

TUGAS SARJANA

PERENCANAAN KETEL UAP

UNTUK

PROSES PEMBUATAN BAN

Diajukan untuk memperlengkapi tugas-tugas dan memenuhi
sebagian dari syarat-syarat guna mencapai gelar
Sarjana Teknik Mesin



Oleh

FREDERIKUS TRI KUNCORO PUTRO
M 101 86 0140

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

1992



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO

JL. HAYAM WURUK No. 5 - 7 - TELP. 311516 - 517 - TELEX 22315 - SEMARANG

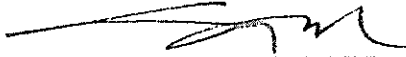
TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : F TRI KUNCORO PUTRO
N I P : M 101 06 0140
Dosen Pembimbing : IR. SUDARYADI
Co. Pembimbing : IR. ARIJANTO
Jangka Waktu : 6 (ENAM) BULAN
Judul : PERENCANAAN BOILER UNTUK PROSES
PEMBUATAN BAN


Let. Tugas :

Semarang, 20 NOVEMBER 1991

Dosen Pembimbing,


IR. SUDARYADI
NIP.

Co. Pembimbing,


IR. ARIJANTO
NIP.

Halaman Persetujuan

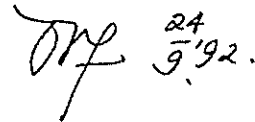
Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan
pada Sidang Sarjana pada tanggal September 1992.

Pembimbing,



(Ir. Sudaryadi)

Co. Pembimbing,



(Ir. Arijanto)

Dipersembahkan kepada Ayahanda dan
Ibunda yang tercinta sebagai
tanda terima kasih.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan karena atas karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana.

"Perencanaan Ketel Uap untuk Proses Pembuatan Ban" ini dibuat untuk memperlengkapi syarat akhir guna menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Dalam penyusunannya penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, terutama penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- Drs. Soemartono Marsigit, Apth, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Diponegoro
- Ir. Sudaryadi, selaku Dosen Pembimbing Utama
- Ir. Arijanto, selaku Co. Pembimbing
- Segenap Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Diponegoro
- Pimpinan dan Kepala Bagian Teknik PT. Mega Rubber Factory

dan teman-teman di Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Tidak dapat dipungkiri bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari sempurna.

Semoga Karya Tulis ini dapat bermanfaat.

Semarang, September 1992

Penulis,

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Halaman Persetujuan

Halaman Persembahan

Kata Pengantar

Daftar Gambar

Daftar Tabel

Daftar Isi

BAB	I : P e n d a h u l u a n	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pembatasan Masalah	2
	1.3 Metode Penelitian	3
	1.4 Sistematika	3
BAB	II : Proses Pembuatan Ban	4
	2.1 Bahan Baku	4
	2.2 Langkah-langkah Pembuatan Ban	9
	2.2.1 Proses Pembuatan Ban Luar	10
	2.2.2 Proses Pembuatan Ban Dalam	14
BAB	III : Perhitungan Konsumsi Uap untuk Proses Pembuatan Ban	30
	3.1 Keseimbangan Panas pada Peralatan Proses	30

BAB	IV : Pemilihan Jenis Ketel	34
	4.1 Klasifikasi Ketel Uap	34
	4.1.1 Menurut Cara Penggunaanya	34
	4.1.2 Menurut Konstruksi dan Cara Kerjanya	35
	4.2 Kriteria Perencanaan Ketel Uap	37
	4.3 Bahan Pertimbangan Pemilihan Ketel	43
BAB	V : ANALISIS BAHAN BAKAR DAN PEMBAKARAN	44
	5.1 Pemilihan Bahan Bakar	44
	5.1.1 Nilai Kalor Bahan Bakar	45
	5.2 Pembakaran Bahan Bakar	46
	5.3 Jumlah dan Komposisi Gas Asap	50
	5.4 Kerugian Kalor	50
	5.4.1 Kerugian Gas Asap melalui Cerobong	51
	5.4.2 Kerugian karena Pembakaran Tidak Sempurna	52
	5.4.3 Kerugian karena Pancaran	52
	5.4.4 Kerugian Kalor yang Ikut Kerak ...	53
	5.5 Efisiensi Ketel	54
	5.6 Jumlah Pemakaian Bahan Bakar	54
BAB	VI : RUANG BAKAR DAN PERPINDAHAN KALOR	57
	6.1 Derajat Kehitaman Badan api	60
	6.2 Derajat Kehitaman Ruang bakar	63
	6.3 Temperatur Akhir Api	64
	6.4 Perpindahan kalor	65

6.4.1 Perpindahan Kalor pada Ruang bakar	66
6.4.2 Perpindahan Kalor pada Bidang	
Pemanas	67
BP II	
6.4.3 Perpindahan Kalor pada Bidang	
Pemanas BP-III dan BP-IV	71
 BAB VII : KONSTRUKSI KETEL	
7.1 Tebal Dinding Silinder Ketel	80
7.2 Kekuatan Sambungan Las	82
7.3 Tebal Dinding Ruang Bakar	84
7.4 Tebal Dinding Pipa Gas Asap	85
7.5 Tebal Dinding Lemari Gas Asap	86
7.6 Berat Ketel dan Peralatan	87
7.7 Letak dan Kekuatan Tumpuan Ketel	90
7.8 Pipa Penahan dan Batang Penahan	92
7.9 Baut Semat Lemari Gas Asap	94
7.10 Cerobong	96
7.11 Kecepatan Uap keluar dari Permukaan Air ..	98
 BAB VIII : K e s i m p u l a n	
	99
 L a m p i r a n	
Daftar Kepustakaan	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Irisan Ban Luar	10
Gambar 2.2 Thread Making	10
Gambar 2.3 Pembuatan Canvas	11
Gambar 2.4 Pembuatan Bead-Wire	12
Gambar 2.5 Skema Proses Pembuatan Ban Luar	13
Gambar 2.6 Skema Proses Pembuatan Ban Dalam	15
Gambar 3.1 Skema Proses Mixing	17
Gambar 3.2 Aliran Uap melalui Open Roll	18
Gambar 3.3 Aliran Uap pada Calendering	19
Gambar 3.4 Aliran Uap pada Extruding	20
Gambar 5.1 Grafik Kapasitas Uap vs Jumlah Gas Asap	56
Gambar 5.2 Grafik Kapasitas Uap vs Kebutuhan Udara	57
Gambar 5.3 Grafik Kapasitas Uap vs Suplai Bahan Bakar	58
Gambar 6.1 Gambar Ruang Bakar Jenis Berombak	59
Gambar 6.2 Penampang Melintang Pipa Gas Asap	73
Gambar 6.3 Penurunan Temperatur Gas Asap	79
Gambar 7.1 Silinder Ketel	80
Gambar 7.2 Sambungan Las Penampang Membujur	83
Gambar 7.3 Sambungan Las Penampang Melintang	84
Gambar 7.4 Dinding Ruang Bakar	85
Gambar 7.5 Penampang Membujur Lemari Gas Asap	87
Gambar 7.6 Silinder Ketel	88
Gambar 7.7 Perletakan Ketel	91
Gambar 7.8 Penampang Tumpuan Ketel	92
Gambar 7.9 Baut Semat	94
Gambar 7.10 Cerobong	96

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Panjang Ekuivalen Pipa Distribusi Uap	39
Tabel 5.1 Beberapa Jenis Bahan Bakar	45
Tabel 5.2 Hasil Pembakaran Bahan Bakar	48
Tabel 5.3 Harga Faktor f	49
Tabel 5.4 Hubungan antara Kapasitas Ketel dengan Rugi Pancaran	53
Tabel 5.5 Tabel Perbandingan D,B,Ku, dan M	55
Tabel 7.1 Kekuatan Bahan Silinder Ketel	82
Tabel 7.2 Kekuatan Bahan yang Diperbolehkan	86
Tabel 7.3 Kekuatan Bahan Pipa Penahan	93

BAB I

P E N D A H U L U A N

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan yang pesat dalam bidang transportasi, khususnya angkutan darat dan meningkatnya jumlah kendaraan memberikan pengaruh yang besar bagi kemajuan industri di tanah air. Salah satunya industri pembuatan ban mobil, mendapatkan posisi yang cukup menguntungkan akibat dari permintaan kebutuhan akan ban mobil yang juga mengalami peningkatan. Berdirinya pabrik-pabrik ban dan industri vulkanisir ban membuktikan prediksi tersebut di atas.

Dalam pengoperasiannya, untuk membuat produk ban ternyata melibatkan banyak sekali peralatan mulai dengan peralatan penyediaan bahan baku hingga ke peralatan vital yang dikhususkan membentuk bagian-bagian ban dan perakitannya. Tetapi disini masih dijumpai sistem pengerjaan manual, sehingga keberadaan dari operator-operator dengan kemampuan spesifik masih dirasa perlu.

Salah satu peralatan pendukung produksi yang cukup penting dalam sebuah pabrik ban adalah ketel uap. Disini uap digunakan untuk memanaskan material yang berupa campuran karet dan berbagai bahan tambahan. Disamping itu tekanan uap juga dimanfaatkan untuk membentuk bagian-bagian dari ban dan

pada pemasakan ban setengah jadi. Perlakuan terhadap material untuk membentuk ban dikerjakan pada berbagai tahap proses dengan tujuan agar setiap tahap akan menghasilkan bagian-bagian yang selanjutnya dapat digabung sampai menjadi produk ban jadi.

Penggunaan uap ini cukup beralasan, karena sifat-sifat uap yang menguntungkan seperti:

- kandungan kalor yang tinggi
uap dengan temperatur 100°C , 1 atm mempunyai entalpi (kandungan panas) 2676,0 kJ/kg atau 639,58 kkal/kg
- kalor uap dapat dipergunakan pada temperatur tetap
- uap secara ekonomis masih cukup murah
- uap bersih, tidak berbau, tanpa warna, tidak polutif dan tidak beracun
- pedistribusian uap mudah dikontrol

Gagasan pemanfaatan uap inilah yang mendasari penulisan skripsi ini.

1.2 Pembatasan Masalah

Dalam Perencanaan Ketel Uap ini permasalahan dibatasi dengan beberapa penyederhanaan, yaitu:

- Proses produksi pembuatan ban berlangsung kontinyu, dalam arti bahwa dari proses awal sampai proses pemasakan ban tidak terjadi penyimpanan bahan. Dalam kenyataannya masing-masing proses dapat menghasilkan bagian yang dapat ditunda pengerjaan lanjutannya.

- Sistem pemipaan dari ketel ke unit-unit produksi tidak dibahas.

1.3 Metode Penelitian

Metode pengumpulan data dilakukan dengan :

- mengadakan observasi langsung untuk mengumpulkan data yang dapat digunakan memperkirakan kebutuhan kalor, dalam hal ini pada PT Mega Rubber Factory.
- studi literatur

1.2 Sistematika

BAB I : P e n d a h u l u a n

BAB II : mulai dengan pembahasan tentang proses produksi pembuatan ban.

Dalam bab ini akan diuraikan tahapan tahapan yang terjadi untuk memproduksi ban, baik ban dalam maupun ban luar. Berbagai skema proses akan lebih memperjelas bagaimana hubungan antara tiap-tiap proses yang diterapkan pada sebuah pabrik ban. Selain itu juga akan disinggung tentang peralatan-peralatan yang digunakan dikaitkan dengan penggunaan uap sebagai fluida pemanas.

BAB III : berisi tentang perkiraan jumlah kalor yang terjadi pada tiap proses dan total kalor untuk seluruh proses. Data uap yang masuk dan keluar dari peralatan setiap proses digunakan sebagai

pedoman untuk menentukan jumlah kalor yang⁴
diperlukan untuk memproduksi ban.

Penulis mencoba menggunakan program yang ditulis
dalam Turbo Pascal ver 5.5 untuk menghitung
jumlah kalor yang diperlukan untuk memanasi
bahan baku dan yang terpenting adalah panas
untuk vulkanisasi (pemasakan/curing) ban.

BAB IV : berisi pertimbangan pemilihan ketel dengan
melihat berbagai jenis ketel yang telah ada.

BAB V : analisis bahan bakar dan pembakaran

BAB VI : menentukan ruang bakar dan menghitung
perpindahan kalor, dalam bab ini terlihat
bagaimana bahan bakar mencukupi kalor untuk
menghasilkan uap

BAB VII : mulai menghitung konstruksi ketel, menentukan
tebal plat ketel, tebal dinding ruang bakar,
menentukan jumlah pipa penahan dan batang
penahan, menghitung beban tumpuan ketel, dan
menentukan cerobong

BAB VIII : Kesimpulan

BAB II

PROSES PEMBUATAN BAN MOBIL

Mengangkat permasalahan mengenai proses produksi pembuatan ban mobil, maka tidak dapat lepas dari dua faktor yang paling menentukan terjadinya ban tersebut, yaitu: faktor bahan baku dan bagaimana langkah-langkah proses pembuatannya sendiri.

1. Bahan Baku Ban

Bahan baku utama ban adalah:

1.1 Karet

Karet merupakan bahan dasar utama ban, disamping masih adanya bahan-bahan lain yang bersifat sebagai bahan tambahan.

Ditinjau dari asalnya, karet dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- karet alam (natural rubber)
- karet buatan (synthetic rubber)

1.1.1 Karet Alam

Ini dibuat dari sari getah pohon karet. Sari yang berupa susu itu kemudian dipanaskan sampai kering untuk selanjutnya dibuat karet mentah. Kemudian dimastikasi, diplastiskan agar dapat diproses dengan lebih mudah. Bahan inilah yang

diproses dengan lebih mudah. Bahan inilah yang nanti akan dicampur dengan bahan pengisi seperti "Carbon Black", belerang dan sebagainya.

(1) sifat-sifat

Warnanya agak kecoklat-coklatan, tembus cahaya, sifat mekanisnya tergantung dari derajat vulkanisasi, sehingga dapat dihasilkan banyak jenis dari yang kenyal hingga yang keras seperti ebonit. Sifat isolasi listrik sebenarnya bergantung pada perbandingan dengan pencampurannya, tetapi pada umumnya baik sebagai isolator. Ketahanan terhadap minyak jelek.

Berat jenis (γ) = $0,91 \div 0,93 \text{ g/cm}^3$, Temperatur saat melunak $\approx 130^\circ\text{C}$. Temperatur mencair $\approx 200^\circ\text{C}$.

1.1.2 Karet Buatan

Karet buatan yang banyak digunakan untuk ban mobil adalah jenis karet butadin. Ada dua jenis karet butadin, yakni: kopolimer Stiren Butadin (SBR) dan Karet Nitril (NBR).

1.2 Kawat

Kawat digunakan untuk rangka penguat yang letaknya di bagian tepi dari ban, berhubungan langsung dengan "velg". Kawat ini dibuat melingkar dua agar lebih

kuat. Pada jenis ban tertentu seperti ban radial diperlukan kawat baja yang halus dan digunakan sebagai bahan pengganti nylon.

1.3 Nylon

Nylon termasuk bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan canvas. Mengapa dipilih nylon?

Pada pemanasan, bahan nylon akan menarik compound lebih kuat sehingga volume relatif ban dapat dipertahankan. Demikian pula pada pendinginan.

(1) sifat-sifat

Berat jenis (ρ) $1,2 \div 1,23 \text{ g/cm}^3$. Tahan terhadap abrasi, kekuatan tariknya dan ketahanan impak baik. Sedangkan koefisien geseknya kecil.

1.4 Bahan Pengisi

Selain karet, kawat dan nylon masih ada lagi bahan yang dipakai untuk pengisi. Bahan pengisi dibedakan dalam dua macam, yaitu:

1.4.1 Bahan Indeferent, adalah bahan pengisi yang boleh ditambahkan atau tidak, tetapi bila ditambahkan harus tidak mempengaruhi sifat kekuatan ban dan tegangan karet. Dalam hal ini Carbon Black dan Kaolin.

1.4.2 Bahan yang Bersifat Reinforce, adalah bahan pengisi yang mempunyai sifat memperkuat bahan agar tidak rapuh, misalnya: baja, belerang.

Selain itu juga, bahan ini ditambahkan dengan pertimbangan dapat mengurangi biaya produksi.

1.5 Bahan Kimia

Selain bahan-bahan yang telah disebutkan di atas, bahan kimia juga turut ditambahkan di dalam pencampuran. Kegunaan dari bahan ini adalah untuk mencegah terjadinya oksidasi, retak-retak peruraian atau hal-hal lain yang sifatnya merugikan atau dikenal dengan istilah penuaan ban.

Bahan Kimia yang penting digunakan disini diantaranya:

- Calcium Carbonat (CaCO_3), berfungsi untuk mencegah timbulnya rongga-rongga udara dalam karet.
- Carbon Black, berfungsi sebagai bahan penguat dan pemberi warna hitam.
- Seng Oksida (ZnO), berguna sebagai bahan pengaktif dan katalisator.
- MBT (Mercapto Benzol Thyasol), DBTS (De Benzol Thyasol di Sulfida) dan DPG (DiPhenol Guanidina) berfungsi untuk mempercepat vulkanisasi.
- Parafin, berfungsi sebagai pelumas "extruder".
- PBN (Phenyl Benzol Nephthylamin), berfungsi sebagai oksidator.

2. Langkah-Langkah Pembuatan Ban

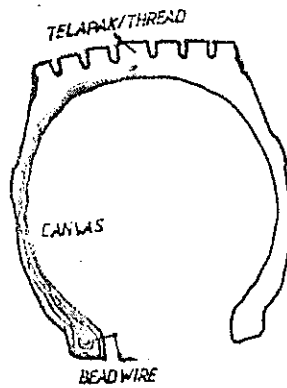
Pertama sekali, proses pembuatan ban adalah "mixing". Disini bahan-bahan seperti karet, bahan pengisi dan bahan kimia dicampur ke dalam suatu alat/mesin pencampur. Mula-mula karet dipotong-potong agar mudah dalam proses penghancurannya, setelah itu dimasukkan ke dalam mesin pencampur bersama-sama dengan bahan pengisi dan bahan kimia lainnya.

Pencampuran tersebut berlangsung dalam waktu dan temperatur tertentu. Bahan yang keluar dari unit pencampur ini berupa gumpalan-gumpalan yang berbentuk tidak teratur dan berwarna hitam, biasa disebut "compound". Pencampuran berlangsung selama ± 10 menit dengan temperatur $120 \div 150^{\circ}\text{C}$ dan tekanan $5 \div 7 \text{ kg/cm}^2$.

Proses kedua, compound tersebut dimasukkan ke dalam "Open Roll" (two roll rubber mixing mill) untuk mendapatkan hasil yang homogen dan tidak ada gelembung-gelembung udara di dalamnya.

2.1 Proses Pembuatan Ban Luar

Gambar 2.1 dibawah ini memperlihatkan bagian-bagian yang terdapat pada ban luar, dimana masing-masing bagian memerlukan proses pembuatan sendiri-sendiri.



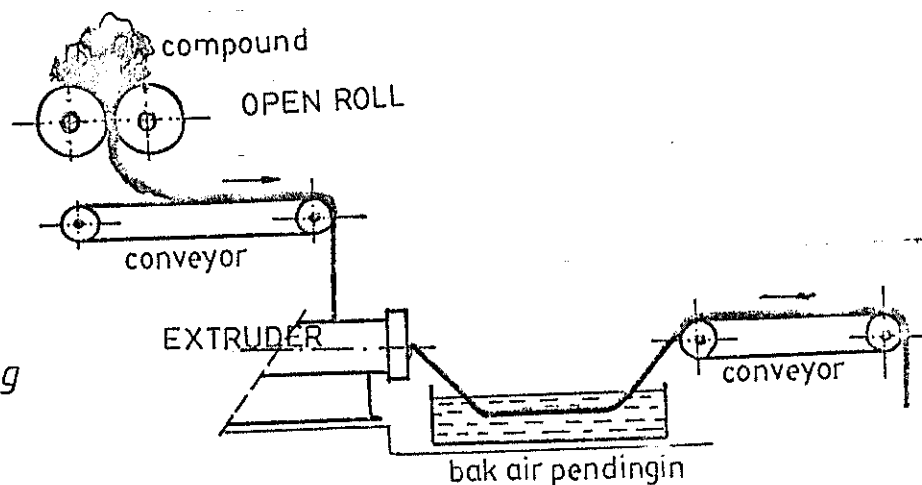
Gambar 2.1. Irisan Ban Luar

2.1.1 Proses Pembuatan Telapak (Thread making)

Compound dari Open Roll Mill dimasukkan ke dalam Roll Mill lain dengan celah yang telah diatur sedemikian rupa sehingga compound akan keluar dalam bentuk lembaran (sheet) dengan ukuran tebal dan lebar tertentu sesuai dengan ukuran ban yang akan diproduksi.

Kemudian dengan melalui "Conveyor" lembaran-lembaran ini diangkat dan dimasukkan ke dalam "Extruder", dimana fungsi dari mesin ini adalah untuk mencetak atau membentuk lembaran compound menjadi telapak. Pembuatan telapak didalam Extruder ini adalah dengan cara mendapatkan tekanan dan pemanasan dari uap yang dihasilkan ketel uap.

Melalui Roll Mill, selanjutnya telapak dimasukkan ke dalam bak air untuk didinginkan. Akhirnya lembaran-lembaran telapak dipotong sesuai dengan ukuran ban yang akan dibuat.

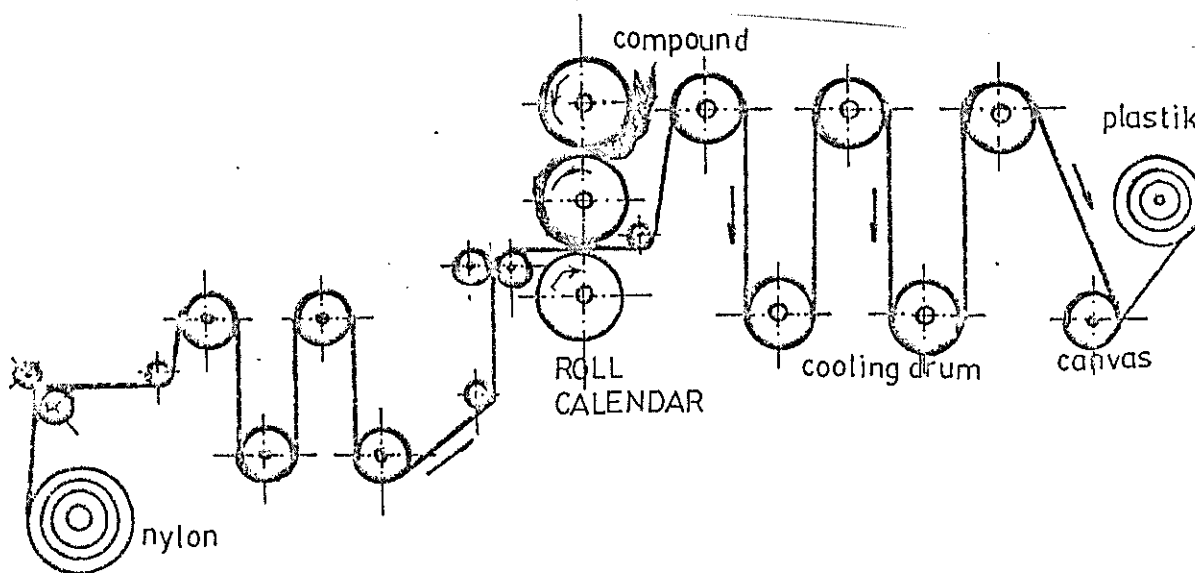


Gambar 2.2
Thread Making

2.2.2 Pembuatan Canvas

Canvas dibentuk melalui proses "Calendering" anyaman nylon dengan lebar tertentu yang digulung pada suatu roll. Nylon dimasukkan ke dalam roll dimana sisi yang lain terdapat compound. Sehingga keluarannya dalam bentuk lapisan nylon dan compound yang menyatu. Hasil ini disebut "Canvas".

Agar tidak melekat satu sama lain, karena kondisi yang masih melunak maka canvas ini digulung lagi pada suatu roll dengan dilapisi plastik. Yang terakhir canvas dipotong-potong membias/miring dengan sudut dan panjang tertentu.

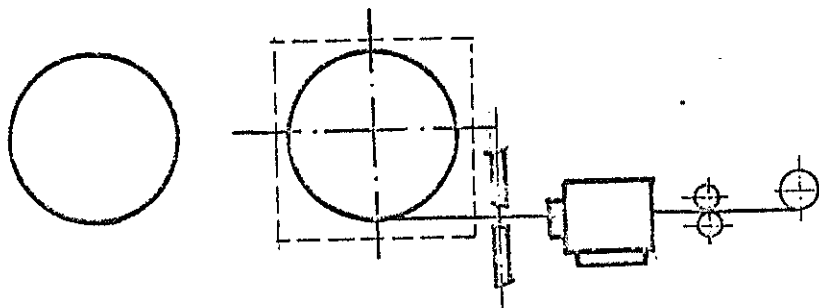


Gambar 2.3 Pembuatan Canvas

2.2.3 Proses Pembuatan Bead-Wire

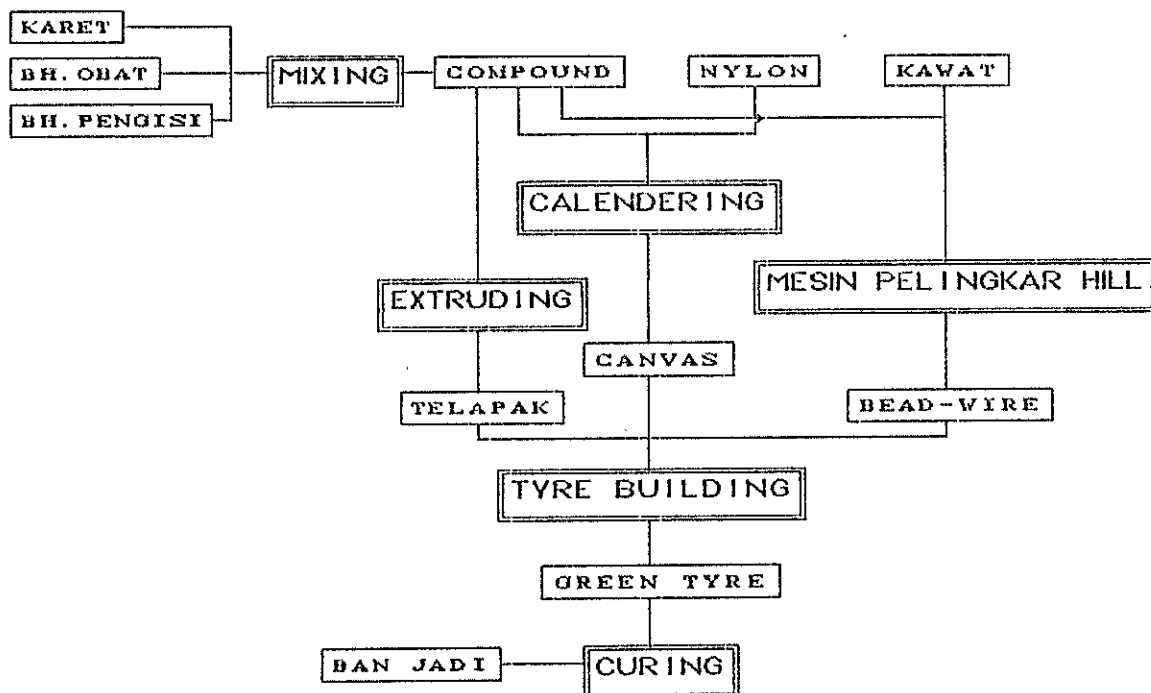
Kawat yang masih terdapat pada gulungan-gulungannya dipintal melalui roll pintalan. Hal ini dimaksudkan untuk proses selanjutnya yaitu dimasukkan ke dalam suatu alat dimana compound juga turut dimasukkan sehingga alat tersebut akan menghasilkan kawat yang sudah terlapsi dengan compound. Kawat yang sudah terlapsi biasa disebut "Hill".

Proses selanjutnya hill masuk ke dalam mesin pelingkar. Disini hill dibuat melingkar berlapis-lapis dan melekat pada masing-masing lapisannya. Kemudian hill dipotong-potong dan dibungkus dengan fliper. Hasil yang diperoleh adalah "Bead-Wire".



Gambar 2.4 Pembuatan Bead Wire

Proses pembuatan ban luar dapat dilihat pada skema di bawah ini.



Gambar 2.5 Skema Proses Pembuatan Ban Luar

Pada proses ini telapak, canvas dan bead-wire dirakit pada mesin pembentuk (builder) sehingga akan menghasilkan "Green-Tyre" (Ban Remaja). Jenis ini merupakan ban setengah jadi.

Ban Remaja dibuat berlubang-lubang dengan jalan ditusuk-tusuk (pricking) dengan maksud agar gelembung-gelembung udara yang mungkin timbul pada waktu pembentukan dapat ke luar.

Kemudian bagian dalam ban remaja ini dimasuki "Air Bag" yang berbentuk menyerupai ban dalam tetapi lebih tebal. Setelah itu dipress dengan tekanan yang besar sehingga ban remaja tersebut berbentuk seperti ban jadi tetapi dalam keadaan masih kasar. Perlakuan ini dinamakan "Shaping".

Ban yang masih berwujud kasar ini kemudian masuk ke

unit pencetakan (Curing). Hasil akhir adalah produk ban yang sudah jadi dengan bagian luar yang berkembang-kembang sesuai dengan cetakannya.

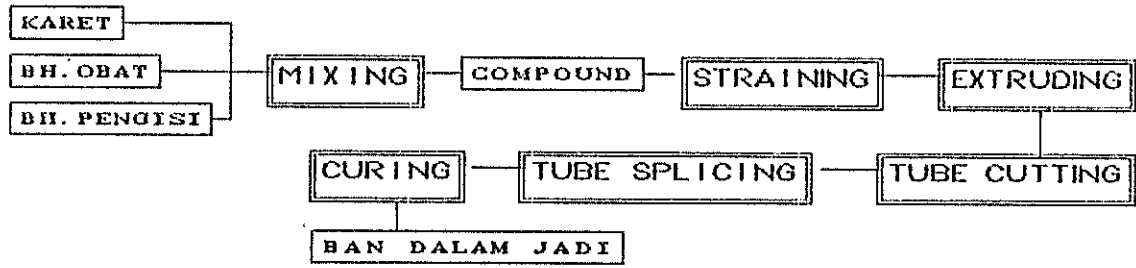
2.2 Proses Pembuatan Ban Dalam

Dengan melihat skema proses akan jelas terlihat bagaimana ban dalam maupun ban luar dibuat. Pada pembuatan ban dalam compound yang dihasilkan mixer dimasukkan ke dalam open roll mill dengan ditambah karet mentah. Jenis roll mill yang dipakai disini adalah "two roll rubber cracking mill".

Setelah keluar dari roll mill tadi kemudian dimasukkan ke dalam "roll rubber mixing mill" untuk memperoleh compound yang homogen dan bebas dari gelembung-gelembung udara.

Agar diperoleh compound yang bersih atau bebas dari kotoran atau bahan-bahan kasar dan gumpalan yang merugikan maka dilakukan penyaringan (straining). Hasilnya melalui roll mill akan keluar dalam bentuk lembaran.

Akhirnya "sheet" ini masuk ke dalam ekstruder, dan di dalam mesin ini lembaran akan dibentuk menjadi "tube". Kemudian tube didinginkan di dalam bak air dan juga dilakukan pendinginan udara (diangin-anginkan) agar diperoleh bentuk tube yang tetap ukurannya.



Gambar 2.6 Skema Proses Pembuatan Ban Dalam

BAB III

PERHITUNGAN KONSUMSI UAP UNTUK PROSES PEMBUATAN BAN

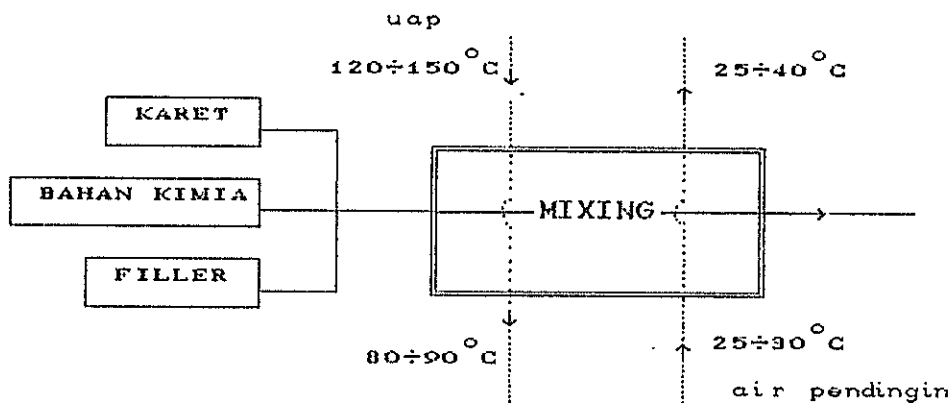
Telah dijelaskan, bahwa proses pembuatan ban membutuhkan uap yang disuplai ketel uap. Kebutuhan uap untuk pemanasan karet, bahan kimia dan bahan pengisi atau disebut compound dapat dihitung dengan melihat kembali pada masing-masing proses yang memerlukan uap.

