

**PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS  
DENGAN BAHAN BAJA KARBON SEDANG  
MENGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Mesin



Disusun oleh :

**Nama : Dwi Setiyono**  
**NIM : 995214032**

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANATA DHARMA  
YOGYAKARTA  
2006**

**PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS  
DENGAN BAHAN BAJA KARBON SEDANG  
MENGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Mesin



Disusun oleh :

**Nama : Dwi Setiyono  
NIM : 995214032**

**PROGAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANATA DHARMA  
YOGYAKARTA  
2006**

**CALCULATION OF MEDIUM  
CARBON STEEL HEATER TUBE LIFE  
USED BORLAND DELPHI 6.0**

**FINAL PROJECT**

Presented as Partial Fulfillment of the Requirement  
To Obtain the Sarjana Teknik Degree  
In Mechanical Engineering



By

**Name : Dwi Setiyono**  
**NIM : 995214032**

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
ENGINEERING FACULTY  
SANATA DHARMA UNIVERSITY  
YOGYAKARTA  
2006**

**TUGAS AKHIR**  
**PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS**  
**DENGAN BAHAN BAJA KARBON SEDANG**  
**MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0**

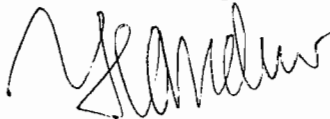
Disusun oleh :

Dwi Setiyono

NIM : 995214032

Telah disetujui oleh :


Pembimbing I



Budi Setyahandana, S.T., MT

Tanggal, 01-04-06

Pembimbing II



Ir. Y. Sardjono, APU

Tanggal, 24-04-06

## TUGAS AKHIR

### PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS DENGAN BAHAN BAJA KARBON SEDANG MENGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Dwi Setiyono  
NIM : 995214032

Telah dipertahankan didepan panitia penguji

Pada tanggal, 01 April 2006

Dan dinyatakan memenuhi syarat

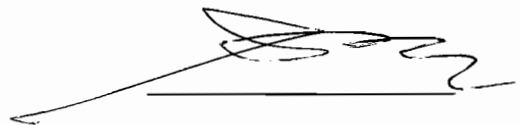
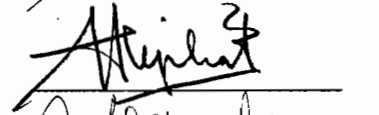
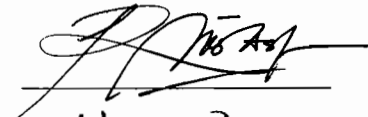
Susunan panitia penguji

Ketua : Ir. Rines, M.T.

Sekretaris : Budi Sugiharto, S.T., M.T.

Anggota : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Anggota : Ir. Yohanes Sardjono, APU



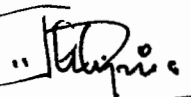
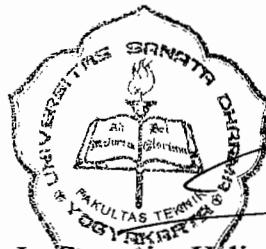
Yogyakarta, Maret 2006

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan



Ir. Gregorius Heliarko, S.J., S.S., B.S.T., M.A., M.Sc.

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 14 Maret 2006

Dwi Setiyono



**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA**  
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta  
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

**TUGAS AKHIR / SKRIPSI PROGRAM S-1**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA**

No : 587 / TA / FT-USD / TM September/ 2005

Nama : Dwi Setiyono  
NIM : 995214032  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul :

*Perancangan Umur Tabung Pemanas dengan Bahan Baja Karbon Sedang terhadap Pengaruh Suhu, Tekanan, dan Korosi...*

Tanggal dimulai : 6 September 2005

Yogyakarta, 9 September 2005

Pembimbing II

Pembimbing I

Budi Setyahandana, S.T.,M.T.

## MOTTO

- *Jadikanlah Sholat sebagai penolongmu*
- *Berdoalah kepada Allah SWT agar diberi apa yang terbaik buatmu, karena Allah-lah yang Maha mengetahui dari yang tidak kamu ketahui*
- *Perbuatan hari ini harus lebih baik dari hari kemarin*



# **Ku Persembahkan** karya sederhana ini dengan segenap hati dan cintaku kepada :

## ♥ Ayah dan Ibuku tercinta

Yang telah mengasuh dan membesarkan dengan penuh kasih sayang, memberi yang terbaik dalam hidup ini, memberi dukungan dan kepercayaan yang begitu besar sehingga aku dapat menyelesaikan kuliah di Yogya. Terima kasih telah menyebut namaku dalam setiap doa dan restu.

## ♥ Kakaku Martini

Yang selama ini telah memberi dukungan, doa sehingga aku kuat dan tegar dalam menghadapi hidup dan merasakan kesejatan kasih dalam keluarga.

## ♥ Kekasihku sahabatku

Yang selama ini selalu setia mendampingi “Dwi” dalam suka maupun duka, khususnya disaat Dwi putus asa...., makasih untuk semua kasih sayang, perhatian, motivasi, waktu dan pengorbanan yang tulus, juga senyumanmu yang tak pernah habis,..semua terasa begitu indah kulalui bersama dengan mu, kau akan selalu ada dihatiku selamanya.

## ♥ Sahabatku “Ugi-Lia“

Terimakasih banyak telah membantu dan memberikan dorongan sehingga aku dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar, semoga Kalian selalu langgeng dan saling setia sampai akhir nanti.

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademis memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

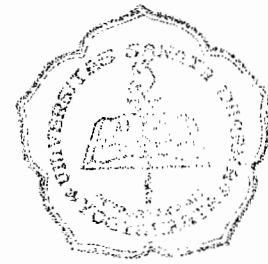
1. Romo Ir. Greg Heliarko, S.J., B.S.T., M.A., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak membantu menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Ir. Y Sardjono, A.P.U., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah banyak membantu menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen penguji yang telah membantu penulis dalam tugas akhir.
6. Ayahku Soewigyo dan ibuku Lelah yang sangat kukasihi, terima kasih banyak buat teladan hidupnya dukungan doa dan kakakku Martini, kalian semua membuatku merasakan kasih yang luar biasa didalam keluarga.
7. Agung Anifah tercinta terima kasih telah menjadi bagian yang manis dalam hidupku, yang tak pernah berhenti memberiku motivasi .

8. Cici sayang yang telah setia menungguku dan menemaniku selama ini baik suka maupun duka.
9. Sahabatku di Jogjakarta: Titus, Heru, Andi, Revo, Yadi, Jack, Pamungkas, Hengky, Marmo, Luluk, Dona, Andri terimakasih banyak selalu membuatku tersenyum ketika didalam kesusahan sehingga aku bisa menemukan kasih persahabatan yang sejati.
10. Sahabat-Sahabatku di Magelang,: Yudo, Koko, Eko, Ferry, Andi, Muji, terimakasih telah memberikan semangat dalam menyelesaikan kuliah.
11. Sahabat Sejatiku Koko dan Wulan, terima kasih atas dukungan kalian, dan semoga bulan Maret 2006 mejadi momen pelajaran yang berharga buat kita.
12. Sesepuhku Mbah Joyo terima kasih atas bantuannya sehingga penulis bisa melanjutkan kuliah dengan lancar.

Semoga tugas akhir ini memberi manfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, Maret 2006

Dwi Setiyono



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL (INGGRIS) .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING) .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERYATAAN.....	v
HALAMAN SOAL.....	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
INTISARI .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Metode Penelitian .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.2 Produksi Baja.....	5
2.2 Macam-macam Baja .....	6
2.2.1 Baja Karbon .....	6
2.2.2 Baja Paduan .....	8
2.2.3 Baja Paduan Untuk Konstruksi Mekanik.....	9
2.2.4 Baja Paduan Rendah.....	10
2.2.5 Baja Tahan Karat .....	10

2.2.6	Baja Perkakas.....	12
2.2.7	Baja Spesial.....	13
2.3	Korosi.....	13
2.3.1	Korosi Pada Temperatur Tinggi .....	14
2.3.2	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi .....	15
2.3.2.1	Faktor Dari Dalam .....	15
2.3.2.1	Faktor Dari Luar .....	16
 <b>BAB III PERANCANGAN</b>		
3.1	Perancangan Tabung Pemanas.....	18
3.2	Perancangan Pemanas di Bawah Suhu 425 <sup>0</sup> C .....	18
3.3	Perancangan Tabung Pemanas di Atas Suhu 425 <sup>0</sup> C.....	21
3.4	Pencarian Fungsi Grafik Yang Digunakan .....	25
3.4.1	Pencarian Fungsi grafik tegangan.....	25
3.4.2	Pencarian Fungsi Grafik Eksponen n.....	27
3.4.3	Pencarian Fungsi Grafik Parameter B .....	28
3.4.4	Pencarian Fungsi Grafik <i>Rupture Strength</i> .....	30
3.5	Flow Chart Perhitungan Umur Dan Tebal Tabung.....	32
 <b>BAB IV PEMBAHASAN</b>		
4.1	Tabung Pemanas dibawah suhu 425 <sup>0</sup> C .....	34
4.2	Contoh Perhitungan dibawah Suhu 425 <sup>0</sup> C.....	34
4.3	Tabung Pemanas diatas 425 <sup>0</sup> C.....	37
4.4	Contoh Perhitungan diatas Suhu 425 <sup>0</sup> C.....	38
4.5	Program Yang Dihasilkan.....	35

4.5.1	Cara Menjalankan Program .....	41
4.5.2	Sistem Pengendali.....	45
4.6	Persentase Selisih Perhitungan Umur .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Penutup .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Nilai dari grafik tegangan elastis .....	25
Tabel 3.2	Nilai dari grafik eksponen n.....	27
Tabel 3.3	Nilai dari grafik faktor korosi .....	28
Tabel 3.4	Nilai dari grafik <i>Rupture Strength</i> .....	30
Tabel 4.1	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan suhu .....	34
Tabel 4.2	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tekanan . .....	35
Tabel 4.3	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan korosi ... .....	36
Tabel 4.4	Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan tekanan. ....	38
Tabel 4.5	Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan suhu.....	39
Tabel 4.6	Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan korosi .... .....	40
Tabel 4.7	Persentase perhitungan umur tabung .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metallographi dari baja.....	7
Gambar 2.2	Pengaruh temperatur penemperan .....	9
Gambar 2.3	Diagram fasa Fe-Cr.....	12
Gambar 3.1	Pengaruh suhu terhadap tegangan elastis.....	19
Gambar 3.2	Faktor korosi.....	22
Gambar 3.3	Grafik eksponen n.....	23
Gambar 3.4	Pengaruh tegangan terhadap Rupture strength .....	24
Gambar 3.5	Grafik tegangan elastis dalam <i>Mikrosop Excel</i> .....	26
Gambar 3.6	Grafik eksponen n dalam <i>Mikrosop Excel</i> .....	27
Gambar 3.7	Grafik parameter B dalam <i>Mikrosop Excel</i> .....	28
Gambar 3.8	Grafik Rupture Strength <i>Mikrosop Excel</i> .....	30
Gambar 3.9	Flow Chart perhitungan tebal tabung pemanas.....	32
Gambar 3.10	Flow Chart perhitungan umur tabung pemanas .....	33
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh suhu terhadap tebal tabung.....	35
Gambar 4.2	Grafik pengaruh tekanan terhadap tebal tabung .....	36
Gambar 4.3	Grafik pengaruh korosi terhadap tebal tabung.....	37
Gambar 4.4	Grafik umur tabung akibat perubahan tekanan.....	38
Gambar 4.5	Grafik umur tabung akibat perubahan suhu.....	39
Gambar 4.6	Grafik umur tabung akibat perubahan korosi .....	40
Gambar 4.7	Tampilan pembuka program.....	41
Gambar 4.8	Tampilan form perhitungan tebal .....	43
Gambar 4.9	Tampilan form perhitungan umur tabung.....	44



Gambar 4.10	Tampilan pengendali masukan kosong.....	45
Gambar 4.11	Tampilan pengendali masukan nol .....	45
Gambar 4.12	Tampilan pengendali masukan suhu.....	46
Gambar 4.13	Tampilan pengendali masukan suhu.....	46
Gambar 4.14	Tampilan pengendali masukan suhu.....	46

## INTISARI

Tulisan ini membahas tentang umur tabung pemanas bahan baja karbon sedang akibat pengaruh suhu, tekanan dan korosi. Karena bahan baja karbon sedang mempunyai batas elastis tertentu yaitu sekitar  $425^{\circ}\text{C}$ , maka perhitungan dalam perancangan tabung perlu dibedakan menjadi 2 yaitu untuk tabung pemanas yang beroperasi pada daerah elastis dan yang beroperasi pada daerah plastis. Untuk daerah elastis, perhitungan tabung pemanas hanya bertujuan menghitung tebal tabung saja karena pada daerah ini bahan baja karbon tidak mudah pecah. Sedang untuk perhitungan tabung pemanas pada daerah plastis, perlu menghitung umur dari tabung pemanas karena bahan baja karbon sedang mudah pecah bila terkena tekanan.

Untuk mempermudah dan mempercepat proses pengolahan data dibuat program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman Borlan Dhelpi 6.0. Dari hasil contoh perhitungan didapatkan bahwa suhu, tekanan, dan korosi mempunyai pengaruh besar terhadap perancangan tebal dan umur tabung. Semakin besar tekanan, suhu dan korosi yang terjadi maka perancangan dari tebal tabung harus ditambah dan perancangan umur tabung akan semakin berkurang.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di era modern ini semakin pesat, khususnya dalam bidang industri. Hal ini dapat dilihat dengan semakin banyaknya penemuan peralatan–peralatan yang digunakan dalam dunia industri, yang semua serba otomatis dan akurat sehingga dapat digunakan secara lebih efisien.

Perkembangan teknologi dalam perindustrian tidak lepas dari peran penting penerapan dan pengembangan ilmu bahan. Ilmu bahan yang mempelajari struktur mikro dan sifat–sifat dari bahan dapat memberikan data–data yang akurat dalam pemilihan bahan yang baik dan cocok untuk bahan dari peralatan atau mesin. Penelitian dan penemuan yang dihasilkan dari penerapan ilmu bahan dapat digunakan sebagai dasar dalam pemilihan bahan yang baik sesuai dengan kebutuhan.

Untuk mempermudah dan mempercepat proses pengolahan data dari hasil penelitian sekarang ini dapat dilakukan dengan cara komputerisasi yaitu pengolahan data dengan cara komputer. Disamping mempercepat dan mempermudah proses pengolahan data, proses komputerisasi juga dapat memperkecil kesalahan pengolahan data akibat kesalahan penghitungan.

