - (-10)) \\ &= 119.397,6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_4 &= Q_{4a} + Q_{4b} + Q_{4c} \\ &= 206.526,33 \text{ kJ} \end{aligned}$$

C. Es Krim

1. Proses penuaan adonan

$$m = 4000 \text{ ltr} = 4000 \text{ ltr} * 1,100 \text{ kg/ltr} = 4400 \text{ kg}$$

$$c = 3,22 \text{ kJ/kg K}$$

$$t_1 = 6^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 2^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= m * c * (t_1 - t_2) \\ &= 4400 * 3,22 * (6 - 2^\circ\text{C}) \\ &= 56.672 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Proses Pada Hoyer

$$m = 4000 \text{ ltr} = 4400 \text{ ltr}$$

$$t_1 = 6,4^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -4,2^\circ\text{C}$$

$$\text{a. } Q_{2a} = 4400 * 3,22 * (6,4 - (-2))$$

Lampiran 7 : (lanjutan)

$$= 119.011,2 \text{ kJ}$$

$$b. Q_{2b} = 4400 * 3,02$$

$$= 13.288 \text{ kJ}$$

$$c. Q_{2c} = 4400 * 3,22 * (-2 - (-4,2))$$

$$= 31.169,6 \text{ kJ}$$

Sehingga,

$$Q_2 = Q_{2a} + Q_{2b} + Q_{2c}$$

$$= 163.468,8 \text{ kJ}$$

3. Proses Pada Sidam

$$m = 4000 \text{ ltr} = 4400 \text{ kg}$$

$$PL = 3,02 \text{ kJ/kg}$$

$$t_1 = 6,8^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -8^\circ\text{C}$$

$$a, Q_{3a} = 4400 * 3,22 * (6,8 - (-2))$$

$$= 124.678,4 \text{ kJ}$$

$$b, Q_{3b} = 4400 * 3,02$$

$$= 13.288 \text{ kJ}$$

$$c, Q_{3c} = 4400 * 3,22 * (-2 - (-8))$$

$$= 85.008 \text{ kJ}$$

Sehingga,

$$Q_3 = Q_{3a} + Q_{3b} + Q_{3c}$$

$$= 222.974,4 \text{ kJ}$$

4. Proses Pada Freemark

$$m = 4000 \text{ ltr} = 4400 \text{ kg}$$

$$t_1 = 2,9^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -10^\circ\text{C}$$

$$Q_{4a} = 4400 * 3,22 * (2,9 - (-2))$$

$$= 69.423,2 \text{ kJ}$$

$$Q_{4b} = 4400 * 3,02$$

$$= 13.288 \text{ kJ}$$

$$Q_{4c} = 4400 * 3,22 * (-2 - (-10))$$

$$= 113.344 \text{ kJ}$$

Sehingga,

$$Q_4 = Q_{4a} + Q_{4b} + Q_{4c}$$

$$= 196.055,2 \text{ kJ}$$

Lampiran B : Perhitungan tenaga pompa dalam pengaliran adonan pada proses produksi dengan memperhitungkan kerugian tinggi tekan (*Head*)

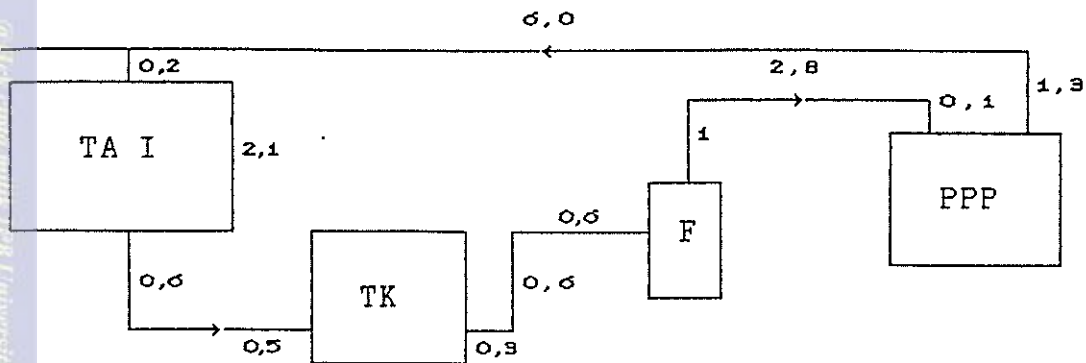
Keadaan peralatan pompa dan pipa penyaluran adonan secara umum adalah sebagai berikut:

- Pompa untuk sirkulasi berkekuatan 7,46 kW
- Pompa untuk pemompa adonan dari tanki II berkekuatan 4,103 kW
- Katup pada pipa berjenis katup gerbang dengan nilai $K = 0,19$
- Belokan pada pipa menggunakan siku standar, nilai $K = 0,9$
- Lubang masuk dari reservoir ke pipa bertepi siku, nilai $K = 0,5$
- Lubang masuk dari pipa ke reservoir berjenis masuk balik, nilai $K = 1$
- Tekanan pada Filter : 87 psi = 599.847,6 N/m²
- Tekanan pada Plat Pindah Panas : 116 psi = 799.800 N/m²
- Tekanan pada Homogeniser : 250 psi = 1.723.700 N/m²
- d (diameter) pipa = 0,0508 m
- $\frac{e}{d}$ pipa besi galvanisasi = 0,003

Lampiran B : (lanjutan)

1, Pada pengolahan adonan Es Sirup

a, Sirkulasi dari Tanki Adonan I ke Plat Pindah Panas



Keterangan :

- Katup : 1 buah
- Belokan : 5 buah
- Lubang masuk dari Reservoar (R) ke pipa (P) : 3 buah
- Lubang masuk dari P ke R : 4
- Z^+ : 2,9 m
- Z^- : 2,9 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan karena gesekan : 10,3 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,8424 m/dt
- G (debit) = 0,001911 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Sirup) = 1003 kg/m³
- μ (viskositas) = 0,001011 kg/m dt
- Bilangan Reynold (Re):

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$= \frac{1003 * 0,8424 * 0,0508}{0,001011}$$

$$= 4,7513 * 10^4$$

$$f \text{ (faktor gesekan pipa)} = 0,014$$

Lampiran 8 : (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 0,19 * \frac{0,9424^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,8604 * 10^{-3} \text{ m}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 5 * 0,9 * \frac{0,9424^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,2038 \text{ m}$$