Singkatnya, tahap proses tersebut dapat dirinci sebagai berikut:

1. Proses Pencampuran Bahan Baku (Mixing)

Bahan baku yang dimasukkan ke dalam "Banbury Mixer" digiling oleh roll-roll eksentrik dengan mendapatkan pemanasan dari uap ketel. Pemanasan berlangsung dalam waktu tertentu, hingga hasilnya akan berupa compound dalam bentuk lembaran yang tidak teratur.

Karakteristik uap yang diperlukan untuk "mixing" sebagaimana yang terjadi dalam praktek ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Skema Proses "Mixing"

Sirkulasi uap dan air pendingin pada "Banbury Mixer" terjadi dalam jaket di sekeliling ruang excentric roll. Temperatur uap masuk berkisar $130^{\circ}\text{C} \div 165^{\circ}\text{C}$ dan temperatur uap keluar 80°C . Sedangkan compound masuk pada temperatur kamar $\approx 30^{\circ}\text{C}$, keluar pada temperatur melunak $120 \div 130^{\circ}\text{C}$.

2. Open Roll

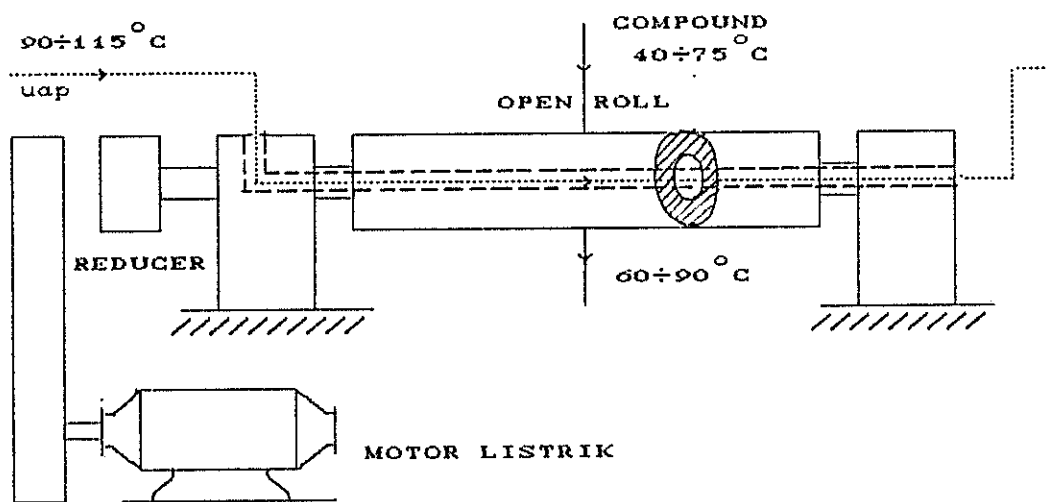
Roll Mill atau Open Roll adalah peralatan yang digunakan untuk menaikkan homogenitas dari compound yang telah dihasilkan mixer.

Open Roll terdiri dari dua buah roll yang mempunyai diameter yang sama dan celah antara kedua roll tersebut dapat diatur besar kecilnya sesuai dengan keperluan. Peralatan ini digerakkan motor listrik dan putarannya dapat diatur. Putaran roll satu dengan lainnya saling berlawanan.

Celah antara kedua roll berfungsi menekan compound pada

saat compound masuk. Tekanan dan pemanasan yang optimal akan menghasilkan homogenitas yang baik.

Biasanya temperatur Roll Mill ditahan pada 80°C tetapi tidak tertutup kemungkinan untuk menaikkan dan menurunkan temperatur. Panas ini diperoleh dengan mengalirkan uap ke dalam roll.



Gambar 3.2 Aliran Uap melalui Open Roll

3. Roll Calendar (Calendering)

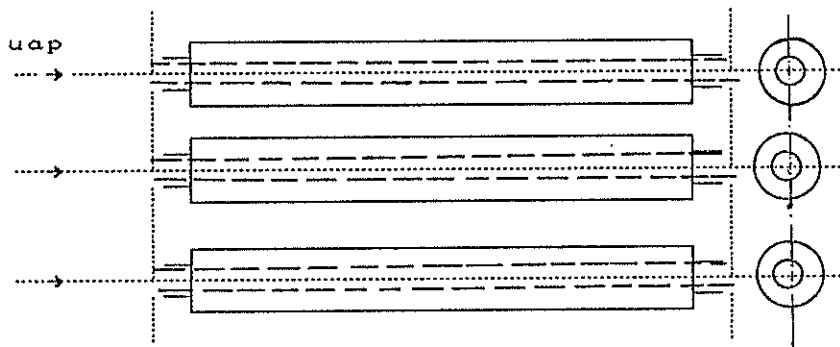
Gambar di bawah ini memperlihatkan tiga buah roll yang digunakan untuk "calendering". Ketiga roll berdiameter sama

Prinsip kerja dari mesin ini adalah:

Elektromotor memutar roll calendar melalui "speed reducer" sehingga putarannya dapat diatur. Nylon masuk

ke roll calendar dan bersamaan dengan itu compound masuk dari sisi roll yang lain. Hasil yang keluar dari roll berupa canvas.

Proses calendering ini berlangsung dengan mendapatkan panas dari uap ketel. Uap masuk ke dalam roll pada $110 \pm 125^{\circ}\text{C}$ dan keluar dari roll pada temperatur sekitar 75°C .

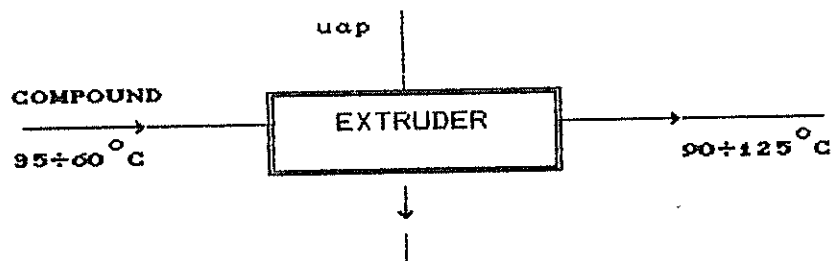


Gambar 3.3 Aliran Uap pada Calendering

4. Extruding

Peralatan ini menghasilkan telapak (thread) untuk ban luar atau tube untuk ban dalam.

Compound dari Open Roll yang telah berbentuk lembaran masuk ke dalam extruder. Disini compound mendapatkan panas dari uap dan kemudian ditekan dan disemprotkan keluar melalui cetakan sehingga keluar dalam bentuk telapak ataupun tube.



Gambar 3.4 Aliran Uap pada Extruding

5. Curing

Perakitan ban pertama kali dilakukan secara manual pada "building drum" hingga membentuk silinder yang menyerupai ban tetapi masih kasar. Selanjutnya ban setengah jadi tersebut siap untuk divulkanisasi di dalam cetakan. Pemasakan ban ini juga disebut dengan "Curing".

Pemanasan untuk mencetak ban ini menggunakan uap dengan tekanan $7,5 \div 15 \text{ kg/cm}^2$.

3.1 Keseimbangan Panas pada Peralatan Proses

Perhitungan keseimbangan panas untuk proses-proses yang telah disebutkan pada bagian yang lalu dapat dilakukan dengan prinsip bahwa kehilangan panas uap tidak seluruhnya dapat diserap oleh compound, karena adanya rendemen untuk masing-masing peralatan.

Kehilangan panas dari uap dihitung empiris berdasarkan karakteristik uap masuk dan uap keluar untuk tiap-tiap

peralatan. Demikian pula halnya dengan panas yang diserap oleh karet/compound. Sehingga rumus untuk mengetahui panas yang diberikan uap adalah:

$$Q_{\text{uap}} = m(h_2 - h_1) \dots \dots \dots (3-1)$$

dimana,

Q_{uap} : kalor yang dibebaskan uap

m : laju aliran uap (kg/jam)

h_1 : entalpi uap masuk alat (J/kg)

h_2 : entalpi uap keluar alat (J/kg)

Panas yang diterima compound adalah:

$$Q_{\text{karet}} = m C_p \Delta T$$

dimana,

m : jumlah compound yang diproses tiap-tiap alat
(kgjam)

C_p : panas jenis karet (J/kg^oC)

ΔT : perubahan temperatur karet masuk dan keluar alat
(^oC)

Sifat termal untuk compound dianggap sama dengan karet yang belum divulkanisasi (unvulcaned rubber).

Tabel 3.1 Panas Jenis Karet

MATERIAL	PANAS JENIS REF. AIR 25°C
NATURAL RUBBER, UNVULCANIZED	0.450
ACRYLONITRIL RUBBER	0.471
POLYBUTADINE (41°F)	0.471
(122°F)	0.467
BUTADINE STYREN COPOLYMER:	
41°F, 8,58 % STYREN	0.462
122°F, 8,58 % STYREN	0.463
41°F, 22,61 % STYREN	0.452
122°F, 42,98 % STYREN	0.436
POLYSTYREN	0.293
POLYISOBUTADINE	0.464
POLYETHYLENE	0.565
POLYTETRAFLUORETHYLENE	0.291
POLYMONOCHLOROTRIFLUORO	0.209

Dengan menyamakan kesetimbangan panas masing-masing peralatan antara uap dan karet/compound yang diolah dapat diperoleh persamaan,

$$Q_{\text{karet}} = \eta Q_{\text{uap}} \dots \dots \dots (3-2)$$

$$m_{\text{karet}} C_p \Delta T = \eta m_{\text{uap}} (h_2 - h_1)$$

$$m_{\text{uap}} = \frac{m_{\text{karet}} C_p \Delta T}{\eta (h_2 - h_1)} \dots \dots \dots (3-3)$$

dimana,

- m_{uap} : laju aliran uap (kg/j)
- m_{karet} : jumlah compound yang masuk peralatan (kg/j)
- C_P : panas jenis compound, dianggap sama dengan karet yang belum divulkanisasi (unvulcanized rubber), $C_P = 0,450 \text{ kal/kg}^\circ\text{C}$
- ΔT : perubahan temperatur compound masuk dan keluar alat ($^\circ\text{C}$)
- η : rendemen alat
- h_1 : entalpi uap masuk peralatan (kal/kg)
- h_2 : entalpi uap meninggalkan alat (kal/kg)

Sedangkan temperatur desain untuk ketel diambil dari jangkauan temperatur dari cacah temperatur kerja masing-masing alat.

Dari penjabaran rumus-rumus diatas dapat dibuat program untuk menghitung kebutuhan kalor.

Kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan ban dihitung dengan menggunakan program di bawah ini.

```

Program KBan(Input,Output);

Uses
  Crt;

Const
  Cp=0.450;
  max = 7;
  Esc = #27;
  BeratBesar = 39;
  BeratSedang = 25;
  BeratKecil = 10;

Type
  Faktor1 = Array[1..Max] of Integer;
  Faktor2 = Array[1..Max] of Real;

Var
  N,I                               : Integer;
  BES,SED,KEC ,TOUNIT              : Faktor1;
  MCOMP                             : Faktor2;
  MM,MO,MC,ME,TM1,TM2,TO1,TO2,TC1,TC2,TE1,TE2 : Faktor2;
  BM,BO,BC,BE,GTOT,BCU,MCU,TCU1,TCU2 : Faktor2;
  B                                  : Text;
  Ch                                  : Char;

Procedure Cacah_Data;
begin
  clrscr;
  write('Jumlah cacah data yang akan dihitung => ');
  readln(N);
end;{Cacah_Data}

Procedure Bingkai;
var
  kolom,b : integer;
begin
  clrscr;
  TextBackground(BROWN);TextColor(YELLOW);
  GoToXY(10,7);WRITE(CHR(201));
  FOR kolom:= 11 TO 69 DO WRITE(CHR(205));
  WRITELN(CHR(187));

  b:=1;
  gotoXY(10,whereY);
  REPEAT
    GoToXY(10,whereY);WRITE(CHR(186));
  
```

```

        GoToXY(70,whereY);WRITELN(CHR(186));
        b:=b+1;
UNTIL (b>6);

GoToXY(10,whereY);WRITE(CHR(200));
FOR kolom:= 11 TO 69 DO WRITE(CHR(205));
WRITELN(CHR(188));
gotoXY(20,10);
writeln('Jumlah cacah data terlalu banyak (max=7)');
textcolor(white+blink);writeln;writeln;
gotoXY(20,12);
writeln('Esc (keluar) atau tekan sembarang tombol!');
textbackground(black);textcolor(white);
repeat until KeyFpressed;
    ch:=readkey;
    if ch=#0 then ch:=Readkey;
    if ch=Esc then halt(0)
else Cacah_Data;
end;{bingkai}

Procedure Data_Produk;
begin
    clrscr;
    writeln('Produk Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses');
    writeln('-----');
    writeln;
    for I:=1 to 7*8*N do write('-');writeln;
    write('Ban Besar ');
    for I:=1 to N do begin gotoXY(6+7*I,5);readln(BES[I]);end;
    write('Ban Sedang:');
    for I:=1 to N do begin gotoXY(6+7*I,6);readln(SED[I]);end;
    write('Ban Kecil ');
    for I:=1 to N do begin gotoXY(6+7*I,7);readln(KEC[I]);end;
    for I:=1 to 7*8*N do write('-');writeln;
end;{Data_Produk}

Procedure Hitung_Massa_Bahan_per_Jam;
begin
    for I:=1 to N do
        begin
            TOUNIT[I]:= BES[I]+ SED[I]+ KEC[I];
            hCOMP[I]:=(BES[I]*BeratBesar+ SED[I]*BeratSedang + KEC[I]*BeratKecil)/24;
        end;
end;{Hitung_Massa_Bahan_per_Jam}

Procedure Data_Mixing;
begin
    clrscr;
    Nh:=hCOMP;
    writeln('DATA MIXING: ');
    write('- Massa karet(MM), Temperatur Karet masuk mixing(TM1), ');

```

```

writeln(' Temperatur Karet keluar dari mixing(TM2)');writeln;
writeln('Jumlah Cacah Data yg akan Dihitung : ',N);
for i:=1 to 7+10*N do write('-');writeln;
write('TM1(Celsius): ');
for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,7);readln(TM1[I]);end;
write('TM2(Celsius): ');
for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,8);readln(TM2[I]);end;
for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
end;(data_mixing)

```

```

Procedure Data_Open_Roll_Mill;

```

```

begin
  writeln;
  MO:=MCOMP;
  writeln('DATA OPEN ROLL MILL :');
  write('- Massa karet(MO),Temperatur Karet masuk open roll mill(TO1), ');
  writeln('Temperatur Karet keluar dari open roll mill(TO2)');writeln;
  writeln(' Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);
  for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
  write('TO1(Celsius): ');
  for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,17);readln(TO1[I]);end;
  write('TO2(Celsius): ');
  for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,18);readln(TO2[I]);end;
  for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
end;(open_roll)

```

```

Procedure Data_Calendering;

```

```

begin
  writeln;
  MC:=MCOMP;
  writeln('DATA CALENDERING :');
  write('- Massa karet(MC), Temperatur Karet masuk calendar(TC1), ');
  writeln('Temperatur Karet keluar dari calendar(TC2)');writeln;
  writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);
  for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
  write('TC1(Celsius): ');writeln;
  for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,24);readln(TC1[I]);end;
  write('TC2(Celsius): ');writeln;
  for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,24);readln(TC2[I]);end;
  for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
end;(Data_Calendering)

```

```

Procedure Data_Extruding;

```

```

begin
  writeln;
  ME:=MCOMP;
  writeln('DATA EXTRUDING :');
  write('- Massa karet(ME),Temperatur Karet masuk extruding(TE1), ');
  writeln('Temperatur Karet keluar dari extruding(TE2)');writeln;
  writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);

```

```

    for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
    write('TE1(Celsius): ');writeln;
    for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,24);readln(TE1[I]);end;
    write('TE2(Celsius): ');writeln;
    for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,24);readln(TE2[I]);end;
    for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
end;
Procedure Data_Curing;
begin
    writeln;
    MCU:=MCO#P;
    writeln('DATA CURING :');
    write('- Massa karet(MCU),Temperatur Karet masuk Curing(TCU1), ');
    writeln('Temperatur Karet keluar dari Curing(TCU2)');writeln;
    writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);
    for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
    write('TCU1(Celsius): ');writeln;
    for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,24);readln(TCU1[I]);end;
    write('TCU2(Celsius): ');writeln;
    for i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,24);readln(TCU2[I]);end;
    for i:= 1 to 7+10*N do write('-');writeln;
end;(Curing)

Procedure Hitung_Kalor;
begin
    for i:=1 to N do begin
        QM[I]:=Cp*MM[I]/3600*(TM2[I]-TM1[I]);
        QD[I]:=Cp*MO[I]/3600*(TO2[I]-TO1[I]);
        QC[I]:=Cp*MC[I]/3600*(TC2[I]-TC1[I]);
        QE[I]:=Cp*ME[I]/3600*(TE2[I]-TE1[I]);
        QCU[I]:=Cp*MCU[I]/3600*(TCU2[I]-TCU1[I]);
        QTOT[I]:=QM[I]+QD[I]+QC[I]+QE[I]+QCU[I];
    end;
end;(hitung)

Procedure Hasil;
var
    nf : string[20];

begin
    clrscr;
    write('HASIL DISIMPAN DALAM FILE DENGAN NAMA => ');readln(nf);
    assign(B,nf);
    rewrite(B);
    writeln(B,'Produk Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses');
    writeln(B,'-----');
    writeln(B);
    for I:=1 to 7+10*N do write(B,'-');writeln(B);
    write(B,' Ban Besar : ');
    for I:=1 to N do write(B,BES[I]:6,' ');writeln(B);
    write(B,' Ban Sedang: ');
    for I:=1 to N do write(B,SED[I]:6,' ');writeln(B);

```

```

write(B, ' Ban Kecil : ');
for I:=1 to N do write(B,KEC[I]:6,' ');writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, ' TOTAL      : ');
for I:=1 to N do write(B,TOUNIT[I]:6,' ');writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, ' MCOMP      : ');
for I:=1 to N do write(B,MCOMP[I]:4:2,' ');writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do write(B,'-');writeln(B);
writeln(B, ' Keterangan : ');
writeln(B, ' - Ban Besar, Ban Sedang, dan Ban Kecil dalam unit ban');
writeln(B, ' - MCOMP adalah Berat Produk Ban dalam kg/jam ');
write(B, ' - Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll,');
writeln(B, 'Roll Calendar,');writeln(B, ' ,Extruder, dan Curing');
writeln(B);writeln(B);

```

```

writeln(B, 'Kebutuhan Kaler adalah :');
writeln(B, '-----');
writeln(B);
writeln(B, '1.MIXING : ');
for i:=1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, 'M(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do write(B,MM[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B, 'TM1(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TM1[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B, 'TM2(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TM2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, 'QM(kkal/det): ');
for i:=1 to N do write(B,QM[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);

```

```

writeln(B);
writeln(B, '2.OPEN ROLL MILL :');
write(B, '');for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, 'MO(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do write(B,MO[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B, 'TO1(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TO1[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B, 'TO2(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TO2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, 'QO      : ');
for i:=1 to N do write(B,QO[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);

```

```

writeln(B);
writeln(B, '3.CALENDERING :');
write(B, '');for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B, 'MC(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do write(B,MC[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B, 'TC1(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TC1[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B, 'TC2(Celsius): ');

```

```

for i:=1 to N do write(B,TC2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B,'GC      : ');
for i:=1 to N do write(B,GC[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);

writeln(B);
writeln(B,'4.EXTRUDING :');
write(B,'');for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B,'ME(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do write(B,ME[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B,'TE1(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TE1[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B,'TE2(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TE2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B,'QE      : ');
for i:=1 to N do write(B,QE[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);

writeln(B);
writeln(B,'5.CURING :');
write(B,'');for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B,'MCU(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do write(B,MCU[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B,'TCU1(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TCU1[I]:8:2,' ');writeln(B);
write(B,'TCU2(Celsius): ');
for i:=1 to N do write(B,TCU2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
write(B,'QCU      : ');
for i:=1 to N do write(B,QCU[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);

writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'*');writeln(B);
writeln(B,'==> TOTAL (Kkal/det):');writeln(B);
write(B,'QTOT      : ');
for i:=1 to N do write(B,QTOT[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'-');writeln(B);
writeln(B,'==> TOTAL (Watt) :');writeln(B);
write(B,'QTOT      : ');
for i:=1 to N do write(B,4.184*QTOT[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do write(B,'*');writeln(B);
writeln(B);
writeln(B,'Keterangan :');writeln(B);
write(B,' - QTOT adalah Kalor Total yg diperlukan Satu Unit');
writeln(B,' Pemroses ');
write(B,' - Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, ');
writeln(B,'Roll Calendar,');writeln(B,'Extruder,dan Curing');
close(B);
end;{hasil}

```

Begin

```
Cacah_Data;  
If N > max then bingkai  
else Data_Produk;  
Hitung_Massa_Bahan_per_Jam;  
Data_Mixing;  
Data_open_roll_mill;  
Data_calendering;  
Data_extruding;  
Data_Curing;  
Hitung_Kalor;  
Hasil;  
end.
```

Hasil Program dilihat pada file "FIN1.HSS", seperti terlihat di bawah ini

Produk Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses

Ban Besar :	200	300	400	500	600	700	100
Ban Sedang:	300	400	200	100	100	0	500
Ban Kecil :	300	100	200	200	100	100	200
TOTAL :	800	800	800	800	800	800	800
MCDMP :	762.50	945.83	941.67	1000.00	1120.83	1179.17	766.67

Keterangan :

- Ban Besar, Ban Sedang, dan Ban Kecil dalam unit ban
- MCDMP adalah Berat Produk Ban dalam kg/jam
- Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, Roll Calendar, Extruder, dan Curing

Kebutuhan Kalor adalah :

1. MIXING :

MW(kg/jam) :	762.50	945.83	941.67	1000.00	1120.83	1179.17	766.67
TM1(Celsius):	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
TM2(Celsius):	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
QM(kkal/det):	8.58	10.64	10.59	11.25	12.61	13.27	8.63

2. OPEN ROLL MILL :

MO(kg/jam) :	762.50	945.83	941.67	1000.00	1120.83	1179.17	766.67
TO1(Celsius):	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
TO2(Celsius):	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
OO :	2.86	3.55	3.53	3.75	4.20	4.42	2.86

3. CALENDERING :

MC(kg/jam) :	762.50	945.83	941.67	1000.00	1120.83	1179.17	766.67
TC1(Celsius):	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
TC2(Celsius):	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
OC :	4.77	5.91	5.89	6.25	7.01	7.37	4.79

4. EXTRUDING :

ME(kg/jam) :	762.50	945.83	941.67	1000.00	1120.83	1179.17	766.67
TE1(Celsius):	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
TE2(Celsius):	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00
GE :	9.05	11.23	11.18	11.88	13.31	14.00	9.10

5. CURING :

MCU(kg/jam) :	762.50	945.83	941.67	1000.00	1120.83	1179.17	766.67
TCU1(Celsius):	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
TCU2(Celsius):	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
GCU :	9.05	11.23	11.18	11.88	13.31	14.00	9.10

 ==> TOTAL (Kkal/det):

BTOT :	34.31	42.56	42.39	45.00	50.44	53.06	34.50
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

==> TOTAL (Watt) :

BTOT :	143.56	178.00	177.30	188.28	211.03	222.01	144.35
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Keterangan :

- BTOT adalah Kalor Total yg diperlukan Satu Unit Pemroses
- Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, Roll Calendar, Extruder, dan Curing

Dengan data yang lain diperoleh hasil yang disimpan dalam file "FIN.HSS" berikut,

Produk Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses

Ban Besar :	100	200	300	400	500	600	700
Ban Sedang:	700	600	500	400	300	200	100
Ban Kecil :	200	200	200	200	200	200	200
TOTAL :	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
MCOMP :	975.00	1033.33	1091.67	1150.00	1208.33	1266.67	1325.00

Keterangan :

- Ban Besar, Ban Sedang, dan Ban Kecil dalam unit ban
- MCOMP adalah Berat Produk Ban dalam kg/jam
- Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, Roll Calendar, Extruder, dan Curing

Kebutuhan Kalor adalah :

1. MIXING :

MM(kg/jam) :	975.00	1033.33	1091.67	1150.00	1208.33	1266.67	1325.00
TM1(Celsius):	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
TM2(Celsius):	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00
QM(kkal/det):	9.75	10.33	10.92	11.50	12.08	12.67	13.25

2. OPEN ROLL MILL :

MO(kg/jam) :	975.00	1033.33	1091.67	1150.00	1208.33	1266.67	1325.00
TO1(Celsius):	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
TO2(Celsius):	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
QO :	2.44	2.58	2.73	2.87	3.02	3.17	3.31

3. CALENDERING :

MC(kg/jam) :	975.00	1033.33	1091.67	1150.00	1208.33	1266.67	1325.00
TC1(Celsius):	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
TC2(Celsius):	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
QC :	7.92	8.40	8.87	9.34	9.82	10.29	10.77

4. EXTRUDING :

ME(kg/jam) :	975.00	1033.33	1091.67	1150.00	1208.33	1266.67	1325.00
TE1(Celsius):	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
TE2(Celsius):	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00

GE	:	9.75	10.33	10.92	11.50	12.08	12.67	13.25
----	---	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

5. CURING :

KCU(kg/jam) :	975.00	1033.33	1091.67	1150.00	1208.33	1266.67	1325.00
TCU1(Celsius):	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
TCU2(Celsius):	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00

QCU	:	11.58	12.27	12.96	13.66	14.35	15.04	15.73
-----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

 ==> TOTAL (Kkal/det):

QTOT	:	41.44	43.92	46.40	48.87	51.35	53.83	56.31
------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

==> TOTAL (Watt) :

QTOT	:	173.37	183.75	194.12	204.49	214.87	225.24	235.61
------	---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Keterangan :

- QTOT adalah Kalor Total yg diperlukan Satu Unit Pemroses
- Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, Roll Calendar, Extruder, dan Curing

BAB IV

PEMILIHAN JENIS KETEL

Ketel adalah bejana tekan tertutup dimana fluida di dalamnya memperoleh pemanasan dari hasil pembakaran bahan bakar (padat, cair ataupun gas), atau dengan pemanas listrik, ataupun nuklir. Jadi Ketel Uap adalah ketel dimana fluida kerjanya berupa uap air atau uap lainnya.

Perencanaan Ketel uap sebaiknya memenuhi syarat-syarat tersebut di bawah ini:

- hemat bahan bakar, biasanya dinyatakan dalam efisiensi atau rendemen ketel
- berat dan pemakaian ruangan sesuai dengan hasil uap yang dihasilkan (efisiensi berat dan ruangan)
- tidak melanggar peraturan tentang ketel, khususnya berkaitan dengan keselamatan kerja.

4.1 Klasifikasi Ketel Uap

Penggolongan Ketel Uap didasarkan pada berbagai cara menurut: cara penggunaannya, tekanan kerjanya, konstruksi dan cara kerja, bentuk bangunan ketel, dan sebagainya.

4.1.1 Menurut Cara Penggunaannya

- Ketel Tetap (stationary boiler), adalah ketel yang dipasang tetap/permanen pada landasan

tertentu yang disediakan.

- Ketel yang Dapat Dipindah-pindah (portable boiler), bila dipasang pada peralatan lain yang mobil, misalnya truk, perahu motor kecil, dan sebagainya.

4.1.2 Menurut Konstruksi dan Cara Kerja

- Ketel Pipa Api (Fire Tube Boiler), dimana gas pembakaran mengalir melalui pipa-pipa api dan air mengelilinginya.

Pada umumnya ketel jenis ini cocok untuk bekerja pada tekanan dan kapasitas rendah. Secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Ketel dengan ruang bakar luar seperti: "Horizontal Return Tubular Boiler", "Economic/Fire Box Boiler",
- Ketel dengan ruang bakar dalam seperti: Ketel Scotch, Ketel Lokomotif, "Packaged Fire Tube Boiler", "Vertical Tubular Boiler", dan Ketel Pipa Api "Breda".
- Ketel Pipa Air (Water Tube Boiler),
Pada ketel pipa air gas asap dan api hasil pembakaran mengelilingi pipa-pipa air.
Ketel jenis ini umumnya mempunyai efisiensi

yang tinggi dan kapasitasnya berada diatas 15000 lb/j dan tekanan 250 psi ke atas. Lebih sensitif terhadap perubahan beban ketel yang kecil dan gangguan lain yang terjadi dalam ketel. Lebih cepat mencapai titik kerjanya karena jumlah air yang relatif sedikit serta sirkulasi yang berlangsung dengan baik. Karena konstruksinya relatif lebih rumit sehingga ongkos pembuatan maupun pemasangannya pun lebih besar.

Ketel jenis ini masih dapat dibedakan lagi dalam dua macam, yaitu: Ketel Pipa Lurus seperti straight tube boiler dan Ketel Pipa Bengkok seperti : Ketel EDL Stork-Babcock & Wilcox, Ketel de La Mount.

- Ketel dengan Pipa Api Dan Pipa Air

Ketel dengan Pipa Api dan Pipa air "Breda" dan Ketel EVW buatan Stork termasuk dalam jenis ini.

- Kelompok "Special Boiler", antara lain: Ketel dengan Koil (Coil Type Boiler), "Waste Heat Boiler", "Waste Fuel Fired Boiler", "Electric Boiler".

4.2 Kriteria Perencanaan Ketel Uap

Pemilihan jenis ketel disesuaikan dengan kapasitas dan tekanan kerja yang dibutuhkan untuk proses pembuatan ban. Berdasarkan perhitungan konsumsi uap untuk pembuatan ban pada bab terdahulu, maka dapatlah disusun kriteria perencanaan ketel sebagai berikut:

1. Kapasitas ketel

Kapasitas ketel yang diperlukan perlu ditentukan, yaitu dengan memperhitungkan terjadinya kebocoran-kebocoran uap melalui sambungan-sambungan pipa dan terjadinya kondensasi uap setelah keluar dari ketel. Hal ini dipengaruhi oleh besar kecilnya temperatur udara sekeliling.

Menurut SBI (Steel Boiler Institute) kerugian kalor yang terjadi pada saluran pipa tersebut adalah sebesar 20 %¹⁾, sehingga kapasitas ketel yang harus direncanakan sebesar 1,2 kali dari kapasitas pemakaian. Jadi kapasitas ketel yang direncanakan adalah:

$$D = 1,2 \times 5000 = 6000 \text{ kg/j}$$

2. Tekanan Kerja Ketel

Tekanan kerja ketel ditentukan pula atas dasar

¹⁾ Carl. D. Shield's, BOILERS TYPES CHARACTERISTICS AND FUNCTIONS, halaman 23

terjadinya pula kerugian-kerugian tekanan sebelum uap sampai ke tempat pemakaiannya. Kerugian tekanan tersebut meliputi:

2.1 Kerugian tekanan melalui pipa-pipa penyalur uap, melalui beberapa jenis perlengkapan-perlengkapan yang digunakan sepanjang penyalur uap.

Kerugian tekanan uap ini adalah akibat aliran uap itu sendiri melalui pipa-pipa saluran, sambungan-sambungan pipa, katup-katup serta peralatan lain yang digunakan sebelum uap sampai di tempat pembuatan ban (curing). Kerugian-kerugian tekanan ini dinyatakan dengan rumus:

$$\Delta p = 0,4716 \left(1 + \frac{3,6}{d} \right) \frac{L v W^2}{d^5} \dots (4-1^2)$$

dimana,

Δp : kerugian tekanan yang terjadi (lb/in²)

v : volume spesifik (ft³/lb)

W : berat aliran uap per detik (lb/det)

d : diameter dalam pipa saluran (in)

L : panjang total pipa, yaitu: panjang pipa ditambah dengan panjang ekuivalen beberapa peralatan yang digunakan sepanjang saluran pipa uap.