Seperti halnya dalam perhitungan umur tabung yang menggunakan bahan baja karbon sedang dalam pengolahan data dari hasil penelitian akan

diproses secara komputerisasi sehingga mempermudah dan mempercepat pengolahan data dan memperkecil kesalahan dalam pengolahan data, akan tetapi dalam pengolahan data dengan menggunakan cara komputerisasi mempunyai hasil yang sedikit berbeda dengan pengolahan data yang dilakukan dengan cara manual. Perbedaan hasil pengolahan data tersebut disebabkan karena dalam pembacaan angka di belakang koma dan pembacaan persamaan garis yang mempunyai sedikit perbedaan.

## **1.2. Batasan Masalah**

Keragaman permasalahan merupakan hal yang wajar dan umum dalam suatu penelitian, khususnya dalam penelitian umur dari tabung pemanas dengan bahan baja karbon sedang. Sehubungan dengan banyaknya permasalahan yang ada dalam penelitian umur tabung pemanas dengan bahan baja karbon sedang maka penulis membatasi masalah dengan menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah bahan baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,3% sampai 0,7%.
2. Perhitungan dengan menggunakan aplikasi Borland Delphi 6.0.

Dengan adanya batasan masalah tersebut maka nantinya dapat dihasilkan perhitungan umur tabung yang mendekati kebenaran sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pemilihan bahan untuk pembuatan tabung pemanas.

### **1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

#### **1. Tujuan**

Menghitung umur tabung pemanas berdasarkan suhu, tekanan dan korosi dengan bahan baja karbon sedang.

#### **2. Manfaat**

##### **a. Bagi Perusahaan / instansi**

Dapat mempermudah dalam pengolahan data dari hasil penelitian perhitungan umur tabung.

##### **b. Bagi Penulis**

Dapat memberikan pengalaman tersendiri sebelum penulis terjun ke dunia kerja, dan apabila sistem perhitungan umur tabung yang penulis usulkan ini dapat digunakan di Badan Tenaga Nuklir Nasional di Yogyakarta merupakan kebanggaan yang tiada tara bagi penulis sehingga menimbulkan kepercayaan diri bagi penulis.

##### **c. Bagi Ilmu Pengetahuan**

Merupakan suatu bukti bahwa ilmu pengetahuan dan teknologi akan selalu mengalami peningkatan dan perkembangan.

##### **d. Bagi Pemakai**

Mempermudah dalam proses perhitungan umur dari tabung pemanas dan sistem perhitungan yang penulis kembangkan ini dapat menjadi pemacu semangat untuk mengembangkan sistem yang lebih baik.

e. Bagi Masyarakat

Tugas akhir ini dapat digunakan sebagai acuan atau pegangan bagi masyarakat yang ingin menghitung umur tabung pemanas dengan sistem komputerisasi

#### **1.4. Metode Penelitian**

Dalam mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan metode pengumpulan data :

1. Metode Interview

Merupakan pengumpulan data dengan cara melakukan tanya jawab atau konsultasi secara langsung kepada pihak-pihak yang mengetahui banyak tentang masalah perhitungan umur tabung yaitu pegawai Badan Tenaga Nuklir Nasional di Yogyakarta.

2. Metode Pustaka

Merupakan pengumpulan data dengan memanfaatkan berbagai buku sebagai bahan referensi yang berhubungan dengan permasalahan perhitungan umur tabung.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Produksi Baja**

Baja merupakan bahan yang paling banyak digunakan dan mempunyai sifat-sifat yang beragam, dari sifat yang paling lunak sampai yang paling keras. Baja merupakan paduan dari besi dan karbon. Besi (Fe) adalah elemen logam dan karbon (C) yang dapat diperoleh dari hasil penambangan biji besi. Dalam penambangan biji besi mentah mengandung unsur-unsur antara lain besi (Fe), karbon (C), mangan (Mn), silikon (Si), sulfur (S). Untuk memperoleh baja sesuai dengan yang diinginkan perlu pengurangan unsur-unsur tambahan seperti Mn, Si, S, C melalui proses peleburan dapur tinggi.

Produksi besi mengandung kadar karbon berkisar antara 1,7% dan dinyatakan dengan baja karbon (*carbon steel*). Besi murni atau ferit tidak mengandung karbon dan mempunyai sifat yang liat dan lunak serta mampu tempa yang baik, dalam kenyataannya besi murni tidak dapat diperoleh. Besi murni dengan penambahan unsur karbon 0,05-1,7% akan menghasilkan baja.

Unsur karbon merupakan faktor terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan, keuletan yang umumnya digunakan dalam teknik dalam bentuk plat, lembaran, pipi, batang, profil dan sebagainya. Unsur karbon di dalam baja mempunyai dampak positif dan negatif. Fungsi dari

unsur karbon dalam paduan besi adalah meningkatkan kekerasan dan kekuatan tapi menurunkan keuletan.

## **2.2 Macam–Macam Baja**

### **2.2.1 Baja Karbon**

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja yang paling awal dikenal, baja karbon dibedakan berdasarkan kadar karbon:

#### **1. Baja karbon rendah ( $< 0,3\%C$ )**

Baja karbon rendah mempunyai kelas sendiri, terdiri dari baja lunak khusus, baja sangat lunak dan baja lunak. Baja ini biasa digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut. Baja karbon ini mempunyai sifat-sifat antara lain mudah dikerjakan dengan mesin, mudah ditempa sehingga juga disebut baja tempa atau baja mesin

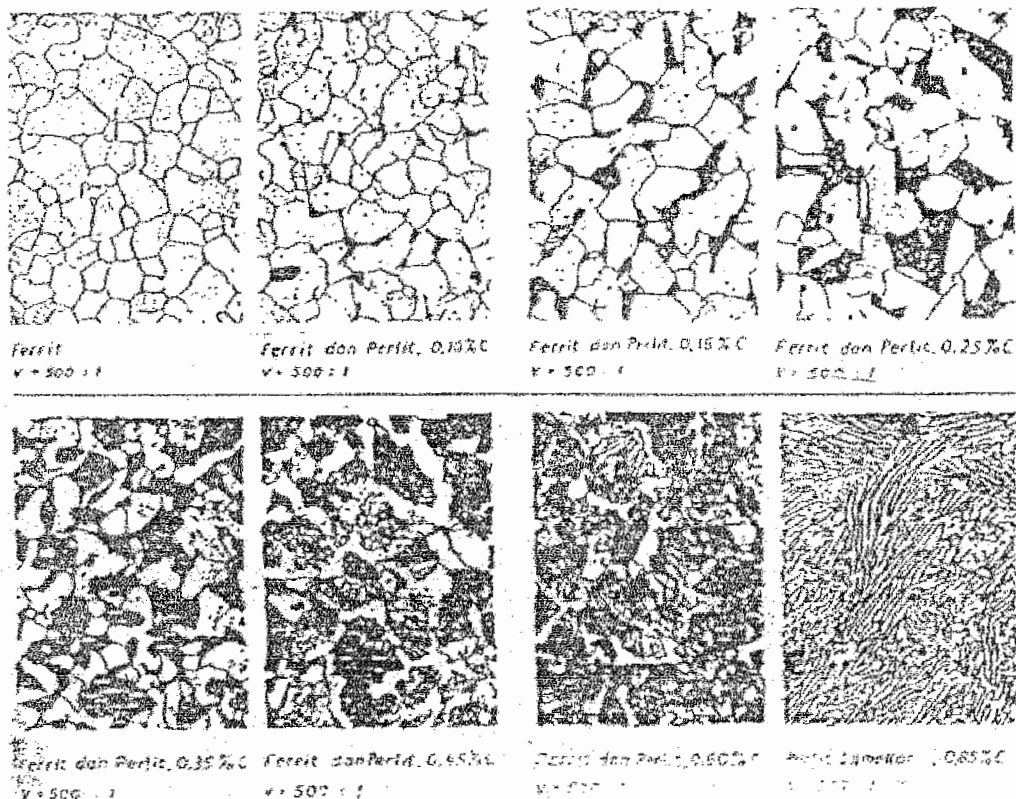
#### **2. Baja karbon sedang ( $0,3 < C < 0,7\%$ )**

Baja karbon sedang ini banyak digunakan dalam industri sebagai alat-alat perkakas bagian mesin. Penggunaan untuk rel kereta api, as roda gigi, dan suku cadang yang mempunyai kekuatan tinggi atau dengan kekerasan sedang sampai tinggi.

#### **3. Baja karbon tinggi ( $0,7 < C < 1,4\%$ )**

Baja karbon tinggi ini banyak digunakan untuk keperluan yang mengalami perlakuan panas. Baja ini digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi tap dan bagian-bagian yang tahan gesekan.





**Gambar 2.1. Gambar metallographi dari baja**  
 Sumber: Suroso, ant, Sudibyo, S, Ilmu Logam, ATMI, hal 25

Dengan naiknya kadar karbon (%C), maka bertambah besar noda flek hitam (perlit), bersama itu berkurang flek putih (ferrit). Pada saat kadar karbon mencapai 0,85% maka besi dalam keadaan jenuh terhadap karbon. Struktur seperti ini disebut perlit lamellar, yaitu campuran yang sangat halus, dan berbentuk batangan kristal. Campuran kristal tersebut terdiri dari ferrit dan sementit. Jadi jika kadar karbon bertambah besar, sementit akan berkurang dan perlit akan bertambah. Kadar karbon mencapai jenuh jika unsur karbon mencapai 0,8% dengan demikian kekerasan baja akan bertambah.

### 2.2.2 Baja Paduan

Baja paduan yang meliputi 15% dari seluruh produksi baja, mempunyai kekuatan khusus karena sifatnya yang unggul dibanding dengan baja karbon dan dibagi atas:

1. Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus <8%)
2. Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus >8%)

Baja paduan mempunyai kelebihan sebagai berikut :

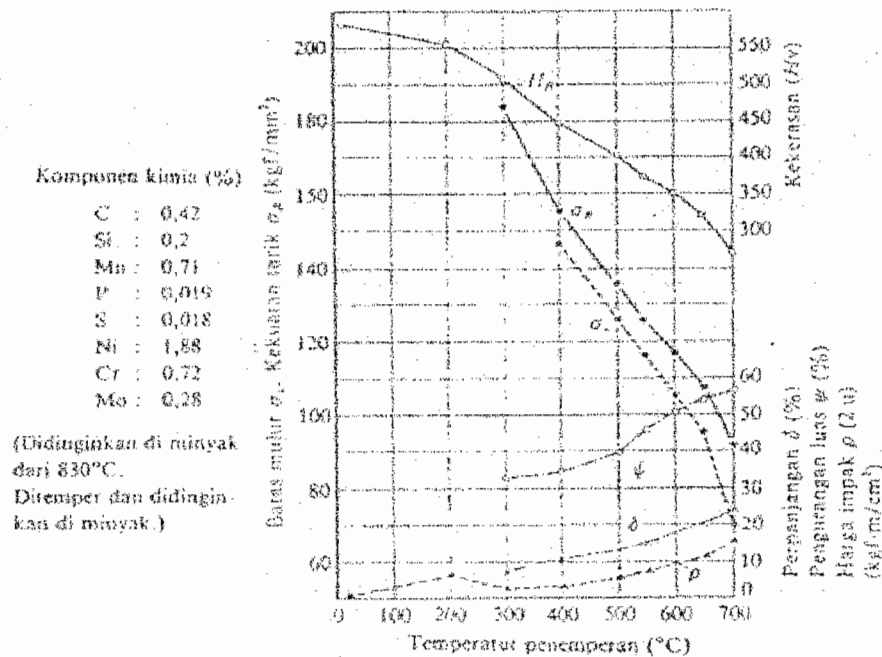
1. Mempunyai mampu keras yang baik meskipun berukuran besar dapat dikeraskan sampai dalam, sehingga tidak perlu pendinginan yang cepat pada proses pengerasan, jadi dengan penemperan dapat diperoleh struktur yang lebih baik
2. Mempunyai keuletan yang tinggi tanpa mengurangi kekuatan tarik.
3. Tahan terhadap korosi dan keausan, tergantung pada jenis paduannya
4. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti bila dikenai suhu tinggi atau rendah sifat-sifat fisisnya tidak banyak berubah.
5. Memiliki kelebihan dalam sifat-sifat metalurgi seperti butiran yang halus.

### 2.2.3 Baja Paduan Untuk Konstruksi Mekanik

Sebagai unsur paduan untuk baja paduan yang digunakan bagi konstruksi mekanik adalah Ni-Cr, Ni-Mo, Cr-Mo, dan Mn-Cr.

Kelebihan-kelebihan dari baja paduan ini adalah:

1. Mempunyai mampu keras yang baik meskipun mempunyai ukuran yang cukup besar dapat dikeraskan sampai dalam, jadi dengan penemperan dapat diperoleh struktur yang lebih uniform. Disamping itu kekuatan lebih tinggi dan keuletan yang lebih baik dapat diperoleh.
2. Karena mempunyai mampu keras yang lebih baik maka tidak perlu dilakukan proses pendinginan yang cepat pada proses pengerasan, hal ini akan menyebabkan rendahnya tegangan sisa.



**Gambar 2.3 pengaruh temperatur penemperan pada sifat-sifat mekanik dari baja martensit yang ditemper.**

Sumber: Tata Surdia. Pengetahuan Bahan Teknik 1987, hal 84

#### **2.2.4 Baja Paduan Rendah**

Baja paduan rendah mempunyai unsur-unsur paduan sebagai elemen tambahan pada Fe dan C. Unsur-unsur paduan tersebut dapat berupa Mn, Ni, Cr, Mo, Si dan lain-lainnya. Umumnya kandungan masing-masing elemen bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja serta untuk memperbaiki sifat-sifat baja.

Unsur-unsur paduan baja dapat digolongkan:

1. Membuat baja lebih kuat dan ulet bila unsur bereaksi dengan Fe seperti Mn, Cr, dan Mo
2. Membuat baja lebih keras yang bereaksi dengan C seperti Cr, W, Mo, dan V

#### **2.2.5 Baja Tahan Karat**

Salah satu cacat pada penggunaan baja adalah terjadinya karat, hal ini bisa dicegah dengan menggunakan pelapisan dan pengecatan. Hampir semua baja adalah baja tidak tahan karat maka perlu ditambahkan unsur paduan untuk meningkatkan kemampuan baja terhadap karat.

Baja tahan karat ada empat macam:

1. Baja tahan karat martensit

Baja tahan karat martensit mempunyai unsur 12-13%Cr dan 0,1-0,3%C Baja ini sukar berkarat di udara, banyak dipakai untuk alat potong perkakas.