- masuk dari R ke P

$$H_3 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,5 * \frac{0,9424^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0679 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_4 = \frac{V^2}{2g} = 4 * \frac{0,9424^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,180 \text{ m}$$

- kehilangan karena gesekan

$$H_5 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,014 * \frac{10,3}{0,0508} * \frac{0,9424^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,128 \text{ m}$$

- Filter

$$H_6 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{599.847,6}{9,81 * 1003}$$

$$= 60,964 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_7 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{799.800}{9,81 * 1003}$$

$$= 81,3 \text{ m}$$

- Z = 0

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

$$= 142,845 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

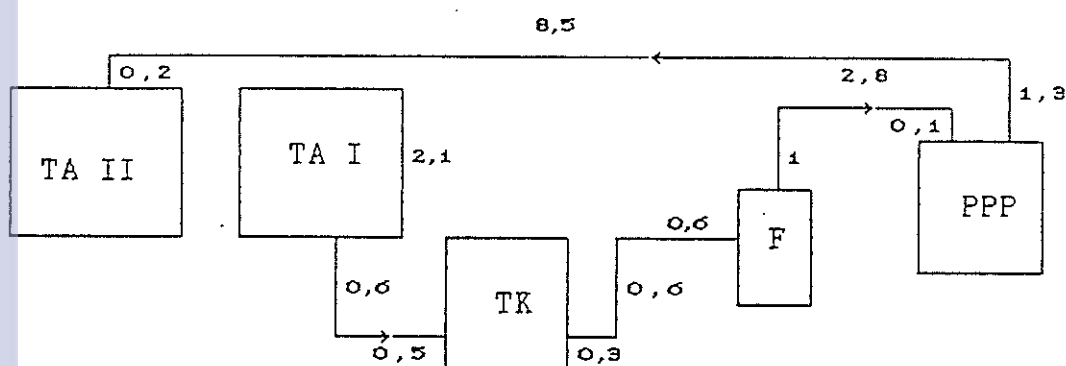
maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

$$= \frac{1003 * 9,81 * 0,001911 * 142,845}{0,85 * 0,81}$$

$$= 3\,901 \text{ W} = 3,901 \text{ kW}$$

b, Sirkulasi dari TA I ke Plat Pindah Panas menuju TA II



Keterangan :

- Katup : 1 buah
- Belokan : 5 buah
- Lubang masuk dari Reservoir (R) ke pipa (P) : 3 buah
- Lubang masuk dari P ke R : 4
- Z : 2,9 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan : 12,7 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,9424 m/dt
- G (debit) = 0,001911 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Sirup) = 1003 kg/m³
- μ (viskositas) = 0,001011 kg/m dt

Lampiran 8 : (lanjutan)

- Bilangan Reynold (Re):

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho V D}{\mu} \\ &= \frac{1003 * 0.9424 * 0.0508}{0.001011} \\ &= 4,7513 * 10^4 \end{aligned}$$

- f (faktor gesekan pipa) = 0,014

Sehingga,

- katup

$$\begin{aligned} H_1 &= K \frac{V^2}{2 g} = 0,19 * \frac{0.9424^2}{2 * 9.81} \\ &= 0,8604 * 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

- belokan

$$\begin{aligned} H_2 &= K \frac{V^2}{2 g} = 5 * 0,9 * \frac{0.9424^2}{2 * 9.81} \\ &= 0.2038 \text{ m} \end{aligned}$$

- masuk dari R ke P

$$\begin{aligned} H_3 &= K \frac{V^2}{2 g} = 3 * 0,5 * \frac{0.9424^2}{2 * 9.81} \\ &= 0,0679 \text{ m} \end{aligned}$$

- masuk dari P ke R

$$\begin{aligned} H_4 &= \frac{V^2}{2 g} = 4 * \frac{0.9424^2}{2 * 9,81} \\ &= 0,180 \text{ m} \end{aligned}$$

- pipa horizontal

$$\begin{aligned} H_5 &= f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2 g} = 0.014 * \frac{12.7}{0,0508} * \frac{0.9424^2}{2 * 9,81} \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

Filter

$$\begin{aligned} H_6 &= \frac{P}{\rho * g} = \frac{589.847.6}{9.81 * 1003} \\ &= 60,964 \text{ m} \end{aligned}$$

Lampiran 8 : (lanjutan)

- Plat Pindah Panas

$$H_7 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{739.800}{9.81 * 1003}$$

$$= 81,3 \text{ m}$$

- $Z = 2.9 \text{ m}$

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

$$= 145,777 \text{ m}$$

maka,

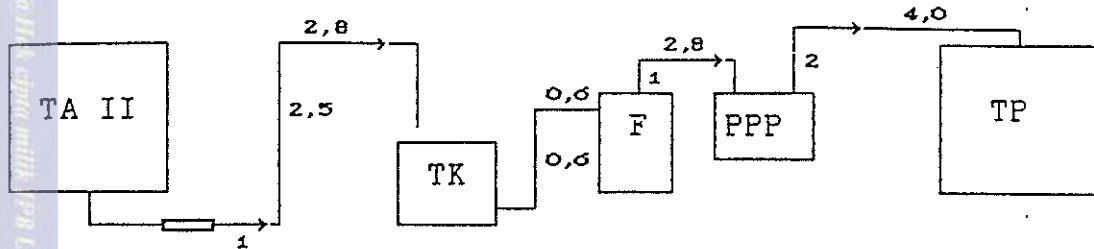
$$P = \frac{\rho * g * G * H}{Eff}$$

$$= \frac{1003 * 9.81 * 0.001911 * 145.777}{0,85 * 0,81}$$

$$= 3.981 \text{ W} = 3,981 \text{ kW}$$

Lampiran B : (lanjutan)

c, Dari Tanki Adonan II menuju Tanki Penuaan



Keterangan :

- Katup₁ : 2 buah
- Belokan₁ : 3 buah
- Belokan₂ : 5 buah
- Masuk dari P ke R (1) : 1
- Masuk dari R ke P (2) : 3
- Z₁ : 2,5 m
- Z₂ : 3,6 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan₁ : 5,7 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan₂ : 7,8 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 1,1650 m/dt
- G (debit) = 0,00236 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Sirup) = 1003 kg/m³
- μ (viskositas) = 0,001011 kg/m dt
- Bilangan Reynold (Re) :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$= \frac{1003 * 1,1650 * 0,0508}{0,001011}$$

$$= 5,8737 * 10^4$$

$$f \text{ (faktor gesekan pipa) } = 0,0135$$

Lampiran 8 : (lanjutan)