Panjang ekuivalen dari beberapa peralatan yang

²⁾ B&W, Steam's and It's Generation, halaman 3-5

dipakai diberikan pada tabel di bawah ini.
Tabel 4.1 Panjang Ekuivalen

PIPE BORE (IN.)	EQUIVALENT STRAIGHT LENGTH (FT)							
	STAND. ELBOW	STAND. BEND	TEE		OPEN VALVE			EXPAN LOOP
				BRANCH	SLIDE	ANGLE	GLOBE	
1	2	0.5	0.5	2.25	0.5	1.5	3.25	2.25
1.5	3	1	1	3.5	0.75	2.5	5.5	3.5
2	4	1.25	1.25	5.0	1	3.5	7.5	5.0
2.5	5	1.5	1.5	6.5	1.25	4.5	10	6.5
3	6	2	2	8.5	1.5	5.5	12	8.25
4	8	3	3	12	2.25	8	18	12
5	10	4	4	15	3	10	23	15
6	13	5	5	19	3.5	13	29	19
7	15	6	6	23	4.25	15	34	23
8	17	7	7	27	5	18	40	27
9	19	8	8	31	6	21	46	31
10	21	9	9	35	7	24	53	35
12	25	11	11	44	8	30	66	44
15	31	14	14	47	11	34	86	57

Panjang pipa penyalur yang direncanakan adalah $L = 30$ m sedangkan panjang ekuivalen dari peralatan-peralatan yang ada sepanjang saluran pipa tersebut diperkirakan sebesar 40 % dari panjang pipa, sehingga panjang total pipa menjadi:

$$L = 1,4 \times 30 = 42 \text{ m}$$

$$L = 137,8 \text{ ft}$$

Berat aliran uap diambil dari harga rata-rata, yaitu:

$$W = \frac{6000 + 5000}{2} \text{ kg/j} = 5500 \text{ kg/j}$$

$$= 3,37 \text{ lb/det}$$

Kecepatan aliran uap untuk tekanan uap yang

rendah adalah sebesar 12000 ft/menit.³⁾

Jadi kecepatan uap adalah sebesar:

$$w = 12000 \text{ ft/menit} = 200 \text{ ft/det}$$

Besar volume spesifik (pada 187 °C)⁴⁾ adalah:

$$v = 0,1981 \text{ m}^3/\text{kg} = 3,171 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

Dari hubungan berikut:

$$W = \frac{F w}{v}$$

maka,

$$\begin{aligned} F &= \frac{W v}{w} = \frac{3,7 \cdot 3,171}{200} \\ &= 0,05 \text{ ft}^2 = 7,69 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,69}{\pi}} \\ &= 3,13 \text{ in.} \end{aligned}$$

Dari pustaka 7 maka diambil pipa dengan karakteristik sebagai berikut:

Jenis pipa : ASTM A-120⁵⁾

Ukuran nominal Ø 3 in.

Diameter luar Ø 3,5 in.

³⁾ Ibid, halaman 3-7

⁴⁾ Thermodynamics, Perkins, halanam 594

⁵⁾ PROCESS EQUIPMENT DESIGN, Llyod E Brownell * Edwin HY,
halaman 386

Tebal dinding nominal diambil NO. 40, yaitu 0,216 in.

Diameter dalam pipa \varnothing 3,068 in.

Dari data perhitungan-perhitungan di atas maka:

$$\Delta p = 0,4716 \left(1 + \frac{3,6}{3,068} \right) \frac{137,8 \cdot 3,171 \cdot 3,37^2}{3,068^5}$$

$$= 18,71 \text{ lb/in}^2 = 1,27 \text{ atm}$$

2.1 Kerugian tekanan melalui lubang utama uap, atau disebut dengan kelebihan tekanan di atas tekanan maksimum di dalam ketel.

Kerugian tekanan uap yang harus diperhitungkan dalam perencanaan tekanan kerja ketel uap adalah sebesar 5 % dari tekanan maksimum di dalam ketel (pustaka 4.23-3).⁶⁾

2.3 Kerugian tekanan melalui alat pemanas lanjut bila digunakan alat tersebut.

Secara teoritis proses yang berlangsung di dalam alat pemanas lanjut adalah proses tekanan konstan. Akan tetapi dalam tiap perencanaan kita harus memperhitungkan adanya kerugian tekanan uap. Kerugian tekanan uap di dalam alat pemanas lanjut terbagi atas:

- kerugian tekanan pada stasion masuk dan stasion

⁶⁾ B&W, STEAM'S AND IT'S GENERATION, halaman 21-3

keluar.

- kerugian tekanan pada belokan-belokan pipa
- kerugian tekanan pada pipa lurusnya

Menurut pustaka 4 kerugian tekanan tersebut mencapai 10 % dari tekanan kerja ketel.

Pada perencanaan ini tidak direncanakan pemakaian alat pemanas lanjut dengan pertimbangan sebagai berikut:

- kebutuhan uap adalah uap jenuh saja, dan kecepatan aliran uap sudah cukup tinggi serta sistem isolasi pipa dianggap baik dan dapat mencegah atau mengurangi terjadinya proses kondensasi.
- beban yang berfluktuasi secara terus menerus, kerugian kapasitas uap telah diperhitungkan. Penggunaan peralatan seperti separator dan "steam trap".

Dari analisis kerugian-kerugian tekanan yang terjadi tersebut maka diperoleh tekanan kerja ketel desain:

$$p = 10 \text{ atm} + 1,27 \text{ atm} + 0,05.p$$

$$p = \frac{11,27}{0,95} = 11,86 \text{ atm}$$

Selanjutnya Tekanan Kerja Ketel diambil

$$p = 12 \text{ atm.}$$

4.3 Bahan Pertimbangan Pemilihan

Ketel digunakan bagi proses pemanasan/pembentukan ban atau "curing" pada industri ban kecil dimana penggunaan uap berlangsung 24 jam sehari selama 6 hari seminggunya.

Bahan bakar yang digunakan adalah jenis bahan bakar cair, atau minyak bakar residu dengan karakteristik volume jenis rendah dengan nilai pembakaran sekitar 10000 kkal/kg_{bb}.

Dengan melihat permintaan di atas maka ketel ini termasuk pada jenis ketel dengan kapasitas rendah dan tekanan rendah. Disamping itu dianggap bahwa fluktuasi beban terjadi cukup tinggi. Sehingga pemilihan jenis ketel uap akan lebih cenderung kepada jenis-jenis ketel pipa api.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas dapat disusun kriteria perencanaan Ketel sebagai berikut:

- Uap yang dihasilkan pada tingkat uap jenuh saja
- Tekanan Produksi Uap, $p = 12 \text{ atm}$
- Temperatur Uap Jenuh, $T_u = 187^\circ\text{C}$
- Kapasitas Produksi Uap, $D = 6000 \text{ kg/j}$
- Temperatur Air Pengisian, $T_a = 27^\circ\text{C}$
- Bahan Bakar Minyak Residu
- Tarikan Cerobong
- Model Ketel "Scotch"
- Semi portabel (mudah dipindah-pindah)

BAB V

ANALISIS BAHAN BAKAR DAN PEMBAKARAN

Ketel Uap memerlukan sumber panas yang memberikan temperatur yang cukup untuk mengubah air menjadi uap. Pemanfaatan bahan bakar fosil seperti: batubara, minyak, gas, kayu dan sebagainya masih dirasakan relevan, meskipun tidak tertutup kemungkinan untuk proses-proses lain seperti energi nuklir.

Pembakaran (combustion) didefinisikan sebagai reaksi kimia cepat dari kombinasi antara unsur-unsur mampu bakar (combustible) yang ada dalam bahan bakar dengan oksigen yang diperoleh dari udara, dan dalam hal-hal tertentu dapat juga menggunakan sediaan oksigen dalam tabung yang diperdagangkan. Unsur-unsur kombustibel dalam bahan bakar terdiri dari Karbon (C), Hidrogen(H), dan sejumlah kecil Belerang(S). Sedangkan oksigen biasanya diambil dari udara. Disini belerang sangat kecil peranannya sebagai sumber panas, tetapi akan besar pengaruhnya bagi masalah korosi dan polusi.

5.1 Pemilihan Bahan Bakar

Dalam perencanaan ketel ini, bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar residu. Dari tabel di bawah ini dapat

dilihat data hasil penelitian beberapa contoh minyak bakar.

Tabel 5.1 Beberapa Jenis Minyak Residu

	TITIK NYALA °C	KADAR ABU %	KEKENTALAN CST pada 100°C	KADAR SULFUR %	NILAI KALOR kkal/kg	KOMPOSISI %
	76	0,02	35,3	0,09	10056	
	70	0,02	40,1	0,10	10081	
	73	0,03	53,6	0,28	9989	
	73	0,04	153,9	1,40	10473	C: 85 % H: 11,70 %
	68	0,05	85,2	0,62	10126	C: 87,74 % N: 0,24 % H: 11,80 %
	74	0,03	125,1	0,09	10048	
	75	0,01	56,06	0,10	10099	
	78	0,02	76,00	0,13	10009	
	78	0,02	99,61	0,11	10040	
	77	0,09	219,5	0,09	10063	

Pada perencanaan ketel ini digunakan bahan bakar dengan komposisi sebagai berikut:

KOMPOSISI BAHAN BAKAR	
1. Kadar Karbon	85,57 %
2. Kadar Hidrogen	12,03 %
3. Kadar Oksigen	1,21 %
4. Kadar Nitrogen	0,09 %
5. Kadar Sulfur	1,10 %
6. Kadar Abu	2,69 %
7. Kadar Air	0,20 %
8. Kekentalan : pada suhu 80°C	26,37 cst
pada suhu 50°C	97,36 cst
9. Specific Gravity	0,9679

5.1.1 Nilai Kalor Bahan Bakar

Nilai Kalor Bahan Bakar Atas (HHV):

$$\text{HHV} = 14500 c + 62000 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 4000 \text{ sBtu/lb} \dots (5-1)$$

$$*) 1 \text{ Btu/lb} = 0,556 \text{ kal/kg}_{\text{DB}}$$

Nilai Kalor Bawah (LHV):

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= \text{HHV} - 9720 \text{ h} - 1110 \text{ w} \quad \text{Btu/lb} \dots\dots\dots(5-2) \\ &= \left[14500 \cdot 0,8557 + 62000 \left(0,1203 - \frac{0,0121}{8} \right) + \right. \\ &\quad \left. 4000 \cdot 0,011 - 9720 \cdot 0,1203 - 1100 \cdot 0,002 \right] \cdot 0,556 \\ &= 10080 \text{ kkal/kg}_{\text{DB}} \end{aligned}$$

5.2 Pembakaran Bahan Bakar

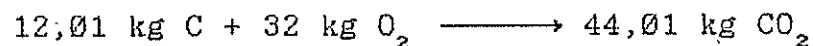
Misalkan 1 kg bahan bakar mengandung c kg C, h kg Hidrogen, dan o kg Oksigen, maka

$$1 \text{ kg}_{\text{DB}} = c \text{ kg} + h \text{ kg} + o \text{ kg}$$

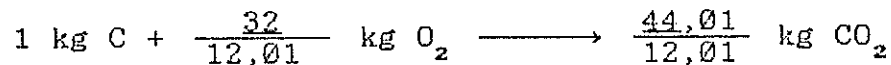
Dan reaksi pembakaran dari Carbon adalah



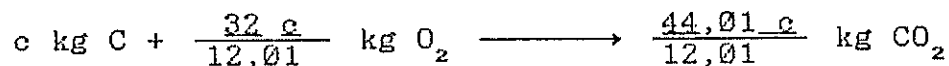
Dengan mengambil berat atom dari kandungan didapatkan,



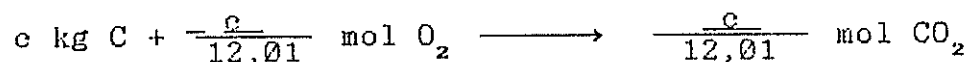
Sehingga pembakaran 1 kg Carbon akan menghasilkan



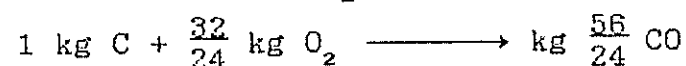
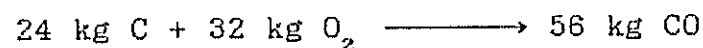
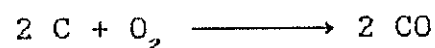
Dan pembakaran c kg Carbon akan menghasilkan,

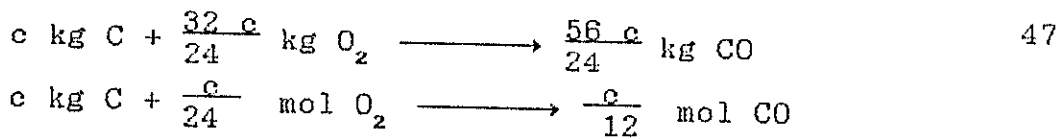


atau dengan konsep mol



Pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan Carbon monoksida

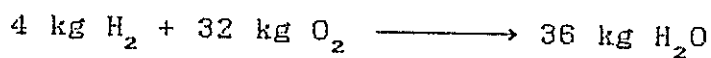




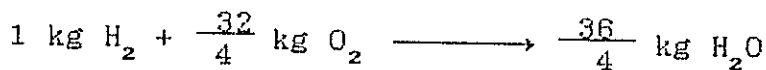
Reaksi sempurna dari pembakaran gas Hidrogen dirumuskan oleh



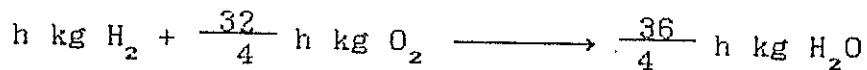
Dengan mengambil berat sebesar berat atom dari tiap-tiap elemen akan menghasilkan



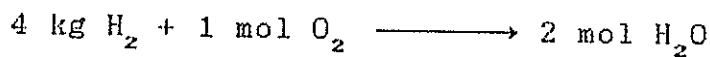
Sehingga untuk 1 kg H₂ menjadi



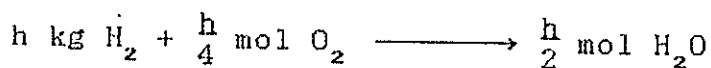
Untuk h kg Hidrogen



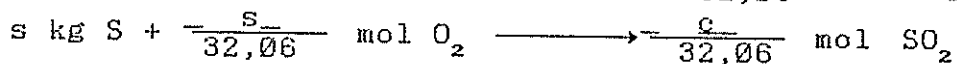
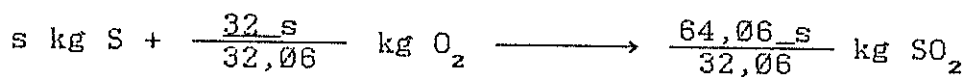
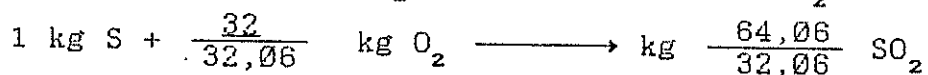
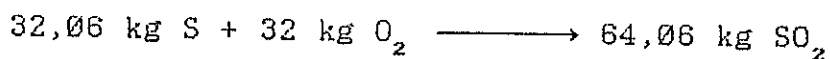
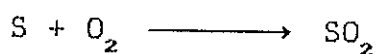
Dalam mol,



Untuk h kg Hidrogen



Reaksi kimia untuk s kg Sulfur adalah sebagai berikut:



Karena di dalam bahan bakar sendiri terdapat unsur Oksigen, maka prosentase unsur hidrogen yang memerlukan O₂ berkurang sebesar 1/8 o %. Jadi prosentase hidrogen yang terbakar dengan oksigen dari udara adalah sebesar (h-1/8o) %

Dibawah ini diperlihatkan data dari gas-gas yang ikut

atau terjadi di dalam proses pembakaran. Data ini telah⁴⁸ digunakan pada perhitungan-perhitungan reaksi kimia pembakaran di atas.

Tabel 5.2 Hasil Pembakaran Bahan Bakar

GAS	RUMUS MOLEKUL	MOL. VOLUME N/M ³	BERAT SPESIFIK KG/M ³
OKSIGEN	O ₂	22,39	1,4289
KARBONDI-OKSIDA	CO ₂	22,26	1,9768
SULFUR DIOKSIDA	SO ₂	21,89	2,9263
NITROGEN	N ₂	22,4	1,2505
UAP AIR	H ₂ O	22,4	0,804
KARBON-MONOKSIDA	CO	22,4	1,25
HIDROGEN	H ₂	22,43	0,0899

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa jumlah kebutuhan oksigen minimum adalah:

$$O_{\text{MIN}} = 1,864 c + 5,56 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 0,697 s \text{ Nm}^3/\text{kg}_{\text{bb}} \dots \dots \dots (5-3)$$

Komposisi gas dalam udara dalam % volum adalah:

- O₂ = 21 % - N₂ = 78,05 % - Ar = 0,92 %
- CO₂ = 0,03 %

Sehingga jumlah udara teoritis yang diperlukan untuk pembakaran adalah:

$$L_{\text{MIN}} = \frac{100}{21} \times O_{\text{MIN}} \text{ Nm}^3/\text{kg}_{\text{bb}} \dots \dots \dots (5-4)$$

Kebutuhan Udara sebenarnya dinyatakan dengan faktor

udara lebih (excess air = ϵ). Untuk bahan bakar minyak harga ϵ adalah $1,1 \div 1,2$ ¹⁾.

Kelembaban udara juga mempengaruhi faktor udara lebih, dan dirumuskan sebagai,

$$f = \frac{L_w}{L} = 1 + \frac{\varphi P_s}{(P_u - \varphi P_s)} \dots\dots\dots(5-5)$$

dimana,

φ : kelembaban relatif udara

P_u : tekanan udara

P_s : tekanan parsial uap

Harga f dapat dilihat pada tabel berikut ini,

Tabel 5.3 Harga faktor f ²⁾

TEMPERATUR	f
0	1,0049
10	1,0098
20	1,0190
30	1,0350
40	1,0630

Jika temperatur udara 30°C , $\epsilon = 1,2$, dan $\varphi = 0,80$, maka,

$$L_w = \epsilon f L_{\text{MIN}} \dots\dots\dots(5-6)^{3)}$$

$$= 1,2 \cdot 1,035 \cdot \left[8,877 \cdot 0,8557 + 26,443 \cdot 0,1203 + 3,326 \cdot 0,011 - 3,332 \cdot 0,0121 \right]$$

¹⁾ Carl D. Shield's, BOILER'S TYPE CHARACTERISTICS AND FUNCTION, halaman 44

²⁾ Prof. Dipl Ing. M. Ledinegg, DAMPERZEUGUNG DAMPFKESSEL FEURUNGEN THEORIE KONSTRUKSION, halaman 129

³⁾ Ibid, halaman 234

$$= 13,38 \text{ Nm}^3/\text{kg}_{\text{BB}} = 17,427 \text{ kg/kg}_{\text{BB}}$$

5.3 Jumlah dan Komposisi Gas Asap

Volume Gas Asap hasil pembakaran bahan bakar diuraikan sebagai berikut:

$$- V_{\text{CO}_2} = 1,853 \text{ c} \quad - V_{\text{SO}_2} = 0,683 \text{ s}$$

$$- V_{\text{N}_2} = 0,8 \text{ n} + 0,79 \text{ L}_{\text{MIN}}$$

$$- V_{\text{H}_2\text{O}} = (9h + w) 1,24 + (f - 1) \text{ L}_{\text{MIN}} + (\varepsilon - 1) \text{ L}_{\text{MIN}}$$

Volume Total Gas Asap,

$$V = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \dots \dots \dots (5-7)$$

$$= 1,853 + 0,8557 + 0,683 + 0,011 + 0,8 + 0,0009 + 0,79.$$

$$= 10,854 + (9 \cdot 0,1203 + 0) \cdot 1,24 + (1,035 - 1) \cdot 10,854$$

$$+ (1,2 - 1) \cdot 1,035 \cdot 10,854$$

$$= 14,1381 \text{ l/kg}_{\text{BB}}$$

Sehingga komposisi gas asap,

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V} = 11,215 \% \quad P_{\text{N}_2} = \frac{V_{\text{N}_2}}{V} = 72,78 \%$$

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{V_{\text{SO}_2}}{V} = 0,053 \% \quad P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V} = 17,71 \%$$

5.4 Kerugian Kalor

Secara garis besar kerugian-kerugian kalor tersebut dapat berupa:

- kerugian gas asap yang keluar dari cerobong
- kerugian karena ketidaksempurnaan alat pembakar, yaitu adanya butir-butir minyak yang terlalu cepat dan jauh disemprotkan sehingga tidak sempat atau

terlambat terbakar.

- kerugian karena pancaran kalor dari badan ketel.
- kerugian kalor yang terikut dengan abu leleh (slag).
- kerugian lain yang tidak dapat diketahui.

5.4.1 Kerugian Gas Asap melalui Cerobong

Kerugian ini dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma_a = \frac{(1 - \sigma_u) (J_A - J_L)}{\text{LHV}} \times 100 \% \dots \dots \dots (5-8)^{4)}$$

dimana,

$$J_A = C_{PA} V_A \theta_A \text{ kkal/kg}$$

: entalpi gas asap per kg bahan bakar pada temperatur keluar gas asap θ_A

$$J_L = C_{PL} V_L \theta_L \text{ kkal/kg}$$

: entalpi udara luar pada temperatur udara

LHV : nilai pembakaran bawah bahan bakar (kkal/kg)

σ_u : kerugian karem pembakaran yang tidak sempurna

Diasumsikan temperatur keluar gas asap adalah $\theta_A = 300^\circ\text{C}$ dan temperatur udara sekeliling $\theta_L = 30^\circ\text{C}$. Sehingga dengan bantuan appendiks A-1 diperoleh bahwa:

Untuk $\theta_A = 300^\circ\text{C}$ dan $\varepsilon = 1,2 \longrightarrow J_A = 1400 \text{ kkal/kg}$.

$$J_L = C_{PL} L_w \rho_L \theta_L \text{ kkal/kg}$$

$$C_{PL} = 0,2419 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} , \rho_L = 1,127 \text{ kg/Nm}^3 , \text{ dan}$$

$$L_w = 13,48 \text{ Nm}^3/\text{kg}_{bb}$$

⁴⁾ Ibid, halaman 153

Sehingga,

$$J_L = 0,2419.13,48.1,127.30 = 110,248 \text{ kkal/kg}_{bb}$$

Untuk bahan bakar minyak $\sigma_u = 0,02$, dan telah dipilih LHV = 10080 kkal/kg_{bb}.

Maka kerugian kalor gas asap melalui cerobong dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_a = \frac{0,98 (1400 - 110,248)}{10080} \times 100 \% = 12,54 \%$$

5.4.2 Kerugian karena Pembakaran

Kerugian ini dirumuskan dengan,

$$\sigma_u = \sigma_{CO} + \sigma_{H_2} + \sigma'_u \dots\dots\dots(5-9)^{5)}$$

dimana,

σ_u : kerugian karena pembakaran yang tidak sempurna

σ_{CO} : kerugian karena pembakaran karbon yang tidak sempurna

σ_{H_2} : kerugian karena pembakaran hidrogen yang tidak sempurna

Untuk bahan bakar minyak $\sigma_u = \sigma'_u = 2 \%$

5.4.3 Kerugian karena Pancaran

Kerugian karena pancaran ini sulit ditentukan besarnya secara pasti. Kerugian pancaran melalui badan ketel diambil

⁵⁾ Ibid, halaman 154

melalui daftar berikut..

Tabel 5.4 Hubungan antara Kapasitas Ketel dan Rugi Pancaran⁶⁾

D (ton/j)	Kerugian Pancaran (α_{st})
4	0,05
10	0,031
20	0,022
50	0,014
200	0,010

Karena beban ketel berubah-ubah dari 3 ton/j ÷ 6 ton/j, maka diambil kerugian pancaran sebesar:

$$\alpha_{st} = 0,05.100 \% = 5 \%$$

5.4.4 Kerugian Kalor yang Ikut Kerak

Kerugian kalor ini dinyatakan dengan rumus:

$$\alpha_w = \frac{a.X.(C.\theta + \rho)}{LHV} \times 100 \% \dots \dots \dots (5-10)^{7)}$$

dimana,

a : prosentase kerak atau abu, untuk bahan bakar

minyak a = 0

X : aktor yang ditentukan oleh rangka bakar

⁶⁾ Ibid, halaman 158

⁷⁾ Ibid, halaman 158

C : kalor spesifik debu leleh (slag)

θ : temperatur debu leleh

ρ : bilangan yang ditentukan oleh cara pembakaran

Karena harga $a = \theta$ maka kerugian kalor yang ikut bersama kerak adalah sebesar:

$$\sigma_w = \theta$$

5.5 Efisiensi Ketel Uap

Dari perhitungan-perhitungan mengenai kerugian kalor yang terjadi maka dapat ditentukan besarnya efisiensi ketel, yaitu :

$$\begin{aligned} \eta_k &= 100 \% - \sigma_a - \sigma_u - \sigma_{st} - \sigma_w \dots\dots\dots(5-11) \\ &= 100 \% - 12,54 \% - 2 \% - 5 \% - 0 \% \\ &= 80,44 \% \end{aligned}$$

5.6 Jumlah Pemakaian Bahan Bakar

Tabel Perbandingan D, B, Ku dan M

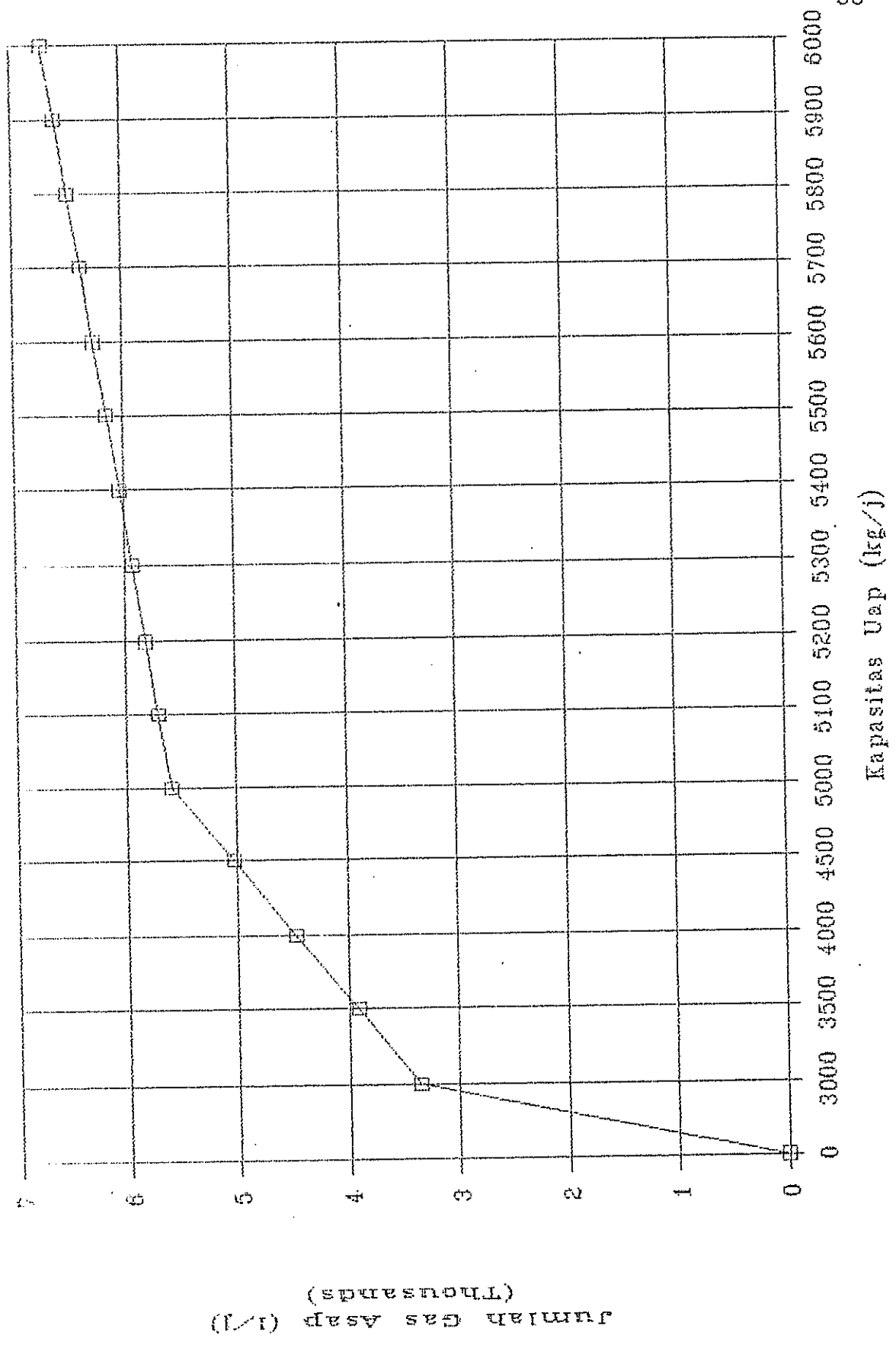
No	D (kg/j)	B (kg/j)	Ku		M (liter/j)
			(kg/j)	(liter/j)	
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3000	237.35	3199.49	4136.56	3355.69
3	3500	276.91	3732.74	4825.98	3914.98
4	4000	316.47	4265.99	5515.41	4474.26
5	4500	356.03	4799.24	6204.83	5033.54
6	5000	395.59	5332.49	6894.26	5592.82
7	5100	403.50	5439.14	7032.15	5704.68
8	5200	411.41	5545.79	7170.03	5816.54
9	5300	419.32	5652.44	7307.92	5928.39
10	5400	427.23	5759.09	7445.80	6040.25
11	5500	435.14	5865.74	7583.69	6152.11
12	5600	443.06	5972.39	7721.57	6263.96
13	5700	450.97	6079.04	7859.46	6375.82
14	5800	458.88	6185.69	7997.34	6487.68
15	5900	466.79	6292.34	8135.23	6599.53
16	6000	474.70	6398.99	8273.11	6711.39

Keterangan:

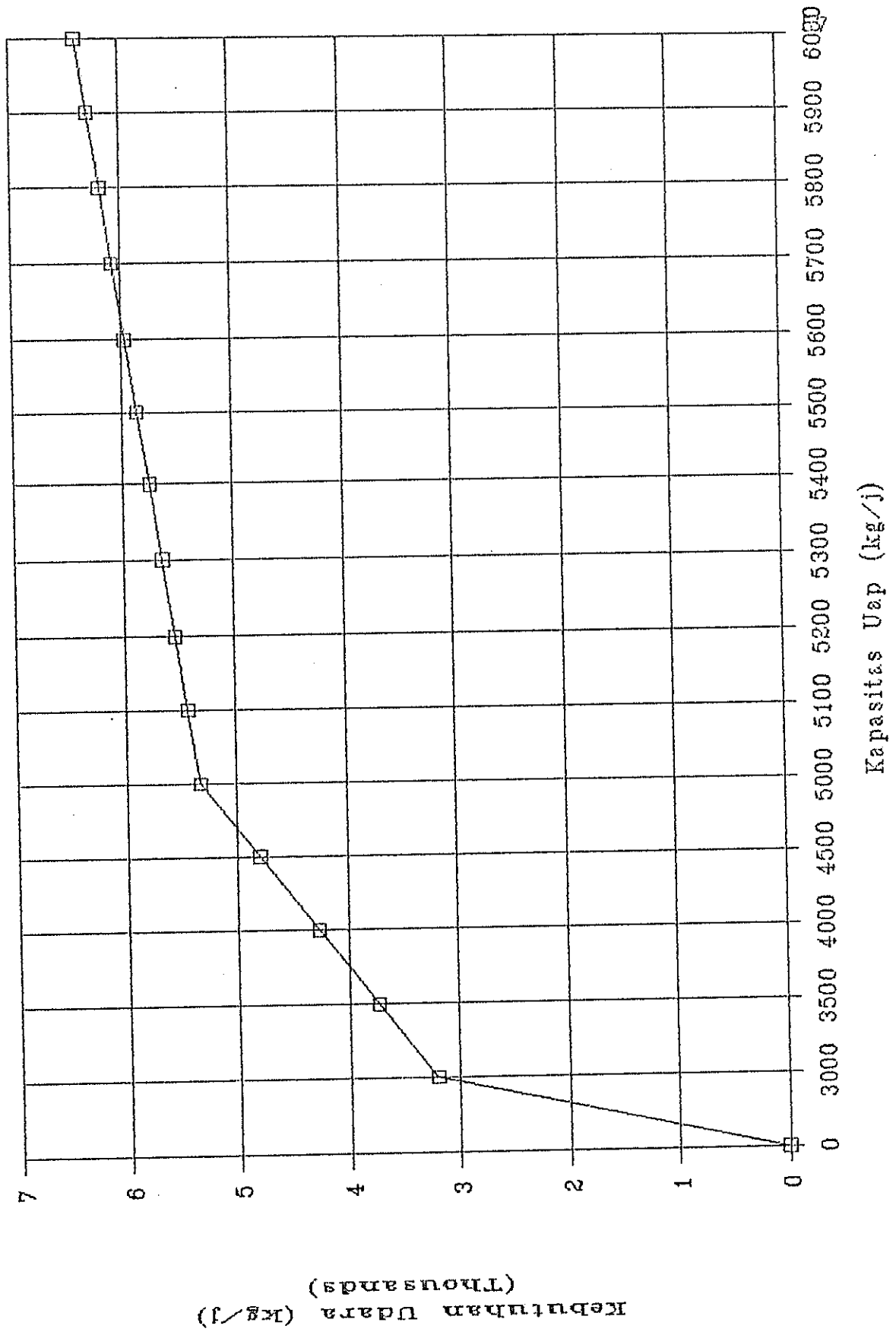
- D : Kapasitas Uap yang Dihasilkan (kg/j)
 B : Suplai Bahan Bakar yang Diharapkan (kg/j)
 Ku : Kebutuhan Udara (kg/j) atau (l/j)
 M : Jumlah Gas Asap (l/j)

$$B = \frac{D(J_G - J_A)}{\eta_k \cdot \text{LHV}} ; K_u = B \cdot L_w ; M = B \cdot V$$

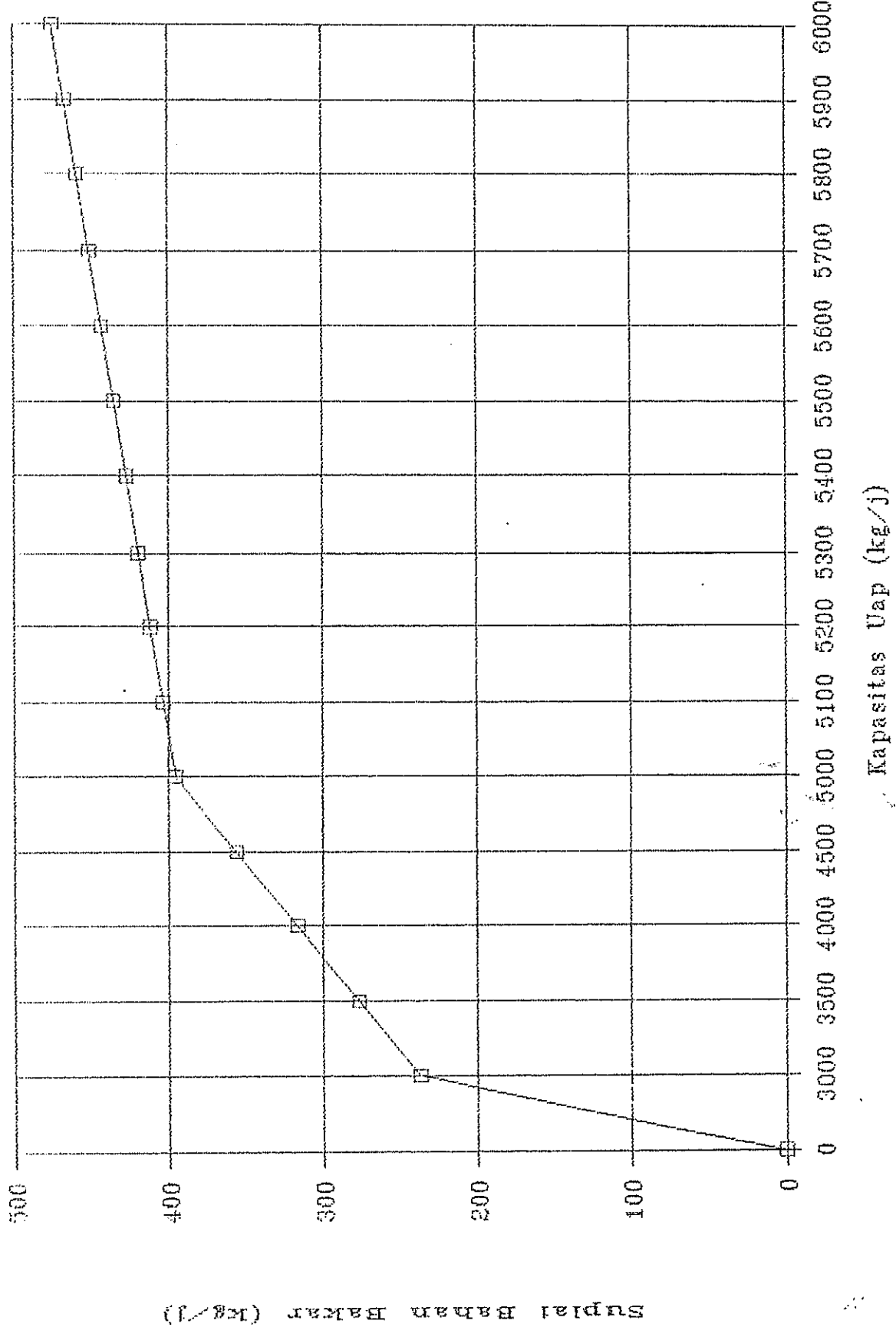
Kapasitas Uap vs Jumlah Gas Asap



Kapasitas Uap vs Kebutuhan Udara (kg/j)



Kapasitas Uap vs Suplai Bahan Bakar

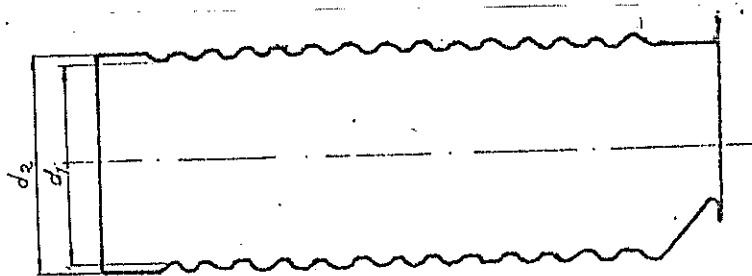


BAB VI

RUANG BAKAR DAN PERPINDAHAN KALOR

Bentuk Ruang Bakar dari ketel yang direncanakan adalah termasuk jenis ruang bakar dalam, sesuai dengan bahan bakar yang digunakan yaitu minyak bakar residu.