## 2. Baja tahan karat ferit

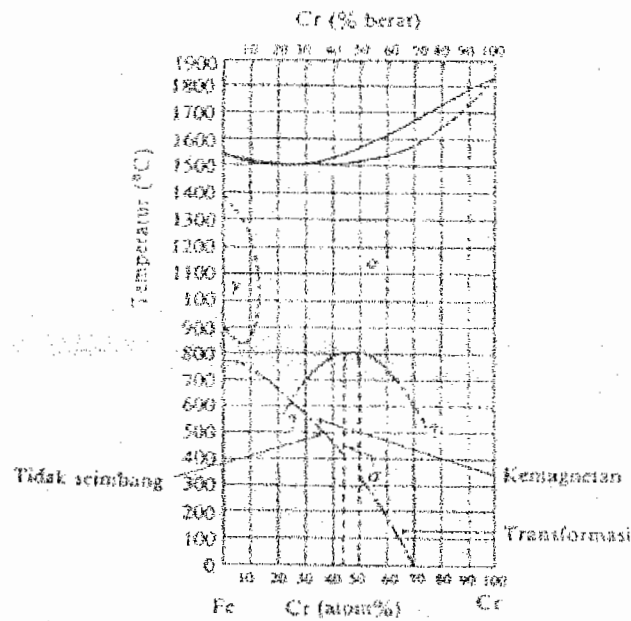
Baja ini mempunyai unsur Cr sekitar 16-18% atau lebih dan pada lingkungan korosi ringan tidak terjadi karat. Banyak digunakan untuk trim mobil bagian dalam, peralatan dapur dan bagian dalam dari suatu konstruksi.

## 3. Baja tahan karat austenit

Unsur-unsur yang terdapat di dalamnya 18% Cr dan 8% Ni, digunakan untuk turbin mesin jet, mobil dan industri kimia.

## 4. Baja tahan karat tipe pengerasan presipitasi

Struktur baja tahan karat, mempunyai unsur Cr yang menjadi komponen utama, diagram fase Fe-Cr ditunjukkan dalam gambar 2.4. Cr dapat larut dalam besi memperluas daerah  $\alpha$  (ferit). Dalam baja dengan 12% pada temperatur diatas  $900^{\circ}\text{C}$  terjadi fase  $\gamma$  (austenit). Dalam paduan yang nyata C dan N juga terkandung dalam fasa  $\gamma$  diperluas ke daerah yang mempunyai konsentrasi Cr yang lebih tinggi. Baja tahan karat 12% Cr bisa dipakai diausteninika dari  $900-1000^{\circ}\text{C}$  tergantung kadar C nya, dalam celup dingin pada minyak. Sehingga mempunyai struktur martensit sehingga menjadi baja tahan karat.



**Gambar 2.4 Diagram fasa Fe-Cr**

Sumber: Tata Surdia. Pengetahuan Bahan Teknik 1987, hal 102

### 2.2.6 Baja Perkakas

Baja perkakas mengandung unsur-unsur Mo, W, Cr dan V dengan jumlah yang cukup besar sehingga baja menjadi lebih keras dan tahan aus.

Baja perkakas harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut:

1. Mempunyai kemampuan terhadap beban kejut dan dampak yang baik
2. Mempunyai kekuatan dan kekerasan terhadap suhu tinggi
3. Mempunyai ketahanan terhadap keausan dan gesekan

### 2.2.7 Baja spesial

Baja yang digunakan untuk maksud tertentu dan dapat digolongkan menjadi:

1. Baja tahan terhadap suhu rendah

Baja tahan karat austenitik banyak digunakan untuk baja yang suhunya rendah dan dapat pula menggunakan bahan nikel atau paduan nikel.

2. Baja tahan terhadap suhu tinggi.

Penggunaan dalam suhu tinggi ( $950-1100^{\circ}\text{C}$ ) dapat dipilih baja tahan karat austenik, tetapi pada temperatur  $1100^{\circ}\text{C}$  kekuatannya menurun drastis.

3. Baja kekuatan tinggi

Baja yang mempunyai kekuatan mulur diatas  $1000\text{MPa}$  dan mempunyai kekuatan tarik  $2000\text{MPa}$ .

### 2.3 Korosi

Korosi merupakan gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. Korosi dan karat dianggap sebagai sinonim. Karat (*rust*) sendiri merupakan sebutan yang belakangan ini hanya di khususkan bagi korosi pada besi. Secara harafiah, karat diartikan sebagai lapisan merah (*kekuning-kuningan*) yang melekat pada besi sebagai proses kimia. Sedang korosi diartikan sebagai proses, perubahan, atau perusakan yang disebabkan oleh reaksi kimia atau dengan kata lain korosi adalah proses kimia atau elektrokimia yang kompleks yang dapat merusak logam melalui reaksi

dengan lingkungannya. Dalam kehidupan manusia, korosi membebani manusia dalam 3 cara:

- a. Dari segi biaya korosi itu sangat mahal

Contoh: Pada tahun 1980 di Amerika Serikat, Institute Batle menaksir bahwa setiap tahun perekonomian Amerika merugi 70 milyar dolar akibat korosi.

- b. Korosi sangat memboroskan sumber daya alam

Contoh: Telah dihitung bahwa di Inggris, 1 ton baja diubah seluruhnya menjadi karat setiap 90 detik. Di samping pemborosan bahan logam tersebut energi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 ton baja dari biji besi cukup untuk memasok kebutuhan energi satu keluarga selama tiga bulan.

- c. Korosi sangat tidak nyaman bagi manusia, dan kadang-kadang mendatangkan maut.

Contoh: Pada tahun 1985, atap sebuah kolam renang berusia 13 tahun di Swedia telah roboh dan mengakibatkan 12 orang meninggal dan melukai banyak orang lainnya. Diperkirakan penyebabnya adalah korosi pada baja nirkarat terbuka yang mendukung 200 ton atap beton bertulang.

### **2.3.1 Korosi Pada Temperatur Tinggi**

Korosi pada permukaan logam masih dapat terjadi meskipun elektrolit cair tidak ada dan proses ini disebut dengan korosi kering.



Proses korosi kering yang paling nyata adalah reaksi logam dan oksigen di udara. Reaksi ini menghasilkan oksida logam. Mekanisme oksidanya adalah:



### **2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Korosi**

Terjadinya korosi dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dikelompokkan menjadi 2 yaitu faktor yang berasal dari dalam dan faktor yang berasal dari luar.

#### **2.3.2.1 Faktor dari luar**

Lingkungan sangat berpengaruh dalam terjadinya korosi, karena korosi sendiri adalah reaksi antara logam dengan lingkungannya. Lingkungan adalah sebutan yang paling mudah untuk mengartikan semua unsur di sekitar logam terkorosi pada saat reaksi. Lingkungan dibagi dalam dua kelompok, yaitu lingkungan udara, lingkungan air.

##### **1. Lingkungan udara**

Faktor yang paling penting yang menyebabkan korosi udara adalah adanya kandungan air dalam udara. Untuk memulai serangan korosi, selaput tipis air yang tidak kelihatan sudah cukup. Umumnya logam akan mengalami korosi apabila kelembaban udara lebih dari 60%.

Laju dan tingkat keparahan korosi biasanya ditentukan oleh konduktivitas elektrolit yang terkandung pada kadar pengotor terlarut. Bahan pengotor ini berbeda-beda, dari karbondioksida

di kawasan pedesaan hingga belerang dioksida, senyawa-senyawa nitrat, hydrogen sulfide dan ion-ion ammonium di kawasan industri serta ion-ion klorida dikawasan laut. Partikel-partikel padat yang terbawa oleh udara dapat mengikis selaput pelindung pada permukaan logam.

## 2. Lingkungan air

Air bebas biasanya mengandung ion-ion maka akan merupakan sebuah elektrolit. Proses dasar yang terjadi dalam korosi pada sebuah logam sangat berhubungan erat dengan elektrolit yaitu: reaksi anoda, katoda dan penghantar ion. Kebanyakan logam yang kontak dengan udara pada temperatur kamar akan membentuk selaput tipis oksida pelindung. Bila kemudian logam diletakkan dalam lingkungan elektrolit misalnya air maka konsentrasi anion memainkan peranan penting dalam merusak selaput pelindung logam.

### 2.3.2.2 Faktor dari dalam

Logam sering mempunyai cacat volume yang diperoleh akibat proses produksinya, bahkan meskipun ketidak seragaman ini dapat dikurangi melalui pengendalian mutu yang seksama struktur mikroskopik logam biasanya tetap tidak seragam. Salah satu jenis cacat yang sangat nyata adalah batas butir yang terbentuk akibat proses pembekuan, karena proporsi atom-atom yang membentuk cacat biasanya lebih kecil bila dibanding dengan yang berada

dalam kisi normal. Proses korosi yang terjadi biasanya bersifat lokal, tapi bisa menusuk sampai dalam. Dalam hal ini, logam akan kehilangan sebagian kekuatannya dan ini dapat mengakibatkan kondisi yang berbahaya terutama bila dijumpai pada komponen-komponen yang mengalami tekanan atau tegangan.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN**

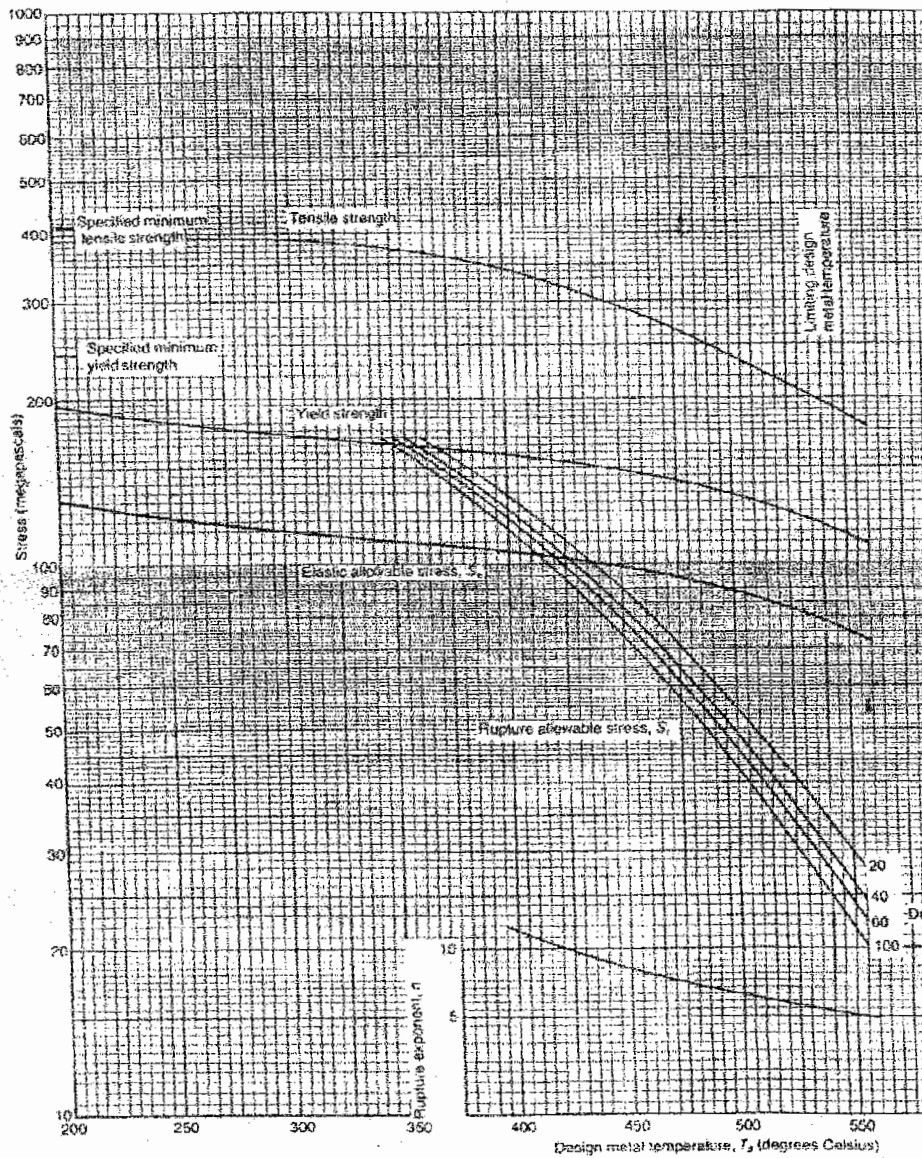
#### **3.1. Perancangan Tabung Pemanas**

Terdapat perbedaan yang mendasar dalam perancangan tabung pemanas yaitu berdasarkan pada suhu yang akan diterima oleh tabung pemanas pada waktu beroperasi. Perbedaan tersebut disebabkan karena bahan baja karbon mempunyai daerah elastis yang tertentu yaitu sampai suhu  $425^{\circ}\text{C}$  (*American Petroleum Institut, halaman 3*). Pada daerah elastis bahan baja karbon efek mulur dari pengaruh panas tidak ada dan bahan juga belum berubah bentuknya. Tabung pemanas yang bekerja pada suhu diatas  $425^{\circ}\text{C}$  akan mempunyai efek mulur dan perubahan struktur logam yang permanen sehingga bahan akan lebih cepat rusak.

#### **3.2. Perancangan Tabung Pemanas di Bawah Suhu $425^{\circ}$ Celsius**

Dari hasil penelitian daerah elastis untuk baja karbon sedang sampai dengan suhu  $425^{\circ}\text{C}$  menunjukkan bahwa umur dari tabung pemanas tidak terbatas kecuali adanya pengaruh korosi yang terjadi pada tabung. (*American Petroleum Institute, halaman 3*), sehingga perhitungan dalam perancangan tabung pemanas pada daerah elastis hanya bertujuan untuk mengetahui besarnya tebal minimum tabung ( $t_m$ ) akibat terkena tekanan maksimum.

Pada perancangan tabung pemanas yang beroperasi pada daerah elastis pertama kali harus diketahui besarnya tegangan yang terjadi akibat suhu yang bekerja pada tabung pemanas dengan menggunakan Gambar 3.1



**Gambar 3.1. Grafik pengaruh suhu terhadap tegangan elastis**  
 Sumber: American Petroleum Institute.

Setelah besarnya tegangan elastis diketahui maka dapat dihitung besarnya tebal minimum tabung pemanas akibat tegangan elastis yang terjadi ( $t_s$ ) dengan menggunakan persamaan rumus ( American Petroleum Institute. hal 5):

$$t_s = \frac{P_e \times D_0}{2S_e + P_e} \dots\dots\dots 3.1$$

Dengan:

- $t_s$  = Tebal minimum tabung akibat tegangan elastis ( mm )
- $P_e$  = Tekanan elastis ( MPa )
- $S_e$  = Tegangan elastis ( MPa )
- $D_0$  = Diameter luar tabung ( mm )

Dalam perancangan tabung pemanas perlu memperhatikan korosi yang akan terjadi selama proses pengoperasian dari tabung pemanas, korosi pada tabung pemanas akan mempercepat kerusakan dari tabung pemanas sehingga tebal minimum dari tabung akibat tegangan elastis perlu ditambahkan dengan korosi yang diijinkan dalam tabung pemanas, maka tebal minimum dari tabung pada daerah elastis ( $t_m$ ) menjadi ( American Petroleum Institute. hal: 5 ):

$$t_m = t_s + CA \dots\dots\dots 3.2$$

Dengan:

- $t_m$  = Tebal minimum tabung ( mm )
- CA = Korosi yang diijinkan ( mm )

### 3.3. Perancangan Tabung Pemanas diatas Suhu 425<sup>0</sup> Celsius

Perancangan tabung pemanas pada suhu operasi diatas 425<sup>0</sup>C perlu diperhatikan bahwa bahan baja karbon akan meregang atau mulur dan berubah bentuk dan tidak dapat kembali kedalam bentuk semula. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap umur dari tabung pemanas tersebut.