Sehingga,

c, 1, Dari Tanki Adonan II ke Tanki Kesenimbangan

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 2 * 0,19 * \frac{1,1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0263$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,9 * \frac{1,1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,1868 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{V^2}{2g} = \frac{1,1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0692 \text{ m}$$

- perhitungan gesekan

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,0135 * \frac{5,70}{0,0508} * \frac{1,1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,105 \text{ m}$$

- $Z = 2,5 \text{ m}$

$$H = \sum_{i=1}^4 H_i + Z$$

$$= 2,8873 \text{ m}$$

maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

$$= \frac{1003 * 9,81 * 0,00236 * 2,8873}{0,85 * 0,81}$$

$$= 97,38 = 0,0974 \text{ kW}$$

c, 2, Dari Tanki Kesenimbangan ke Tanki Penuaan

- belokan

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 5 * 0,9 * \frac{1,1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,3113$$

Lampiran 8 : (lanjutan)

- masuk dari R ke P

$$H_2 = \frac{K \cdot V^2}{2g} = 3 * 0,5 * \frac{1.1650^2}{2 * 9.81}$$

$$= 0,1038 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{V^2}{2g} = 3 * \frac{1.1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,2075 \text{ m}$$

- pipa horizontal

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.0135 * \frac{7.8}{0,0508} * \frac{1.1650^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0.142 \text{ m}$$

- Filter

$$H_5 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{599.847.6}{9.81 * 1003}$$

$$= 60,964 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_6 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{799.800}{9.81 * 1003}$$

$$= 81,3 \text{ m}$$

- Z = 2.7 m

$$H = \sum_{i=1}^6 H_i + Z$$

$$= 145,730 \text{ m}$$

maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{Eff}$$

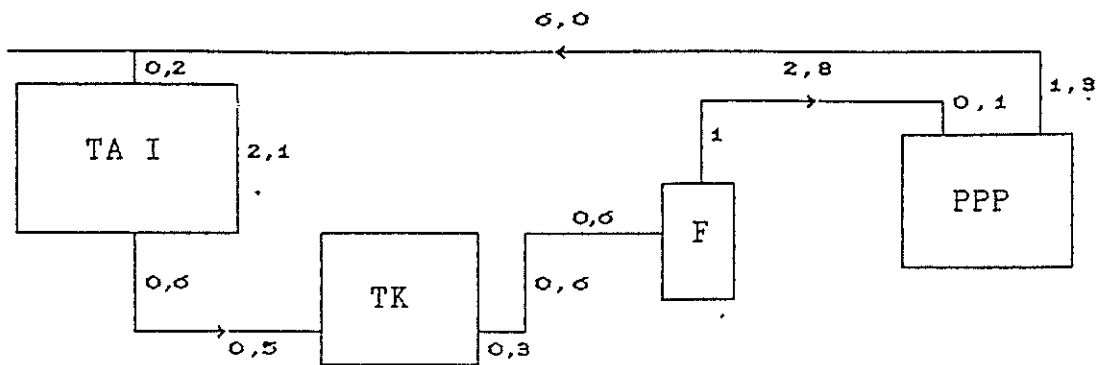
$$= \frac{1003 * 9.81 * 0.00236 * 145.730}{0,85 * 0,81}$$

$$= 4.915 \text{ W} = 4,915 \text{ kW}$$

Lampiran 8 : (lanjutan)

2, Pada Pengolahan Adonan Es Susu

a, Sirkulasi dari Tanki Adonan I ke Plat Pindah Panas



Keterangan:

- Katup : 1 buah
- Belokan : 5 buah
- Lubang masuk dari Reservoar (R) ke pipa (P) : 3 buah
- Lubang masuk dari P ke R : 4
- Z^- : 2,9 m
- Z^+ : 2,8 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan : 10,3 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,7334 m/dt
- G (debit) = 0,0014871 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Susu) = 1050 kg/m³
- μ (viskositas) = 0,001372 kg/m dt
- Bilangan Reynold (Re) :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$= \frac{1050 * 0.7334 * 0.0508}{0.001372}$$

$$= 2,8513 * 10^4$$

$$f \text{ (faktor gesekan pipa)} = 0,015$$

Lampiran B : (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 0,19 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 5,2 * 10^{-3} \text{ m}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 5 * 0,9 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,1234 \text{ m}$$

- masuk dari R ke P

$$H_3 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,5 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0411 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_4 = \frac{V^2}{2g} = 4 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,110 \text{ m}$$

- kehilangan karena gesekan

$$H_5 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,015 * \frac{10,3}{0,0508} * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0834 \text{ m}$$

- Filter

$$H_6 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{589.847,6}{9,81 * 1050}$$

$$= 58,235 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_7 = \frac{P}{\rho * g} = \frac{799.800}{9,81 * 1050}$$

$$= 77,65 \text{ m}$$

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

$$= 136,249 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

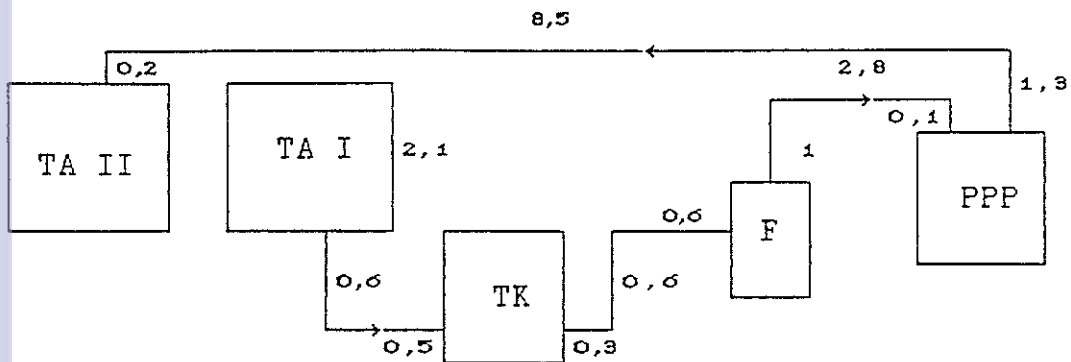
maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

$$= \frac{1050 * 9,81 * 0,001487 * 136,249}{0,85 * 0,81}$$

$$= 3\,031\text{ W} = 3,031\text{ kW}$$

b, Sirkulasi dari TA I ke Plat Pindah Panas menuju TA II



Keterangan :