Untuk jenis Ruang Bakar dengan bahan bakar minyak beban yang diperbolehkan adalah sampai 2×10^6 kkal/m³jam¹⁾. Dengan ruang bakar adalah jenis ruang bakar dinding berombak atau "corrugated furnace". Ukuran ruang bakar seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.1 di bawah ini.



Gambar 6.1 Ruang Bakar jenis berombak

Volume ruang bakar yang direncanakan:

$$V_{RB} = \frac{\pi}{4} (d_1 + d_2)^2 \frac{1}{2} \cdot L_{RB} \cdot 1,14 \dots \dots \dots (6-1)$$

$$V_{RB} = \frac{\pi}{4} (1,1 + 1,2)^2 \frac{1}{2} \cdot 3,2 \cdot 1,14 = 3,8 \text{ m}^3$$

¹⁾ Hütte, DES INGENIEURS TASSCHENBUCH MASCHINENBAU, hal. 56
59

Beban Ruang Bakar (Q_{RB}).

$$Q_{RB} = \frac{B \times LHV}{V_{RB}} \text{ kkal/m}^3 \cdot \text{jam} \dots\dots\dots (6-2)^2)$$

$$= \frac{10080 \times 475}{3,8} \text{ kkal/m}^3 \cdot \text{jam}$$

$$= 1260000 \text{ kkal/m}^3 \cdot \text{jam} < 2.10^6 \text{ kkal/m}^3 \cdot \text{jam}$$

Volume Badan Api (V_{BA}).

$$V_{ba} = \phi \cdot V_{RB} \text{ m}^3 \dots\dots\dots (6-3)^3)$$

dimana ϕ = derajat pengisian api di dalam ruang bakar,
diambil 0,8.⁴⁾

$$V_{BA} = 0,8 \cdot 3,8$$

$$= 3,04 \text{ m}^3$$

Diameter Ruang Bakar adalah,

$$d_{RB} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{BA}}{\pi \cdot L_{BA}}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 3,04}{\pi \cdot 3,2}} = 1,1 \text{ m}$$

6.1 Derajat Kehitaman Badan Api

Derajat Kehitaman Badan Api rata-rata dinyatakan dengan rumus:

$$A_{1r} = \frac{\sum A_1 \cdot F}{\sum F} \dots\dots\dots (6-4)^5)$$

²⁾ Ledinegg, DAMPFERZEUGUNG, halaman 110

³⁾ Ibid, halaman 102

⁴⁾ Ibid, Zahlentafel 109, halaman 319

⁵⁾ Ibid, halaman 223

Derajat Kehitaman Badan Api (A_1).

$$A_1 = A_g + (1 - A_g) \cdot A_f \dots \dots \dots (6-5)$$

dimana,

$$A_g = A_{CO_2} + A_{H_2O} = \text{derajat kehitaman gas asap}$$

A_f = derajat kehitaman badan api

$$A_f = \frac{0,027 \cdot Q_{RB} \cdot R_{EQ}}{10^5}$$

Pancaran Kalor yang dihasilkan oleh gas asap sebagian dipengaruhi oleh kadar CO_2 dan H_2O . Dari perhitungan komposisi gas asap diperoleh bahwa,

$$P_{CO_2} = 11,215 \%$$

$$P_{H_2O} = 12,717 \%$$

Jika dianggap bahwa tekanan di dalam ruang bakar sebesar 1 atmosfer maka tekanan parsial dari masing-masing gas adalah:

$$P_{CO_2} = \frac{11,215}{100} \cdot 1 \text{ atm} = 0,11215 \text{ atm.}$$

$$P_{H_2O} = \frac{12,712}{100} \cdot 1 \text{ atm} = 0,12712 \text{ atm}$$

Dari Gambar appendiks A-2 dan A-3 kita dapat mencari derajat kehitaman untuk CO_2 dan H_2O sebagai berikut:

Untuk selubung badan api.

$$R_{EQ} = 0,95 d_{BA} = 0,95 \cdot 110 = 104,5 \text{ cm}$$

$$P_{CO_2} \cdot R_{EQ} = 104,5 \cdot 0,11215 = 11,72 \text{ cm-atm}$$

diasumsikan temperatur akhir api $\theta_{1m} = 1250^{\circ} \text{ C}$, maka

$$A_{CO_2} = 9,5 \%$$

$$P_{H_2O} \cdot R_{EQ} = 104,5 \cdot 0,12717 = 13,3 \text{ cm-atm}$$

$$A_{H_2O} = 14,1 \%$$

$$\begin{aligned} A_g' &= A_{CO_2} + A_{H_2O} = 9,5 \% + 14,1 \% \\ &= 23,6 \% \end{aligned}$$

Untuk bidang kiri dan kanan.

$$R_{gq} = 0,9 \cdot d_{BA} = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} P_{CO_2} \cdot R_{gq} &= 99 \cdot 0,11215 \text{ cm-atm} \\ &= 11,1 \text{ cm-atm} \end{aligned}$$

$$A_{CO_2} = 9,5 \%$$

$$\begin{aligned} P_{H_2O} \cdot R_{gq} &= 99 \cdot 0,12717 \text{ cm-atm} \\ &= 12,6 \text{ cm-atm} \end{aligned}$$

$$A_{H_2O} = 14 \%$$

$$\begin{aligned} A_g'' &= A_{CO_2} + A_{H_2O} = 9,5 \% + 14 \% \\ &= 23,5 \% \end{aligned}$$

Derajat kehitaman badan api,

$$\begin{aligned} A_f' &= \frac{0,027 \cdot Q_{FB} \cdot R_{gq}}{10^5} \\ &= \frac{0,027 \cdot 1260000 \cdot 104,5}{10^5 \cdot 100} \\ &= 0,3555 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_f'' &= \frac{0,027 \cdot Q_{FB} \cdot R_{gq}}{10^5} \\ &= \frac{0,027 \cdot 1260000 \cdot 99}{10^5 \cdot 100} \\ &= 0,3368 \end{aligned}$$

Maka derajat kehitaman badan api,

$$\begin{aligned}
 A'_1 &= A'_g + (1 - A'_g) \cdot A_f \\
 &= 0,236 + (1 - 0,236) \cdot 0,355 \\
 &= 0,5076
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A''_1 &= A''_g + (1 - A''_g) \cdot A_f \\
 &= 0,235 + (1 - 0,235) \cdot 0,3368 \\
 &= 0,4926
 \end{aligned}$$

Sehingga derajat kehitaman badan api,

$$A_{1r} = \frac{A'_1 F'_1 + A''_1 F''_1}{F'_1 + F''_1}$$

$$\begin{aligned}
 F''_1 &= 2 \times \frac{\pi \cdot d_{BA}^2}{4} \text{ m}^2 \\
 &= 2 \times \frac{\pi \cdot 1,1^2}{4} \text{ m}^2 = 1,9 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F'_1 &= \pi \cdot d_{BA} \cdot L_{BA} \\
 &= \pi \cdot 3,2 \cdot 1,1 = 11,06 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
 A_{1r} &= \frac{0,5076 \cdot 11,06 + 0,4926 \cdot 1,9}{11,06 + 1,9} \\
 &= 0,5054
 \end{aligned}$$

6.2 Derajat Kehitaman Ruang Bakar

Derajat kehitaman Ruang Bakar dinyatakan dengan:

$$A_{2r} = \frac{\sum A_2 F'_2}{\sum F_2} \dots \dots \dots (6-7)$$

$$A_{2r} = \frac{A'_2 F'_2 + A''_2 F''_2}{F'_2 + F''_2}$$

$$\begin{aligned}
 F'_2 &= \pi \cdot d_{RB} \cdot L_{RB} \cdot 1,14 \\
 &= \pi \cdot 1,15 \cdot 3,2 \cdot 1,14 = 13,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2'' &= 2 \times \frac{\pi \cdot d_{RD}^2}{4} \text{ m}^2 \\
 &= 2 \times \frac{\pi \cdot 1,15^2}{4} \text{ m}^2 \\
 &= 2,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{2r} &= \frac{1 \cdot 13,2 + 1 \cdot 1,04}{13,2 + 2,08} \\
 &= 0,932
 \end{aligned}$$

6.3 Temperatur Akhir Api

Untuk menentukan temperatur akhir api kita menggunakan gambar pada appendix A-4, dimana untuk beberapa harga i_{th} digambarkan sebagai fungsi dari M/FC dan θ_A , dimana:

i_{th} : entalpi teoritis gas asap (kkal/kg)

M : jumlah ~~luas~~ gas asap per jam (Nm^3/jam)

F : luas permukaan badan api (m^2)

$$\begin{aligned}
 F &= F_1' + F_1'' \dots\dots\dots(6-9) \\
 &= 11,06 + 1,8 = 12,96 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{5,21}{\frac{1}{0,5054} + \frac{12,96}{15,28} + (\frac{1}{A_{2r}} - 1)} \dots\dots\dots(6-10) \\
 &= \frac{5,21}{\frac{1}{0,5054} + \frac{12,96}{15,28} + (\frac{1}{0,932} - 1)} \\
 &= 2,6
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \frac{M}{F \cdot C} &= \frac{6715,6}{12,96 \cdot 2,6} \dots\dots\dots(6-11) \\
 &= 199,3
 \end{aligned}$$

i_{th} atau entalpi gas asap dicari dengan rumus:

$$i_{th} = \frac{LHV + J_L}{V} \quad \text{kkal/Nm}^3 \dots\dots\dots(6-12)$$

$$J_L = C_{PL} \cdot \theta_L \cdot L_W \cdot \rho_L \quad \text{kkal/kg}_{bb}$$

$$\theta_L = 30 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad C_{PL} = 0,2419 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \text{ } ^5)$$

$$\rho_L = 1,127 \text{ kg/Nm}^3$$

$$J_L = 0,2419 \cdot 30 \cdot 13,48 \cdot 1,127 \quad \text{kkal/kg}_{bb}$$

$$= 110,248 \text{ kkal/kg}_{bb}$$

$$i_{th} = \frac{10080 + 110,248}{14,1381} \quad \text{kkal/Nm}^3$$

$$= 720,770 \text{ kkal/Nm}^3$$

Dari harga i_{th} dan $\frac{M}{F \cdot C}$ yang diperoleh kita dapat menetapkan besarnya harga θ_A . Harga yang didapat adalah $\theta_A = 1230 \text{ } ^\circ\text{C}$. Sehingga kesalahan yang terjadi adalah sebesar:

$$\Delta \theta_A = \frac{1250 - 1230}{1250} \times 100 \% = 1,6 \%$$

Kesalahan masih cukup kecil.

6.4 PERPINDAHAN KALOR

Kalor yang diperlukan untuk memproduksi uap maksimum adalah sebesar:

$$Q = D (J_U - J_A) \quad \text{kkal/jam} \dots\dots\dots(6-13)^6$$

⁵⁾ Perkins, Engineering Thermodynamics, halaman 195

⁶⁾ Ledinegg, DAMPFERZEUGUNG, halaman 230

dimana,

D : produksi uap per jam (kg/jam)

J_U : entalpi uap jenuh pada 12 atm (kkal/kg)

J_A : entalpi air pengisian (kkal/kg)

Maka,

$$Q = 6000 (665 - 27) \\ = 3828000 \quad \text{kkal/jam}$$

Kebutuhan kalor ini akan dipenuhi oleh energi dari bahan bakar masing-masing melalui ruang bakar, lemari gas asap atau BP-II, pipa-pipa gas asap atau BP-III dan BP-IV.

6.4.1 Perpindahan Kalor pada Ruang Bakar

Jumlah kalor yang dipenuhi oleh ruang bakar adalah sebesar:

$$Q_I = M (i_{th} - C_{PA} \cdot \theta_A) \cdot \eta_P \quad \text{kkal/jam} \dots\dots\dots(6-14)^{7)}$$

dimana,

M : Jumlah gas asap per jam (Nm³/jam)

i_{th} : entalpi teoritis gas asap (kkal/Nm³)

C_{PA} : kalor spesifik gas asap (kkal/Nm³)

θ_A : temperatur akhir api (°C)

Dari hubungan berikut:

$$C_{PA} \theta_A = \frac{J_A}{V} \dots\dots\dots(6-15)$$

dan melalui appendiks A-1 untuk θ_A = 1250 °C dan

ε = 1,2 didapatkan J_A = 6250 kkal/kg

Jadi diperoleh,

⁷⁾ Ibid, halaman 295

$$C_{PA} \theta_A = \frac{6250}{14,1381} = 442,07 \text{ kkal/Nm}^3$$

η_p adalah prosentase kalor yang diberikan oleh dinding ruang bakar. $\eta_p = 0,95$

Jumlah Kalor yang dapat dipenuhi oleh ruang bakar adalah:

$$\begin{aligned} Q_I &= 6715,6 (720,77 - 442,07) 0,95 \\ &= 1778055,83 \text{ kkal/jam} \\ &= 2066,50 \text{ kW} \end{aligned}$$

6.4.2 Perpindahan Kalor pada Bidang Pemanas BP-II

Proses perpindahan kalor yang terjadi pada bidang pemanas II adalah perpindahan kalor radiasi dan konveksi. Namun jumlah kalor yang dipenuhi oleh BP-II dihitung hanya perpindahan kalor konveksi saja, sedangkan besarnya penyimpangan yang terjadi terlihat dari besarnya prosentase penyimpangan temperatur yang diperoleh.

Jumlah kalor yang dipindahkan pada BP-II adalah sebesar:

$$Q_{II} = k \cdot F_2 \cdot \Delta\theta_2 \text{ kkal/jam} \dots\dots\dots(6-16)^{B)}$$

dimana,

k : koefisien perpindahan panas total
(kkal/jam $^{\circ}\text{C m}^2$)

F_2 : luas permukaan bidang pemanas II (m^2)

$\Delta\theta_A$: perbedaan temperatur logaritma ($^{\circ}\text{C}$)

Harga k dapat diperoleh dari asumsi berikut:

^{B)} Schaum, HEAT TRANSFER, halaman 80

Jika bidang pemanas II dianggap sebagai bidang datar⁶⁸ maka harga koefisien perpindahan panas gas asap ke dinding adalah sebagai berikut:

$$\alpha = 6,14 \cdot W^{0,78} \quad , \text{ untuk } W > 5 \text{ m/det} \dots\dots\dots(6-17)^{69}$$

$$= 5 + 3,4 W \quad , \text{ untuk } W < 5 \text{ m/det} \dots\dots\dots(6-18)^{4)}$$

dimana,

$$W = \frac{W_o (273 + \theta_A)}{264 P}$$

W : kecepatan gas asap pada temperatur $\theta_A = 1250 \text{ }^\circ\text{C}$

$$W_o = \frac{M}{3600 F_o}$$

M : laju aliran gas asap (Nm^3/jam)

F_o : luas penampang laluan gas asap (m^2)

P : tekanan di dalam ruang bakar, $p \approx 1 \text{ atm}$

Sehingga,

$$W_o = \frac{6715,6}{3600 \cdot \frac{1,15^2}{4}}$$

$$= 1,804 \text{ m/det}$$

$$W = \frac{1,804 (273 + 1250)}{264}$$

$$= 10,41 \text{ m/det}$$

Jadi $W > 5 \text{ m/det}$ maka,

$$\alpha_1 = 6,14 W^{0,78} = 6,14 \cdot 10,41^{0,78}$$

$$= 38,17 \quad \text{kkal/m}^2\text{jam } ^\circ\text{C}$$

⁶⁹⁾ Ibid, halaman 89

⁴⁾ Ibid, halaman 89

diambil $\alpha_1 = 38 \text{ kkal/m}^2\text{jam } ^\circ\text{C}$, sehingga

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{s}{\lambda} \dots\dots\dots(6-19)$$

dimana,

α_1 : koefisien perpindahan panas dari gas asap ke dinding ($\text{kkal/m}^2\text{j } ^\circ\text{C}$)

α_2 : koefisien perpindahan panas dari dinding ke air ($\text{kkal/m}^2\text{j } ^\circ\text{C}$)

λ : koefisien perpindahan panas konduksi ($\text{kkal/mj } ^\circ\text{C}$)

s : tebal dinding dari lemari gas asap (m)

karena $\frac{1}{\alpha_2} \ll \frac{1}{\alpha_1}$ dan $\frac{s}{\lambda} \ll \frac{1}{\alpha_1}$ maka,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} \quad \text{atau} \quad k = \alpha_1 = 38,17 \text{ kkal/m}^2\text{j } ^\circ\text{C}$$

Dengan luas permukaan bidang pemanas II adalah:

$$F_2 = \pi d_{LA} L_{LA} + 2 \times \frac{\pi d_{LA}^2}{4} - \frac{\pi d_{rb}^2}{4} - \frac{\pi d_p^2}{4} \times Z \dots\dots\dots(6-20)$$

$$\begin{aligned} &= \pi \cdot 2,4 \cdot 0,65 + 2 \times \frac{\pi 2,4^2}{4} - \frac{\pi 1,15^2}{4} \\ &\quad - \frac{\pi 0,076^2}{4} \times 70 \\ &= 12,58 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

Diketahui bahwa temperatur akhir gas asap melalui bidang pemanas II sebesar 1075°C atau $\theta_{1k} = 1075^\circ$.

$$\begin{aligned} \Delta\theta_m &= \theta_{1m} - \theta_{2m} = 1250 - 187 \\ &= 1063^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\theta_k &= \theta_{1k} - \theta_{2k} = 1075 - 187 \\ &= 888^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Temperatur rata-rata Logaritma adalah:

$$\begin{aligned}\Delta\theta_2 &= \frac{\Delta\theta_m - \Delta\theta_k}{\ln \frac{\Delta\theta_m}{\Delta\theta_k}} \dots\dots\dots(6-21) \\ &= \frac{1063 - 888}{\ln \frac{1063}{888}} = 972 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Jumlah Kalor yang dipindahkan ke bidang pemanas II adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}Q &= k \cdot F_2 \cdot \theta_2 \\ &= 38 \cdot 12,58 \cdot 972,88 \\ &= 465075,56 \text{ kkal/j} = 542,94 \text{ kW}\end{aligned}$$

Jumlah kalor yang dipenuhi pada bidang pemanas II adalah:

$$Q = \eta_p Q_{II} \dots\dots\dots(6-23)$$

dimana,

Q : kebutuhan kalor yang dipenuhi oleh bidang pemanas II

η_p : efisiensi perpindahan kalor, η_p diambil 0,95

Sehingga,

$$\begin{aligned}Q &= 0,95 \cdot 465075,56 \\ &= 441821,78 \text{ kkal/j} = 515,79 \text{ kW}\end{aligned}$$

Pemeriksaan temperatur akhir gas asap pada bidang pemanas II adalah:

$$Q_{II} = (M_{1m} C_{1m} \theta_{1m} - M_{1k} C_{1k} \theta_{1k}) \eta_{st} \dots\dots\dots(6-24)$$

$$\theta_{1k} = \left(\frac{M_{1m}}{M_{1k}} C_{1m} \theta_{1m} - \frac{Q_{II}}{M \eta_{st}} \right) \frac{1}{C_{1k}} \dots\dots\dots(6-25)$$

$$M_{1m} = M_{1k} = M = 6715,6 \text{ Nm}^3/\text{j}$$

Untuk $\varepsilon = 1,2$ dan $\theta_{1k} = 1075$ °C, dan $J_k = 5300$ kkal/kg
 = 22175,2 kJ/kg

$$C_{1k} = \frac{J_k}{V \cdot \theta_{1k}} = \frac{5300}{14,1381 \cdot 1075}$$

$$= 0,3478$$

$$\frac{1}{C_{1k}} = 2,87$$

selanjutnya,

$$C_{1m} \theta_{1m} = \frac{J_k}{V} = \frac{6250}{14,1381}$$

$$= 442,0678 \quad \text{kkal/Nm}^3$$

Sehingga,

$$\theta_{1k} = 2,87 (442,0678 - \frac{465075}{6715,6 \cdot 0,95})$$

$$= 1060 \text{ °C}$$

Besarnya kesalahan,

$$\Delta\theta = \frac{1075 - 1060}{1075} \times 100 \% = 1,4 \%$$

Penyimpangan harga temperatur cukup kecil.

6.4.3 Perpindahan Kalor pada Bidang Pemanas BP-III dan BP-IV

Sisa kalor yang dibutuhkan selanjutnya dipenuhi oleh BP-III dan BP-IV, dimana proses perpindahan kalornya berlangsung secara konveksi.

Kebutuhan kalor yang harus dipenuhi tersebut adalah sebesar:

$$Q = (Q_{III} + Q_{IV}) \eta_p \dots\dots\dots(6-26)$$

dimana,

Q : jumlah kalor yang dibutuhkan (kkal/j) 72

Q_{III} : jumlah kalor yang dipindahkan dari gas asap ke bidang pemanas III (kkal/jam)

Q_{IV} : jumlah kalor yang dipindahkan dari gas asap ke bidang pemanas IV (kkal/jam)

η_p : efisiensi perpindahan kalor, $\eta_p = 0,95$

Jumlah kalor yang dibutuhkan adalah sebesar:

$$Q = 3828000 - 1778055,83 - 441821,78 \\ = 1608122,39 \text{ kkal/j} = 2330,91 \text{ kW}$$

Sehingga jumlah kalor yang dipindahkan gas asap ke bidang pemanas III dan bidang pemanas IV adalah:

$$Q_{III} + Q_{IV} = \frac{1608122,39}{0,95} = 1692760,41 \text{ kkal/j} \\ = 2453,58 \text{ kW}$$

Jumlah kalor yang dipindahkan pada bidang pemanas III dan bidang pemanas IV juga dinyatakan dengan rumus:

$$Q_{III} = k F_3 \Delta\theta_3 \text{ kkal/j} \dots\dots\dots(6-27)$$

$$Q_{IV} = k F_4 \Delta\theta_4 \text{ kkal/j} \dots\dots\dots(6-28)$$

dimana,

k : koefisien perpindahan panas total (kkal/m²j °C)

F_3 : luas bidang pemanas III (m²)

F_4 : luas bidang pemanas IV (m²)

$\Delta\theta_3$: temperatur rata-rata logaritmis gas asap yang melalui bidang pemanas III (°C)

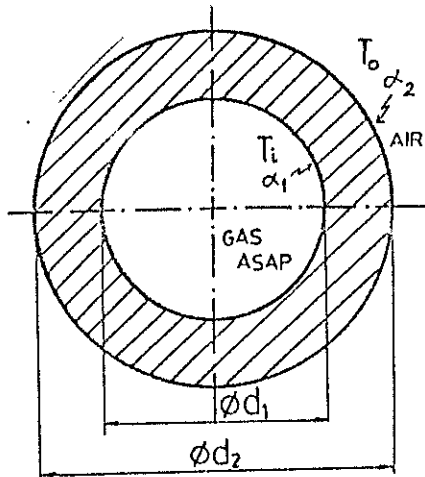
$\Delta\theta_4$: temperatur rata-rata logaritmis gas asap yang melalui bidang pemanas IV (°C)

Koefisien Perpindahan Panas Total dapat dihitung berikut⁷³
ini:

$$k = \frac{1}{\frac{d_2}{d_1 \alpha_1} + \frac{d_2}{2 \lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2}} \dots\dots\dots(6-29)$$

dimana,

- d_1 : diameter dalam dari pipa gas asap (m)
- d_2 : diameter luar dari pipa gas asap (m)
- α_1 : koefisien perpindahan panas dari gas asap ke dinding pipa bagian dalam (kkal/m²j °C)
- α_2 : koefisien perpindahan panas dari dinding pipa bagian luar ke air (kkal/m²j °C)
- λ : konduktivitas material pipa (kkal/mj °C)



Gambar 6.2 Penampang Melintang Pipa Gas Asap

Selanjutnya,

$$\frac{d_2}{d_1 \alpha_1} \gg \frac{d_2}{2 \lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} \text{ dan}$$

$$\frac{d_2}{d_1 \alpha_1} \gg \frac{k}{\alpha_2}$$

Sehingga diperoleh,

$$k = \frac{d_1}{d_2} \alpha_1 \dots\dots\dots(6-30)$$

Untuk aliran gas asap di dalam pipa berlaku hubungan berikut,

$$\alpha_1 = \left(3,6 + \frac{0,26\theta}{100} - 0,0076 \frac{\theta^2}{100^2} \right) \frac{W_o^{0,75}}{d^{0,25}} \dots\dots\dots(6-31)$$

dimana,

- θ : temperatur rata-rata gas asap ($^{\circ}C$)
- W_o : kecepatan aliran gas asap pada $0^{\circ}C$, 76 cmHg (m/det)
- d : diameter pipa (m)

Hubungan diatas digambarkan pada appendiks A-5. Dan W_o ditentukan dengan rumus:

$$W_o = \frac{M}{3600 Z A_p} = \frac{M}{3600 Z \frac{\pi d_p^2}{4}} \dots\dots\dots(6-32)$$

dimana,

- M : laju aliran gas asap (Nm^3)
- Z : jumlah pipa gas asap
- A_p : luas penampang aliran gas asap (m^2)

Pipa gas asap diambil dengan diameter luar $d_2 = 3$ in dengan ketebalan termasuk dalam standart-BWG-9. Sehingga diameter dalam pipa $d_1 = 68,68$ mm.

Maka,

$$W_o = \frac{6725,6}{3600 \cdot Z \frac{\pi \cdot 0,06868^2}{4}} = \frac{484,73}{Z} \quad m/det$$

Luas permukaan BP-III dan BP-IV dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_3 &= \pi d_p L_p Z \text{ m}^2 \dots\dots\dots(6-33) \\ &= \pi \cdot 0,06868 \cdot 3,3 \cdot Z \\ &= 0,71 Z \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_4 &= \pi \cdot 0,06868 \cdot 4,2 \cdot Z \\ &= 0,91 Z \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perbedaan temperatur rata-rata logaritma.

Temperatur akhir gas asap pada BP-III atau temperatur masuk BP-IV adalah temperatur yang akan ditentukan besarnya melalui perhitungan-perhitungan harga α untuk beberapa temperatur, sehingga dengan bantuan gambar appendiks A-5 akan diperoleh harga yang sesuai. Hasil perhitungan-perhitungan temperatur tersebut ditabelkan pada halaman berikut.

Temperatur akhir gas asap pada BP-IV ditetapkan, yaitu sebesar 300°C .