Dalam perancangan umur dari tabung pemanas pertama kali harus menghitung tebal tabung akibat terkena tekanan (  $t_s$  ) dengan menggunakan rumus ( American Petroleum Institute, hal 5 ):

$$t_s = t_m + f \times CA \dots\dots\dots 3.3$$

Dengan:

$t_s$  = tebal tabung akibat terkena tekanan ( mm )

$t_m$  = tebal minimum tabung ( mm )

$f$  = faktor korosi

$CA$  = korosi yang diijinkan ( mm )

Dalam hal ini besarnya faktor korosi antara 0,5 – 1 tergantung dari kemungkinan bahan terkena korosi, semakin besar tingkat korosinya maka semakin besar pula faktor korosi.

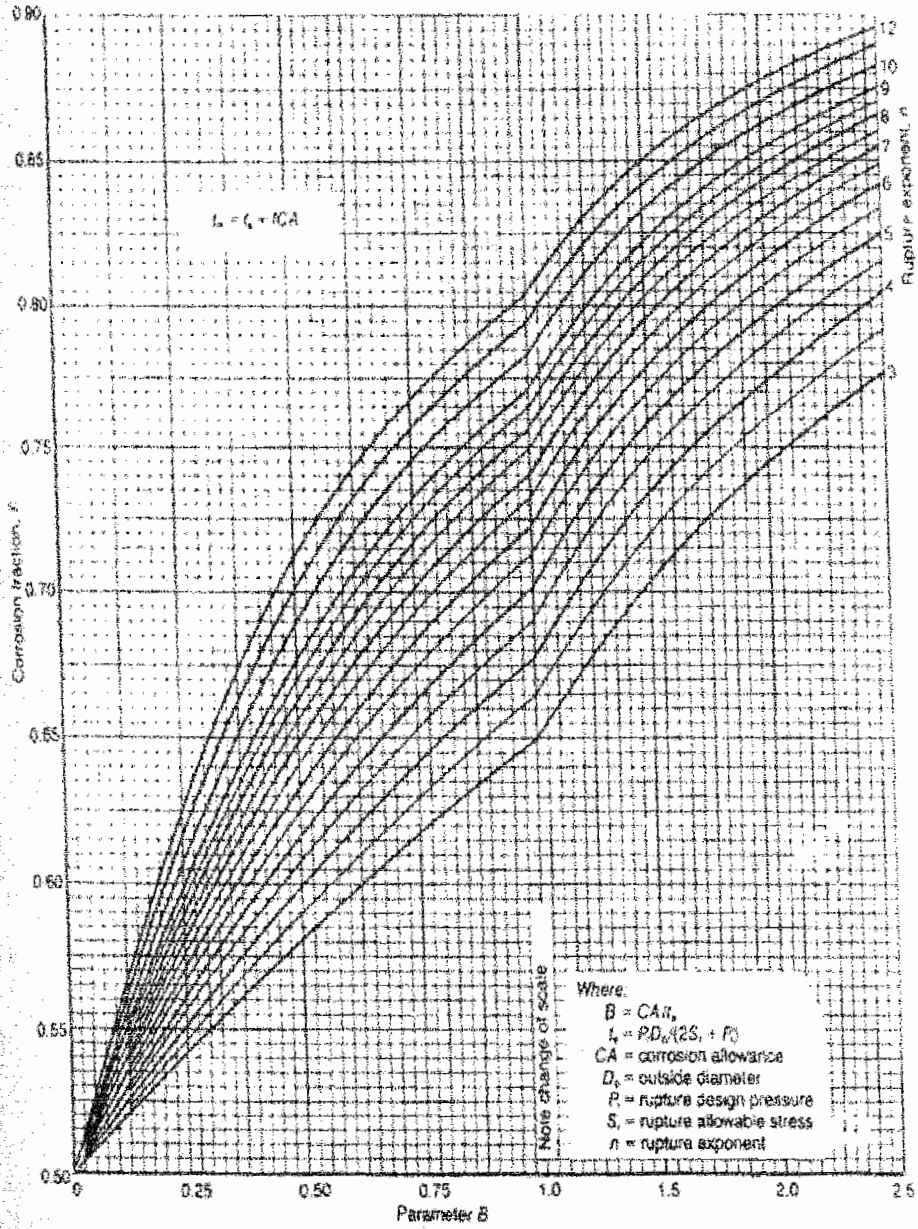
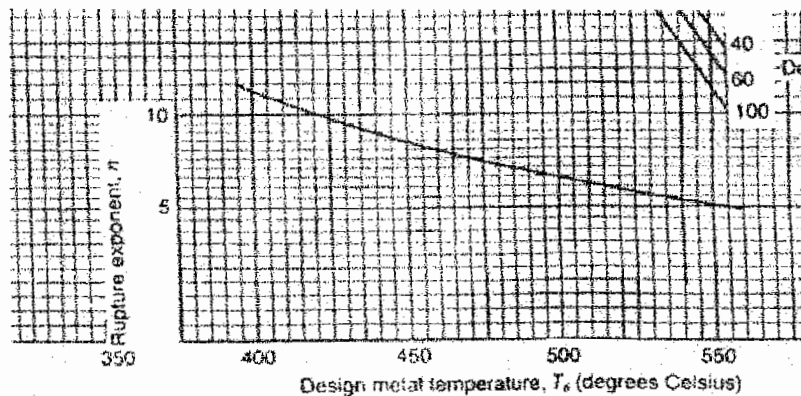


Figure 1—Corrosion Fraction

**Gambar 3.2. Grafik faktor korosi  
American Petroleum Institute**





**Gambar 3.3. Grafik eksponen n**  
 Sumber: American Petroleum Institute

Setelah diketahui tebal tabung akibat terkena tekanan maka dapat diketahui besarnya tegangan yang terjadi pada tabung pemanas dengan menggunakan persamaan rumus ( American Petroleum Institute, hal 5 ):

$$S_r = \frac{P_r}{2} \times \left[ \frac{D_o}{t_s} - 1 \right] \dots\dots\dots 3.4$$

Dengan:

$t_s$  = Tebal tabung yang menerima tegangan ( mm )

$P_r$  = Tekanan ( MPa )

$S_r$  = Tegangan ( MPa )

$D_o$  = Diameter luar tabung ( mm )

Setelah besarnya tegangan yang terjadi pada tabung yang akan beroperasi dapat diketahui maka besarnya kekuatan baja akibat terkena tekanan atau disebut juga dengan *Rupture Strength* dengan membaca Gambar 3.3.

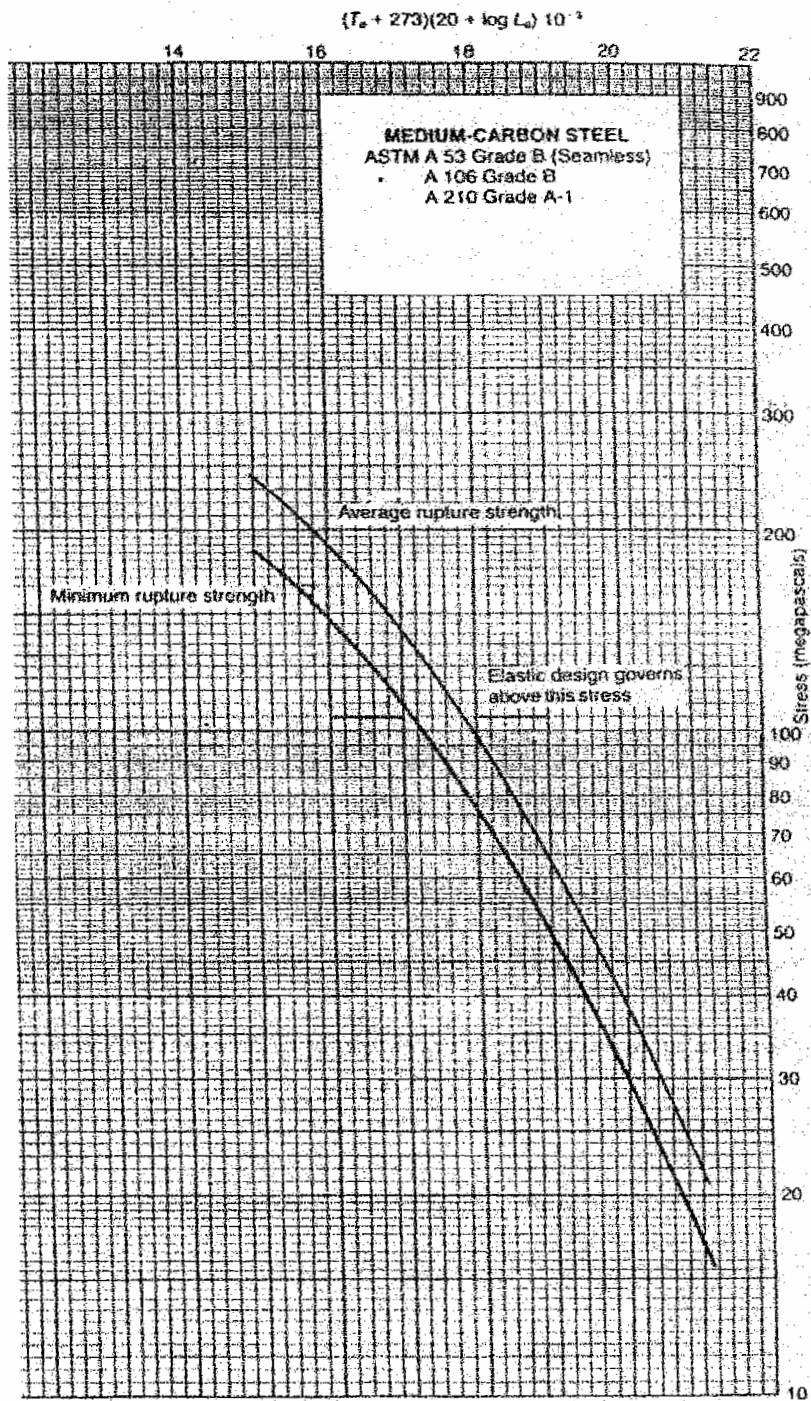
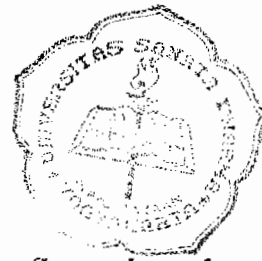


Figure 3B (SI)

**Gambar 3.4 Grafik pengaruh tegangan terhadap *Rupture Strength***  
 Sumber: American Petroleum Institute



Setelah mengetahui besarnya *Rupture Strength* maka akan dapat diketahui umur dari dari tabung akibat pengaruh suhu dengan menggunakan persamaan rumus ( American Petroleum Institute. hal: 93 ):

$$RuptureStrength = (T + 273)(C + \log l_d) * 10^3 \dots\dots\dots 3.5$$

$$\log l_d = \left( \frac{Rupturestrength \times 10^3}{T + 273} \right) - C \dots\dots\dots 3.6$$

$$L_d = (10^{\log l_d}) / 8640 \dots\dots\dots 3.7$$

Dengan:

*Rupture Strength* = Kekuatan bahan akibat tegangan ( MPa )

$L_d$  = Umur dari tabung pemanas ( Tahun )

T = Suhu yang terjadi pada tabung pemanas (  $^{\circ}C$  )

C = Nilai empiris ( untuk baja karbon = 20 )

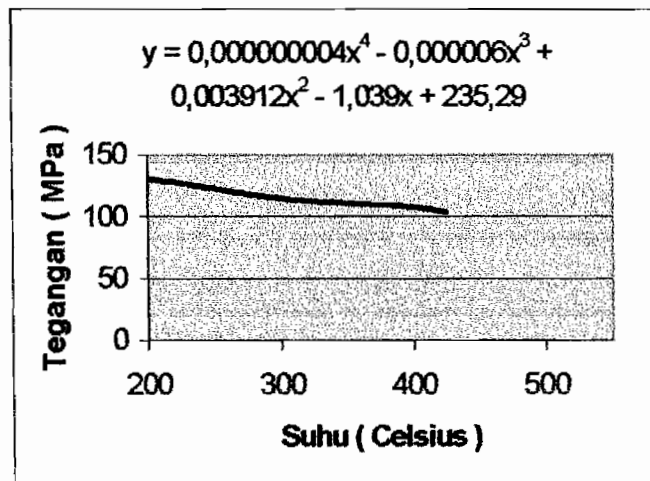
### 3.4 Pencarian Fungsi Grafik Yang Digunakan Dalam Perhitungan

#### 3.4.1 Pencarian Fungsi Dari Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan Elastis

Dari Gambar 3.1 diambil beberapa titik untuk membuat grafik tegangan elastis dalam *Microsoft Excel*. Titik-titik yang diambil adalah:

**Tabel 3.1 Nilai dari grafik tegangan elastis**

No	Suhu ( $^{\circ}C$ )	Tegangan Elastis
1	200	130
2	250	122
3	300	115
4	350	110
5	400	108
6	425	103



**Gambar 3.5 Grafik tegangan elastis dalam Microsoft Excel**

Dari gambar 3.5 dapat diketahui bahwa fungsi garis dari grafik tegangan elastis adalah:

$$Y = 0.0000000043x^4 - 0.0000063x^3 + 0.00393x^2 - 1.0393x + 235.29$$

Dengan :

Y = Fungsi dari nilai tegangan elastis ( $S_e$ )

x = Fungsi dari nilai suhu (T)

Maka persamaan garis fungsi tersebut menjadi:

$$S_e = 0.000000004T^4 - 0.000006T^3 + 0.0039T^2 - 1.039T + 235.29$$

Dengan:

$S_e$  = Tegangan elastis (Mpa)

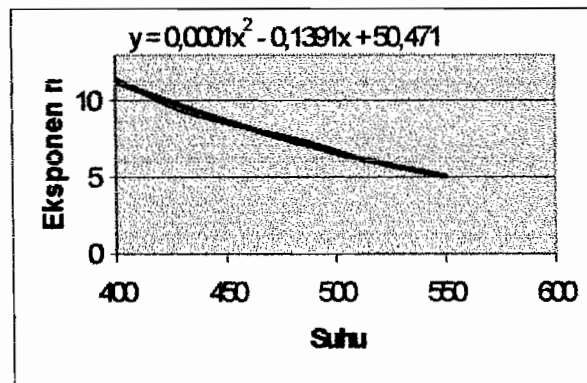
T = Suhu ( $^{\circ}C$ )