- Katup : 1 buah
- Belokan : 5 buah
- Lubang masuk dari Reservoar (R) ke pipa (P) : 3 buah
- Lubang masuk dari P ke R : 4
- Z : 2,9 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan karena gesekan : 12,8 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,7334 m/dt
- G (debit) = 0,0014871 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Susu) = 1050 kg/m³
- μ (viskositas) = 0,001372 kg/m dt
- Bilangan Reynold (Re) :

$$= \frac{1050 * 0,7334 * 0,0508}{0,001372}$$

$$= 2,8513 * 10^4$$
- f (faktor gesekan pipa) = 0,015

Lampiran B : (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 0,19 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 5,2 * 10^{-3}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 5 * 0,9 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0.1234 \text{ m}$$

- masuk dari R ke P

$$H_3 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,5 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0411 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_4 = \frac{V^2}{2g} = 4 * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,110 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_5 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.015 * \frac{12,8}{0,0508} * \frac{0,7334^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0.0104 \text{ m}$$

- Filter

$$H_6 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{599.847,6}{9,81 * 1050}$$

$$= 58,235 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_7 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{799.800}{9,81 * 1050}$$

$$= 77,65 \text{ m}$$

- Z = 2,9 m

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

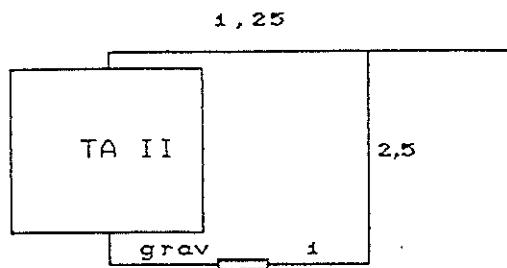
$$= 139.075 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

maka,

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}} \\
 &= \frac{1050 * 9,81 * 0,001487 * 139,075}{0,85 * 0,81} \\
 &= 3\,094 \text{ W} = 3,094 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

c, Sirkulasi dari dan ke TA II untuk proses penyerapan susu bubuk



Keterangan:

- Katup₁ : 1 buah
- Belokan₁ : 3 buah
- Masuk dari P ke R : 1 buah
- Z^- : 2,5 m
- Z^+ : 2,5 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan : 2,25m
- V (kecepatan alir) = 0,5348 m/dt
- G (debit) = $1,085 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$
- ρ (berat jenis Es Susu) = 1050 kg/m^3
- μ (viskositas) = $0,001372 \text{ kg/m dt}$

Bilangan Reynold (Re) :

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho * V * D}{\mu} \\
 &= \frac{1050 * 0,5348 * 0,0508}{0,001372} \\
 &= 2,079 * 10^4
 \end{aligned}$$

f (faktor gesekan pipa) = 0,015

Lampiran D : (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{v^2}{2g} = 1 * 0,19 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 2,77 * 10^{-3} \text{ m}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{v^2}{2g} = 3 * 0,9 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,040 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,015 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,015 * \frac{2,25}{0,0508} * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

$$Z = 0$$

$$H = \sum_{i=1}^4 H_i + Z$$

$$= 0,0678 \text{ m}$$

maka,

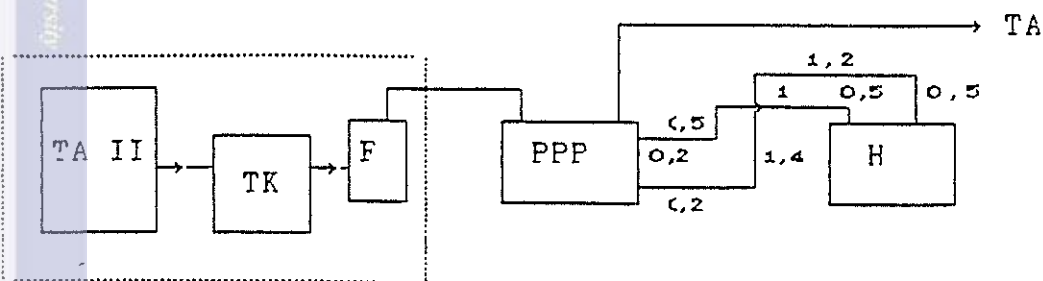
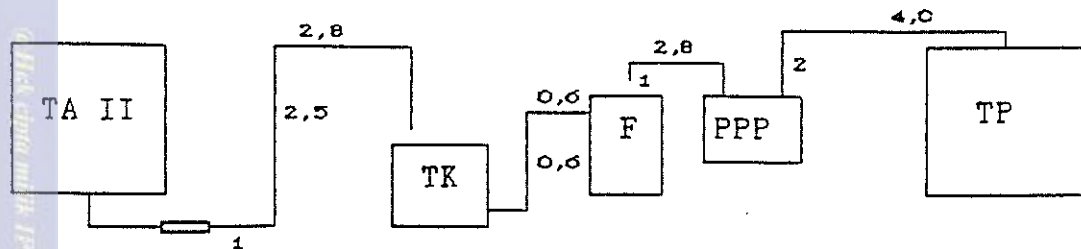
$$P = \frac{\rho * g * G * H}{Eff}$$

$$= \frac{1050 * 9,81 * 1,085 * 10^{-3} * 0,0678}{0,85 * 0,81}$$

$$= 1,10 \text{ W}$$

Lampiran 8 : (lanjutan)

d, Dari Tanki Adonan II menuju Tanki Penuaan



Keterangan :

- Katup: : 2 buah
- Belokan: : 3 buah
- Belokan: : 11 buah
- Masuk dari P ke R (1) : 1 buah
- Masuk dari P ke R (2) : 5 buah
- Masuk dari R ke P (2) : 5 buah
- Z₁ : 2,5 m
- Z₂ : 3,2 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan: : 5,7 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan: : 10,9 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- Homogeniser : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,5348 m/dt
- G (debit) = $1,085 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{dt}$
- ρ (berat jenis Es Susu) = 1050 kg/m³
- Bilangan Reynold (Re) = $2,079 \times 10^4$
- f (faktor gesekan) = 0,015

Lampiran 8: (lanjutan)

d,1, Dari Tanki Adonan I ke Tanki Kesenimbangan

- katup

$$H_1 = K \frac{v^2}{2g} = 2 * 0,19 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 5,58 * 10^{-3}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{v^2}{2g} = 3 * 0,8 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,040 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,015 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,015 * \frac{5,7}{0,0508} * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0245 \text{ m}$$