Dibawah ini adalah perhitungan untuk temperatur θ_{1k} sebesar 600°C . Untuk bidang pemanas BP-III.

$$\theta_{1m} = 1075 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_{1k} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta\theta_m &= \theta_{1m} - \theta_{2m} = 1075 - 187 \\ &= 888 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\theta_k &= \theta_{1k} - \theta_{2k} = 600 - 187 \\ &= 413 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta\theta_s = \text{LMTD}_s = \frac{\Delta\theta_m - \Delta\theta_k}{\ln \frac{\Delta\theta_m}{\Delta\theta_k}}$$

$$= \frac{888 - 413}{\ln \frac{888}{413}}$$

$$= 620,49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Untuk Bidang Pemanas BP-IV.

$$\theta'_{1m} = 600 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta'_{1k} = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta'_m = \theta'_{1m} - \theta'_{2m} = 600 - 187$$

$$= 413 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta'_k = \theta'_{1k} - \theta'_{2k} = 300 - 187$$

$$= 113 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta'_4 = \text{LMTD}_4 = \frac{\Delta\theta'_m - \Delta\theta'_k}{\ln \frac{\Delta\theta'_m}{\Delta\theta'_k}}$$

$$= \frac{413 - 113}{\ln \frac{413}{113}}$$

$$= 213,47 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jumlah pipa gas asap untuk bidang pemanas III diambil sebanyak 70 buah.

$$W_o = \frac{484,73}{Z} = \frac{484,73}{70}$$

$$= 6,92 \text{ m/det}$$

$$\theta = 837,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari appendiks A-5 diperoleh,

$$\alpha_3 = 43 \text{ kkal/m}^2\text{j}^\circ\text{C}$$

$$F_3 = 0,71 \cdot 70$$

$$= 49,7 \text{ m}^2$$

Jumlah kalor yang dipindahkan pada BP-III adalah:

$$Q_{III} = k F_3 \Delta\theta_3 \quad \text{kkal/j}$$

$$\begin{aligned} Q_{III} &= \frac{0,06868}{0,07620} \times 43 \times 49,7 \times 620,49 \\ &= 1195311,94 \quad \text{kkal/j} \end{aligned}$$

sehingga,

$$\begin{aligned} Q_{IV} &= (1692760,41 - 1195311,94) \cdot 0,95 \\ &= 472576,05 \quad \text{kkal/j} \end{aligned}$$

Jumlah pipa gas asap BP-IV diambil sebanyak 60 buah maka,

$$\begin{aligned} W_o &= \frac{484,73}{60} \\ &= 8,08 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$Q_{IV} = \frac{0,06868}{0,07620} \alpha_4 \cdot 0,91 \cdot 60 \cdot 213,47$$

$$\begin{aligned} \alpha_4 &= \frac{0,07620 \cdot 472576,05}{0,068686 \cdot 0,91 \cdot 60 \cdot 231,47} \\ &= 41 \text{ kkal/m}^2\text{j}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dibandingkan dengan mencari α_4 melalui appendiks A-5 diperoleh bahwa,

$$\begin{aligned} \text{untuk } W_o &= 8,08 \text{ m/det} \quad \text{dan } \theta = 450^\circ\text{C} \\ \alpha_4 &= 43 \text{ kkal/m}^2\text{j}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

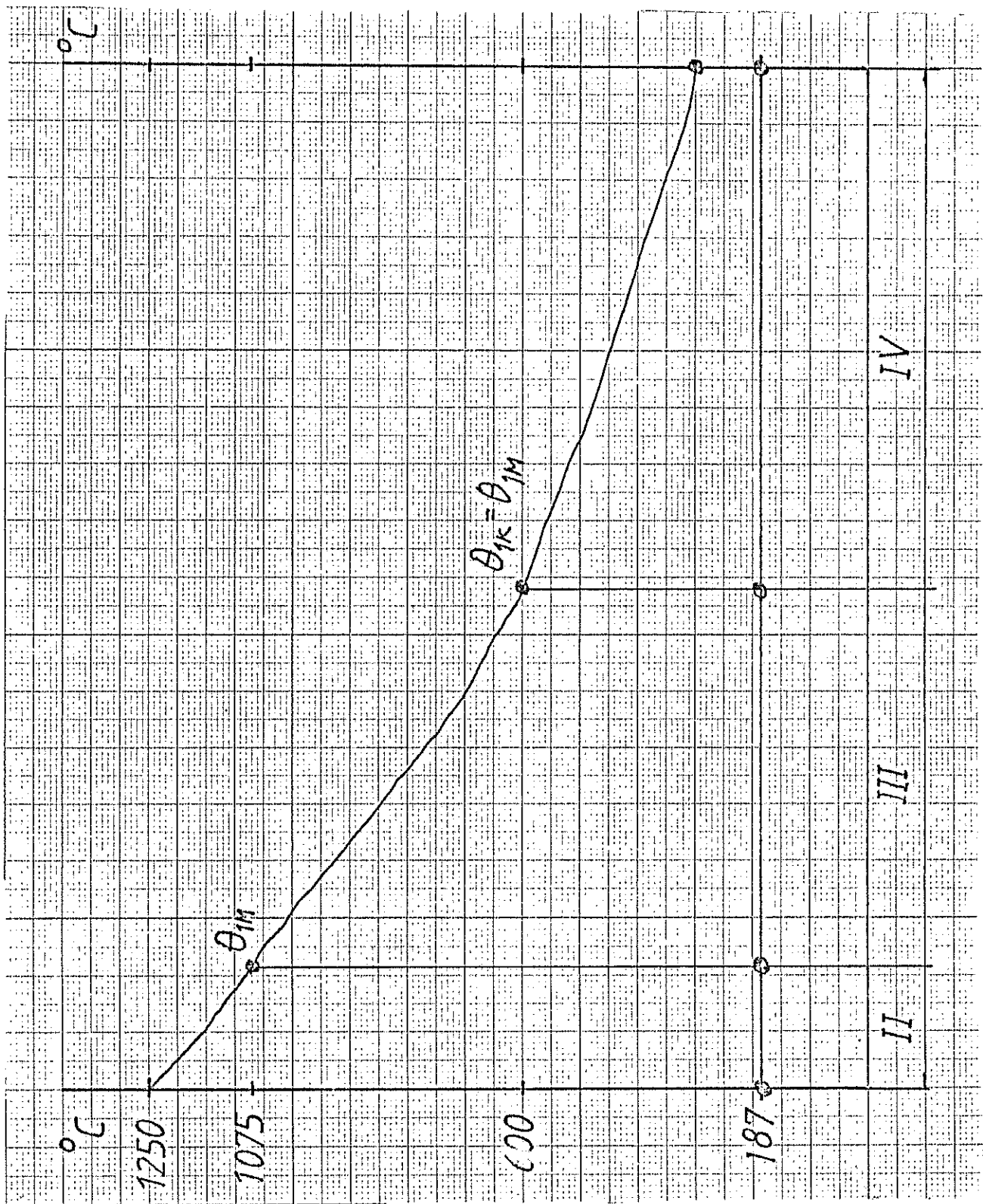
Dengan demikian harga α hasil perhitungan mempunyai selisih paling kecil dan berada di bawah harga α_4 pada appendiks A-5.

Tabel Perhitungan Perpindahan Panas pada BP-III dan BP-IV

θ_{ik}	θ_{3r}	θ_{4r}	$\Delta\theta_n$	$\Delta\theta_k$	$\Delta\theta_k'$	$\Delta\theta_3$	$\Delta\theta_4$	α_3	Q_3	Q_4	α_4	α_4'
525	800	412,5	388	888	119	569,40	205,36	43	1350107,75	325520,02	26,17	42
550	812,5	425	369	888	119	586,87	214,22	43	1391537,89	286161,40	22,05	42
575	825	437,5	388	888	119	603,89	222,92	43	1431880,65	247835,78	18,35	42,5
500	837,5	450	413	888	119	620,49	231,47	43	1471242,44	210442,08	15,01	43
525	850	462,5	438	888	119	636,71	239,88	43,5	1527268,12	157217,68	10,82	43
550	862,5	475	463	888	119	652,60	248,17	44	1589395,68	103934,49	6,91	43,5
575	875	487,5	488	888	119	668,16	256,34	44	1621123,71	68054,87	4,38	43,5
700	887,5	500	513	888	119	683,44	264,39	44	1658196,23	32845,47	2,05	43,5

 Tabel Perhitungan Perpindahan Panas pada BP-III dan BP-IV

θ_{1k}	θ_{3T}	θ_{4r}	$\Delta\theta_m$	$\Delta\theta_k$	$\Delta\theta_3$	$\Delta\theta_4$	α_3	O						
525	800,00	412,50	388	888	113	559,40	205,36	43	1.096.892,25	566.074,75	55,13	42		
580	812,50	425,00	363	889	113	586,87	214,22	43	1.130.546,37	534.103,34	49,58	42		
575	825,00	437,50	388	888	113	603,89	222,92	43	1.163.393,70	502.955,37	45,12	42,5		
600	837,50	450,00	413	888	113	620,49	231,47	43	1.198.311,94	472.576,05	41,00	43		
625	850,00	462,50	438	888	113	636,71	239,88	43,5	1.240.820,45	429.342,96	35,82	43		
690	862,50	475,00	463	889	113	652,60	248,17	44	1.286.405,12	386.037,53	31,11	43,5		
675	875,00	487,50	488	888	113	668,16	256,34	44	1.317.076,99	356.893,25				
700	887,50	500,00	513	888	113	683,44	264,39	44	1.347.196,93	328.285,31				



Gambar 6.3 Penurunan Temperatur Gas Asap

BAB VII

KONSTRUKSI KETEL

Dalam Bab ini akan dihitung :

1. Tebal dinding silinder ketel
2. Kekuatan sambungan las
3. Tebal dinding silinder
4. Tebal dinding pipa gas asap
5. Tebal dinding lemari gas asap
6. Berat ketel uap dan peralatannya
7. Letak dan kekuatan tumpuan ketel
8. Batang penahan dan pipa penahan
9. Baut semat lemari gas asap

Disamping itu juga akan dihitung:

Kecepatan keluar uap dari permukaan air ketel dan besarnya daya penarikan cerobong asap serta besarnya diameter saluran cerobong.

7.1 Tebal Dinding Silinder

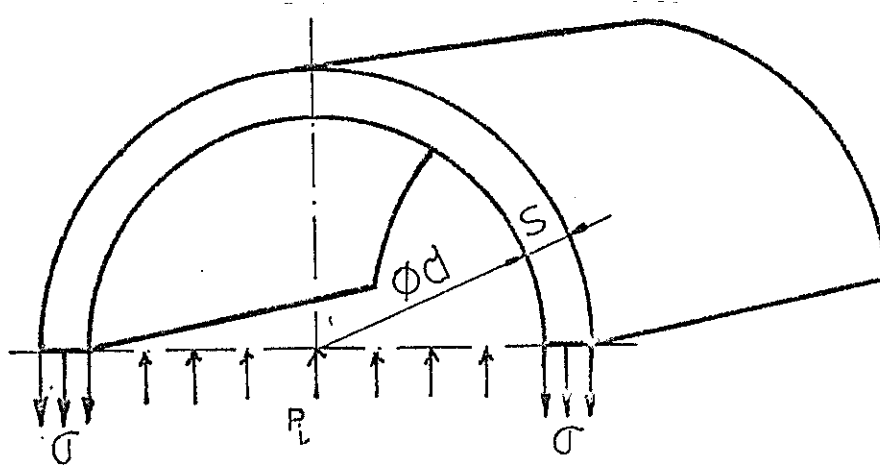
Tebal dinding silinder ditentukan berdasarkan rumus:

$$s = \frac{p \cdot d}{200 \frac{K}{S} u} + 1 \dots\dots\dots(7-1)^{1)}$$

dimana,

¹⁾ Ibid, halaman 170

- s : tebal dinding silinder ketel (mm)
 p : tekanan didalam ketel (kg/cm^2)
 d : diameter dalam silinder ketel (mm)
 K : kekuatan bahan dinding silinder ketel (kg/mm^2)
 S : faktor keamanan, $S = 1,5$
 u : faktor penyambungan, $u = 1$



Gambar 7.1 Silinder Ketel

Harga K untuk beberapa jenis bahan untuk silinder ketel pada berbagai temperatur kerja ketel diberikan pada daftar abb pustaka 1.

Diambil harga K untuk bahan yang dipilih pada temperatur 250°C yaitu mendekati temperatur rata-rata uap jenuh di dalam ketel dan gas asap keluar. Dengan kata lain dipilih bahan dalam golongan II E sehingga diperoleh tebal dinding silinder dari ketel sebesar:

Tabel 7.1 Kekuatan Bahan

KET. BAHAN	KOMPOSISI BAHAN	I E C 12	II E C 18	III E C 25	20Mn3	20Mn5
%	C	0,12	0,18	0,25	0,20	0,20
	Si	-	0,20	0,25	0,35	0,45
	Mn	0,40	0,40	0,50	0,80	1,3
K_z kg/mm ²		35	41	47	47	50
		45	50	56	56	60
	TEMPERATUR					
K kg/mm ²	20 °C	19	22	25	27	30
	100	18	21	24	26	29
	200	16	18	22	25	28
	250	14	16	20	23	26
	300	12	14	18	21	23
	350	10	12	15,5	18	20
	400	7	9	12	14,5	16,5
	450	4	5	7	10	13
	500	-	-	3	4	6

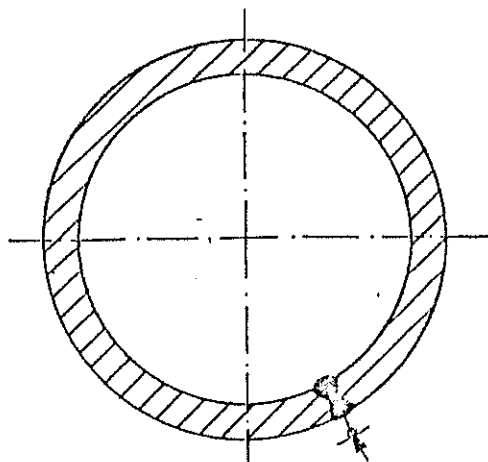
$$s = \frac{11 \cdot 3500}{200 \cdot \frac{16}{1,5} \cdot 0,8} + 1$$

$$= 23,56 \text{ mm}$$

Maka tebal dinding silinder ketel dapat diambil $s = 25 \text{ mm}$.

7.2 Kekuatan Sambungan Las

Pengelasan dinding silinder ketel dilakukan menurut bentuk sambungan seperti gambar di bawah ini, yaitu "double V".



Gambar 7.2 Sambungan Las Penampang membujur

Tegangan yang terjadi dalam arah membujur pada las adalah:

$$\sigma_L = \frac{p \cdot d}{4 s} \dots\dots\dots(7-2)^{2)}$$

dimana,

σ_L : tegangan yang terjadi (kg/cm^2)

p : tekanan di dalam ketel (kg/cm^2)

d : diameter dalam silinder ketel (mm)

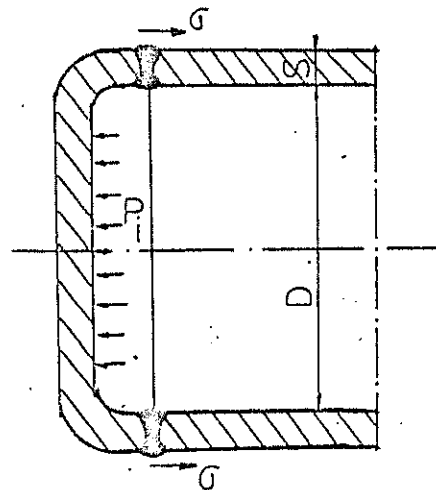
s : tebal dinding silinder ketel (mm)

$$\sigma_L = \frac{11 \cdot 3500}{4 \cdot 25}$$

$$= 385 \quad \text{kg/cm}^2$$

Tegangan yang terjadi dalam arah melintang pada las adalah:

²⁾ Ibid, halaman 172



Gambar.7.3 Sambungan Las Penampang Melintang

$$\begin{aligned} \sigma_L &= \frac{p \cdot d}{2 \cdot s} \dots\dots\dots(7-3)^{3)} \\ &= \frac{11 \cdot 3500}{2 \cdot 25} \\ &= 770 \quad \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

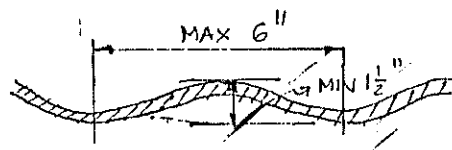
Pengelasan dilakukan dengan menggunakan elektroda las E 6013 yang mempunyai sifat-sifat mekanik hasil pengelasan sebagai berikut:

Tensile Strength	=	68000 ÷ 78000	psi
atau		4760 ÷ 5460	kg/cm ²
Yield Strength	=	55000 ÷ 65000	psi
atau		3850 ÷ 4550	kg/cm ²

7.3 Tebal Dinding Silinder Ruang Bakar

Tebal dinding silinder Ruang Bakar dihitung dengan rumus sebagai berikut:

³⁾ Ibid, halaman 172



Gambar.7.4 Dinding Ruang Bakar

$$s = \frac{p \cdot d}{1200} + 0,2 \dots\dots\dots(7-4)^{4)}$$

dimana,

s : tebal dinding silinder ruang bakar (cm)

p : tekanan di dalam ketel (kg/cm²)

d : diameter rata-rata silinder ruang bakar (cm)

Sehingga,

$$\begin{aligned} s &= \frac{11 \cdot 115}{1200} + 0,2 \\ &= 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil tebal dinding silinder ruang bakar sebesar s = 15 mm.

7.4 Tebal Dinding Pipa Gas Asap

Tebal dinding pipa gas asap ditentukan dengan rumus:

$$s = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma} + c \dots\dots\dots(7-5)^{5)}$$

dimana,

s : tebal dinding pipa gas asap (mm)

p : tekanan di dalam ketel (kg/cm²)

⁴⁾ Ibid, halaman 175

⁵⁾ Ibid, halaman 175

- d : diameter dalam pipa gas asap (mm)
- e : konstanta yang bergantung pada jenis gas asap yang mengalir. Untuk bahan bakar minyak $e = 1$
- σ : tegangan yang diperbolehkan dari bahan dinding pipa gas asap (kg/cm^2), dicari dari Tabel di bawah ini

Tabel 7.2 Kekuatan Bahan yang diperbolehkan

Temperatur	120	120 + 300	300 + 400
St-35-29	800	640	500
St-45-29	1000	800	640
St-45-29	1250	100	800

$$s = \frac{11 \cdot 68,68}{2 \cdot 640} + 1 \text{ mm} = 1,6 \text{ mm}$$

Tebal dinding pipa gas asap diambil $s = 3,76 \text{ mm}$ agar cukup kuat.

7.5 Tebal Dinding Lemari Gas Asap

Tebal dinding lemari gas asap dihitung dengan rumus :

$$s = \frac{1}{96} \left[L_{LGA} - r \left(1 + \frac{2 \cdot r}{L_{LGA}} \right) \right] \sqrt{p} \dots (7-6)^{\circ}$$

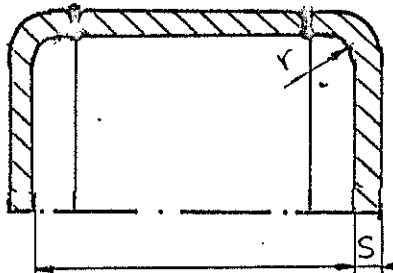
dimana,

s : tebal dinding lemari gas asap (mm)

L_{LGA} : panjang lemari gas asap (mm)

⁶⁾ Ibid, halaman 176

- r : jari-jari lengkungan dinding penutup (mm) 87
 p : tekanan di dalam ketel (kg/cm²)



Gambar.7.5 Penampang Membujur Lemari Gas Asap

$$s = \frac{1}{96} \left[650 - 50 \left(1 + \frac{2 \cdot 100}{650} \right) \right] \sqrt{11}$$

$$= 20,46 \text{ mm}$$

Tebal dinding s diambil 21 mm.

7.6 Berat Ketel dan Peralatan

Berat yang akan dihitung meliputi:

1. Berat air ketel (G_1)
2. Berat pipa gas asap (G_p) ; berat lemari gas asap (G_L) ; dan berat silinder ruang bakar (G_{RB}) ; selanjutnya berat total ketiga bagian ketel tersebut dinyatakan dengan G_2 .
3. Berat silinder ketel (G_3)
4. Berat Peralatan Ketel (G_4)

Berat Air Ketel,

Terlebih dahulu dicari volume air ketel.

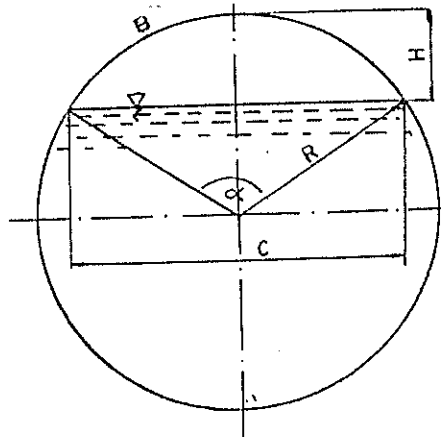
$$V_{AIR} = V_{SIL} - V_{UAP} - V_{PIPA} - V_{RB} - V_{LGA} \dots\dots\dots(7-7)^{88}$$

$$V_{UAP} = \left[\frac{1}{2} r (b - c) + \frac{1}{2} c h \right] L_{SIL} \dots\dots\dots(7-8)$$

$$V_{UAP} = \frac{1}{2} r^2 (\alpha - \sin \alpha) L_{SIL} \dots\dots\dots(7-9)$$

$$= \frac{1}{2} 1,75^2 (1,78 - 0,98) 4,2$$

$$= 5,16 \text{ m}^3$$



Gambar.7.6 Silinder Ketel

$$V_{SIL} = \frac{\pi d_{SIL}^2 L_{SIL}}{4} \dots\dots\dots(7-10)$$

$$= \frac{\pi \cdot 3,5^2 \cdot 4,2}{4} = 40,41 \text{ m}^3$$

$$V_{PIPA} = \frac{\pi d_P^2}{4} (Z_3 L_3 + Z_4 L_4) \dots\dots\dots(7-11)$$

$$= \frac{\pi \cdot 0,0762^2}{4} (70 \cdot 3,3 + 60 \cdot 4,2)$$

$$= 2,24 \text{ m}^3$$

$$V_{RB} = \frac{\pi d_{RB}^2 L_{RB} \cdot 1,14}{4} \dots\dots\dots(7-12)$$

$$= \frac{\pi \cdot 1,15^2 \cdot 3,3 \cdot 1,14}{4}$$

$$= 3,93 \text{ m}^3$$

$$V_{LGA} = \frac{\pi d_{LGA}^2 L_{LGA}}{4} \dots\dots\dots(7-13)$$

$$= \frac{\pi \cdot 2,24^2 \cdot 0,692}{4} = 3,24 \text{ m}^3$$

Maka,

$$V_{AIR} = 40,41 - 5,16 \cdot 2,24 \cdot 3,93 - 3,24$$

$$= 25,84 \text{ m}^3$$

$$G_1 = 25,84 \text{ ton}$$

Berat Pipa Gas Asap

$$G_P = \gamma \pi d_P s (Z_3 L_3 + Z_4 L_4) \dots\dots\dots(7-14)$$

$$= 7,8 \pi 0,07244 \cdot 0,00376 (70 \cdot 3,3 + 60 \cdot 4,2)$$

$$= 3,5 \text{ ton}$$

Berat Silinder Ruang Bakar

$$G_{RB} = \gamma \pi d_{RB} s L_{RB} \cdot 1,14 \dots\dots\dots(7-15)$$

$$= 7,8 \cdot \pi \cdot 1,15 \cdot 0,015 \cdot 3,3 \cdot 1,14$$

$$= 1,59 \text{ ton}$$

Berat Lemari Gas Asap

$$G_{LGA} = \gamma \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{LGA}^2}{4} s - \gamma \frac{\pi \cdot d_P^2}{4} s 70 - \gamma \frac{\pi \cdot d_{RB}^2}{4} s$$

$$+ \gamma \cdot \pi \cdot d_{LGA} \cdot L_{LGA} \cdot s \dots\dots\dots(7-16)$$

$$= 7,8 \frac{2 \cdot \pi \cdot 2,42^2}{4} 0,021 - 7,8 \frac{\pi \cdot 0,0762^2 \cdot 0,021}{4} 70$$

$$- 7,8 \frac{\pi \cdot 1,12^2}{4} 0,021 + 7,8 \cdot 2,42 \cdot 0,7 \cdot 0,021$$

$$= 2,18 \text{ ton}$$

$$G_2 = 3,5 + 1,59 + 2,18$$

$$= 7,27 \text{ ton}$$

Berat Tangki/Silinder Ketel

$$\begin{aligned}
 G_{\text{SIL}} = G_3 &= \left[\pi \cdot d_{\text{SIL}} \cdot s \cdot L_{\text{SIL}} + \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{SIL}}^2 \cdot s}{4} \right] 7,8 \\
 &- \left[\frac{\pi \cdot d_{\text{RB}}^2 \cdot s}{4} + \frac{\pi \cdot d_{\text{P}}^2 \cdot s \cdot Z}{4} \right] 7,8 \dots\dots(7-17) \\
 &= \left[\pi \cdot 3,525 \cdot 0,025 \cdot 4,2 + \frac{2 \cdot \pi \cdot 3,55^2 \cdot 0,025}{4} \right] 7,8 \\
 &- \left[\frac{\pi \cdot 1,12^2 \cdot 0,025}{4} + \frac{\pi \cdot 0,0762^2 \cdot 0,025 \cdot 1}{4} \right] 7,8 \\
 &= 12,52 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berat Peralatan Ketel

Berat Peralatan Ketel diperkirakan sebesar 5 % dari berat silinder Ketel sehingga:

$$G_4 = \frac{5}{100} \times 12,52 = 0,626 \text{ ton}$$

7.7 Letak dan Kekuatan Tumpuan Ketel

Diasumsikan beban yang berasal dari berat ketel dan peralatannya itu merupakan beban yang terbagi rata (Gambar 7.7).

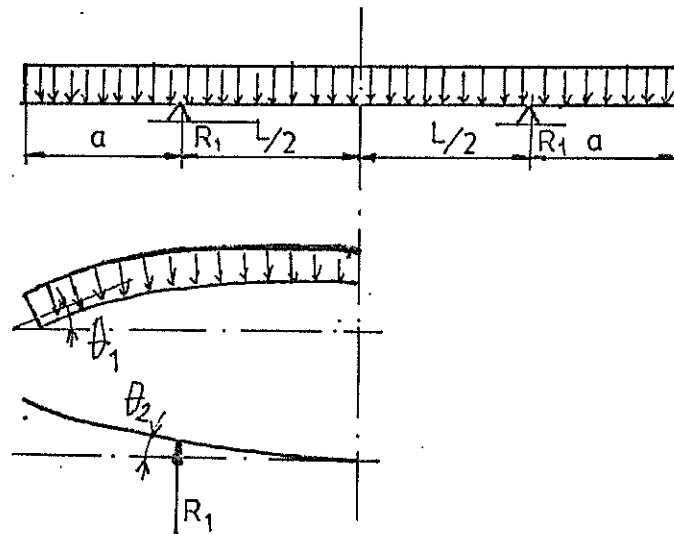
Dari Tabel defleksi appendix A-6 diperoleh bahwa,

$$\theta_1 = \frac{W \cdot X^3}{6 EI} = \frac{W (a + L/2)^3}{6 EI} \dots\dots\dots(7-18)^{7)}$$

$$\theta_2 = \frac{R \cdot X^2}{2EI} = \frac{W (a + L/2)(L/2)^2}{2EI} \dots\dots\dots(7-19)^{8)}$$

⁷⁾ Ibid, halaman 250

⁸⁾ Ibid, halaman 250



Gambar.7.7 Perletakan Ketel

Sudut Kelengkungan pada kedua ujung sama dengan nol, maka:

$$\theta_1 = \theta_2$$

$$a^2 + aL - (L/2)^2 = 0$$

$$a = -L/2 \pm L/2 \sqrt{3} \longrightarrow a/L = 0,366$$

$$a + L/2 = 2100 \text{ mm} = 210 \text{ cm}$$

$$(0,5 + 0,366) L = 210 \text{ cm} \longrightarrow L = 242,49 \text{ cm}$$

$$a = 88,75 \text{ cm}$$

Beban tumpuan Ketel.

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \dots\dots\dots(7-20)$$

$$= 25,84 + 7,27 + 12,52 + 0,626$$

$$= 46,26 \text{ ton} \longrightarrow 46,5 \text{ ton}$$

Beban yang diterima oleh tiap tumpuan adalah $R_1 = R_2 = \frac{G}{2}$

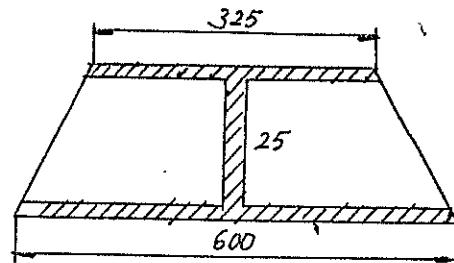
= 23250 kg.

Tegangan yang terjadi pada penampang terkecil adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(7-21)^{9)}$$

⁹⁾ Ibid, halaman 124

$$= \frac{23250}{180 \cdot 2,5 + 30 \cdot 2,5} = 41,89 \text{ kg/cm}^2$$



Gambar 7.8 Penampang Tumpuan Ketel

Bahan untuk tumpuan diambil baja cor ASTM-A27 GRADE-60-30 dengan sifat mekanik:

$$\text{Tensile Strength} = 6000 \text{ psi} = 4220 \text{ kg/cm}^2.$$

Jadi Material tersebut cukup kuat untuk menahan beban.

7.8 Pipa Penahan dan Batang Penahan

Beban yang diterima oleh batang penahan dan pipa penahan dianggap sebesar:

$$P = p \times A_t \dots\dots\dots(7-22)$$

dimana,

p : tekanan di dalam ketel (kg/cm²)

A_t : luas bidang tekan (cm²)

$$A_t = \frac{d_{SIL}^2}{4} - \frac{d_{RB}^2}{4} - Z \frac{d_P^2}{4} \dots\dots\dots(7-23)$$

$$= \frac{3,5^2 - 1,2^2 - 130 \cdot 0,0762^2}{4}$$

$$= 79000 \text{ cm}^2$$

$$P = 11 \times 79000 = 869000 \text{ kg}$$

kekuatan bahan dari batang penahan diambil dari daftar dibawah ini (pustaka 8).

t °C	-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-70	70-85
20	22	23	26	28	31	34	40
200	22	23	26	28	31	34	40
250	20	21	23	25	28	31	36
300	18	18	21	22	25	27	32

Diambil batang penahan sebanyak 11 buah dan bahan batang penahan diambil dengan kekuatan bahan sampai 40 kg/cm², dan diambil pada temperatur 250 °C.

Bahan pipa penahan diambil St-35-29 dengan $\sigma_b = 640$ kg/cm² dan tebal dinding pipa penahan diambil sebesar $s = 0,5$ cm. Selanjutnya untuk menentukan jumlah pipa penahan digunakan persamaan berikut ini:

$$\sigma_b Z_{BP} \pi \frac{d^2}{4} + \sigma_b Z_{PP} \pi d_{PP} s \geq P \dots\dots\dots(7-24)$$

Untuk batang penahan diambil faktor keamanan sebesar $sf = 1,5$

$$\frac{2000}{1,5} \cdot 11 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} + 640 Z_{PP} \pi \cdot 7,368 \cdot 0,5 \geq 869000 \text{ kg}$$

$$737227,1 + 7407,12 Z_{PP} \geq 869000 \text{ kg}$$

$$Z_{PP} \geq \frac{869000 - 737227}{7407,12} = 17,79 \text{ buah}$$

sehingga diambil jumlah pipa penahan sebanyak 20 buah.

Jumlah pipa penahan untuk lemari gas asap dicari dengan persamaan berikut:

$$\sigma_b Z_{BP} \pi \frac{d^2}{4} + \sigma_b Z_{PP} \pi d_{PP} s \geq p \cdot A \dots\dots\dots(7-25)$$

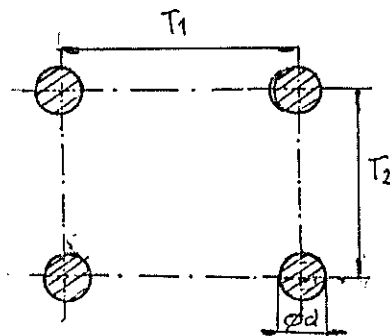
$$\frac{2000}{1,5} \cdot 3 \cdot \frac{8^2}{4} + 640 Z_{PP} \cdot 7,368 \cdot 0,5 \geq 11,3,07 \cdot 10^4$$

$$Z_{PP} \geq \frac{337700 - 210061,93}{7407,12} = 18,45 \text{ buah}$$

jadi pipa penahan untuk lemari gas asap diambil sebanyak 20 buah.

7.9 Baut Semat Lemari Gas Asap

Baut semat lemari gas asap berfungsi menahan lemari gas asap agar tidak bergerak ke kiri dan ke kanan.



Gambar 7.9 Baut Semat

Luas bidang tekan baut semat adalah sebesar:

$$A = \frac{\pi d_{LGA}^2}{4} \dots\dots\dots(7-26)$$

$$= \frac{\pi \cdot 240^2}{4} = 45238,93 \text{ cm}^2$$

Beban baut semat adalah:

$$P = p \cdot A \text{ kg} \dots\dots\dots(7-27)$$

$$= 11 \cdot 45238,93 \text{ kg}$$

Tegangan yang terjadi.

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \sigma_B \dots\dots\dots(7-28)$$

dimana,

A : luas seluruh penampang baut semat

$$A = \frac{Z \pi d_B^2}{4} \dots\dots\dots(7-29)$$

Dari gambar di atas diperoleh besar beban pada penampang baut,

$$P^* = (T_1 T_2 - \frac{\pi d^2}{4}) p \text{ kg} \dots\dots\dots(7-30)$$

$$\frac{P^*}{A} \leq \sigma_B \longrightarrow \text{anggap } T_1 = T_2$$

$$\frac{(T^2 - \frac{\pi d^2}{4}) p}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq \sigma_B$$

$$(4T^2 - \pi d^2) p \leq \pi d^2 \sigma_B$$

$$d^2 (p + \sigma_B) \geq 4T^2 p$$

$$d^2 \geq \frac{4 T^2 p}{(p + \sigma_B)}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{20^2 \cdot 11 \cdot 4}{(11 + \frac{2000}{1,5})}}$$

$$d \geq 2,04 \text{ cm}$$

diambil d = 30 mm.