### 3.4.2 Pencarian Fungsi Dari Grafik Eksponensial n

Dari Gambar 3.3 diambil beberapa titik untuk membuat grafik eksponen n dalam *Microsoft Excel*. Titik-titik yang diambil adalah:

**Tabel 3.2 Nilai dari grafik eksponen n**

No	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eksponensial n
1	400	11.5
2	425	9.6
3	450	8.5
4	475	7.8
5	500	6.8
6	525	5.7
7	550	5



**Gambar 3.6 Grafik eksponen n dalam *Microsoft Excel***

Dari Gambar 3.6 dapat diketahui bahwa fungsi garis dari grafik eksponensial n adalah:

$$Y = 0.00013x^2 + 0.1393x + 50.471$$

Dengan :

Y = Fungsi dari nilai eksponensial n ( n )

x = Fungsi dari suhu ( T )

Maka persamaan garis fungsi tersebut menjadi:

$$n = 0.0001T^2 + 0.139T + 50.471$$

Dengan:

n = Eksponen n

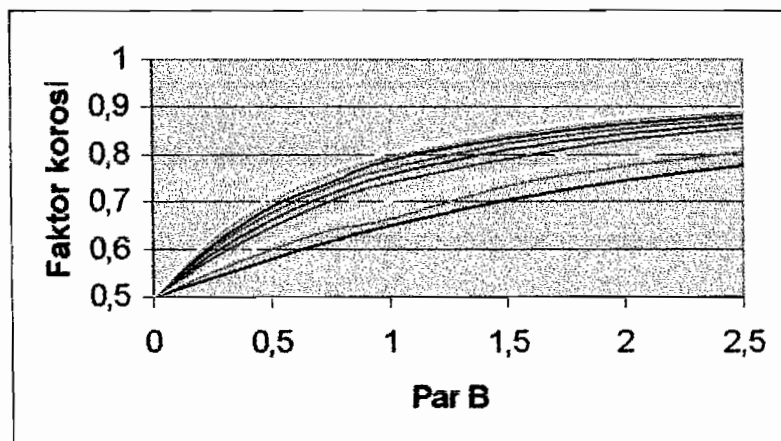
T = Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 3.4.3 Pencarian Fungsi Dari Grafik Parameter B

Dari Gambar 3.2 diambil beberapa titik untuk membuat grafik eksponen n dalam *Microsoft Excel*. Titik-titik yang diambil adalah:

**Tabel 3.3 Nilai dari grafik factor korosi**

No	Par B	f untuk n=3	f untuk n=4	f untuk n=5	f untuk n=6	f untuk n=7	f untuk n=8	f untuk n=9	f untuk n=10	f untuk n=11	f untuk n=12
1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	0,25	0,54	0,55	0,56	0,571	0,58	0,59	0,599	0,607	0,617	0,625
3	0,5	0,58	0,6	0,616	0,632	0,648	0,662	0,677	0,689	0,7	0,712
4	0,75	0,617	0,641	0,663	0,684	0,701	0,716	0,732	0,74	0,755	0,766
5	1	0,65	0,664	0,702	0,723	0,74	0,757	0,77	0,788	0,794	0,804
6	1,5	0,704	0,733	0,758	0,778	0,79	0,809	0,822	0,833	0,84	0,85
7	2	0,745	0,775	0,792	0,82	0,83	0,843	0,854	0,863	0,87	0,878
8	2,5	0,777	0,805	0,825	0,842	0,855	0,866	0,876	0,883	0,89	0,895



**Gambar 3.7 Grafik Par B dalam *Microsoft Excel***

Dari Gambar 3.7 dapat diketahui bahwa fungsi garis dari grafik faktor korosi adalah:

Untuk  $n = 3$

$$\text{Par B} = 17.287T^2 - 13.454T + 2.4558$$

Untuk  $n = 4$

$$\text{Par B} = 17.945T^2 - 13.638T + 3.3866$$

Untuk  $n = 5$

$$\text{Par B} = 216.79T^4 - 497.41T^3 + 430.991T^2 - 162.63T + 195$$

Untuk  $n = 6$

$$\text{Par B} = 200.37T^4 - 464.99T^3 + 408.32T^2 - 156.89T + 21.972$$

Untuk  $n = 7$

$$\text{Par B} = 198.04T^4 - 473.72T^3 + 428.9T^2 - 170.53T + 24.888$$

Untuk  $n = 8$

$$\text{Par B} = 587.29T^4 - 1516.9T^3 + 621.6T^2 - 97.691T + 97.691$$

Untuk  $n = 9$

$$\text{Par B} = 10130T^6 - 36902T^5 + 54963T^4 - 42682T^3 + 18138T^2 - 3968.5T + 344.81$$

Untuk  $n = 10$

$$\text{Par B} = 378.28T^4 - 970.23T^3 + 933.07T^2 - 395.4T + 61.994$$

Untuk  $n = 11$

$$\text{Par B} = 359.13T^4 - 917.5T^3 + 878.3T^2 - 370.28T + 57.803$$

Untuk  $n = 12$

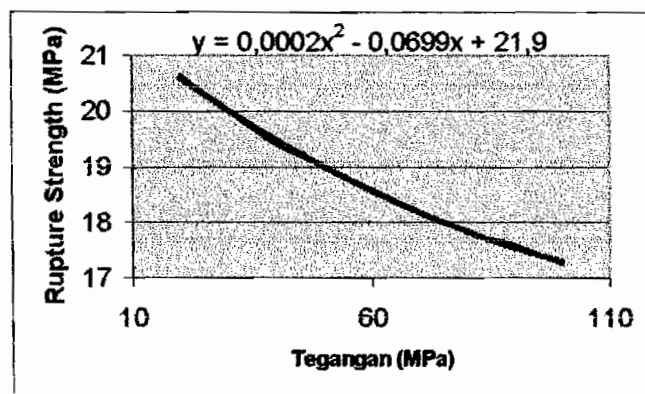
$$\text{Par B} = 446.12T^4 - 1164.7T^3 + 1137.2T^2 - 488.94T + 77.87$$

### 3.4.4 Pencarian Fungsi Dari *Rupture Strength*

Dari Gambar 3.4 diambil beberapa titik untuk membuat *Rupture Strength* dalam *Microsoft Excel*. Titik-titik yang diambil adalah:

**Tabel 3.4 Nilai dari grafik *Rupture Strength***

No	Tegangan (MPa)	<i>Rupture Strength</i>
1	20	20.65
2	40	19.4
3	60	18.6
4	80	17.82
5	90	17.6
6	100	17.24



**Gambar 3.8 Grafik *Rupture Strength* dalam Microsoft Excel**

Dari Gambar 3.8 dapat diketahui bahwa fungsi garis dari grafik *Rupture Strength* adalah:

$$Y = 0.00023x^2 + 0.06993x + 21,9$$

Dengan :

Y = Fungsi dari nilai *Rupture Strength* (RS)

x = Fungsi dari nilai tegangan ( $S_r$ )



Maka persamaan garis fungsi tersebut menjadi:

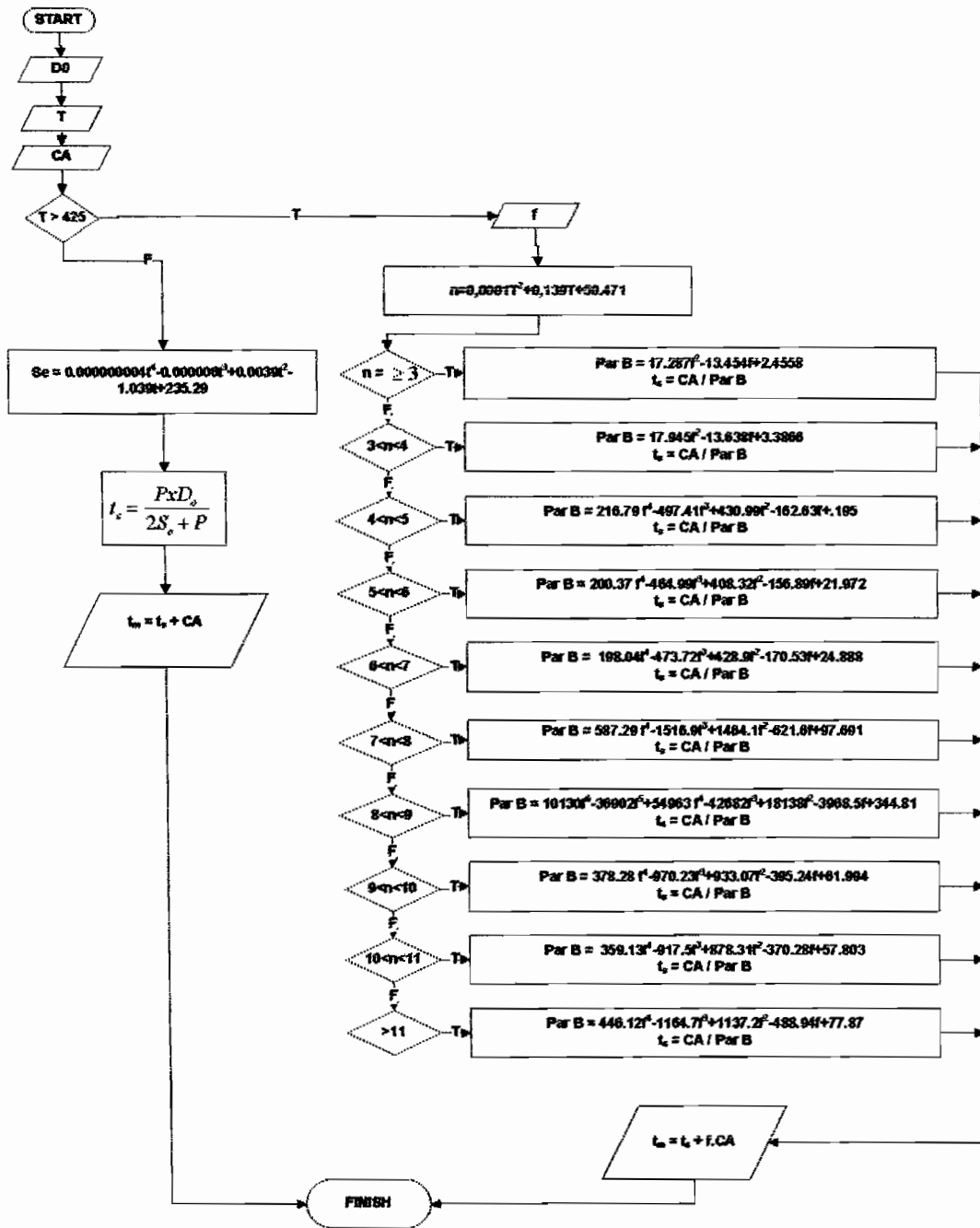
$$RS = 0.0002S_r^2 + 0.0699S_r + 21,9$$

Dengan:

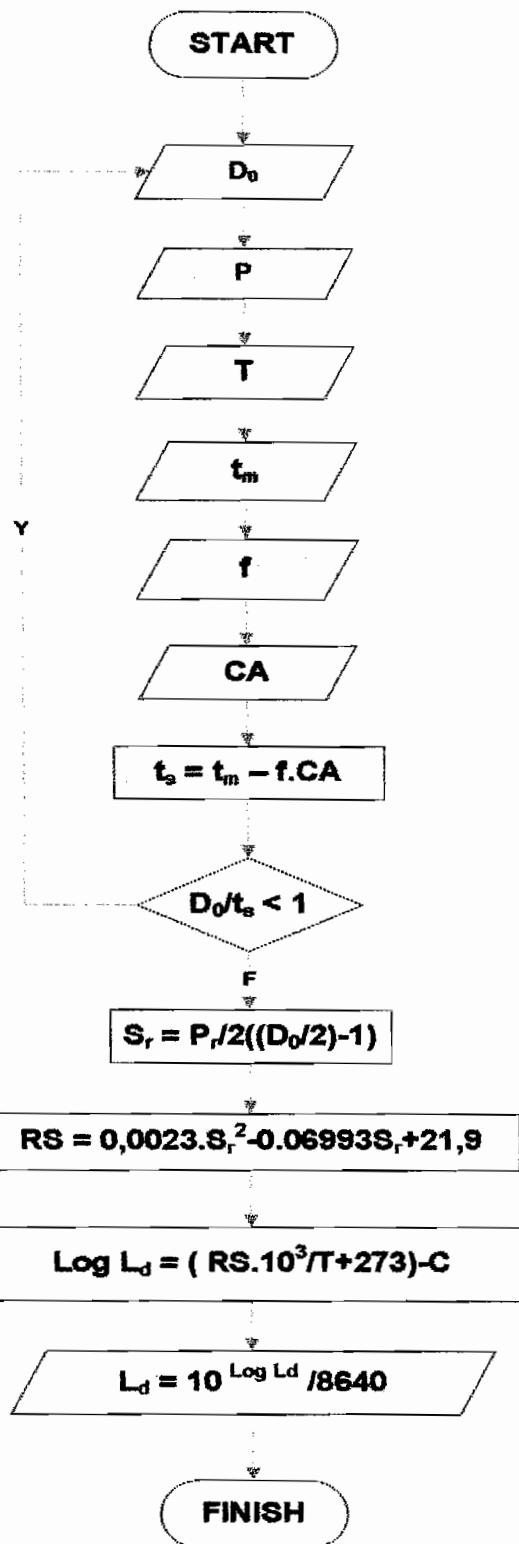
$RS = Rupture\ Strength\ (MPa)$

$S_r = Tegangan\ rupture\ (MPa)$

### 3.5 Perhitungan umur tabung dan tebal tabung dalam bentuk komputasi



Gambar 3.9 Flow Chart Perhitungan Tebal Tabung Pemanas



**Gambar 3.10 Flow Chart Perhitungan Umur Tabung Pemanas**

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Tabung Pemanas dibawah Suhu 425<sup>0</sup>C

Pada daerah elastis perhitungan tabung bertujuan untuk mendapatkan tebal minimum dari tabung pemanas setelah dikenai tekanan maksimum selama pengoperasian. Umur dari tabung pemanas tidak dihitung karena dari hasil penelitian *American Petroleum Institute* pengaruh kerusakan yang terjadi dalam tabung pemanas hanyalah pengaruh korosi terhadap tabung pemanas selama pengoperasian sehingga umur dari tabung diasumsikan tidak mengalami kerusakan akibat tekanan dan suhu.