- Z = 2,5 m

$$H = \sum_{i=1}^4 H_i + Z$$

$$H = 2,585 \text{ m}$$

maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{Eff}$$

$$= \frac{1050 * 9,81 * 1,085 * 10^{-3} * 2,585}{0,85 * 0,81}$$

$$= 41,861 \text{ W} = 42 \text{ W}$$

d,2, Dari Tanki Kesenimbangan ke Tanki Penuaan

- belokan

$$H_1 = K \frac{v^2}{2g} = 11 * 0,8 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,1460 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

- masuk dari R ke P

$$H_2 = \frac{K \cdot v^2}{2 \cdot g} = 5 * 0,5 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,037 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{v^2}{2 \cdot g} = 5 * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,074 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_4 = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,015 * \frac{10,9}{0,0508} * \frac{0,5348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0486 \text{ m}$$

- Filter

$$H_5 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{588.847,6}{9,81 * 1050}$$

$$= 58,235 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_6 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{788.800}{9,81 * 1050}$$

$$= 77,65 \text{ m}$$

- Homogeniser

$$H_7 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{1.723.700}{9,81 * 1050}$$

$$= 167,34 \text{ m}$$

- Z = 3,2 m

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

$$= 306,731 \text{ m}$$

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

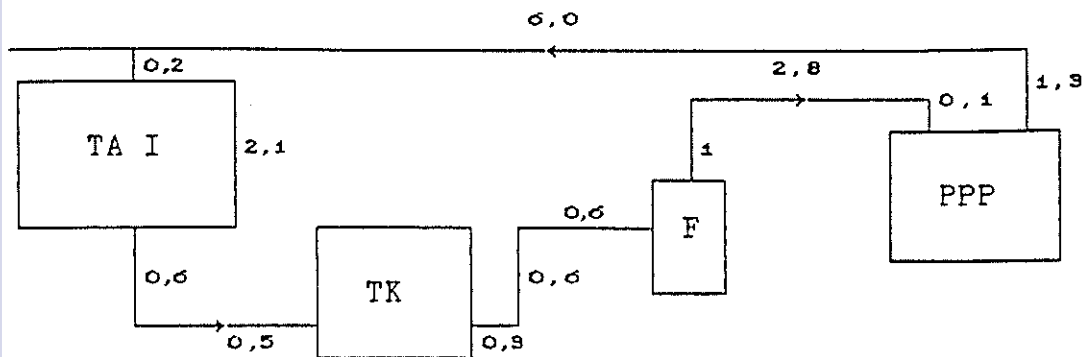
$$= \frac{1050 * 9,81 * 1,085 * 10^{-3} * 306,731}{0,85 * 0,81}$$

$$= 4.978 \text{ W} = 4,978 \text{ kW}$$

Lampiran B : (lanjutan)

3, Pada Pengolahan Adonan Es Krim

a, Sirkulasi dari Tanki Adonan I ke Plat Pindah Panas



Keterangan:

- Katup : 1 buah
- Belokan : 5 buah
- Lubang masuk dari Reservoar (R) ke pipa (P) : 3 buah
- Lubang masuk dari P ke R : 4
- Z : 0
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan : 10,3 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,533 m/dt
- G (debit) = 0,001081 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Krim) = 1100 kg/m³
- μ (viskositas) = 0,002128 kg/m dt
- Re (bilangan Reynold) = $\frac{1100 * 0,533 * 0,0508}{0,002128}$
- = 1,3996 * 10⁴
- f (faktor gesekan pipa) = 0,0155

Lampiran B · (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 0,19 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 2,8 * 10^{-3} \text{ m}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 5 * 0,8 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,066 \text{ m}$$

- masuk dari R ke P

$$H_3 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,5 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,022 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_4 = \frac{V^2}{2g} = 4 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,058 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_5 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,2433 * \frac{10,7}{0,0508} * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,046 \text{ m}$$

- Filter

$$H_6 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{599.847,6}{9,81 * 1100}$$

$$= 55,588 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_7 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{789.800}{9,81 * 1100}$$

$$= 74,12 \text{ m}$$

$$Z = 0$$

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

$$= 129,907 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

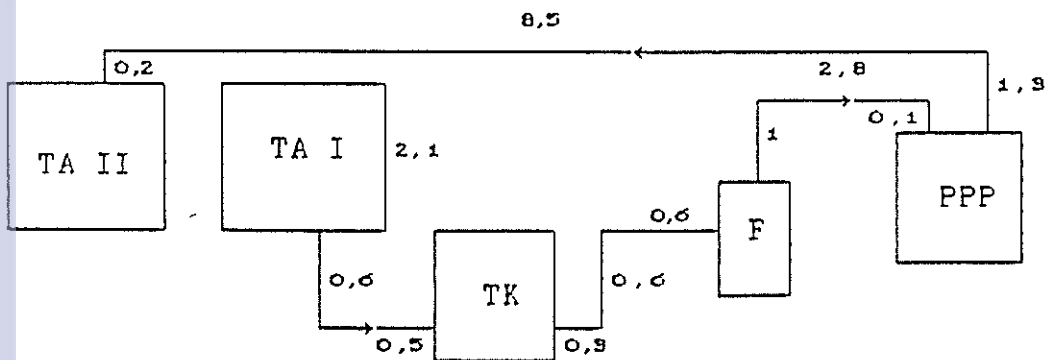
maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

$$= \frac{1100 * 9,81 * 0,001081 * 129,907}{0,85 * 0,81}$$

$$= 2\,201\text{ W} = 2,201\text{ kW}$$

b, Sirkulasi dari TA I ke Plat Pindah Panas menuju TA II



Keterangan:

- Katup : 1 buah
- Belokan : 5 buah
- Lubang masuk dari Reservoar (R) ke pipa (P) : 3 buah
- Lubang masuk dari P ke R : 4
- Z : 2,9 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan : 12,8 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,533 m/dt
- G (debit) = 0,001081 m³/dt
- ρ (berat jenis Es Krim) = 1100 kg/m³
- Re (bilangan Reynold) = $\frac{1100 * 0,533 * 0,0508}{0,002128}$
- = 1,3996 * 10⁴
- f (faktor gesekan pipa) = 0,0155