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \sigma_B \dots\dots\dots(7-31)$$

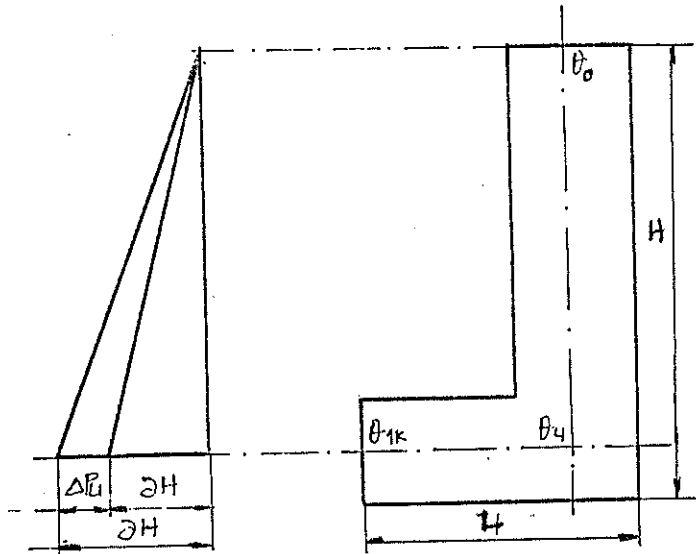
$$Z \frac{d^2}{4} \geq \frac{P}{\sigma_B}$$

$$Z \geq \frac{497628,28}{\frac{2000}{1,5} \frac{3^2}{4}} \longrightarrow Z \geq 52,8$$

7.10 Cerobong

7.10 Cerobong

Tinggi cerobong gas asap ditentukan sebesar $H = 30$ m, sedangkan temperatur keluar gas asap keluar dari ketel sama dengan 300°C .



Gambar.7.10 Cerobong

Penurunan temperatur gas asap berkisar antara $0,2 \div 0,5^\circ\text{C}$ per meter. Untuk perhitungan ini diambil harga $0,5^\circ\text{C/m}$.

$$\theta_u = \theta_{ik} - L_c = 300 - 0,5 \cdot 1,5 = 299,25^\circ\text{C}$$

$$\theta_o = \theta_u - 0,5 H = 299,25 - 0,5 \cdot 30 = 284,25^\circ\text{C}$$

Daya Tarikan Cerobong (Δp_u)

$$\Delta p_u = H \left[\frac{\gamma_u \cdot 273}{T_u} - \frac{\gamma_{GA} \cdot 273}{T_{GA}} \right] \dots\dots\dots(7-32)^{1)}$$

dimana,

γ_u : berat jenis udara pada 30°C , $\gamma_u = 1,127 \text{ kg/m}^3$

¹⁾ Ibid, halaman 180

γ_{GA} : berat jenis gas asap pada keadaan normal, yaitu

$$\gamma_{GA} = 1,32 \text{ kg/m}^3$$

selanjutnya,

$$\begin{aligned} T_U &= 273 + \theta_U = 273 + 30 \\ &= 303^\circ \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{GA} &= 273 + \theta_R = 273 + 291,75 \\ &= 564,75^\circ \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p_U &= 30 \left[\frac{1,127}{303} - \frac{1,32}{564,75} \right] 273 \\ &= 11,3 \text{ mm air} \end{aligned}$$

Luas Penampang Cerobong (F_{CER})

$$F_{CER} = \frac{B V (1 + \alpha \theta_R)}{3600 W} \dots\dots\dots(7-33)^{11)}$$

dimana,

B : jumlah bahan bakar (kg/j)

V : jumlah gas asap tiap pembakaran 1 kg bahan bakar
(Nm³/kg)

W : kecepatan gas asap di dalam cerobong. W berkisar
antara 4 ÷ 9 m/det.
diambil W = 8 m/det

θ_R : temperatur rata-rata gas asap di dalam cerobong
(°K)

$$\alpha = \frac{1}{273}$$

¹¹⁾ Ibid, halaman 101

$$F_{\text{CER}} = \frac{475.14,1381 \left(1 + \frac{291,75}{273}\right)}{3600 \cdot 0.8} \quad 98$$

$$= 0,48 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{CER}} = \frac{\pi d^2}{4} = 0,48 \quad \longrightarrow \quad d_{\text{CER}} = 0,782 \text{ m}$$

7.11 Kecepatan Uap keluar dari Permukaan Air

Luas permukaan bidang penguapan adalah:

$$F_{\text{U}} = c L_{\text{K}} \quad (\text{lihat Gambar.7.11}) \dots \dots \dots (7-34)$$

$$= 2722,13.4,2. \frac{1}{1000} = 11,43 \text{ m}^2$$

Kecepatan uap keluar permukaan air ketel adalah:

$$W_{\text{U}} = D \frac{V}{3600} \frac{1}{F_{\text{U}}} \dots \dots \dots (7-35)$$

$$= 6000 \frac{0,1664}{3600} \frac{1}{11,43} = 0,02 \text{ m/det}$$

Kecepatan uap masih cukup kecil, sehingga tidak digunakan penampung uap.

BAB VIII

K E S I M P U L A N

Dari seluruh perhitungan yang telah dilakukan pada bab-bab terdahulu dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain Ketel Uap

- Jenis Ketel : " Scotch "
- Temperatur Pengisian : $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tekanan Uap : 12 atm
- Temperatur Uap jenuh : $187\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kapasitas Uap : 6 ton/jam
- Bahan Bakar : Minyak Residu dengan
LHV = $10080\text{ kkal/kg}_{\text{BB}}$
- Kebutuhan Udara pada Kapasitas Maksimum, $L_w = 13,48$
liter/ kg_{BB}
- Jumlah Gas Asap, $V = 14,1381$ liter/ kg_{BB}
- Efisiensi Ketel Uap, $\eta = 80\%$
- Kebutuhan Bahan Bakar, $B = 237,5 \div 475$ kg/jam
- Laju Kebutuhan Udara, $K_U = 6403$ liter/jam
- Laju Gas Asap yang dihasilkan, $M = 6715,6$ liter/jam
- Luas Bidang Pemanas, $H = 130,01\text{ m}^2$
- Beban Bidang Pemanas, $D/H = 46,13\text{ kg/m}^2\text{ j}$
- Volume Ruang Bakar, $V_{\text{RB}} = 3,8\text{ m}^2$
- Beban Ruang Bakar, $q_{\text{RB}} = 1260000\text{ kkal/m}^3\text{ jam}$
- Temperatur Akhir Api, $\theta_A = 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Jumlah Pipa Gas Asap pada = 130 buah
- Tebal Dinding Silinder Ketel, $s = 25$ mm
- Tebal Dinding Silinder Ruang Bakar, $s = 15$ mm
- Tebal Dinding Lemari Gas Asap, $s = 21$ mm
- Berat Ketel, $G = 46,5$ ton
- Jumlah Batang Penahan, $Z_{BP} = 11$ buah
- Jumlah Pipa Penahan, $Z_{PP} = 20$ buah
- Jumlah Baut Semat, $Z_{BS} = 80$ buah
- Diameter Cerobong, $d_{CER} = 0,78$ m
- Kecepatan Uap keluar dari Permukaan Air Ketel, $w_U = 0,02$ m/det

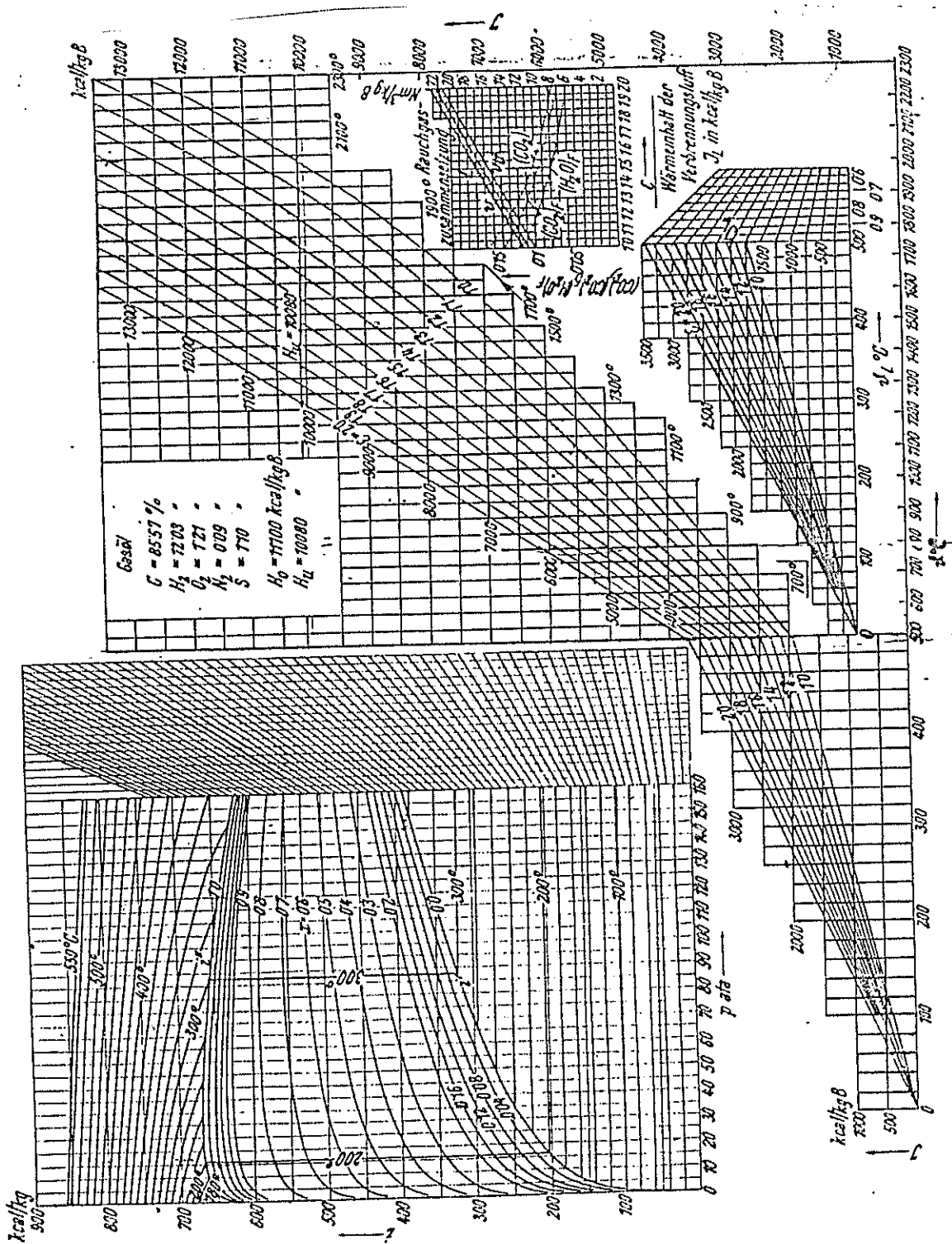
DAFTAR PUSTAKA

1. Stephen M. Elonka & Alex Higgins, **STANDARD BOILER OPERATORS QUESTIONS AND ANSWERS**, Mc Graw - Hill Book Company, Inc, New York, 1969
2. Prof. Dipl Ing. Dr. Techn. M. Ledinegg, **DAMPFERZEUGUNG DAMPKESSEL FEURUNGEN THEORIE KONSTRUKTION**, 3rd Edition, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1956
3. Ir. Syamsir A. Muin, **PESAWAT-PESAWAT KONVERSI ENERGI I (KETEL UAP)**, Cetakan ke-1, CV. Rajawali, Jakarta, 1988
4. Babcock & Wilcock, **STEAM IT'S GENERATION AND USE**, Babcock & Wilcock, New York, 1978
5. W.C. Reynolds & H.C Perkins, **ENGINEERING THERMOYNAMICS**, 2nd, Mc Graw - Hill Book Company, Inc, New York, 1977
6. Carl D. Shield's, **BOILER'S TYPES CHARACTERISTICS AND FUNCTIONS**, Mc Graw - Hill Book Company, Inc, New York, 1979
7. Lionel S. Marks, **MECHANICAL ENGINEERS HANDBOOK**, Mc Graw - Hill Book Company, Inc, New York, 1967
8. Hutte, **DES INGENIEURS TASSCHENBUCH MASCHINENBAU**, Teil Averlag Von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1954
9. Prof. Ir. Samudro, **MESIN-MESIN KONVERSI ENERGI**, ITB, 1975
10. S. Timoshenko, Gleason H Mac Culough, **ELEMENT OF**

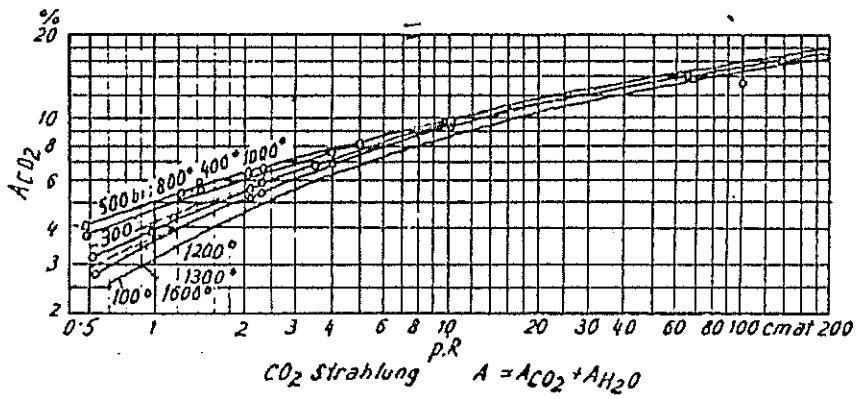
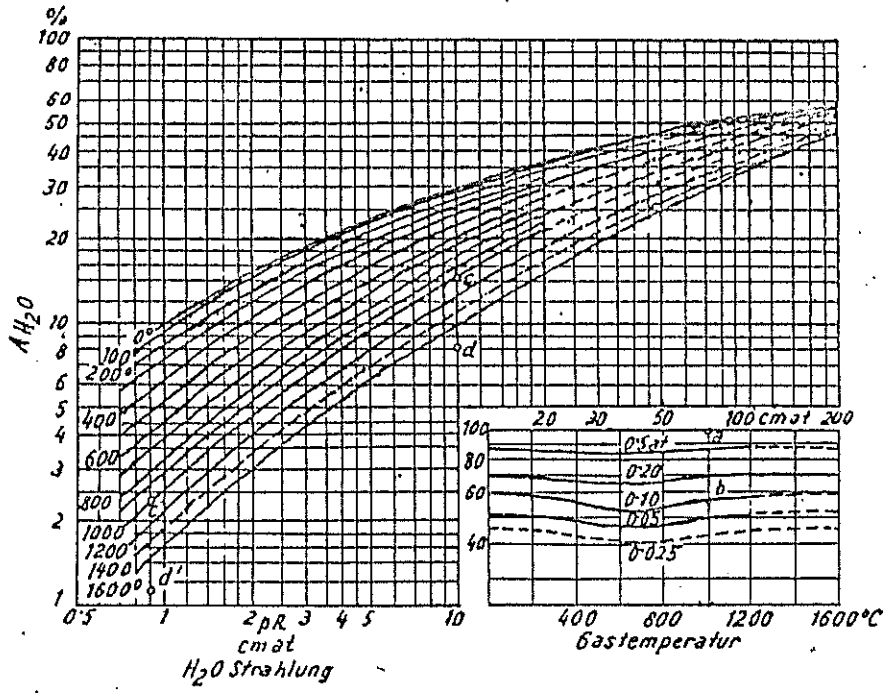
- STRENGTH OF MATERIALS, 3rd Edition, International Student Edition, Mc Graw-Hill Kokagusha, Ltd, 1979
11. Timoshenko,S & Young,D.H, ENGINEERING MECHANICS, 4th Edition International Student Edition, Mc Graw-Hill Kokagusha, Ltd, 1979
 12. Holman,JP, HEAT TRANSFER, 3rd Edition, Mc Graw - Hill Book Company, Inc, New York, 1972
 13. Kreith,F, PRINCIPLE OF HEAT TRANSFER, 4th Edition, International TextBook Company, Scranton,PA, 1980
 14. Kent's, MECHANICAL ENGINEERING HANDBOOK Vol II, Edisi ke-12, 1977
 15. Hartono PartoHarsodjo, Tuntunan Praktis Pemrograman Bahasa Pascal, Cetakan ke-2, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1989
 16. Abdul Kadir, Pemrograman Dasar Turbo Pascal, Cetakan ke-2, Andi Offset, Yogyakarta, 1991
 17. Turbo Pascal Reference Guide Version 5.0, Borland International, USA, 1986

LAMPIRAN

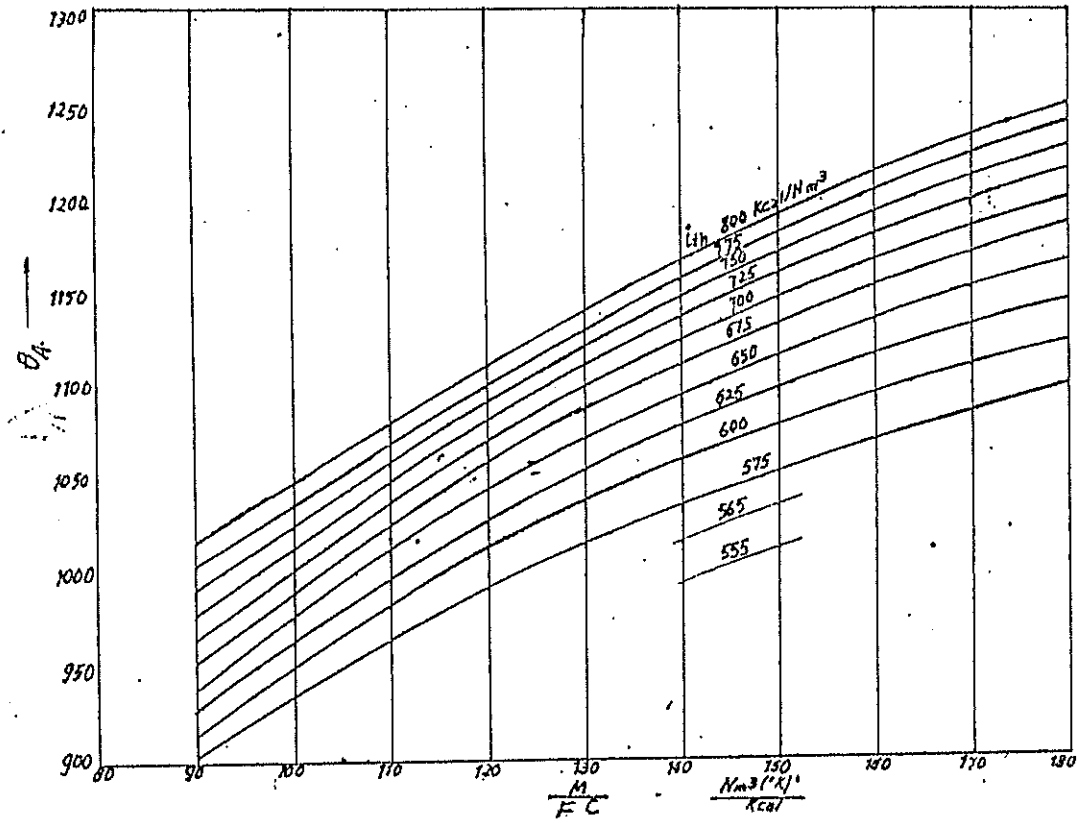
Lampiran A-1



Lampiran A-2

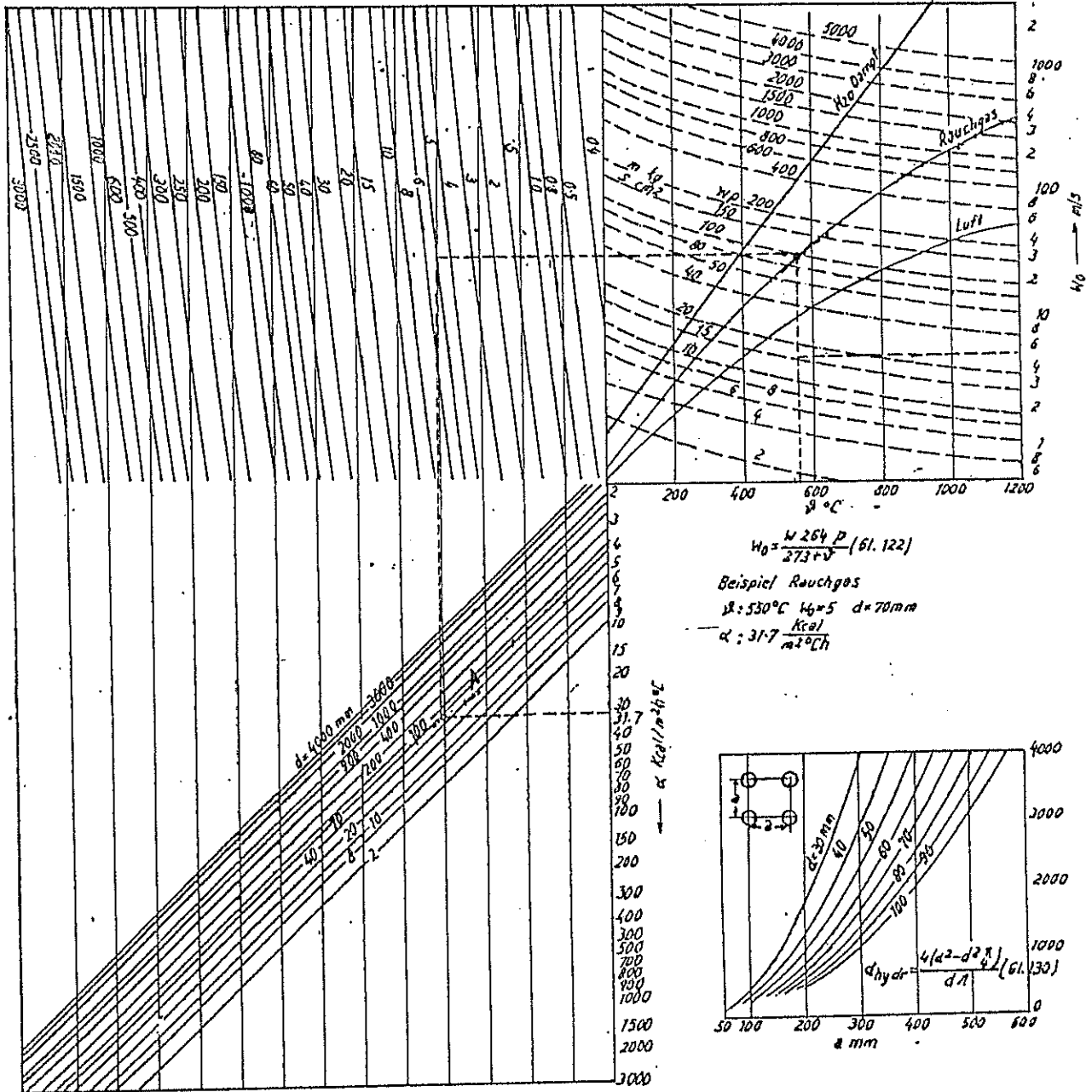


Lampiran A-4



Lampiran A-5

$$\alpha = \left[3.6 + \frac{0.260}{100} - 0.0076 \left(\frac{\theta}{100} \right)^2 \right] \frac{w_0^{0.75}}{d^{0.25}}$$



```
Program KBan(Input,Output);
```

```
var t,Jendela;
```

```
const
```

```
Cp=0.450;  
max = 7;  
Esc = #27;  
BeratBesar = 39;  
BeratSedang = 25;  
BeratKecil = 10;
```

```
var  
Faktor1 = Array[1..Max] of Integer;  
Faktor2 = Array[1..Max] of Real;
```

```
type  
I, I1 : Integer;  
VES, SED, KEC : Faktor1;  
ICOMP, MLOSS, TLO1, TLO2 : Faktor2;  
IM, MO, MC, ME, TM1, TM2, TO1, TO2, TC1, TC2, TE1, TE2 : Faktor2;  
JM, QO, QC, QE, QTOT, QCU, MCU, TCU1, TCU2, QLOSS : Faktor2;  
J : Text;  
Ch : Char;
```

```
procedure Kaki1( PT :String;X1,Y1,D,S :Integer;TAttr:Byte);
```

```
var T,E,R,U : Integer;  
begin  
J:= LENGTH (PT);  
T:= (U DIV 2);  
For E:= 1 To T DO  
begin  
WriteStr(X1-E,Y1,COPY(PT,1,E),TAttr);  
WriteStr(X1,Y1,COPY(PT,(U-E),E),TAttr);Delay(50 );  
end;  
end;
```

```
procedure Kaki2( PT :String;X1,Y1,D :Integer;TAttr:Byte);
```

```
var T,E,R,U : Integer;  
begin  
J:= LENGTH (PT);  
T:= (U DIV 2);  
For E:= 1 To U DO  
begin  
WriteStr(X1,Y1,COPY(PT,1,E),TAttr);  
end;  
end;
```

```
procedure Kaki3( PT :String;X1,Y1,D :Integer;TAttr:Byte);
```

```
var T,E,R,U : Integer;  
begin  
U:= LENGTH (PT);  
T:= (U DIV 2);  
For E:= 1 To U DO  
begin  
WriteStr(X1,E,Y1,COPY(PT,1,E),TAttr);Delay(50 );Delay(50 );  
end;  
end;
```

```

Writeln('X1=';Y1;CURY(C,I,I,E);HALT);Sound(200);Delay(50);
Sound(550);Delay(80);NoSound;
End;
I;

cedure Kuncoro;

Tunggu: Char;
in
CreateWindow(20,9,65,20,'',$00,$00);
FillWin(#178,$00);
CreateWindow(17,7,62,19,' Copyright (c) 1992 ',#3E,$43);
FillWin(#176,$02);
Gaki1(' PROGRAM KALKULASI KALOR ',23,2,25,0,$2B);
Gaki2('PADA PROSES PEMBUATAN BAN MOBIL',7,3,25,$2B);
Gaki3('OLEH : F TRI KUNCORO PUTRO',36,5,50,$2E);
Gaki2('NIM : M 101 86 0140 ',12,6,50,$2E);
Gaki1('PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN ',23,8,25,0,$9F);
Gaki1('F A K U L T A S T E K N I K ',23,9,25,0,$2E);
Gaki2('U N I V E R S I T A S D I P O N E G O R O',1,10,40,$2A);
Tunggu:=Readkey;
CloseWindow;CloseWindow;
;

cedure Inisialisasi;
in
CreateWindow(1, 1, 80, 25,'',$11,$1E);
FillWin(#176,$11);
Kuncoro;
;

cedure Bingkai;
in
CreateWindow(16,8,59,13,'',$3E,$3E);FillWin(#219,$11);
WriteStr(2,2,'Jumlah cacah data terlalu banyak (max=7)',#1E);
WriteStr(2,3,'Esc (keluar) atau tekan sembarang tombol!',$9D);
repeat until KeyPressed;
ch:=readkey;
if ch=#0 then ch:=Readkey;
if ch=Esc then halt(0)
else CloseWindow;
;{bingkai}

cedure Cacah_Data;
in
CreateWindow(15,10,65,14,'',$1E,$1F);
FillWin(#219,$44);
WriteStr(1,2,'Jumlah cacah data yang akan dihitung => ',#4E);
GoToXY(41,2);Readln(N);
CloseWindow;
;{Cacah_Data}

cedure Data_Produk;
in
CreateWindow(1,1,80,15,' PENGISIAN DATA ',#2E,$0e);
Writeln('Produk Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses');
Writeln('-----');
Writeln;
For I:=1 to 7+8*N do Write('-');Writeln;
Write('Ban Besar :');
For I:=1 to N do begin gotoXY(6+7*I,5);readln(BES[I]);end;
Write('Ban Sedang:');
For I:=1 to N do begin gotoXY(6+7*I,6);readln(SED[I]);end;
Write('Ban Kecil :');
For I:=1 to N do begin gotoXY(6+7*I,7);readln(KEC[I]);end;
For I:=1 to 7+8*N do Write('-');Readln;

```

```
CloseWindow;  
};{Data_Produk}
```

```
procedure Hitung_Massa_Bahan_per_Jam;
```

```
in  
begin  
  For I:=1 to N do  
  begin  
    TOUNIT[I]:= BES[I]+ SED[I]+ KEC[I];  
    MCOMP[I]:=(BES[I]*BeratBesar+ SED[I]*BeratSedang + KEC[I]*BeratKecil);  
  end;  
};{Hitung_Massa_Bahan_per_Jam}
```

```
procedure Data_Mixing;
```

```
in  
  CreateWindow(1,1,80,25,' PENGISIAN DATA ', $7E, $OE);  
  MM:=MCOMP;  
  Writeln(' D A T A M I X I N G : ');  
  Write('- Massa karet(MM), Temperatur Karet masuk mixing(TM1), ');  
  Writeln(' Temperatur Karet keluar dari mixing(TM2)');Writeln;  
  Writeln('Jumlah Cacah Data yg akan Dihitung : ',N);  
  For i:=1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;  
  Write('TM1(Celsius): ');  
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,7);readln(TM1[I]);end;  
  Write('TM2(Celsius): ');  
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,8);readln(TM2[I]);end;  
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;  
};{data_mixing}
```

```
procedure Data_Open_Roll_Mill;
```

```
in  
  Writeln;  
  MO:=MCOMP;  
  Writeln(' D A T A O P E N R O L L M I L L : ');  
  Write('- Massa karet(MO),Temperatur Karet masuk open roll mill(TO1), ');  
  Writeln('Temperatur Karet keluar dari open roll mill(TO2)');Writeln;  
  Writeln(' Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);  
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;  
  Write('TO1(Celsius): ');  
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,17);readln(TO1[I]);end;  
  Write('TO2(Celsius): ');  
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,18);readln(TO2[I]);end;  
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;  
};{open_roll}
```

```
procedure Data_Calendering;
```

```
in  
  Writeln;  
  MC:=MCOMP;  
  Writeln(' D A T A C A L E N D E R I N G : ');  
  Write('- Massa karet(MC), Temperatur Karet masuk calendar(TC1), ');  
  Writeln('Temperatur Karet keluar dari calendar(TC2)');Writeln;  
  Writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);  
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;  
  Write('TC1(Celsius): ');Writeln;  
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TC1[I]);end;  
  Write('TC2(Celsius): ');Writeln;  
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TC2[I]);end;  
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;  
};{Data_Calendering}
```

```

procedure Data_Extruding;
begin
  Writeln;
  ME:=MCOMP;
  Writeln('DATA EXTRUDING :');
  Write('- Massa karet(ME),Temperatur Karet masuk extruding(TE1), ');
  Writeln('Temperatur Karet keluar dari extruding(TE2)');Writeln;
  Writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;
  Write('TE1(Celsius): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TE1[I]);end;
  Write('TE2(Celsius): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TE2[I]);end;
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;
end;

```

```

procedure Data_Curing;
begin
  Writeln;
  MCU:=MCOMP;
  Writeln('DATA CURING :');
  Write('- Massa karet(MCU),Temperatur Karet masuk Curing(TCU1), ');
  Writeln('Temperatur Karet keluar dari Curing(TCU2)');Writeln;
  Writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;
  Write('TCU1(Celsius): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TCU1[I]);end;
  Write('TCU2(Celsius): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TCU2[I]);end;
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;
end;{Curing}

```

```

procedure Data_Losses;
begin
  Writeln;
  {MLOSS:=MCOMP;}
  Writeln('DATA COMPOND YANG DIAMBIL DARI STORAGE :');
  Write('- Massa karet(Mloss),Temperatur Karet masuk Curing(TLO1), ');
  Writeln('Temperatur Karet keluar dari Curing(TLO2)');Writeln;
  Writeln('Jumlah cacah data yang akan dihitung : ',N);
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;
  Write('MLOSS(kg/j): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(MLOSS[I]);end;
  Write('TLO1(Celsius): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TLO1[I]);end;
  Write('TLO2(Celsius): ');Writeln;
  For i:=1 to N do begin gotoXY(8+7*I,22);readln(TLO2[I]);end;
  For i:= 1 to 7+10*N do Write('-');Writeln;
  Readln;
  CloseWindow;
end;{Loss}

```

```

procedure Hitung_Kalor;
begin
  For i:=1 to N do begin
    QM[I]:=Cp*MM[I]/3600*(TM2[I]-TM1[I]);
    QO[I]:=Cp*MO[I]/3600*(TO2[I]-TO1[I]);
    QC[I]:=Cp*MC[I]/3600*(TC2[I]-TC1[I]);
    QE[I]:=Cp*ME[I]/3600*(TE2[I]-TE1[I]);
    QCU[I]:=Cp*MCU[I]/3600*(TCU2[I]-TCU1[I]);
    QLOSS[I]:=Cp*MLOSS[I]/3600*(TLO2[I]-TLO1[I]);
    QTOT[I]:=QM[I]+QO[I]+QC[I]+QE[I]+QCU[I]+QLOSS[I];
  end;
end;{hitung}