#### 4.1 Contoh Perhitungan Tabung Pemanas dibawah Suhu 425<sup>0</sup>C

##### a. Perhitungan tabung karena perubahan suhu

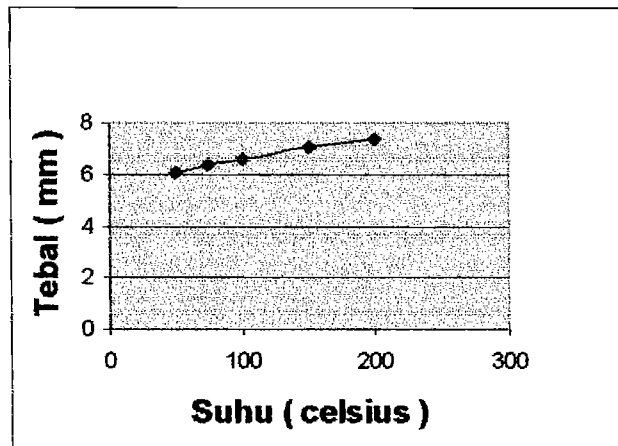
$$\text{Misal : } P_e = 6 \text{ MPa}$$

$$D_0 = 200 \text{ mm}$$

$$CA = 3 \text{ mm}$$

**Tabel 4.1 Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan suhu**

No	Suhu (° Celsius )	Tebal minimum ( mm )
1	50	6,0791
2	75	6,3562
3	100	6,6190
4	150	7,0688
5	200	7,3831



**Gambar 4.1 Grafik pengaruh suhu terhadap tebal tabung pemanas pada suhu rendah**

**b. Perhitungan tabung karena perubahan tekanan**

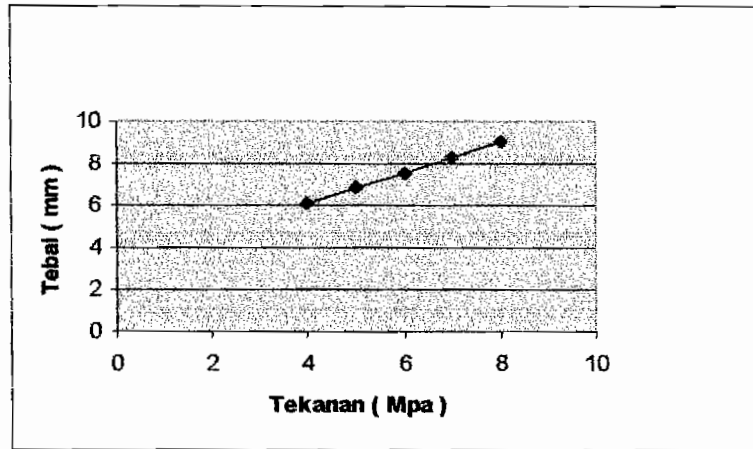
Misal :  $D_0 = 200 \text{ mm}$

$T = 250^{\circ}\text{C}$

$CA = 3 \text{ mm}$

**Tabel 4.2 Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tekanan**

No	Tekanan ( MPa )	Tebal minimum ( mm )
1	4	6,0613
2	5	6,8120
3	6	7,5570
4	7	8,2964
5	8	9,0302



**Gambar 4.2 Grafik pengaruh tekanan terhadap tebal tabung pemanas pada suhu rendah**

**c. Perhitungan tabung karena perubahan korosi yang terjadi**

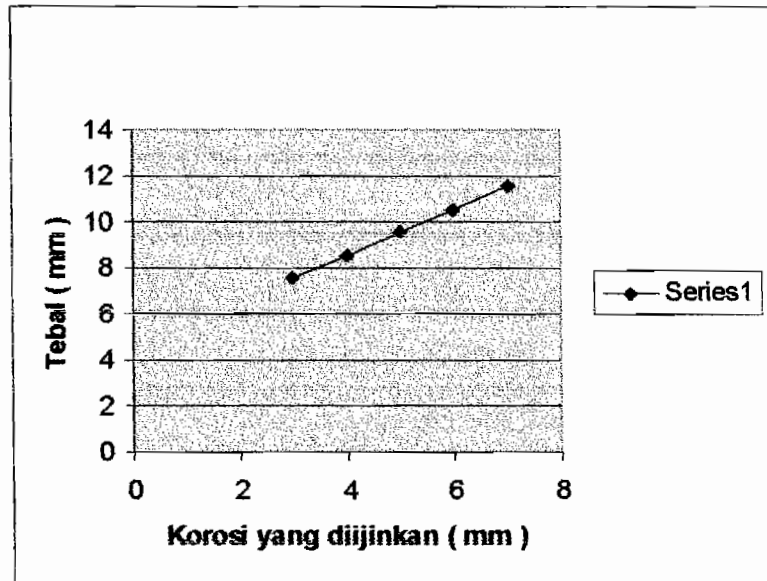
Misal :  $D_0 = 200 \text{ mm}$

$P_e = 6 \text{ MPa}$

$T = 250^{\circ}\text{C}$

**Tabel 4.3 Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan korosi**

No	Korosi yang terjadi (mm)	Tebal minimum ( mm )
1	3	7,5570
2	4	8,5570
3	5	9,5570
4	6	10,5570
5	7	11,5570



**Gambar 4.3. Grafik pengaruh korosi terhadap tebal tabung pemanas pada suhu rendah**

Dari contoh hasil perhitungan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa suhu, tekanan dan korosi mempengaruhi tebal tabung, semakin tinggi suhu, tekanan dan korosi yang terjadi maka diperlukan tabung pemanas yang semakin tebal.

#### **4.3 Tabung Pemanas Diatas Suhu 425<sup>0</sup> C**

Tabung yang bekerja diatas daerah elastis akan mengalami perubahan bentuk bahan tabung dan bahan tabung akan mulur bila terkena tekanan atau suhu. Dari kenyataan diatas maka dalam perancangan dari tabung pemanas harus menghitung umur dari tabung pemanas tersebut. Yang berpengaruh dalam perhitungan umur tabung dalam skripsi ini adalah tekanan dan suhu korosi selama proses pengoperasian tabung pemanas. Biar lebih jelas dalam memahami pengaru suhu, tekanan dan korosi terhadap

umur tabung pemanas maka penulis akan memberikan beberapa contoh kasus yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik.

#### 4.4 Contoh Perhitungan Tabung Pemanas Diatas suhu $425^{\circ} \text{C}$

##### a. Perhitungan tabung karena perubahan Tekanan

Misal :  $D_0 = 200 \text{ mm}$

$T = 450^{\circ} \text{C}$

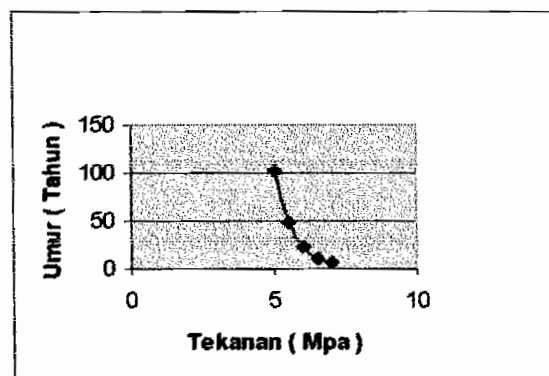
$t_m = 10 \text{ mm}$

$f = 0.5$

$CA = 3 \text{ mm}$

**Tabel 4.4 Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan tekanan**

No	Tekanan ( MPa )	Umur tabung ( tahun )
1	5	101,9619
2	5.5	47,5229
3	6	22,5914
4	6.5	10,9606
5	7	5,4272



**Gambar 4.4. Grafik umur tabung akibat perubahan tekanan**



**b. Perhitungan tabung karena perubahan Suhu**

Misal :  $D_0 = 100 \text{ mm}$

$P_e = 6 \text{ MPa}$

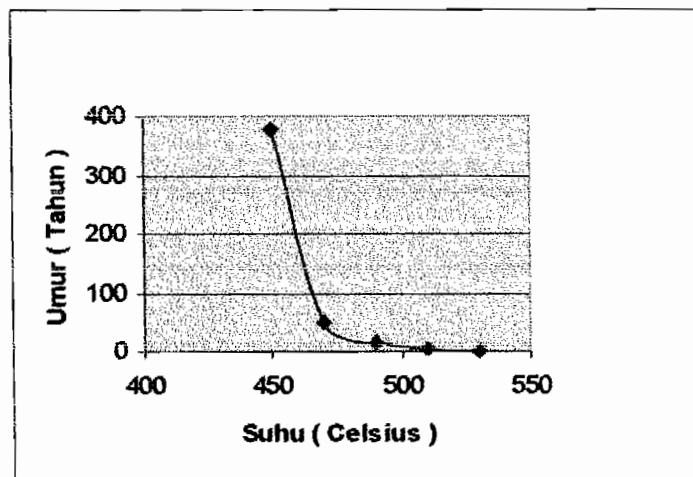
$t_m = 8 \text{ mm}$

$f = 0.5$

$CA = 4 \text{ mm}$

**Tabel 4.5 Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan suhu**

No	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Umur tabung ( tahun )
1	450	377.3673
2	470	49.0485
3	490	15.3750
4	510	3.5083
5	530	0.8617



**Gambar 4.5. Grafik umur tabung akibat perubahan suhu**

### c. Perhitungan tabung karena perubahan korosi

Misal :  $D_0 = 150 \text{ mm}$

$P_e = 6 \text{ MPa}$

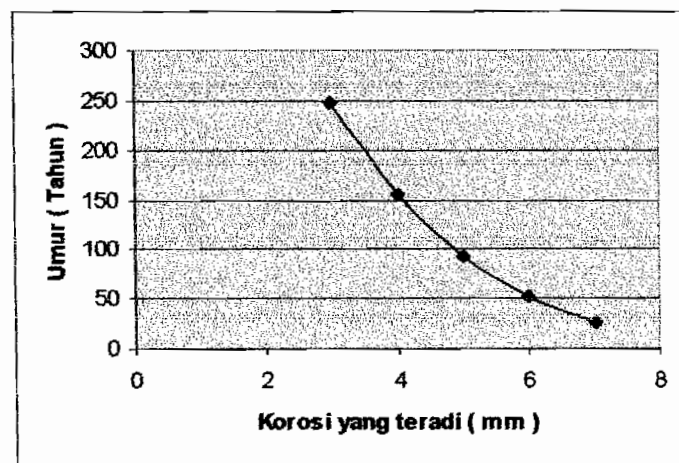
$t_m = 10 \text{ mm}$

$f = 0.5$

$T = 450^\circ \text{C}$

**Tabel 4.6 Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan korosi**

No	Korosi ( mm )	Umur tabung ( tahun )
1	3	248.2465
2	4	156.0355
3	5	92.9371
4	6	51.9884
5	7	26.9763



**Gambar 4.6. Grafik umur tabung akibat perubahan korosi**

## 4.5 Program Yang Dihasilkan

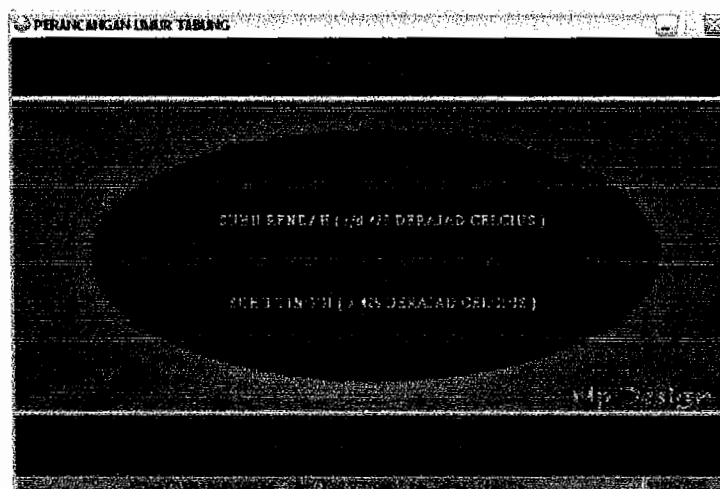
Program yang dihasilkan adalah program untuk menghitung tabung yang dalam hal ini dapat digunakan dengan mudah karena sudah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

### 4.5.1 Cara Menjalankan Program

Untuk menjalankan program yang dihasilkan dapat dilakukan dengan cara klik dua kali pada icon yang telah dibuat terlebih dahulu atau dengan cara mencari nama *file* pada *Windows Explorer* lalu klik dua kali. Setelah program dipanggil, ditunggu beberapa saat sampai tampilan menu utama seperti gambar di bawah 4.1.

#### - Form Menu Utama

Dalam form menu utama ini terdapat dua tombol yaitu tombol penghitung suhu rendah dan tombol penghitung suhu tinggi. Kedua tombol ini mempunyai fungsi yang sama apabila di klik salah satu tombol tersebut akan menampilkan form input yang diinginkan.



**Gambar 4.7 Tampilan pembuka program**

## - **Form Suhu Rendah**

Seperti yang dijelaskan diatas pada form suhu rendah terdapat beberapa tombol yang masing-masing mempunyai kegunaan sebagai berikut:

- **Tombol hitung** : Digunakan untuk menghitung suhu rendah ( perhitungan  $t_m$  dan  $t_s$  ) dari data-data yang telah dimasukan.
  - **Tombol Bersih**: Digunakan untuk menghapus semua data masukan.
  - **Tombol Simpan**: Digunakan menyimpan data yang aktif atau data yang baru dimasukan.
  - **Tombol Hapus**: Tombol hapus digunakan untuk menghapus data yang telah disimpan.
  - **Tombol preview**: Pada tombol ini dapat digunakan untuk melihat hasil data yang disimpan kedalam laporan.
  - **Tombol cetak** : Pada tombol cetak dapat digunakan untuk melihat cetakan yang dihasilkan
- Tombol exit**: tombol ini berfungsi untuk menutup form suhu rendah dan kembali kemenu utama.

Perhitungan ts dan tm

## PERHITUNGAN TEBAL

Diameter Luar ( D0 )  mm

Tekanan Elastis ( Pe )  Mpa

Suhu (  ) C

Korosi yang terjadi ( CA )  mm

Tebal Minimum ( tm )  mm

	D0	Pe	T	CA	Se	ts
▶	200	6	550	4		0
	200	6	500	3		0
	200	6	450	4		0

**Gambar 4.8** Tampilan form perhitungan tebal

### - Tampilan Form Untuk suhu Tinggi

Pada form suhu tinggi fungsi tombol didalamnya sama dengan form yang ada pada form suhu rendah, hanya pada tombol perhitungan di form suhu tinggi berfungsi untuk menghitung suhu tinggi pada tabung pemanas.