Lampiran B : (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 0,19 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 2,8 * 10^{-3} \text{ m}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 5 * 0,9 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,066 \text{ m}$$

- masuk dari R ke P

$$H_3 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,5 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,022 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_4 = \frac{V^2}{2g} = 4 * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,058 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_5 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,0155 * \frac{12,8}{0,0508} * \frac{0,533^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0566 \text{ m}$$

- Filter

$$H_6 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{599.847,6}{9,81 * 1100}$$

$$= 55,588 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_7 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{799.800}{9,81 * 1100}$$

$$= 74,12 \text{ m}$$

- Z = 2,9 m

$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z$$

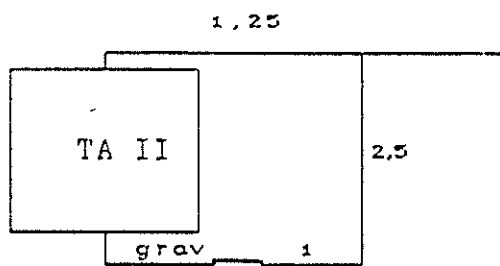
$$= 132,813 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

maka,

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\rho * g * G * H}{Eff} \\
 &= \frac{1100 * 9,81 * 0,001081 * 132,813}{0,85 * 0,81} \\
 &= 2\,250\,W = 2,250\,kW
 \end{aligned}$$

c, Sirkulasi dari dan ke TA II untuk proses penyerapan susu bubuk



Keterangan:

- Katup: : 1 buah
- Belokan: : 3 buah
- Masuk dari P ke R : 1 buah
- Z = 0
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan : 2,25 m
- V (kecepatan alir) = 0,348 m/dt
- G (debit) = $7,063 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}$
- ρ (berat jenis Es Krim) = 1100 kg/m^3
- μ (viskositas) = $0,002128 \text{ kg/m dt}$
- Re (bilangan Reynold) = $\frac{1100 * 0,348 * 0,0508}{0,002128}$
 $= 9,138 * 10^9$
- f (faktor gesekan pipa) = 0,016

Lampiran B : (lanjutan)

Sehingga,

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 1 * 0,19 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 1,18 * 10^{-3} \text{ m}$$

- belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,9 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,017 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 6,182 * 10^{-3} \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,016 * \frac{2,25}{0,0508} * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 4,3742 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$H = \sum_{i=1}^4 H_i + Z$$

$$= 0,0287 \text{ m}$$

maka,

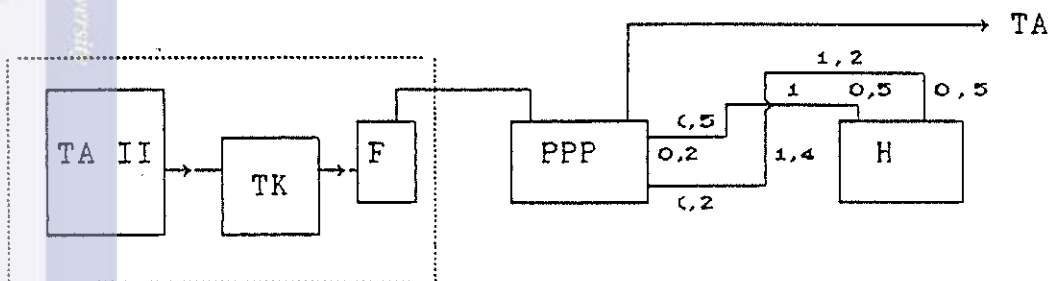
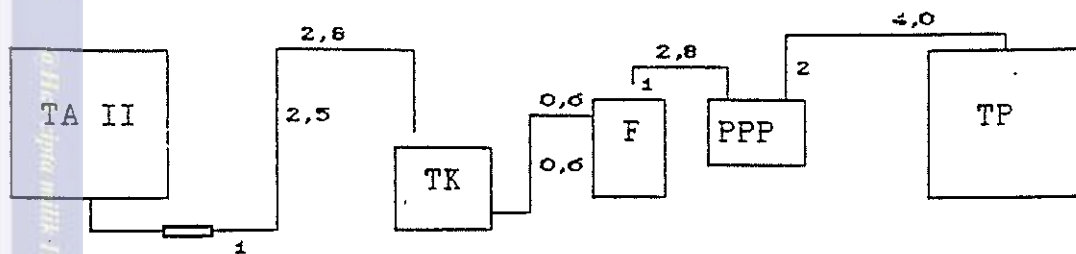
$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

$$= \frac{1100 * 9,81 * 7,063 * 10^{-4} * 0,0287}{0,85 * 0,81}$$

$$= 0,318 \text{ W}$$

Lampiran B : (lanjutan)

d, Dari Tanki Adonan II menuju Tanki Penuaan



Keterangan :

- Katup₁ : 2 buah
- Belokan₁ : 3 buah
- Belokan₂ : 11 buah
- Masuk dari P ke R (1) : 1 buah
- Masuk dari P ke R (2) : 5 buah
- Masuk dari R ke P (2) : 5 buah
- Z₁ : 2,5 m
- Z₂ : 3,2 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan₁ : 5,7 m
- pipa untuk perhitungan kehilangan akibat gesekan₂ : 10,9 m
- Filter : 1 buah
- Plat Pindah Panas : 1 buah
- Homogeniser : 1 buah
- V (kecepatan alir) = 0,348 m/dt
- G (debit) = $7,063 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}$
- ρ (berat jenis Es Krim) = 1100 kg/m³
- Bilangan Reynold (Re) = $9,138 \times 10^3$
- f (faktor gesekan pipa) = 0,016 m

Lampiran B : (lanjutan)

d,1, Dari Tanki Adonan I ke Tanki Kesenimbangan

- katup

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 2 * 0,19 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 2,35 * 10^{-3}$$

belokan

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} = 3 * 0,9 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,018 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 6,192 * 10^{-3} \text{ m}$$

- kehilangan karena gesekan

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,016 * \frac{5,7}{0,0508} * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,011 \text{ m}$$

- Z = 2,5 m

$$H = \sum_{i=1}^4 H_i + Z$$

$$= 2,538 \text{ m}$$

maka,

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{Eff}$$

$$= \frac{1100 * 9,81 * 7,063 * 10^{-4} * 2,538}{0,85 * 0,81}$$

$$= 28,10 \text{ W}$$

d,2, Dari Tanki Kesenimbangan ke Tanki Penuaan

- belokan

$$H_1 = K \frac{V^2}{2g} = 11 * 0,9 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0613 \text{ m}$$