```

← Perhitungannya losses ok!
 Jimmy (Toni Prahasto)

cedure Hasil;

nf : string[20];

in

```
CreateWindow(15,13,65,18,' SIMPAN HASIL ',#8B,$2F);
FillWin(#176,$22);
WriteStr(2,2,'HASIL DISIMPAN DALAM FILE DENGAN NAMA => ',#2F);
GoToXY(44,2);
readln(nf);
CreateWindow(15,13,65,18,' SIMPAN HASIL ',#8B,$2F);
FillWin(#176,$44);
WriteStr(2,2,'Sedang Proses Penyimpanan Hasil !!!!',#4E);
assign(B,nf);
rewrite(B);
writeln(B,'Produk Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses');
writeln(B,'-----');
writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,' Ban Besar : ');
for I:=1 to N do Write(B,BES[I]:6,' ');writeln(B);
Write(B,' Ban Sedang: ');
for I:=1 to N do Write(B,SED[I]:6,' ');writeln(B);
Write(B,' Ban Kecil : ');
for I:=1 to N do Write(B,KEC[I]:6,' ');writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,' TOTAL      : ');
for I:=1 to N do Write(B,TOUNIT[I]:6,' ');writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,' MCOMP      : ');
for I:=1 to N do Write(B,MCOMP[I]:4:2,' ');writeln(B);
for I:=1 to 7+10*N do Write(B,'-');writeln(B);
writeln(B,' Keterangan :');
writeln(B,' - Ban Besar, Ban Sedang, dan Ban Kecil dalam unit ban');
writeln(B,' - MCOMP adalah Berat Produk Ban dalam kg/jam ');
Write(B,' - Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll,');
writeln(B,'Roll Calendar,');writeln(B,' ,Extruder, dan Curing');
writeln(B);writeln(B);

writeln(B,'Kebutuhan Kalor adalah :');
writeln(B,'-----');
writeln(B);
writeln(B,'1.MIXING : ');
for i:=1 to 7+12*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,'MM(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do Write(B,MM[I]:8:2,' ');writeln(B);
Write(B,'TM1(Celsius): ');
for i:=1 to N do Write(B,TM1[I]:8:2,' ');writeln(B);
Write(B,'TM2(Celsius): ');
for i:=1 to N do Write(B,TM2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,'QM(kkal/det): ');
for i:=1 to N do Write(B,QM[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');writeln(B);

writeln(B);
writeln(B,'2.OPEN ROLL MILL :');
Write(B,'');for i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,'MO(kg/jam) : ');
for i:=1 to N do Write(B,MO[I]:8:2,' ');writeln(B);
Write(B,'TO1(Celsius): ');
for i:=1 to N do Write(B,TO1[I]:8:2,' ');writeln(B);
Write(B,'TO2(Celsius): ');
for i:=1 to N do Write(B,TO2[I]:8:2,' ');writeln(B);
for i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');writeln(B);
Write(B,'QO      : ');
```

```
For i:=1 to N do Write(B,QC[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
```

```
Writeln(B);
Writeln(B,'3.CALENDERING :');
Write(B,'');For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'MC(kg/jam) : ');
For i:=1 to N do Write(B,MC[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TC1(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TC1[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TC2(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TC2[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'QC : ');
For i:=1 to N do Write(B,QC[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
```

```
Writeln(B);
Writeln(B,'4.EXTRUDING :');
Write(B,'');For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'ME(kg/jam) : ');
For i:=1 to N do Write(B,ME[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TE1(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TE1[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TE2(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TE2[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'QE : ');
For i:=1 to N do Write(B,QE[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
```

```
Writeln(B);
Writeln(B,'5.CURING :');
Write(B,'');For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'MCU(kg/jam) : ');
For i:=1 to N do Write(B,MCU[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TCU1(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TCU1[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TCU2(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TCU2[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'QCU : ');
For i:=1 to N do Write(B,QCU[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
```

```
Writeln(B);
Writeln(B,'6.LOSSES KALOR KARENA BAHAN MULAI PROSES PADA SUHU KAMAR:');
Write(B,'');For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'MLOSS(kg/jam) : ');
For i:=1 to N do Write(B,MLOSS[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TLO1(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TLO1[I]:8:2,' ');Writeln(B);
Write(B,'TLO2(Celsius): ');
For i:=1 to N do Write(B,TLO2[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
Write(B,'QLOSS : ');
For i:=1 to N do Write(B,QLOSS[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
```

```
Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'*');Writeln(B);
Writeln(B,'=> TOTAL (Kkal/det):');Writeln(B);
Write(B,'QTOT : ');
For i:=1 to N do Write(B,QTOT[I]:8:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'-');Writeln(B);
```

```

Writeln(B,'==> TOTAL (Watt)      : ');Writeln(B);
Write(B,'QTOT      : ');
For i:=1 to N do Write(B,4.184*QTOT[I]:B:2,' ');Writeln(B);
For i:= 1 to 7+12*N do Write(B,'*');Writeln(B);
Writeln(B);
Writeln(B,' Keterangan :');Writeln;
Write(B,'      - QTOT adalah Kalor Total yg diperlukan Satu Unit');
Writeln(B,' Pemroses ');
Write(B,'      - Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, ');
Writeln(B,'Roll Calendar,');Writeln(B,',Extruder,dan Curing');
close(B);
Readln;
CloseWindow;CloseWindow;
i;{hasil}

```

```

gin
  Clrscr;
  TopWindow:=Nil;
  WindowCount:=0;
  Inisialisasi;
  Cacah_Data;
  While N > max Do Begin
    Bingkai;
    Cacah_Data;
  End;
  Data_Produk;
  Hitung_Massa_Bahan_per_Jam;
  Data_Mixing;
  Data_open_roll_mill;
  Data_calendering;
  Data_extruding;
  Data_Curing;
  Data_Losses;
  Hitung_Kalor;
  Hasil;

```

d.

kg Ban yg Dihasilkan per Hari per Satuan Unit Pemroses

Besar :	200	300	400	200	300	200	100
Sedang:	500	400	300	200	300	300	500
Kecil :	300	300	300	600	400	500	400
KL :	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
MP :	970.83	1029.17	1087.50	783.33	966.67	845.83	850.00

Frangan :

Ban Besar, Ban Sedang, dan Ban Kecil dalam unit ban MCOMP adalah Berat Produk Ban dalam kg/jam
 Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, Roll Calendar, Extruder, dan Curing

tuhan Kalor adalah :

(ING :							
g/jam) :	970.83	1029.17	1087.50	783.33	966.67	845.83	850.
Celsius):	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	25.00	25.
Celsius):	120.00	125.00	130.00	115.00	123.00	110.00	115.
al/det):	11.29	12.61	14.00	8.62	11.60	8.99	9.

EN ROLL MILL :

g/jam) :	970.83	1029.17	1087.50	783.33	966.67	845.83	850.
Celsius):	80.00	75.00	70.00	70.00	80.00	75.00	70.
Celsius):	125.00	130.00	130.00	125.00	130.00	120.00	125.
:	5.46	7.08	8.16	5.39	6.04	4.76	5.

ENDERING :

g/jam) :	970.83	1029.17	1087.50	783.33	966.67	845.83	850.
Celsius):	75.00	70.00	80.00	75.00	80.00	70.00	80.
Celsius):	125.00	120.00	130.00	130.00	125.00	130.00	125.

:	6.07	6.43	6.80	5.39	5.44	6.34	4.
---	------	------	------	------	------	------	----

FRUDING :

g/jam) :	970.83	1029.17	1087.50	783.33	966.67	845.83	850.
(Celsius):	80.00	80.00	80.00	85.00	85.00	85.00	85.
(Celsius):	130.00	135.00	125.00	130.00	145.00	140.00	145.

:	6.07	7.08	6.12	4.41	7.25	5.82	6.
---	------	------	------	------	------	------	----

RING :

kg/jam) :	970.83	1029.17	1087.50	783.33	966.67	845.83	850
(Celsius):	60.00	70.00	75.00	80.00	75.00	80.00	80
(Celsius):	125.00	135.00	135.00	130.00	120.00	125.00	130

:	7.89	8.36	8.16	4.90	5.44	4.76	5
---	------	------	------	------	------	------	---

ISSES KALOR KARENA BAHAN MULAI PROSES PADA SUHU KAMAR:

S(kg/jam):	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	400.00	500
(Celsius):	27.00	25.00	25.00	27.00	27.00	27.00	28
(Celsius):	120.00	125.00	130.00	130.00	125.00	120.00	125

SS	:	3.49	5.00	6.56	7.73	8.57	4.65	6
----	---	------	------	------	------	------	------	---

TOTAL (Kkal/det):

T	:	40.26	46.55	49.79	36.41	44.34	35.31	37.
---	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----

TOTAL (Watt) :

	:	140.44	164.70	179.70	140.72	165.57	147.74	150
--	---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-----

(*****

eterangan :

- QTOT adalah Kalor Total yg diperlukan Satu Unit Pemroses
- Satu Unit Pemroses terdiri dari: Mixer, Open Roll, Roll Calendar, Extruder, dan Curing

```
*****}
}
Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs
}
}
*****}
Program MenuUtama;
```

```
Uses
```

```
CRT, Jendela, DOS, KURSOR;
```

```
($I Data.Pas)
($I Bantu.Pas)
($I Tulis.Pas)
```

```
Const
```

```
Panah_kiri = 256+75;
Panah_ATAS = 256+72;
Panah_kanan = 256+77;
Panah_Bawah = 256+80;
ENTER      = 13;
PilihanTulis=2;
PilihanPilih=2;
```

```
JumPilihan=5;
Info_Pilihan: Array[1..JumPilihan] Of String[35]
              = (' B', ' D', ' J', ' T', ' K');
Info_Pilihan1: Array [1..JumPilihan] Of String[35]
              = ('ANTU ',
                 'ATA ',
                 'ALAN ',
                 'ULIS ',
                 'ELUAR ');
```

```
Var
Kode: WORD;
L, BrsAwal, KolomAwal, PilihanBaru, PilihanLama: BYTE;
```

```
Procedure Kaki1( PT :String; X1, Y1, D, S :Integer; TAttr:Byte);
```

```
Var
A, B, T, E, R, U : Integer;
Begin
U:= LENGTH (PT);
T:= (U DIV 2);
For E:= 1 To T DO
Begin
WriteStr(X1-E, Y1, COPY(PT, 1, E), TAttr);
WriteStr(X1, Y1, COPY(PT, (U-E), E), TAttr); Delay(50 );
End;
End;
```

```
Procedure Kaki2( PT :String; X1, Y1, D :Integer; TAttr:Byte);
```

```
Var
A, B, T, E, R, U : Integer;
Begin
U:= LENGTH (PT);
T:= (U DIV 2);
For E:= 1 To U DO
Begin
WriteStr(X1, Y1, COPY(PT, 1, E), TAttr);
End;
```

End;

```
Procedure Kaki3( PT :String;X1,Y1,D :Integer;TAttr:Byte);
```

```
Var
```

```
  A,B, T,E,R,U : Integer;
```

```
Begin
```

```
  U:= LENGTH (PT);
```

```
  T:= (U DIV 2);
```

```
  For E:= 1 To U DO
```

```
  Begin
```

```
    WriteStr(X1-E,Y1,COPY(PT,1,E),TAttr);Sound(250);Delay(80);
```

```
    Sound(550);Delay(80);NoSound;
```

```
  End;
```

```
End;
```

```
Procedure Kuncoro;
```

```
Var
```

```
  Tunggu: Char;
```

```
Begin
```

```
  Modekursor(sembunyi);
```

```
  CreateWindow(20,9,65,20,'',#00,#00);
```

```
  FillWin(#178,#00);
```

```
  CreateWindow(17,7,62,19,' Copyright (c) 1992 ',#3E,#43);
```

```
  FillWin(#176,#02);
```

```
  Kaki1(' PROGRAM KALKULASI KALOR ',23,2,25,0,#2B);
```

```
  Kaki2(' PADA PROSES PEMBUATAN BAN MOBIL',7,3,25,#2B);
```

```
  Kaki3('OLEH : F TRI KUNCORO PUTRO',36,5,50,#2E);
```

```
  Kaki2('NIM : M 101 86 0140 ',12,6,50,#2E);
```

```
  Kaki1('PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN ',23,8,25,0,#9F);
```

```
  Kaki1('F A K U L T A S T E K N I K ',23,9,25,0,#2E);
```

```
  Kaki2('U N I V E R S I T A S D I P O N E B O R D',1,10,40,#2A);
```

```
  Tunggu:=Readkey;
```

```
  CloseWindow;CloseWindow;
```

```
End;
```

```
Procedure Inisialisasi;
```

```
Begin
```

```
  Window(1, 1, 80, 25);
```

```
  FillWin(#219,#44);
```

```
  TextAttr:= #4F;
```

```
  GoToXY(1,25);
```

```
  Write(' ',#27,' ',#24,' ',#25,' ',#26,' ', 'Esc - Menu ');
```

```
  Write(' ',#179,' PENGHITUNG KEBUTUHAN KALOR ');
```

```
  Clreol;
```

```
{ CreateWindow(1,2,80,24,'',#3E,#1E);}
```

```
Window(1,2,80,24);FrameWin(' ',SingleFrame,#25,#2E);;
```

```
FillWin(#176,#09);
```

```
Window(1,1,80,25);
```

```
BrsAwal:=7;
```

```
KolomAwal:=1;
```

```
WriteStr(BrsAwal,KolomAwal,Info_Pilihan[1],#3F);
```

```
For L :=2 To JumPilihan Do
```

```
Begin
```

```
  WriteStr(BrsAwal+((L-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan[L],#4A);
```

```
End;
```

```
WriteStr(BrsAwal+2,KolomAwal,Info_Pilihan1[1],#3E);
```

```
For L :=2 To JumPilihan Do
```

```
Begin
```

```
  WriteStr(BrsAwal+2+((L-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan1[L],#42);
```

```
End;
```

```
Kuncoro;
```

```
End;
```

```
Procedure Kursor_Pilih;
```

```

Begin
  Selesai:=False;
  PilihanBaru:=1;
  Repeat
    Repeat
      Kode:= ORD (READKEY);
      If Kode= 0 THEN
        Kode:= 256 + ORD (READKEY)
      Until (Kode=ENTER) OR (Kode=Panah_kiri)OR
        (Kode=Panah_kanan) OR
        (Kode IN[66,98,68,100,74,106,84,116,75,107]);

      PilihanLama:=PilihanBaru;
      Case Kode Of
        Panah_kiri :If PilihanBaru=1 Then
                    PilihanBaru:=JumPilihan
                  Else
                    Dec(PilihanBaru);

        Panah_kanan: If PilihanBaru= JumPilihan Then
                    PilihanBaru:=1
                  Else
                    Inc(PilihanBaru);
                    66,98 : PilihanBaru:= 1;
                    68,100 : PilihanBaru:= 2;
                    74,106 : PilihanBaru:= 3;
                    84,116 : PilihanBaru:= 4;
                    75,107 : PilihanBaru:= 5;

      End;

      If PilihanLama<>PilihanBaru Then Begin
        WriteStr(BrsAwal+2+((PilihanLama-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan1[PilihanLama]);
        WriteStr(BrsAwal+2+((PilihanBaru-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan1[PilihanBaru]);
        WriteStr(BrsAwal+((PilihanLama-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan[PilihanLama]);
        WriteStr(BrsAwal+((PilihanBaru-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan[PilihanBaru]);
      End;

      If Not((Kode = Panah_kiri)OR(Kode = Panah_kanan))Then
        Begin
          Case PilihanBaru Of
            1:Begin Bantu;End;
            2:Begin Data;End;
            3:Begin Beep;End;
            4:Begin Tulis;KurPilih;CloseWindow;CloseWindow;End;
            5:Begin Keluar;End;
          End;
        End;

      Until Selesai;
      CloseWindow;
    End;

  {***** PROGRAM UTAMA *****}
  Begin
    Clrscr;
    TopWindow:=Nil;
    WindowCount:=0;
    Inisialisasi;
    Kursor_Pilih;
    CloseWindow;CloseWindow;
    Clrscr;
  End.

```

```

{*****}
{
{      Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs      }
{
{*****}

```

```
unit Jendela;
```

```
{#D-,S-}
```

```
interface
```

```
uses Crt;
```

```
type
```

```

TitleStr = string[63];
FrameChars = array[1..8] of Char;
WinState = record
    WindMin, WindMax: Word;
    WhereX, WhereY: Byte;
    TextAttr: Byte;
end;

```

```

TitleStrPtr = ^TitleStr;
WinRecPtr = ^WinRec;
WinRec = record
    Next: WinRecPtr;
    State: WinState;
    Title: TitleStrPtr;
    TitleAttr, FrameAttr: Byte;
    Buffer: Pointer;
end;

```

```
const
```

```
{ Standard frame character sets }
```

```

SingleFrame: FrameChars = 'ZD?33@DY';
DoubleFrame: FrameChars = 'IN?;:HM<';

```

```
var
```

```

TopWindow: WinRecPtr;
WindowCount: Integer;
Done: Boolean;
Ch: Char;

```

```
{ Direct write routines }
```

```

procedure WriteStr(X, Y: Byte; S: String; Attr: Byte);
procedure WriteChar(X, Y, Count: Byte; Ch: Char; Attr: Byte);

```

```
{ Window handling routines }
```

```

procedure FillWin(Ch: Char; Attr: Byte);
procedure ReadWin(var Buf);
procedure WriteWin(var Buf);
function WinSize: Word;
procedure SaveWin(var W: WinState);
procedure RestoreWin(var W: WinState);
procedure FrameWin(Title: TitleStr; var Frame: FrameChars);

```

```

    TitleAttr, FrameAttr: Byte);
procedure UnFrameWin;
procedure ActiveWindow(Active: Boolean);
procedure OpenWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
    TAttr, FAttr: Byte);
procedure CloseWindow;
procedure CreateWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
    TAttr, FAttr: Byte);
procedure Beep;

```

implementation

```
{%L WIN}
```

```

procedure WriteStr(X, Y: Byte; S: String; Attr: Byte);
external {WIN};

```

```

procedure WriteChar(X, Y, Count: Byte; Ch: Char; Attr: Byte);
external {WIN};

```

```

procedure FillWin(Ch: Char; Attr: Byte);
external {WIN};

```

```

procedure WriteWin(var Buf);
external {WIN};

```

```

procedure ReadWin(var Buf);
external {WIN};

```

```

function WinSize: Word;
external {WIN};

```

```

procedure SaveWin(var W: WinState);
begin
    W.WindMin := WindMin;
    W.WindMax := WindMax;
    W.WhereX := WhereX;
    W.WhereY := WhereY;
    W.TextAttr := TextAttr;
end;

```

```

procedure RestoreWin(var W: WinState);
begin
    WindMin := W.WindMin;
    WindMax := W.WindMax;
    GotoXY(W.WhereX, W.WhereY);
    TextAttr := W.TextAttr;
end;

```

```

procedure FrameWin(Title: TitleStr; var Frame: FrameChars;
    TitleAttr, FrameAttr: Byte);
var
    W, H, Y: Word;
begin
    W := Lo(WindMax) - Lo(WindMin) + 1;
    H := Hi(WindMax) - Hi(WindMin) + 1;
    WriteChar(1, 1, 1, Frame[1], FrameAttr);
    WriteChar(2, 1, W - 2, Frame[2], FrameAttr);
    WriteChar(W, 1, 1, Frame[3], FrameAttr);
    if Length(Title) > W - 2 then Title[0] := Chr(W - 2);
    WriteStr((W - Length(Title)) shr 1 + 1, 1, Title, TitleAttr);
    for Y := 2 to H - 1 do
        begin
            WriteChar(1, Y, 1, Frame[4], FrameAttr);
            WriteChar(W, Y, 1, Frame[5], FrameAttr);
        end;
end;

```

```

WriteChar(W, H, 1, Frame[6], FrameAttr);
end;
WriteChar(1, H, 1, Frame[6], FrameAttr);
WriteChar(2, H, W - 2, Frame[7], FrameAttr);
WriteChar(W, H, 1, Frame[8], FrameAttr);
Inc(WindMin, %0101);
Dec(WindMax, %0101);
end;

procedure UnFrameWin;
begin
  Dec(WindMin, %0101);
  Inc(WindMax, %0101);
end;

procedure ActiveWindow(Active: Boolean);
begin
  if TopWindow <> nil then
    begin
      UnFrameWin;
      with TopWindow^ do
        if Active then
          FrameWin(Title^, DoubleFrame, TitleAttr, FrameAttr)
        else
          FrameWin(Title^, SingleFrame, FrameAttr, FrameAttr);
    end;
end;

procedure OpenWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
  TAttr, FAttr: Byte);
var
  W: WinRecPtr;
begin
  ActiveWindow(False);
  New(W);
  with W^ do
    begin
      Next := TopWindow;
      SaveWin(State);
      GetMem(Title, Length(T) + 1);
      Title^ := T;
      TitleAttr := TAttr;
      FrameAttr := FAttr;
      Window(X1, Y1, X2, Y2);
      GetMem(Buffer, WinSize);
      ReadWin(Buffer^);
      FrameWin(T, DoubleFrame, TAttr, FAttr);
    end;
  TopWindow := W;
  Inc(WindowCount);
end;

procedure CloseWindow;
var
  W: WinRecPtr;
begin
  if TopWindow <> nil then
    begin
      W := TopWindow;
      with W^ do
        begin
          UnFrameWin;
          WriteWin(Buffer^);
          FreeMem(Buffer, WinSize);
          FreeMem(Title, Length(Title^) + 1);
          RestoreWin(State);
          TopWindow := Next;
        end;
    end;
end;

```

```

{*****}
{
{      Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs
{
{*****}
Type
  Pointer_Record = ^ DataUap;

  DataUap = RECORD
    No          : LONGINT;
    Mesin       : STRING[40];
    P1,T1,P2,EFF: REAL;
    Prev        : Pointer_Record;
    Next        : Pointer_Record;
  End;

  File_Record = FILE OF DataUap;
  Tulisan_Nama = STRING[14];

Var
  File_Rekam : File_Record;
  Nama_File  : Tulisan_Nama;
  Ptr_Awal, Ptr_Tampung, Ptr_Ujung : Pointer_Record;
  KodeErr,Jumlah_Data: INTEGER;
  P,Pilihan :Char;
  Selesai:Boolean;

Function Ya_Tidak:Boolean;
Var
  Jawab:Char;
Begin
  Jawab:=Readkey;Write(Jawab);
  If Jawab in['Y','y'] Then Ya_Tidak:=True
  Else Ya_Tidak:=False;
End;

Procedure Record_diisi_Data;
Begin
  TopWindow:=Nil;
  CreateWindow(3,3,50,13,'',#32,#61);
  FillWin(#219,#66);
  New(Ptr_Ujung);
  WriteStr(2,2,'Nomor' : '#3E');
  GoToXY(35,2);Readln(Ptr_Ujung^.No);
  WriteStr(2,3,'Mesin' : '#3E');
  GoToXY(35,3);Readln(Ptr_Ujung^.Mesin);
  WriteStr(2,4,'Tekanan Uap Masuk (atm)' : '#3E');
  GoToXY(35,4); Readln(Ptr_Ujung^.P1);
  WriteStr(2,5,'Temperatur Uap Masuk (Celsius):' : '#3E');
  GoToXY(35,5);Readln(Ptr_Ujung^.T1);
  WriteStr(2,6,'Tekanan Uap Keluar (atm)' : '#3E');
  GoToXY(35,6);Readln(Ptr_Ujung^.P2);
  WriteStr(2,7,'Efisiensi Mesin (%)' : '#3E');
  GoToXY(35,7);Readln(Ptr_Ujung^.EFF);

  Ptr_Ujung^.Next := Nil;
  If Ptr_Awal = Nil Then Begin
    Ptr_Awal := Ptr_Ujung;
    Ptr_Awal^.Prev:=Nil;
    Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
    WriteLn:

```

```

                End
Else Begin
    Ptr_Tampung^.Next := Ptr_Ujung;
    Ptr_Ujung^.Prev := Ptr_Tampung;
    Ptr_Tampung := Ptr_Ujung;
End;
End;

Procedure Masukkan_Data;
Var
    j,B:Integer;
Begin
    Ptr_Awal := Nil;
    Record_Diisi_Data;
    { TopWindow:=Nil;}
    CreateWindow(25,2,47,4,'',#2E,#43);
    WriteStr(1,1,'Dilanjutkan (Y/T): ',#4E);GoToXY(20,1);

    While (Ya_Tidak = True) Do
        Begin
            CloseWindow;CloseWindow;
            Record_Diisi_Data;
            { TopWindow:=Nil;}
            CreateWindow(25,2,47,4,'',#2E,#43);
            WriteStr(2,1,'Dilanjutkan (Y/T): ',#4E); GoToXY(20,1);
            End;
        For B:=1 To WindowCount Do
            CloseWindow;
End;

Procedure Beri_Nama_dan_Rekam(Var FilVar:File_Record;
                               Nama_File:Tulisan_Nama;
                               Jml_Data:INTEGER);
Var
    j : INTEGER;

Begin
    ASSIGN(FilVar,Nama_File);
    REWrite(FilVar);
    Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
    WHILE Ptr_Tampung <> NIL DO
        Begin
            Write(FilVar,Ptr_Tampung^);
            Ptr_Tampung := Ptr_Tampung^.Next;
        End;
    CLOSE(FilVar);
End;

Procedure Menyajikan_Isi_Rekaman;
Var
    j :INTEGER;
    k:Char;
Begin
    Writeln;
    Writeln(' Data Uap Masuk dan Keluar Mesin:');
    Writeln(' -----');
    Writeln;
    Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
    WHILE Ptr_Tampung <> NIL DO
    Begin
        WITH Ptr_Tampung^ DO
            Begin
                Write(' Nomor Data           ');Writeln(No);
                Write(' Jenis Mesin           ');Writeln(Mesin);
                Write(' Tekanan Uap Masuk     ');Writeln(Pl:6:2);
            End;
        End;
    End;
End;

```

```
Write(' Temperatur Uap Masuk      ');Writeln(I1:6:2);
Write(' Tekanan Uap Keluar        ');Writeln(P2:6:2);
Write(' Efisiensi                  ');Writeln(EFF:3:0);
Writeln;
```

```
End;
```

```
Ptr_Tampung := Ptr_Tampung^.Next;
CreateWindow(25,5,53,7,'',$34,$53);
WriteStr(1,1,' Tekan Esc Kembali ke Menu ',%24);
```

```
Repeat
k:=Readkey;
If k<>#27 Then Beep;
Until k=Chr(27);
CloseWindow;CloseWindow;
```

```
End;
```

```
End;
```

```
Procedure Membaca_Isi_Rekaman(Var FilVar:File_Record;
Nama_File:Tulisan_Nama;
Jml_Data:INTEGER);
```

```
Var
j :INTEGER;
```

```
Begin
```

```
ASSIGN(FilVar,Nama_File);
{#I-}
RESET(FilVar);
{#I+}
KodeErr:=IOResult;
If KodeErr= 0 Then Begin
NEW(Ptr_Awal);
READ(FilVar,Ptr_Awal^);
Ptr_Awal^.Next := NIL;
Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
WHILE (EOF(FilVar) = FALSE) DO
Begin
NEW(Ptr_Ujung);
Ptr_Tampung^.Next := Ptr_Ujung;
READ(FilVar,Ptr_Ujung^);
Ptr_Ujung^.Next := NIL;
Ptr_Tampung := Ptr_Ujung;
End;
CLOSE(FilVar);
CreateWindow(8,8,73,22,'',$1B,$2C);
Menyajikan_Isi_Rekaman;
```

```
End
```

```
Else
```

```
Begin
CreateWindow(5,5,20,7,'',$32,$25);
WriteStr(1,1,'File Tidak Ada !!!',$2E);
Readln;
CloseWindow;
```

```
End;
```

```
End;
```

```
Procedure Tulis_Pilihan;
```

```
Begin
```

```
CreateWindow(22,5,60,13,' Menu Data ',%25,$38);
FillWin(#219,$77);
WriteStr(5,2,'1. Masuk dan Simpan Data Baru',$7F);
WriteStr(5,3,'2. Membaca dan Melihat File Data',$7F);
WriteStr(5,4,'3. Selesai',$7F);
```

```
End;
```

```
Procedure Data ..
```

```

Procedure Data;
Begin
  ModeKursor(Normal);
  Repeat
    Tulis_Pilihan;
    WriteStr(5,6,'Pilihan : ',#7E);GoToXY(15,6);P:=Readkey;
    Pilihan :=Ucase(p); Write(pilihan);
    Case Pilihan Of
      '1' : Begin CloseWindow;
              Masukkan_Data;
              CreateWindow(10,10,57,12,'',#2B,#1C);
              WriteStr(1,1,'Data direkam ke file dengan nama :
#2F);
              GoToXY(36,1);
              READLN>Nama_File);
              CloseWindow;
              Beri>Nama_dan_Rekam(File_Rekam>Nama_File>Jumlah
a);
              ModeKursor(Sembunyi);NormVideo;End;
      '2' : Begin CloseWindow;
              CreateWindow(10,10,57,12,'',#3B,#2C);
              WriteStr(1,1,'Data dibaca dari file dengan nama : ',#C
GoToXY(37,1);
              READLN>Nama_File);
              CloseWindow;
              Membaca_Isi_Rekaman(File_Rekam>Nama_File>Jumlah_Data);
              ModeKursor(Sembunyi);
              End;
      '3' : ;
    End;
  Until (Pilihan='3');
  CloseWindow;
  ModeKursor(Sembunyi);
End;

```

```

*****}
}
Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs }
}
*****}
procedure Bantu;
begin
    Tekan := BOOLEAN;
    Ganti := INTEGER;
begin
    Tekan := FALSE;
    Repeat
        TopWindow:=nil;
        CreateWindow(4,3,74,22,' PETUNJUK PEMAKAIAN [1] ',#1F,#4F);
        FillWin(#219,#13);
        Begin
            WriteStr(11,2,'PERKIRAAN KONSUMSI KALOR PROSES PEMBUATAN BAN',#3E);
            WriteStr(8,4,'Program ini digunakan untuk memperkirakan berapa kalor yang',#3E);
            WriteStr(2,5,'diperlukan untuk proses pemanasan dalam proses pembuatan ban. l',#3E);
            WriteStr(2,6,'ta yang diperlukan adalah laju aliran uap, tekanan uap masuk, ('#3E);
            WriteStr(2,7,'siensi mesin pemroses, dan tekanan uap keluar. Efisiensi yang ('#3E);
            WriteStr(2,8,'maksudnya dianggap sama dengan efisiensi Isentropis.',#3E);
            WriteStr(11,11,'TEKNIK MESIN UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG ',#3E);
            WriteStr(19,13,'Oleh : F Tri Kuncoro Putro',#3F+Blink);
            TextColor(15);
            WriteStr(22,14,'NIM : M101860140',#3E);
            WriteStr(26,16,'Tekan Tombol : ENTER untuk melanjutkan',#5A);
            WriteStr(39,17,'Esc untuk kembali ke menu',#42);
            End;
            Repeat
                Ganti := ORD(READKEY);
            Until Ganti IN[13,27];
            Case Ganti Of
                27 :Begin
                    CloseWindow; Tekan := TRUE;
                End;
                13 :
            End;
            Begin
                CreateWindow (5,4,75,22,' PETUNJUK PEMAKAIAN [2] ',#2F,#1D);
                FillWin(#219,#31);
                WriteStr(11,2,'Pada Program ini terdapat Menu dengan enam pilihan ',#1E);
                WriteStr(6,3,' seperti berikut :',#1E);
                WriteStr(8,5,'BANTU : Pilihan untuk minta keterangan Pemakaian ',#1E);
                WriteStr(8,6,'DATA : Pilihan untuk mengisi data perhitungan yang me-',#1E);
                WriteStr(8,7,'rupakan data uap masuk dan keluar dari mesin pe-',#1E);
                WriteStr(8,8,'mroses, seperti tekanan,temperatur dan entalpi ',#1E);
                WriteStr(8,9,'JALAN : Pilihan untuk menjalankan Program',#1E);
                WriteStr(8,10,'TULIS : Untuk menulis data hasil perhitungan ke Disket ',#1E);
                WriteStr(8,11,'atau ke Printer ',#1E);
                WriteStr(8,12,'KELUAR : Untuk keluar dari Program',#1E);
                WriteStr(26,16,'Tekan Tombol : ENTER untuk melanjutkan',#5A);
                WriteStr(39,17,'Esc untuk kembali ke menu',#42);
                Repeat
                    Ganti := ORD(READKEY);
                Until Ganti IN[13,27];
                Case Ganti Of
                    27 :Begin
                        CloseWindow;CloseWindow;Tekan := TRUE;
                    End;
                End;
            End;
        End;
    End;
end;

```

```

Begin
  CreateWindow (6,5,76,23,' PETUNJUK PEMAKAIAN [3] ',#3F,#4F);
  FillWin(#219,#2A);
WriteStr(26,16,'Tekan Tombol : ENTER untuk melanjutkan',#5A);
WriteStr(39,17,'Esc untuk kembali ke menu',#42);
  Repeat
    Ganti := ORD(READKEY);
    Until Ganti IN[13,27];
    Case Ganti Of
      27 : Begin
          CloseWindow;CloseWindow;CloseWindow;
          Tekan := TRUE;
        End;
      13 : Begin
          CloseWindow;CloseWindow;CloseWindow; Tekan := TRUE;
        End;
    End;
  End;
End;
End;
End;
  Until Tekan;
End;

Procedure Keluar;
Var
  Jawaban: Word;
  Ahir   : BOOLEAN;
Begin
  Ahir := FALSE;
  TopWindow:=nil;
  CreateWindow(41,4,77,6,'',$00,$00);
  CreateWindow(42,3,78,5,'',$CF,$4F);FillWin(#176,$0E);
  Repeat
    WriteStr(4,1,' ANDA YAKIN MAU KELUAR ?(Y/T)',$0A);
    Repeat
      Jawaban := Ord(READKEY);
    Until (Jawaban IN[89,121,84,116]);
    CASE Jawaban Of
      89,121 :Begin CloseWindow;CloseWindow;
              Selesai:= TRUE;Ahir := TRUE;Beep; End;
      116,84 :Begin CloseWindow;CloseWindow;
              Ahir := TRUE; Selesai := FALSE;End;
    End;
  Until Ahir ;
End;