Perhitungan umur tabung baja karbon sedang

## PERHITUNGAN UMUR TABUNG

Diameter Luar ( D0 )	<input type="text"/>	mm
Tekanan Rupture ( Pr )	<input type="text"/>	Mpa
Suhu ( T )	<input type="text"/>	C
Tebal minimum ( tm )	<input type="text"/>	mm
Faktor korosi ( f )	<input type="text"/>	mm
Korosi yang terjadi ( CA )	<input type="text"/>	mm

Umur Tabung ( Ld )  Tahun

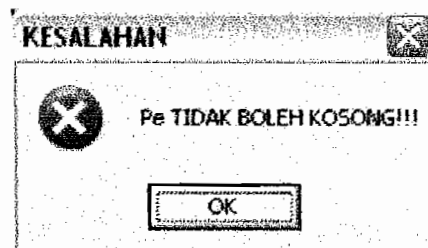
D0	Pr	T	CA	f	tm
<input type="text"/>					

Gambar 4.9 Tampilan form perhitungan umur tabung

#### 4.5.2 Sistem Pengendali

a. Data inputan kosong

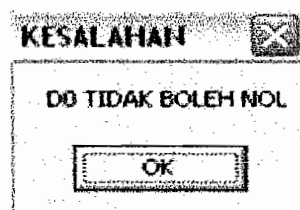
Jika proses dijalankan dan menemukan salah satu inputan kosong, maka program akan menampilkan pesan kesalahan sebagai berikut:



**Gambar 4.10 Tampilan pengendali masukan kosong**

b. Data inputan nol

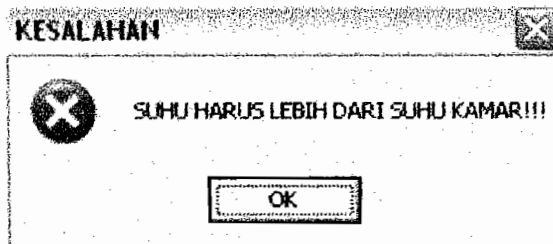
Jika seorang pemakai memasukkan nilai nol pada inputan, maka pada saat menekan tombol hitung akan tampil pesan seperti dibawah ini :



**Gambar 4.11 Tampilan pengendali masukan nol**

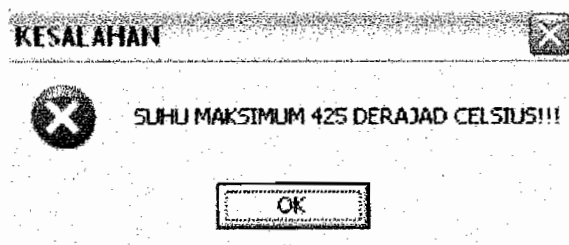
c. Data inputan suhu pada perhitungan suhu rendah

Jika pemakai memasukkan nilai suhu kurang dari  $27^{\circ}$  C pada perhitungan suhu rendah, maka akan muncul pesan seperti dibawah ini :



**Gambar 4.12 Tampilan pengendali masukan suhu**

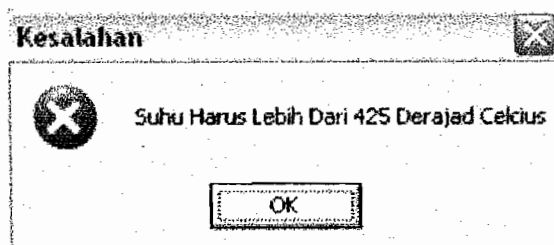
Sedang jika pemakai memasukkan nilai suhu diatas dari  $425^{\circ}$  C pada perhitungan suhu rendah, maka akan muncul pesan seperti dibawah ini:



**Gambar 4.13 Tampilan pengendali masukan suhu**

- d. Data inputan suhu pada perhitungan suhu tinggi

Jika pemakai memasukkan nilai suhu kurang dari  $425^{\circ}$  C pada perhitungan suhu tinggi, maka akan muncul pesan seperti dibawah ini:



**Gambar 4.14 Tampilan pengendali masukan suhu**



### 4.5.3 Persentase Selisih Perhitungan Umur Tabung Yang Menggunakan Cara komputerisasi terhadap Cara Manual

Tujuan dari perbandingan perhitungan umur tabung adalah untuk mengetahui ketepatan dalam perhitungan umur tabung yang menggunakan sistem komputerisasi sehingga dalam perhitungan umur tabung dapat di pertanggung jawabkan ketepatannya. 1 contoh perhitungan perbandingan umur tabung akan dilakukan secara biasa kemudian yang lain langsung dalam bentuk tabel.

$$\text{Misal : } D_0 = 200 \text{ mm}$$

$$T = 450^{\circ} \text{ C}$$

$$t_m = 10 \text{ mm}$$

$$f = 0,6$$

$$P_r = 3,5 \text{ MPa}$$

$$CA = 4 \text{ mm}$$

Dari persamaan 3.3 didapat rumus

$$\begin{aligned} t_s &= t_m - (f^3 CA) \\ &= 10 - (0,6^3 4) \\ &= 7,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sedang dari persamaan 3.4 didapat persamaan rumus untuk tegangan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_r &= P_r/2 \times ((D_0/t_s) - 1) \\ &= 3,5/2 \times ((200/7,6) - 1) \\ &= 44,302 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dari gambar 3.3 didapat besarnya *Rupture Strength* adalah 19,29 Mpa

Dengan menggunakan rumus 3.5 maka:

$$\begin{aligned}\text{Log } L_d &= ( \text{Rupture strength} \times 1000 / ( T + 273 ) ) - C \\ &= ( 19,29 \times 1000 / ( 450 + 273 ) ) - 20 \\ &= 6,6805\end{aligned}$$

Setelah log  $L_d$  diketahui maka untuk mendapatkan umur tabung dapat menggunakan persamaan rumus 3.5 yaitu:

$$\begin{aligned}L_d &= (10^{\log L_d}) / 8640 \\ &= (10^{6,6805}) / 8640 \\ &= 554.6082 \text{ tahun}\end{aligned}$$

Umur tabung pemanas dari hasil perhitungan manual telah didapat maka tinggal menghitung umur tabung pemanas menggunakan sistem komputerisasi dengan cara memasukkan data-data yang telah diketahui. Dari data-data diatas setelah dimasukkan dalam inputan perhitungan umur tabung yang menggunakan sistem komputerisasi didapat umur tabung sebesar 556,7291 tahun.

Maka selisih perhitungan umur tabung yang menggunakan cara komputerisasi dibandingkan dengan cara manual adalah:

$$\begin{aligned}\% \text{ selisih} &= (\text{Selisih hasil perhitungan} / \text{perhitungan secara manual}) \times 100\% \\ &= ((556.7291 - 554.6082) / 556.7291) \times 100\% \\ &= 0.4\%\end{aligned}$$

**Tabel 4.7 Persentase selisih perhitungan umur tabung yang menggunakan komputersasi terhadap perhitungan manual**

No	D0 (mm)	Pr (Mpa)	T (°C)	F	Tm (mm)	CA (mm)	Umur manual (Tahun)	Umur Komputersasi (Tahun)	% selisih (%)
1	200	3.5	450	0,6	10	4	572,119	556,745	0,4
2	200	10	430	0,6	15	3	78,63	77,742	1,1
3	150	12	450	0,5	15	3	55,987	56,4945	0,9
4	100	15	450	0,5	15	3	322.7649	324.4921	0,5

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat diketahui rata-rata selisih perhitungan umur tabung yang menggunakan perhitungan secara komputersasi dengan cara manual dengan cara:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata \% selisih} &= \text{Jumlah \% selisih} / \text{Jumlah perhitungan} \\
 &= (0,4 + 1,1 + 0,9 + 0,5) / 4 \\
 &= 2,9 / 4 \\
 &= 0,725 \%
 \end{aligned}$$

Adanya perbedaan antara perhitungan dengan cara komputersasi dengan cara manual disebabkan:

1. Adanya perbedaan dalam pembulatan antara cara manual dan komputersasi.
2. Dalam pembacaan grafik *ruptur strength* terjadi perbedaan.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN PENUTUP

#### 4.1. Kesimpulan

Dari tugas akhir ini dengan judul perhitungan umur tabung pemanas dengan bahan baja karbon sedang di dapat kesimpulan pada suhu tinggi (*rupture*) dengan suhu operasi antara  $425^{\circ}\text{C}$  –  $550^{\circ}\text{C}$  umur tabung pemanas sangat dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

- a. Jika suhu ditambah maka umur pada tabung pemanas akan semakin berkurang, dengan melihat contoh dapat dilihat pengurangan dari umur tabung akibat pengaruh suhu membentuk persamaan garis polinomial.
- b. Tekanan yang bekerja makin tinggi maka umur tabung akan semakin berkurang, dengan pengurangan umur tabung pemanas membentuk persamaan garis polinomial.
- c. Apabila nilai faktor korosi makin tinggi (0,5-1 sesuai dengan *API Recommended Practice 530*), umur tabung akan berkurang dengan pengurangan umur tabung pemanas membentuk persamaan garis polinomial.

Pada perhitungan suhu rendah (*elastis*) dengan suhu maksimum  $425^{\circ}\text{C}$  juga diperoleh kesimpulan bahwa tebal tabung dari perancangan dipengaruhi:

- a. Suhu operasi semakin tinggi, tebal minimum tabung yang diperlukan semakin besar, dengan kenaikan dari tebal tabung pemanas akibat pengaruh suhu membentuk persamaan garis polinomial.

- b. Tekanan yang bekerja semakin tinggi maka tebal minimum tabung akan semakin besar, dengan kenaikan dari tebal tabung pemanas akibat pengaruh tekanan membentuk persamaan garis polinomial.
- c. Tebal korosi yang diijinkan bertambah besar maka tebal minimum tabung juga bertambah besar, dengan kenaikan dari tebal tabung pemanas akibat pengaruh korosi membentuk persamaan garis linier.

Dengan demikian maka suhu, tekanan dan korosi mempunyai pengaruh buruk terhadap umur dari tabung dan hal ini perlu diperhatikan dalam perancangan tabung pemanas.

#### **4.2. Penutup**

Dalam penulisan tugas akhir perhitungan umur tabung pemanas ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu sehingga dapat terselesaikan tugas ini. Semoga dengan terselesainya penyusunan tugas akhir ini dapat membantu dan bermanfaat bagi pembaca khususnya mahasiswa teknik mesin sebagai pengetahuan dalam teknologi perancangan khususnya pada perancangan tabung pemanas.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca, agar penyusunan tugas akhir ini dapat lebih sempurna.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak pembimbing dan penguji tugas akhir ini, semoga penulis dapat lebih mendalami tentang perhitungan umur dari tabung pemanas sehingga dapat berguna bagi penulis nantinya didalam dunia kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

Popov.E.P,1991. *Mechanics of materials*. Erlangga. Jakarta.

Smallman.R.E,1991. *Metallurgi Fisik Modern*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Surdia T,Shinroku Saito,1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Prandya Paramita .  
Jakarta.

.....,1988, *American Petroleum Institute Recommended Practice 530,  
Calculation of Heater-Tube Thickness in Petroleum Refineries*. America Petroleum  
Institute.USA.

# LAMPIRAN

```

    parB:=378.28*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
970.25*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+933.07*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-395.24 *
StrToFloat(e)+61.994;
    ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
    Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
    Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) = 11 then
begin
    parB:=359.13*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
917.5*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+878.31*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-370.28 * StrToFloat(e)+57.803;
    ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
    Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
    Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) >= 12 then
begin
    parB:=446.12*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
1164.7*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+1137.2*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-488.94 * StrToFloat(e)+77.87;
    ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
    Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
    Frendah.Edit1.Text:='0';
end;
Close;
end;
end;

procedure TFInput.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    Close;
    Frendah.t.SetFocus;
end;

procedure TFInput.Edit1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
    if not (key in ['0'..'9', #8, #13, #46]) then
        begin
            key := #0;
        end
    else
        if key = #13 then
            begin
                Button1Click(Sender);
            end
        else
            if key = #46 then
                key := #44;
            end;
end;
end.

```



```

else
if StrToFloat(StringN) = 5 then
begin
parB:=216.79*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
497.41*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+430.99*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-162.63 *
StrToFloat(e)+22.195;
ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) = 6 then
begin
parB:=200.37*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
464.99*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+408.32*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-156.89 *
StrToFloat(e)+21.972;
ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) = 7 then
begin
parB:=198.04*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
473.72*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+428.9*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-170.53 * StrToFloat(e)+24.888;
ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) = 8 then
begin
parB:=587.29*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
1516.9*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+1464.1*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-621.6 * StrToFloat(e)+97.691;
ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) = 9 then
begin
parB:=10130*(exp(6*ln(StrToFloat(e))))-
36902*(exp(5*ln(StrToFloat(e))))+54963*(exp(4*ln(StrToFloat(e))))-
42682*(exp(3*ln(StrToFloat(e))))+18138*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-3968.5 * StrToFloat(e)+344.81;
ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
Frendah.Edit1.Text:='0';
end
else
if StrToFloat(StringN) = 10 then
begin

```

```

Button2: TButton;
Image1: TImage;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Edit1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  FInput, TFlInput;

implementation

uses Urendah;

{$R *.dfm}

procedure TFlInput.Button1Click(Sender: TObject);
var n, parB, ts: real;
    e, StringN: String;
begin
if (StrToFloat(Edit1.Text)<=0.5) or (StrToFloat(Edit1.Text)> 0.9) then
  begin
    Application.MessageBox('Nilai Yang Diiijinkan Antara 0,5 s/d 0,9','Kesalahan...','MB_OK or
    MB_ICONERROR);
    Edit1.SetFocus;
  end
else
  begin
    e:=Edit1.Text;
    n :=(0.0000007*(exp(3*ln(StrToFloat(Frendah.t.Text))))-
0.0009*(exp(2*ln(StrToFloat(Frendah.t.Text))))+0.3485*StrToFloat(Frendah.t.Text)-27.898);
    StringN:=FloatToStrF(n,ffNumber,3,0);
    if StrToFloat(StringN) <= 3 then
      begin
        parB:=17.287*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-13.454 * StrToFloat(e)+2.4558;
        ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
        Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
        Frendah.Edit1.Text:='0';
      end
    else
      if StrToFloat(StringN)= 4 then
        begin
          parB:=17.945*(exp(2*ln(StrToFloat(e))))-13.638 * StrToFloat(e)+3.3866;
          ts:=StrToFloat(Frendah.ca.Text)/parB;
          Frendah.tm.Text:=FloatToStr(ts+StrToFloat(e)*StrToFloat(Frendah.ca.Text));
          Frendah.Edit1.Text:='0';
        end
      end
end