Lampiran B : (lanjutan)

- masuk dari R ke P

$$H_2 = K \frac{v^2}{2g} = 5 * 0,5 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,015 \text{ m}$$

- masuk dari P ke R

$$H_3 = \frac{v^2}{2g} = 5 * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,031 \text{ m}$$

- kehilangan akibat gesekan

$$H_4 = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,016 * \frac{10,9}{0,0508} * \frac{0,348^2}{2 * 9,81}$$

$$= 0,0212 \text{ m}$$

- Filter

$$H_5 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{598.847,6}{9,81 * 1100}$$

$$= 55,588 \text{ m}$$

- Plat Pindah Panas

$$H_6 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{798.800}{9,81 * 1100}$$

$$= 74,12 \text{ m}$$

- Homogeniser

$$H_7 = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{1.723.700}{9,81 * 1100}$$

$$= 159,735 \text{ m}$$

- Z = 3.2 m

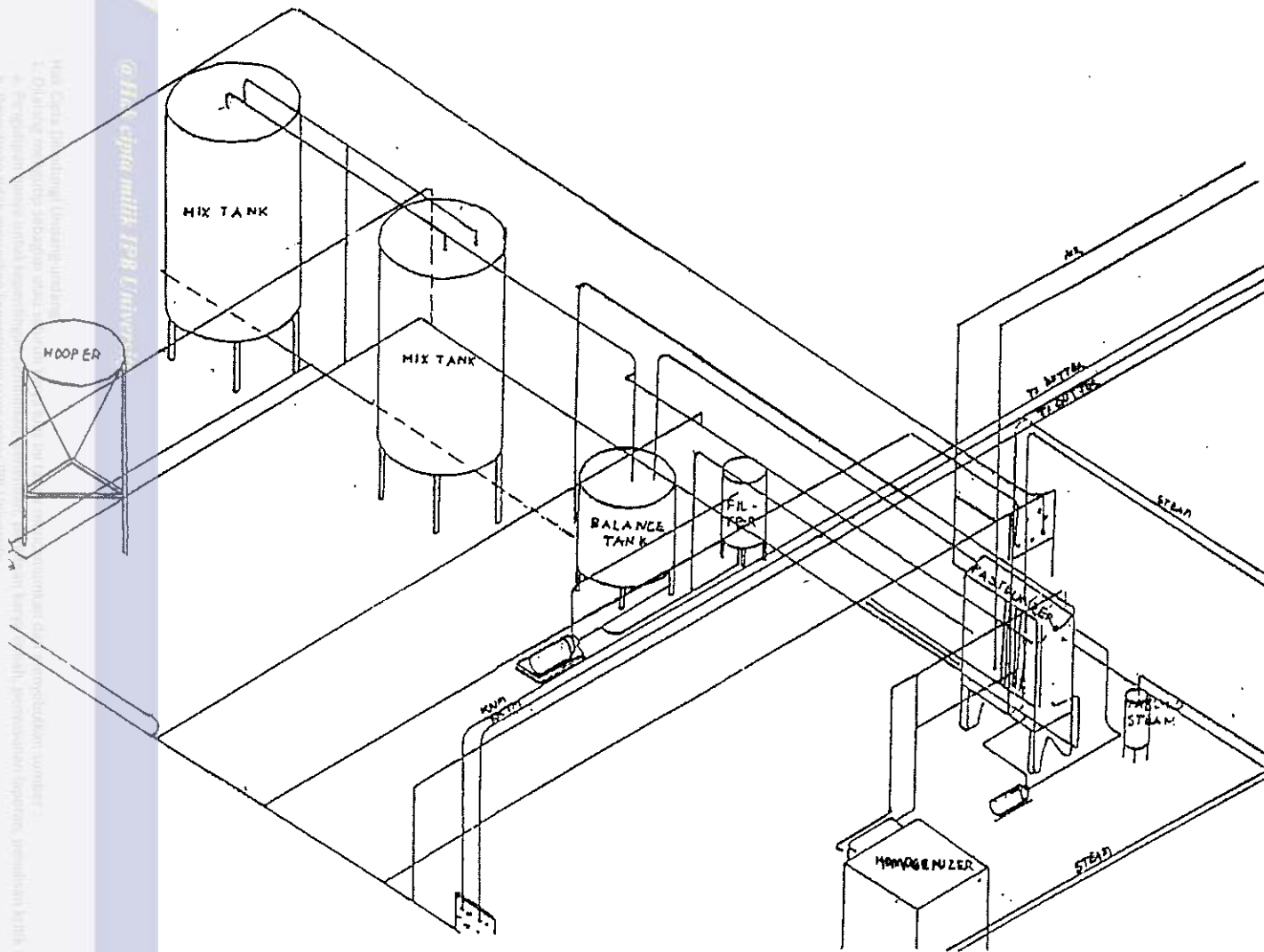
$$H = \sum_{i=1}^7 H_i + Z = 292,772 \text{ m}$$