```

```

{*****}
{
:      Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Futro.Cs
{
{*****}
Const
  InfoTul1:Array[1..2] Of String[2] = ('L','F');
  InfoTul2:Array[1..2] Of String[17] = (' KE   AYAR   ',' KE   RINTER
Var
  Ba,Ka:Integer;

Procedure Tulis;

Begin
  {ModeKursor(sembunyi);}
  CreateWindow(47,4,63,7,'',$00,$00);
  FillWin(#176,Black);
  CreateWindow(48,3,62,6,' TULIS ','$2E,$2F);
  FillWin(#219,$07);
  Ba:=1;Ka:=1;
  WriteStr(Ba,Ka,InfoTul2[1],$5A);
  WriteStr(Ba+5,Ka,InfoTul1[1],$5F);
  WriteStr(Ba,Ka+1,InfoTul2[2],$3A);
  WriteStr(Ba+5,Ka+1,InfoTul1[2],$3F);
End;

Procedure Pil_Tul1(pil:integer);
Begin
  Case pil Of
    3:Begin
      WriteStr(Ba,Ka,InfoTul2[1],$5A);
      WriteStr(Ba+5,Ka,InfoTul1[1],$5F);
      WriteStr(Ba,Ka+1,InfoTul2[2],$3A);
      WriteStr(Ba+5,Ka+1,InfoTul1[2],$3F);End;

    4:Begin WriteStr(Ba,Ka,InfoTul2[1],$3A);
      WriteStr(Ba+5,Ka,InfoTul1[1],$3F);
      WriteStr(Ba,Ka+1,InfoTul2[2],$5A);
      WriteStr(Ba+5,Ka+1,InfoTul1[2],$5F);End;

      End;
End;

Procedure KurPil1;
Var
  Tekan : BOOLEAN;
  Pil,Ganti,Ba,Ka : INTEGER;
  k:Char;
Begin
  Pil:=3;
  Repeat
    k:= READKEY;

    If ((Ord(k)=$0D) And (pil in[3,4]))
      Then Begin
        {Laksanakan_Pil(Pil);}Beep;
        Pil:=3;
        End

    Else If ((Ord(k)=$0D) And (pil=5)) Then k:=Char(27)

```

```
ELSE IF k=#72 THEN Fil_Full(3)
```

```
ELSE IF k=#80 THEN Fil_Full(4)
```

```
UNTIL k=Char(27);
```

```
END;
```

```

{*****}
}
Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs
}
}
{*****}
rogram MenuUtama;

uses
  CRT, Jendela, DIB, KURSOR;

var
  Data.Pas;
  Bantu.Pas;
  Tulis.Pas;

const
  Panah_kiri = 256+75;
  Panah_ATA5 = 256+72;
  Panah_kanan= 256+77;
  Panah_Bawah= 256+80;
  ENTER      = 13;
  PilihanTulis=2;
  PilihanPilih=2;

  JumPilihan=5;
  Info_Pilihan: Array[1..JumPilihan] Of String[35]
    = ('B', 'D', 'J', 'T', 'K');
  Info_Pilihan1: Array [1..JumPilihan] Of String[35]
    = ('ANTU ',
       'ATA ',
       'ALAN ',
       'ULIS ',
       'ELUAR ');

var
  Kode: WORD;
  L, BrsAwal, KolomAwal, PilihanBaru, PilihanLama: BYTE;

procedure Kaki1( PT :String; X1, Y1, D, S :Integer; TAttr:Byte);
var
  A, B, T, E, R, U : Integer;
begin
  U:= LENGTH (PT);
  T:= (U DIV 2);
  For E:= 1 To T DO
  begin
    WriteStr(X1-E, Y1, COPY(PT, 1, E), TAttr);
    WriteStr(X1, Y1, COPY(PT, (U-E), E), TAttr); Delay(50 );
  end;
end;

procedure kaki2( PT :String; X1, Y1, D :Integer; TAttr:Byte);
var
  A, B, T, E, R, U : Integer;
begin
  U:= LENGTH (PT);
  T:= (U DIV 2);
  For E:= 1 To U DO
  begin
    WriteStr(X1, Y1, COPY(PT, 1, E), TAttr);
  end;
end;

```

```

End;

Procedure Kaki3( PT :String;X1,Y1,D :Integer;TAttr:Byte);
Var
  A,B, T,E,R,U : Integer;
Begin
  U:= LENGTH (PT);
  T:= (U DIV 2);
  For E:= 1 To U DO
  Begin
    WriteStr(X1-E,Y1,COPY(PT,1,E),TAttr);Sound(250);Delay(80);
    Sound(550);Delay(80);NoSound;
  End;
End;

Procedure Kuncoro;
Var
  Tunggu: Char;
Begin
  Modekursor(sembunyi);
  CreateWindow(20,9,65,20,'',#00,#00);
  FillWin(#178,#00);
  CreateWindow(17,7,62,19,' Copyright (c) 1992 ',#3E,#43);
  FillWin(#176,#02);
  Kaki1(' PROGRAM KALKULASI KALOR ',23,2,25,0,#2B);
  Kaki2('PADA PROSES PEMBUATAN BAN MOBIL',7,3,25,#2B);
  Kaki3('OLEH : F TRI KUNCORO PUTRO',36,5,50,#2E);
  Kaki2('NIM : M 101 86 0140 ',12,6,50,#2E);
  Kaki1('PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN ',23,8,25,0,#9F);
  Kaki1('F A K U L T A S T E K N I K ',23,9,25,0,#2E);
  Kaki2('U N I V E R S I T A S D I P O N E G O R O',1,10,40,#2A);
  Tunggu:=Readkey;
  CloseWindow;CloseWindow;
End;

Procedure Inisialisasi;
Begin
  Window(1, 1, 80, 25);
  FillWin(#219,#44);
  TextAttr:= #4F;
  GoToXY(1,25);
  Write(' '#27,' '#24,' '#25,' '#26,' '#27,' '#28,' '#29,' '#2A,' '#2B,' '#2C,' '#2D,' '#2E,' '#2F,' '#30,' '#31,' '#32,' '#33,' '#34,' '#35,' '#36,' '#37,' '#38,' '#39,' '#3A,' '#3B,' '#3C,' '#3D,' '#3E,' '#3F,' '#40,' '#41,' '#42,' '#43,' '#44,' '#45,' '#46,' '#47,' '#48,' '#49,' '#4A,' '#4B,' '#4C,' '#4D,' '#4E,' '#4F,' '#50,' '#51,' '#52,' '#53,' '#54,' '#55,' '#56,' '#57,' '#58,' '#59,' '#5A,' '#5B,' '#5C,' '#5D,' '#5E,' '#5F,' '#60,' '#61,' '#62,' '#63,' '#64,' '#65,' '#66,' '#67,' '#68,' '#69,' '#6A,' '#6B,' '#6C,' '#6D,' '#6E,' '#6F,' '#70,' '#71,' '#72,' '#73,' '#74,' '#75,' '#76,' '#77,' '#78,' '#79,' '#7A,' '#7B,' '#7C,' '#7D,' '#7E,' '#7F,' '#80,' '#81,' '#82,' '#83,' '#84,' '#85,' '#86,' '#87,' '#88,' '#89,' '#8A,' '#8B,' '#8C,' '#8D,' '#8E,' '#8F,' '#90,' '#91,' '#92,' '#93,' '#94,' '#95,' '#96,' '#97,' '#98,' '#99,' '#A0,' '#A1,' '#A2,' '#A3,' '#A4,' '#A5,' '#A6,' '#A7,' '#A8,' '#A9,' '#AA,' '#AB,' '#AC,' '#AD,' '#AE,' '#AF,' '#B0,' '#B1,' '#B2,' '#B3,' '#B4,' '#B5,' '#B6,' '#B7,' '#B8,' '#B9,' '#BA,' '#BB,' '#BC,' '#BD,' '#BE,' '#BF,' '#C0,' '#C1,' '#C2,' '#C3,' '#C4,' '#C5,' '#C6,' '#C7,' '#C8,' '#C9,' '#CA,' '#CB,' '#CC,' '#CD,' '#CE,' '#CF,' '#D0,' '#D1,' '#D2,' '#D3,' '#D4,' '#D5,' '#D6,' '#D7,' '#D8,' '#D9,' '#DA,' '#DB,' '#DC,' '#DD,' '#DE,' '#DF,' '#E0,' '#E1,' '#E2,' '#E3,' '#E4,' '#E5,' '#E6,' '#E7,' '#E8,' '#E9,' '#EA,' '#EB,' '#EC,' '#ED,' '#EE,' '#EF,' '#F0,' '#F1,' '#F2,' '#F3,' '#F4,' '#F5,' '#F6,' '#F7,' '#F8,' '#F9,' '#FA,' '#FB,' '#FC,' '#FD,' '#FE,' '#FF');
  Write(' '#179,' PENGHITUNG KEBUJUHAN KALOR ');
  Clreol;
  { CreateWindow(1,2,80,24,'',#3E,#1E);}
  Window(1,2,80,24);FrameWin('',SingleFrame,#25,#2E);
  FillWin(#176,#09);
  Window(1,1,80,25);
  BrsAwal:=7;
  KolomAwal:=1;
  WriteStr(BrsAwal,KolomAwal,Info_Pilihan[1],#3F);
  For L :=2 To JumPilihan Do
  Begin
    WriteStr(BrsAwal+((L-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan[L],#4A);
  End;
  WriteStr(BrsAwal+2,KolomAwal,Info_Pilihan1[1],#3E);
  For L :=2 To JumPilihan Do
  Begin
    WriteStr(BrsAwal+2+((L-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan1[L],#42);
  End;
  Kuncoro;
End;

Procedure Kursor_Pilih;

```

```

n
selesai:=False;
pilihanBaru:=1;
repeat
  Repeat
    Kode:= ORD (READKEY);
    If Kode= 0 THEN
      Kode:= 256 + ORD (READKEY)
  Until (Kode=ENTER) OR (Kode=Panah_kiri)OR
    (Kode=Panah_kanan) OR
    (Kode IN[66,98,68,100,74,106,84,116,75,107]);

  PilihanLama:=PilihanBaru;
  Case Kode Of
    Panah_kiri :If PilihanBaru=1 Then
      PilihanBaru:=JumPilihan
    Else
      Dec(Pilihanbaru);

    Panah_kanan: If PilihanBaru= JumPilihan Then
      PilihanBaru:=1
    Else
      Inc(PilihanBaru);
      66,98 : PilihanBaru:= 1;
      68,100 : PilihanBaru:= 2;
      74,106 : PilihanBaru:= 3;
      84,116 : PilihanBaru:= 4;
      75,107 : PilihanBaru:= 5;

  End;

  If PilihanLama<>PilihanBaru Then Begin
writeStr(BrsAwal+2+((PilihanLama-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan1[PilihanLama]
;
writeStr(BrsAwal+2+((PilihanBaru-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan1[PilihanBaru]
;
writeStr(BrsAwal+((PilihanLama-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan[PilihanLama],#4
writeStr(BrsAwal+((PilihanBaru-1)*15),KolomAwal,Info_Pilihan[PilihanBaru],#3
nd;

  If Not((Kode = Panah_kiri)OR(Kode = Panah_kanan))Then
  Begin
  Case PilihanBaru Of
    1:Begin Bantu;End;
    2:Begin Data;End;
    3:Begin Beep;End;
    4:Begin Tulis;KurPill;CloseWindow;CloseWindow;End;
    5:Begin Keluar;End;

  End;
  End;
until Selesai;
closeWindow;

***** PROGRAM UTAMA *****
n
Clrscr;
TopWindow:=Nil;
WindowCount:=0;
Inisialisasi;
Kursor_Pilih;
CloseWindow;CloseWindow;
Clrscr;

```

```

*****}
Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs }
*****}
cedure Bantu;

```

```

Tekan : BOOLEAN;
Ganti : INTEGER;
in
  Tekan := FALSE;
  Repeat
    TopWindow:=nil;
    CreateWindow(4,3,74,22,' PETUNJUK PEMAKAIAN [1] ',#1F,#4F);
    FillWin(#219,#13);
    Begin
teStr(11,2,'PERKIRAAN KONSUMSI KALOR PROSES PEMBUATAN BAN',#3E);
teStr(8,4,'Program ini digunakan untuk memperkirakan berapa kalor yang',#3E);
teStr(2,5,'diperlukan untuk proses pemanasan dalam proses pembuatan ban. Da-',#3E);
E);
teStr(2,6,'ta yang diperlukan adalah laju aliran uap, lokanan uap masuk, efi-',#3E);
E);
teStr(2,7,'siensi mesin pemroses, dan tekanan uap keluar. Efisiensi yang di-',#3E);
E);
teStr(2,8,'maksudnya dianggap sama dengan efisiensi Isentropis.',#3E);
teStr(11,11,'TEKNIK MESIN UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG ',#3E);
teStr(19,13,'Oleh : F Tri Kuncoro Putro',#3F+Blink);
  TextColor(15);
teStr(22,14,'NIM : M101860140',#3E);
teStr(26,16,'Tekan Tombol : ENTER untuk melanjutkan',#5A);
teStr(39,17,'Esc untuk kembali ke menu',#42);
  End;
  Repeat
    Ganti := ORD(READKEY);
    Until Ganti IN[13,27];
    Case Ganti Of
      27 :Begin
        CloseWindow; Tekan := TRUE;
      End;
      13 :
    End;
  Repeat
    CreateWindow (5,4,75,22,' PETUNJUK PEMAKAIAN [2] ',#2F,#1D);
    FillWin(#219,#31);
teStr(11,2,'Pada Program ini terdapat Menu dengan enam pilihan ',#1E);
teStr(6,3,' seperti berikut :',#1E);
teStr(8,5,'BANTU : Pilihan untuk minta keterangan Pemakaian ',#1E);
teStr(8,6,'DATA : Pilihan untuk mengisi data perhitungan yang me-',#1E);
teStr(8,7,'rupakan data uap masuk dan keluar dari mesin pe-',#1E);
teStr(8,8,'mroses, seperti tekanan,temperatur dan entalpi',#1E);
teStr(8,9,'JALAN : Pilihan untuk menjalankan Program',#1E);
teStr(8,10,'TULIS : Untuk menulis data hasil perhitungan ke Disket',#1E);
teStr(8,11,' atau ke Printer',#1E);
teStr(8,12,'KELUAR : Untuk keluar dari Program',#1E);
teStr(26,16,'Tekan Tombol : ENTER untuk melanjutkan',#5A);
teStr(39,17,'Esc untuk kembali ke menu',#42);
  Repeat
    Ganti := ORD(READKEY);
    Until Ganti IN[13,27];
    Case Ganti Of
      27 :Begin
        CloseWindow;CloseWindow;Tekan := TRUE;
      End;
    End;
  Repeat

```

13 :

```
Begin
  CreateWindow (6,5,76,23,' PETUNJUK PEMAKAIAN [3] ',#3F,#4F);
  FillWin(#219,#2A);
  WriteStr(26,16,'Tekan Tombol : ENTER untuk melanjutkan',#5A);
  WriteStr(39,17,'Esc untuk kembali ke menu',#42);
  Repeat
    Ganti := ORD(READKEY);
    Until Ganti IN[13,27];
    Case Ganti Of
      27 : Begin
          CloseWindow;CloseWindow;CloseWindow;
          Tekan := TRUE;
        End;
      13 : Begin
          CloseWindow;CloseWindow;CloseWindow; Tekan := TRUE;
        End;
    End;
  End;
End;
End;
End;
Until Tekan;
End;

Procedure Keluar;
Var
  Jawaban: Word;
  Ahir : BOOLEAN;
Begin
  Ahir := FALSE;
  TopWindow:=nil;
  CreateWindow(41,4,77,6,' ',#00,#00);
  CreateWindow(42,3,78,5,' ',#CF,#4F);FillWin(#176,#0E);
  Repeat
    WriteStr(4,1,' ANDA YAKIN MAU KELUAR ?(Y/T)',#0A);
    Repeat
      Jawaban := Ord(READKEY);
      Until (Jawaban IN[89,121,84,116]);
    CASE Jawaban Of
      89,121 :Begin CloseWindow;CloseWindow;
              Selesai:= TRUE;Ahir := TRUE;Beep; End;
      116,84 :Begin CloseWindow;CloseWindow;
              Ahir := TRUE; Selesai := FALSE;End;
    End;
  Until Ahir ;
End;
```

```

{*****}
{
{      Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs      }
{
{*****}

```

Type

```
Pointer_Record = ^ DataUap;
```

```
DataUap = RECORD
```

```

  No          : LONGINT;
  Mesin       : STRING[40];
  P1,T1,P2,EFF: REAL;
  Prev        : Pointer_Record;
  Next        : Pointer_Record;
End;
```

```
File_Record = FILE OF DataUap;
```

```
Tulisan_Nama = STRING[14];
```

Var

```

File_Rekam : File_Record;
Nama_File  : Tulisan_Nama;
Ptr_Awal, Ptr_Tampung, Ptr_Ujung : Pointer_Record;
KodeErr,Jumlah_Data: INTEGER;
F,Pilihan :Char;
Selesai:Boolean;
```

```
Function Ya_Tidak:Boolean;
```

Var

```
Jawab:Char;
```

Begin

```

  Jawab:=Readkey;Write(Jawab);
  If Jawab in['Y','y'] Then Ya_Tidak:=True
  Else Ya_Tidak:=False;
```

End;

```
Procedure Record_diisi_Data;
```

Begin

```

  TopWindow:=Nil;
  CreateWindow(3,3,50,13,'',$32,$61);
  FillWin(#219,$66);
  New(Ptr_Ujung);
  WriteStr(2,2,'Nomor' : '$3E);
  GoToXY(35,2);Readln(Ptr_Ujung^.No);
  WriteStr(2,3,'Mesin' : '$3E);
  GoToXY(35,3);Readln(Ptr_Ujung^.Mesin);
  WriteStr(2,4,'Tekanan Uap Masuk (atm)' : '$3E);
  GoToXY(35,4); Readln(Ptr_Ujung^.P1);
  WriteStr(2,5,'Temperatur Uap Masuk (Celsius):' : '$3E);
  GoToXY(35,5);Readln(Ptr_Ujung^.T1);
  WriteStr(2,6,'Tekanan Uap Keluar (atm)' : '$3E);
  GoToXY(35,6);Readln(Ptr_Ujung^.P2);
  WriteStr(2,7,'Efisiensi Mesin (%)' : '$3E);
  GoToXY(35,7);Readln(Ptr_Ujung^.EFF);
```

```
Ptr_Ujung^.Next := Nil;
```

```
If Ptr_Awal = Nil Then Begin
```

```

  Ptr_Awal := Ptr_Ujung;
  Ptr_Awal^.Prev:=Nil;
  Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
  WriteLn;
```

```

        Write(' Temperatur Uap Masuk      ');WriteLn(T1:6:2);
        Write(' Tekanan Uap Keluar        ');WriteLn(P2:6:2);
        Write(' Efisiensi      ');WriteLn(EFF:3:0);
        WriteLn;
    End;
    Ptr_Tampung := Ptr_Tampung^.Next;
    CreateWindow(25,5,53,7,'',#34,#53);
    WriteStr(1,1,' Tekan Esc Kembali ke Menu ',#24);

    Repeat
        k:=Readkey;
        If k<>#27 Then Beep;
        Until k=Chr(27);
        CloseWindow;CloseWindow;
    End;
End;

```

```

Procedure Membaca_Isi_Rekaman(Var FilVar:File_Record;
                               Nama_File:Tulisan_Nama;
                               Jml_Data:INTEGER);

```

```

Var
    i :INTEGER;

```

```

Begin
    ASSIGN(FilVar,Nama_File);
    {#I-}
    RESET(FilVar);
    {#I+}
    KodeErr:=IOResult;
    If KodeErr= 0 Then Begin
        NEW(Ptr_Awal);
        READ(FilVar,Ptr_Awal^);
        Ptr_Awal^.Next := NIL;
        Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
        WHILE (EOF(FilVar) = FALSE) DO
            Begin
                NEW(Ptr_Ujung);
                Ptr_Tampung^.Next := Ptr_ujung;
                READ(FilVar,Ptr_Ujung^);
                Ptr_Ujung^.Next := NIL;
                Ptr_Tampung := Ptr_Ujung;
            End;
        CLOSE(FilVar);
        CreateWindow(8,8,73,22,'',#1B,#2C);
        Menyajikan_Isi_Rekaman;
    End
    Else
        Begin
            CreateWindow(5,5,20,7,'',#32,#25);
            WriteStr(1,1,'File Tidak Ada !!!',#2E);
            ReadLn;
            CloseWindow;
        End;
    End;
End;

```

```

Procedure Tulis_Pilihan;

```

```

Begin
    CreateWindow(22,5,60,13,' Menu Data ',#25,#38);
    FillWin(#219,#77);
    WriteStr(5,2,'1. Masuk dan Simpan Data Baru',#7F);
    WriteStr(5,3,'2. Membaca dan Melihat File Data',#7F);

```

```

        End;
    Else Begin
        Ptr_Tampung^.Next := Ptr_Ujung;
        Ptr_Ujung^.Prev := Ptr_Tampung;
        Ptr_Tampung := Ptr_Ujung;
    End;
End;

Procedure Masukkan_Data;
Var
    j,B:Integer;
Begin
    Ptr_Awal := Nil;
    Record_Diisi_Data;
    { TopWindow:=Nil;}
    CreateWindow(25,2,47,4,'',$2E,$43);
    WriteStr(1,1,'Dilanjutkan (Y/T): ', $4E); GoToXY(20,1);

    While (Ya_Tidak = True) Do
        Begin
            CloseWindow;CloseWindow;
            Record_Diisi_Data;
            { TopWindow:=Nil;}
            CreateWindow(25,2,47,4,'',$2E,$43);
            WriteStr(2,1,'Dilanjutkan (Y/T): ', $4E); GoToXY(20,1);
        End;
    For B:=1 To WindowCount Do
        CloseWindow;
End;

```

```

Procedure Beri_Nama_dan_Rekam(Var FilVar:File_Record;
                             Nama_File:Tulisan_Nama;
                             Jml_Data:INTEGER);

```

```

Var
    j : INTEGER;

Begin
    ASSIGN(FilVar,Nama_File);
    REWRITE(FilVar);
    Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
    WHILE Ptr_Tampung <> NIL DO
        Begin
            Write(FilVar,Ptr_Tampung^);
            Ptr_Tampung := Ptr_Tampung^.Next;
        End;
    CLOSE(FilVar);
End;

```

```

Procedure Menyoal_Pada_Isi_Rekaman;

```

```

Var
    i : INTEGER;
    k:Char;
Begin
    Writeln;
    Writeln(' Data Uap Masuk dan Keluar Mesin:');
    Writeln(' -----');
    Writeln;
    Ptr_Tampung := Ptr_Awal;
    WHILE Ptr_Tampung <> NIL DO
    Begin
        WITH Ptr_Tampung^ DO
        Begin
            Write(' Nomor Data           ');Writeln(No);
            Write(' Jenis Mesin           ');Writeln(Mesin);

```

```

ModeKursor(Normal);
Repeat
    Tulis_Pilihan;
    WriteStr(5,6,'Pilihan : ',%7E);GoToXY(15,6);F:=Readkey;
    Pilihan :=Upcase(p); Write(pilihan);
    Case Pilihan Of
        '1' : Begin CloseWindow;
                Masukkan_Data;
                CreateWindow(10,10,57,12,'',%2B,%1C);
                WriteStr(1,1,'Data direkam ke file dengan nama : '
F);
                GoToXY(36,1);
                READLN>Nama_File);
                CloseWindow;
                Beri_Nama_dan_Rekam(File_Rekam>Nama_File,Jumlah_Da
;
                ModeKursor(Sembunyi);NormVideo;End;
        '2' : Begin CloseWindow;
                CreateWindow(10,10,57,12,'',%3B,%2C);
                WriteStr(1,1,'Data dibaca dari file dengan nama : ',%6E)
                GoToXY(37,1);
                READLN>Nama_File);
                CloseWindow;
                Membaca_Isi_Rekaman(File_Rekam>Nama_File,Jumlah_Data);
                ModeKursor(Sembunyi);
                End;
        '3' : ;
    End;
Until (Pilihan='3');
CloseWindow;
ModeKursor(Sembunyi);
d;

```

```

{ **** }
{
{ Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro.Cs }
{
{ **** }

```

```
unit Jendela;
```

```
{#D-,S-}
```

```
interface
```

```
uses Crt;
```

```
type
```

```

TitleStr = string[63];
FrameChars = array[1..8] of Char;
WinState = record
    WindMin, WindMax: Word;
    WhereX, WhereY: Byte;
    TextAttr: Byte;
end;
```

```

TitleStrPtr = ^TitleStr;
WinRecPtr = ^WinRec;
WinRec = record
    Next: WinRecPtr;
    State: WinState;
    Title: TitleStrPtr;
    TitleAttr, FrameAttr: Byte;
    Buffer: Pointer;
end;
```

```
const
```

```
{ Standard frame character sets }
```

```

SingleFrame: FrameChars = 'ZD?33@DY';
DoubleFrame: FrameChars = 'IM;:;HM<';
```

```
var
```

```

TopWindow: WinRecPtr;
WindowCount: Integer;
Done: Boolean;
Ch: Char;
```

```
{ Direct write routines }
```

```

procedure WriteStr(X, Y: Byte; S: String; Attr: Byte);
procedure WriteChar(X, Y, Count: Byte; Ch: Char; Attr: Byte);
```

```
{ Window handling routines }
```

```

procedure FillWin(Ch: Char; Attr: Byte);
procedure ReadWin(var Buf);
procedure WriteWin(var Buf);
function WinSize: Word;
procedure SaveWin(var W: WinState);
procedure RestoreWin(var W: WinState);
procedure FrameWin(Title: TitleStr; var Frame: FrameChars;
```

```

    TitleAttr, FrameAttr: Byte);
procedure UnFrameWin;
procedure ActiveWindow(Active: Boolean);
procedure OpenWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
    TAttr, FAttr: Byte);
procedure CloseWindow;
procedure CreateWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
    TAttr, FAttr: Byte);
procedure Beep;

```

Implementation

```
{#L WIN}
```

```

procedure WriteStr(X, Y: Byte; S: String; Attr: Byte);
external {WIN};

```

```

procedure WriteChar(X, Y, Count: Byte; Ch: Char; Attr: Byte);
external {WIN};

```

```

procedure FillWin(Ch: Char; Attr: Byte);
external {WIN};

```

```

procedure WriteWin(var Buf);
external {WIN};

```

```

procedure ReadWin(var Buf);
external {WIN};

```

```

function WinSize: Word;
external {WIN};

```

```

procedure SaveWin(var W: WinState);
begin
    W.WindMin := WindMin;
    W.WindMax := WindMax;
    W.WhereX := WhereX;
    W.WhereY := WhereY;
    W.TextAttr := TextAttr;
end;

```

```

procedure RestoreWin(var W: WinState);
begin
    WindMin := W.WindMin;
    WindMax := W.WindMax;
    GotoXY(W.WhereX, W.WhereY);
    TextAttr := W.TextAttr;
end;

```

```

procedure FrameWin(Title: TitleStr; var Frame: FrameChars;
    TitleAttr, FrameAttr: Byte);

```

```

var
    W, H, Y: Word;
begin
    W := Lo(WindMax) - Lo(WindMin) + 1;
    H := Hi(WindMax) - Hi(WindMin) + 1;
    WriteChar(1, 1, 1, Frame[1], FrameAttr);
    WriteChar(2, 1, W - 2, Frame[2], FrameAttr);
    WriteChar(W, 1, 1, Frame[3], FrameAttr);
    if Length(Title) > W - 2 then Title[0] := Chr(W - 2);
    WriteStr((W - Length(Title)) shr 1 + 1, 1, Title, TitleAttr);
    for Y := 2 to H - 1 do

```

```

    WriteChar(W, H, 3, Frame[6], FrameAttr);
end;
WriteChar(1, H, 1, Frame[6], FrameAttr);
WriteChar(2, H, W - 2, Frame[7], FrameAttr);
WriteChar(W, H, 1, Frame[8], FrameAttr);
Inc(WindMin, #0101);
Dec(WindMax, #0101);
end;

procedure UnFrameWin;
begin
    Dec(WindMin, #0101);
    Inc(WindMax, #0101);
end;

procedure ActiveWindow(Active: Boolean);
begin
    if TopWindow <> nil then
    begin
        UnFrameWin;
        with TopWindow^ do
            if Active then
                FrameWin(Title^, DoubleFrame, TitleAttr, FrameAttr)
            else
                FrameWin(Title^, SingleFrame, FrameAttr, FrameAttr);
        end;
    end;
end;

procedure OpenWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
    TAttr, FAttr: Byte);
var
    W: WinRecPtr;
begin
    ActiveWindow(False);
    New(W);
    with W^ do
    begin
        Next := TopWindow;
        SaveWin(State);
        GetMem(Title, Length(T) + 1);
        Title^ := T;
        TitleAttr := TAttr;
        FrameAttr := FAttr;
        Window(X1, Y1, X2, Y2);
        GetMem(Buffer, WinSize);
        ReadWin(Buffer^);
        FrameWin(T, DoubleFrame, TAttr, FAttr);
    end;
    TopWindow := W;
    Inc(WindowCount);
end;

procedure CloseWindow;
var
    W: WinRecPtr;
begin
    if TopWindow <> nil then
    begin
        W := TopWindow;
        with W^ do
        begin
            UnFrameWin;
            WriteWin(Buffer^);
            FreeMem(Buffer, WinSize);
            FreeMem(Title, Length(Title) + 1);
        end;
    end;
end;

```

```
end;
Dispose(W);
ActiveWindow(True);
Dec(WindowCount);
end;
;

cedure CreateWindow(X1, Y1, X2, Y2: Byte; T: TitleStr;
Attr, FAttr: Byte);
; string[15];
Color: Byte;
in
tr(WindowCount + 1, S);
f LastMode <> CO80 then
Color := Black else Color := WindowCount mod 6 + 1;
penWindow(X1, Y1, X2, Y2, T, TAttr, FAttr);
extAttr := LightGray;
lrScr;
;

cedure Beep;
in
ound(600); Delay(150); NoSound;
;
"
```

```

{*****}
{
  Copyright (C) 1992 F Tri Kuncoro Putro,Cs
}
{*****}
Const
  InfoTul1:Array[1..2] Of String[2] = ('L','P');
  InfoTul2:Array[1..2] Of String[17] = (' KE AYAR ', ' KE RINTER ')
Var
  Ba,Ka:Integer;

Procedure Tulis;
Begin
  {ModeKursor(sembunyi);}
  CreateWindow(4,4,63,7,'',$00,$00);
  FillWin(#176,Black);
  CreateWindow(48,3,62,6,' TULIS ', $2E,$2F);
  FillWin(#219,$07);
  Ba:=1;Ka:=1;
  WriteStr(Ba,Ka,InfoTul2[1],$5A);
  WriteStr(Ba+5,Ka,InfoTul1[1],$5F);
  WriteStr(Ba,Ka+1,InfoTul2[2],$3A);
  WriteStr(Ba+5,Ka+1,InfoTul1[2],$3F);
End;

Procedure Pil_Tul1(pil:Integer);
Begin
  Case pil Of
    3:Begin
      WriteStr(Ba,Ka,InfoTul2[1],$5A);
      WriteStr(Ba+5,Ka,InfoTul1[1],$5F);
      WriteStr(Ba,Ka+1,InfoTul2[2],$3A);
      WriteStr(Ba+5,Ka+1,InfoTul1[2],$3F);End;

    4:Begin WriteStr(Ba,Ka,InfoTul2[1],$3A);
      WriteStr(Ba+5,Ka,InfoTul1[1],$3F);
      WriteStr(Ba,Ka+1,InfoTul2[2],$5A);
      WriteStr(Ba+5,Ka+1,InfoTul1[2],$5F);End;

      End;
End;

Procedure KurPil1;
Var
  Tekan : BOOLEAN;
  Pil,Ganti,Ba,Ka : INTEGER;
  k:Char;
Begin
  Pil:=3;
  Repeat
    k:= READKEY;

    If ((Ord(k)=$0D) And (pil in[3,4]))
      Then Begin
        {Laksanakan_Pil(Pil);}Beep;
        Pil:=3;
        End

    Else If ((Ord(k)=$0D) And (pil=5)) Then k:=Char(27)

```

Eise If k=#72 Then Fil_Tu11(3)

Eise If k=#80 Then Fil_Tu11(4)

Until k=Char(27);

#

100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200