$$P = \frac{\rho * g * G * H}{\text{Eff}}$$

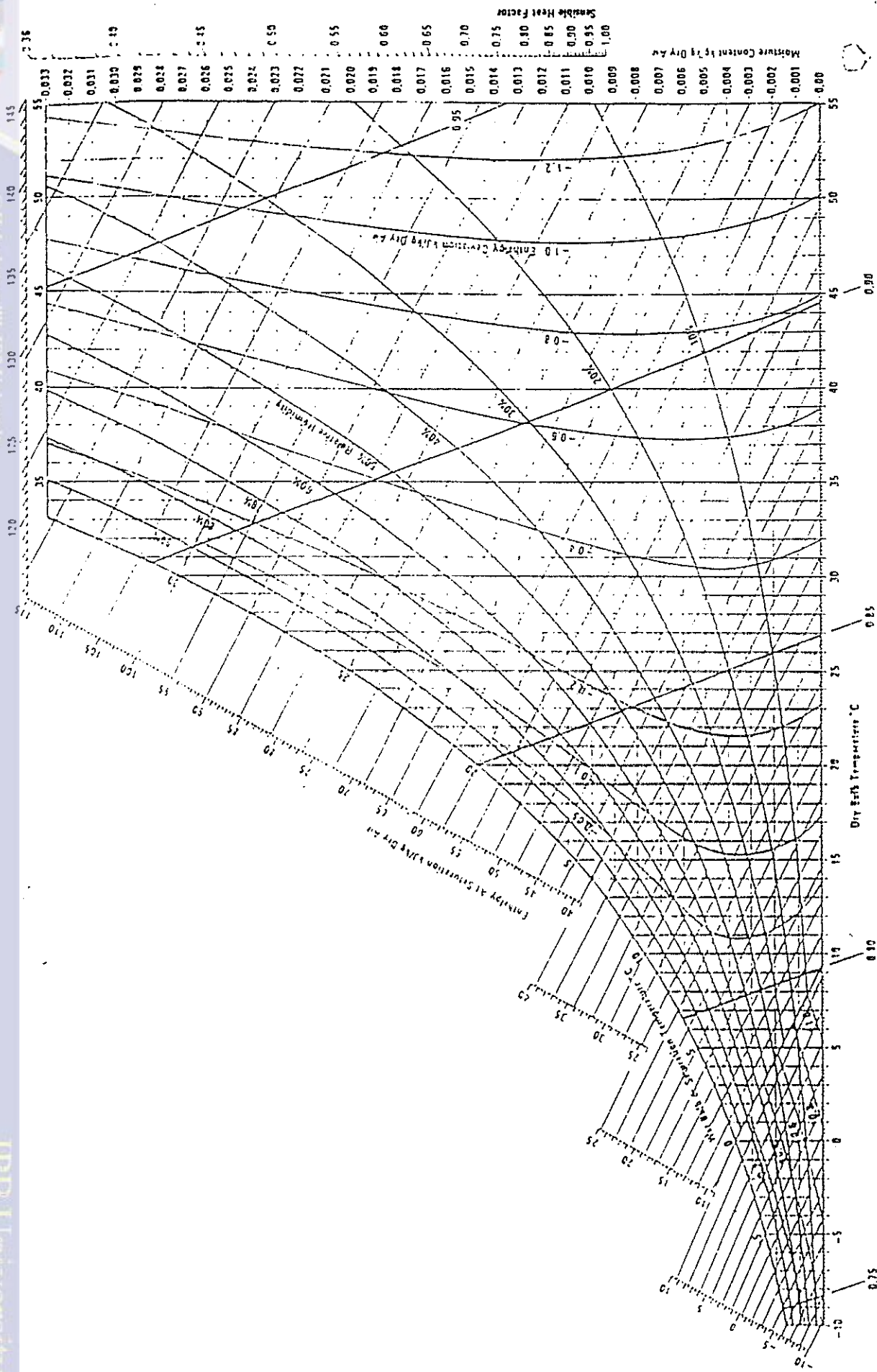
$$= \frac{1100 * 9,81 * 7,063 * 10^{-4} * 292,772}{0,85 * 0,81}$$

$$= 3.241 \text{ W} = 3,241 \text{ kW}$$

Lampiran 9 : Tata letak mesin pada pembuatan mix



Lampiran 10: Diagram Psikrometrik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir. 1982. Energi. UI Press, Jakarta.
- Arbuckle, W.S. 1981. Ice Cream. The AVI Publishing Company Inc., Westport.
- ASHRAE, Fundamentals Volume. 1985. Handbook. ASHRAE Publishing, USA.
- Barre, H.J., L.L. Sammet, and G.L. Nelson. 1988. Environmental and Functional Engineering of Agricultural Buildings. The AVI Publishing Company Inc., Westport.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, and M. Wootton. 1987. Ilmu Pangan (Hari Purnomo dan Adiono, penerjemah). UI Press, Jakarta.
- Desrosier, N.W. and D.K. Tresslerr. 1977. Fundamentals of Food Freezing. AVI Publishing Company Inc., Westport.
- Diggins, R.V. and E. Bundy. 1969. Dairy Production, Third Edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York.
- Dossat, R.J. 1981. Principles of Refrigeration. John Willey & Sons Inc., New York.
- Eckles, C.H., Willes Barnes Combs and Harold Macy. 1958. Milk and Milk Products, Fourth Edition. Mc Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Esmay, M.L. and John E. Dixon. 1986. Environmental Control for Agricultural Buildings. The AVI Publishing Company Inc., Connecticut.
- Farrall, A.W. 1963. Engineering for Dairy and Food Products. John Willey and Sons Inc., New York.
- Hall, C.W. and Malcolm Trout. 1968. Milk Pasteurization. AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Hall, C.W. and Harper. 1981. Dairy Technology and Engineering. AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Henderson, J.L. 1971. The Fluid Milk Industry. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Henderson, S.M. and R.L. Perry. 1982. Agricultural Process Engineering, Third Edition. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.
- Jennings, B.H. 1978. The Thermal Environment Conditioning and Control. Harper & Row Publishers, New York.
- Judkins, N.F. and H.A. Kenner. 1966. Milk Production and Processing. John Willey & Sons Inc., New York.

Kamaruddin Abdullah dan A.K. Irwanto. 1987. Energi dan Listrik Pertanian. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Parker, S.P. 1981. Mc Graw Hill Encyclopedia of Energy, Second Edition. Mc Graw Hill Book Company, Philipines.

Japan Science & Technology Agency. 1970. Energy, Energy Life Cycle of Food, Shelter and Clothing. Japan Science & Technology Agency, Japan..

Slessor, M., D.J. Bennet, T. Maver, J. Twidell, W. Gibbs, M. Common, P. Howell and C. Lewis. 1982. Dictionary of Energy. The Macmillan Press Ltd, New York.

Stoecker, W.F., and Jerold. W. Jones. 1989. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi Kedua (Supratman Hara, penerjemah). Penerbit Erlangga, Jakarta.

Suma'mur P.K. 1989. Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja. CV Haji Masagung, Jakarta.

Sutjiawati. 1990. Analisa Aliran Energi dalam Produksi Udang Beku di PT Kedamaian. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Tracy, P.H., George D Armerding and Harold W. Hannah. 1958. Dairy Plant Management. Mc Graw Hill Book Company Inc., New York.

Watson, E.L. and John C Harper. 1988. Elements of Food Engineering, Second Edition. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Welty, J.R. 1974. Engineering Heat Transfer, Second Edition. John Willey & Sons, New York.

Wijaya Purwadinata. 1992. Analisis Energi dalam Proses Pembekuan Ikan Tuna (*Thunnus sp*) di PT Project Management Unit Jakarta. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.