```

```
ADOTable1['Pe']:= (pe.Text);
ADOTable1['T']:= t.Text;
ADOTable1['CA']:= ca.Text;
ADOTable1['se']:= StrToFloat(Edit1.Text);
//ADOTable1['ts']:= ts.Text;
ADOTable1['tm']:= (tm.Text);
ADOTable1.Post;
bersihClick(sender);
end;
```

```
procedure TFrendah.Button2Click(Sender: TObject);
begin
if ADOTable1.RecordCount > 0 then
begin
ADOTable1.Delete;
FormActivate(sender);
d0.SetFocus;
end
end;
```

```
procedure TFrendah.Button3Click(Sender: TObject);
begin
laporansuhurendah.Preview;
d0.SetFocus;
end;
```

```
procedure TFrendah.Button4Click(Sender: TObject);
begin
laporansuhurendah.Print;
end;
```

```
procedure TFrendah.Button5Click(Sender: TObject);
begin
Close;
end;
```

end.

```
unit UInput;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, jpeg, ExtCtrls;
```

```
type
```

```
TFInput = class(TForm)
Edit1: TEdit;
Label1: TLabel;
Button1: TButton;
```

```

if StrToInt(t.Text) <= 425 then
begin
a:=exp(4*ln(StrToFloat(t.Text)));
b:=exp(3*ln(StrToFloat(t.Text)));
c:=exp(2*ln(StrToFloat(t.Text)));
d:=exp(1*ln(StrToFloat(t.Text)));
se:=(0.000000004*a)-(0.000006*b)+(0.0037*c)-(1.039*d)+235.29;
Edit1.Text:=FloatToStrf((se),ffFixed,12,4);
pembagi:=((2*se)+StrToFloat(pe.Text));
if pembagi = 0 then
begin
Application.MessageBox('PERHITUNGAN MENGHASILKAN NILAI ts
NEGATIF!!!','KESALAHAN',
MB_OK or MB_ICONERROR);
d0.SetFocus;
end
else
begin
ts:=(StrToFloat(pe.Text)*StrToFloat(d0.Text)/pembagi);
tm.Text:=FloatToStrf((ts+StrToFloat(ca.Text)),ffFixed,12,4);
end;
end
else
if StrToInt(t.Text) > 425 then
begin
if Application.MessageBox('Suhu Lebih Dari 425 Derajat' + #13 +
'Perhitungan Akan Dialihkan Pada Rumus Suhu Tinggi' + #13 +
'Anda Setuju...?', 'Perhatian...', MB_YESNO or MB_ICONQUESTION) = IdYes then
begin
Application.CreateForm(TFInput, FInput);
FInput.ShowModal;
end
else
t.SetFocus;
end;
end;
end;
procedure TFrendah.bersihClick(Sender: TObject);
begin
d0.Text:='';
pe.Text:='';
t.Text:='';
ca.Text:='';
d0.SetFocus;
tm.Text:='';
Edit1.Text:='';
end;

procedure TFrendah.Button1Click(Sender: TObject);
begin
ADOTable1.Append;
ADOTable1['D0']:=D0.Text;

```

```
key:=#44;  
end;
```

```
procedure TFrendah.caKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);  
begin  
if not (key in['0'..'9', #8, #13, #46]) then  
begin  
key :=#0;  
end  
else  
if key = #13 then  
begin  
hitung.SetFocus;  
end  
else  
if key = #46 then  
key:=#44;  
end;
```

```
procedure TFrendah.hitungClick(Sender: TObject);  
var se : Double;  
ts,pembagi: Real;  
a,b,c,d,f: Real;
```

```
begin  
if StrToInt(d0.Text)=0 then  
begin  
Application.MessageBox('Diameter Luar Tidak Boleh Nol','Kesalahan...',MB_OK or  
MB_ICONERROR);  
d0.SetFocus;  
end  
else  
if StrToInt(pe.Text)=0 then  
begin  
Application.MessageBox('Tekanan Tidak Boleh Nol','Kesalahan...',MB_OK or  
MB_ICONERROR);  
pe.SetFocus;  
end  
else  
if StrToInt(t.Text)=0 then  
begin  
Application.MessageBox('Suhu Tidak Boleh Nol','Kesalahan...',MB_OK or MB_ICONERROR);  
t.SetFocus;  
end  
else  
if StrToInt(ca.Text)=0 then  
begin  
Application.MessageBox('Korosi Tidak Boleh Nol','Kesalahan...',MB_OK or MB_ICONERROR);  
ca.SetFocus;  
end  
else
```

```
        and (Trim(t.Text) <> "") and (Trim(ca.Text) <> "");
Button1.Enabled := (Trim(d0.Text) <> "") and (Trim(pe.Text) <> "")
        and (Trim(t.Text) <> "") and (Trim(ca.Text) <> "");
Button2.Enabled := ADOTable1.RecordCount > 0;
end;
```

```
procedure TFrendah.d0KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if not (key in ['0'..'9', #8, #13, #46]) then
begin
key := #0;
end
else
if key = #13 then
begin
pe.SetFocus;
end
else
if key = #46 then
key := #44;
end;
```

```
procedure TFrendah.peKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if not (key in ['0'..'9', #8, #13, #46]) then
begin
key := #0;
end
else
if key = #13 then
begin
t.SetFocus;
end
else
if key = #46 then
key := #44;
end;
```

```
procedure TFrendah.tKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if not (key in ['0'..'9', #8, #13, #46]) then
begin
key := #0;
end
else
if key = #13 then
begin
ca.SetFocus;
end
else
if key = #46 then
```

```

Label14: TLabel;
Label12: TLabel;
Label15: TLabel;
ADOTable1: TADOTable;
DataSource1: TDataSource;
Bevel5: TBevel;
Bevel6: TBevel;
DBGrid1: TDBGrid;
Button1: TButton;
Button2: TButton;
ADOTableID: TAutoIncField;
ADOTableID0: TFloatField;
ADOTablePe: TFloatField;
ADOTableT: TFloatField;
ADOTableCA: TFloatField;
ADOTableSe: TFloatField;
ADOTableIts: TFloatField;
ADOTabletm: TFloatField;
Button3: TButton;
Button4: TButton;
Button5: TButton;
procedure FormActivate(Sender: TObject);
procedure d0KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure peKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure tKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure caKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure hitungClick(Sender: TObject);
procedure bersihClick(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Frendah: TFrendah;

implementation

uses REPORT, UTinggi, UInput;

{$R *.dfm}

procedure TFrendah.FormActivate(Sender: TObject);
begin
  hitung.Enabled := (Trim(d0.Text) <> '') and (Trim(pe.Text) <> '');

```

```

end;

procedure TFTinggi.Button3Click(Sender: TObject);
begin
laporansuhutinggi.Preview;
end;

procedure TFTinggi.Button4Click(Sender: TObject);
begin
laporansuhutinggi.Print;
end;

end.

```

### Source Code Suhu Rendah

```

unit Urendah;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, ComCtrls, jpeg, Buttons, Grids, DBGrids, DB,
  ADODB;

type
  TFrendah = class(TForm)
    StatusBar1: TStatusBar;
    d0: TEdit;
    pe: TEdit;
    t: TEdit;
    ca: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel3: TBevel;
    hitung: TButton;
    bersih: TButton;
    Label10: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Image1: TImage;
    Bevel2: TBevel;
    Bevel4: TBevel;
    Label13: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    tm: TEdit;

```



```
f.Text:= "";
tm.Text:= "";
ld.Text:= "";
rs.Text:= "";
end;
```

```
procedure TFTinggi.tExit(Sender: TObject);
begin
  IF t.Text="" THEN
    begin
      Application.MessageBox('Suhu Harus Diisikan !','Kesalahan...',MB_OK or MB_ICONERROR);
      t.SetFocus;
    end
  else
    if StrToFloat(T.Text)< 425 then
      begin
        Application.MessageBox('Suhu Harus Lebih Dari 425 Derajad Celcius',
          'Kesalahan', MB_OK or MB_ICONERROR);
        t.SetFocus;
      end;
    end;
end;
```

```
procedure TFTinggi.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  ADOTable1.Append;
  ADOTable1['D0']:=d0.Text;
  ADOTable1['Pr']:=pr.Text;
  //ADOTable1['Sr']:=sr;
  ADOTable1['T']:=t.Text;
  ADOTable1['Ca']:=ca.Text;
  //ADOTable1['n']:=n;
  ADOTable1['f']:=f.Text;
  ADOTable1['tm']:=tm.Text;
  ADOTable1['Rs']:=rs.Text;
  ADOTable1['Ld']:=ld.Text;
  ADOTable1.Post;
  bersihClick(Sender);
end;
```

```
procedure TFTinggi.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  if ADOTable1.RecordCount > 0 then
    begin
      ADOTable1.Delete;
      FormActivate(sender);
    end;
end;
```

```
procedure TFTinggi.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  Close;
```

```

end ;
if f.Text= '0' then
begin
Application.MessageBox('f TIDAK BOLEH NOL','KESALAHAN',MB_OK);
f.SetFocus;
end ;
if ca.Text= '0' then
begin
Application.MessageBox('CA TIDAK BOLEH NOL','KESALAHAN',MB_OK);
ca.SetFocus;
end ;
if (StrToFloat(f.Text) < 0.5) or (StrToFloat(f.Text) > 1) then
begin
Application.MessageBox('Nilai f Yang Dijinkan : 0,5 - 1,00','Informasi',
MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
f.SetFocus;
end;
if StrToFloat(tm.Text) - StrToFloat(ca.Text)*StrToFloat(f.Text) <= 1 then
begin
Application.MessageBox('Proses Menghasilkan Nilai Negatif'+#13+
'Silahkan Cek Ulang !','Kesalahan',MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
tm.SetFocus;
end
else
begin
ts:=StrToFloat(tm.Text)-(StrToFloat(f.Text)*StrToFloat(ca.Text));
if StrToFloat(d0.Text)/ts <= 1 then
begin
Application.MessageBox('Proses Menghasilkan nilai negatif',
'Kesalahan', MB_OK or MB_ICONERROR);
D0.SetFocus;
end
else
begin
sr:= ((StrToFloat(pr.Text)/2)*((StrToFloat(d0.Text)/ts)-1));
a:=exp(2* ln (sr));
b:=exp(1* ln(sr));
rs.Text:=FloatToStrF(((0.0001*a)-(0.0544*b)+ 21.505),ffFixed,12,4);
logLd:= (StrToFloat(rs.Text)*(exp(3* ln(10)))/(StrToFloat(t.Text)+273))-20;
ld.Text:=FloatToStrF(((exp(logLd*ln(10)))/8640),ffFixed,12,4);
end;
end;
end;

procedure TFTinggi.bersihClick(Sender: TObject);
begin
d0.Text:="";
pr.Text:="";
t.Text:="";
ca.Text:="";
d0.SetFocus;

```

```

begin
    key := #0;
end
else
if key = #13 then
    if ca.Text="" then
        begin
            Application.MessageBox("Tidak Boleh Kosong",'Kesalahan',MB_OK or MB_ICONERROR);
        end
    else
        begin
            hitung.SetFocus;
        end
    else
if key = #46 then
    key := #44;
end.

```

```

procedure TFTinggi.FormActivate(Sender: TObject);

```

```

begin
    hitung.Enabled := (Trim(d0.Text) <> "") and (Trim(pr.Text) <> "") and (Trim(tm.Text) <> "")
        and (Trim(t.Text) <> "") and (Trim(ca.Text) <> "") and (Trim(f.Text) <> "");
    Button1.Enabled := (Trim(d0.Text) <> "") and (Trim(pr.Text) <> "") and (Trim(tm.Text) <> "")
        and (Trim(t.Text) <> "") and (Trim(ca.Text) <> "") and (Trim(f.Text) <> "");
    Button2.Enabled := ADOTable1.RecordCount > 0;
end;

```

```

procedure TFTinggi.hitungClick(Sender: TObject);

```

```

var sr : Real;
    ts, logLd : Real;
    a, b : Real;
begin
if d0.Text = '0' then
    begin
        Application.MessageBox('D0 TIDAK BOLEH NOL','KESALAHAN',MB_OK);
        d0.SetFocus;
    end ;
if pr.Text = '0' then
    begin
        Application.MessageBox('Pr TIDAK BOLEH NOL','KESALAHAN',MB_OK);
        pr.SetFocus;
    end ;
if t.Text = '0' then
    begin
        Application.MessageBox('T TIDAK BOLEH NOL','KESALAHAN',MB_OK);
        t.SetFocus;
    end ;
if tm.Text = '0' then
    begin
        Application.MessageBox('tm TIDAK BOLEH NOL','KESALAHAN',MB_OK);
        tm.SetFocus;
    end ;

```

```
    end
else
if key = #46 then
    key:=#44;
end;
```

```
procedure TFTinggi.tmKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if not (key in['0'..'9', #8, #13, #46]) then
    begin
        key :=#0;
    end
else
if key = #13 then
    if tm.Text="" then
        begin
            Application.MessageBox('Tidak Boleh Kosong','Kesalahan',MB_OK or MB_ICONERROR);
        end
    else
        begin
            f.SetFocus;
        end
    end
else
if key = #46 then
    key:=#44;
end;
```

```
procedure TFTinggi.fKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if not (key in['0'..'9', #8, #13, #46]) then
    begin
        key :=#0;
    end
else
if key = #13 then
    if f.Text="" then
        begin
            Application.MessageBox('Tidak Boleh Kosong','Kesalahan',MB_OK or MB_ICONERROR);
        end
    else
        begin
            ca.SetFocus;
        end
    end
else
if key = #46 then
    key:=#44;
end;
```

```
procedure TFTinggi.caKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if not (key in['0'..'9', #8, #13, #46]) then
```



```

Button1: TButton;
Button2: TButton;
Button3: TButton;
Button4: TButton;
Button5: TButton;
Label20: TLabel;
tm: TEdit;
Label6: TLabel;
f: TEdit;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label3: TLabel;
rs: TEdit;
Label13: TLabel;
Bevel1: TBevel;
procedure d0KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure prKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure tKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure caKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure FormActivate(Sender: TObject);
procedure hitungClick(Sender: TObject);
procedure bersihClick(Sender: TObject);
procedure tExit(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure tmKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure fKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  FTinggi: TFTinggi;

implementation

uses reporttinggi;

{$R *.dfm}

procedure TFTinggi.d0KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
  if not (key in['0'..'9', #8, #13, #46]) then
  begin
    key :=#0;
  end
end

```

## Source Code Suhu Tinggi

```
unit UTinggi;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, ComCtrls, StdCtrls, ExtCtrls, jpeg, Buttons, Grids, DBGrids, DB,
  ADODB;

type
  TFTinggi = class(TForm)
    StatusBar1: TStatusBar;
    d0: TEdit;
    pr: TEdit;
    t: TEdit;
    ca: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Id: TEdit;
    Bevel2: TBevel;
    Bevel3: TBevel;
    hitung: TButton;
    bersih: TButton;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label19: TLabel;
    Image1: TImage;
    Bevel4: TBevel;
    Bevel5: TBevel;
    DBGrid1: TDBGrid;
    ADOTable1: TADOTable;
    DataSource1: TDataSource;
    ADOTable1ID: TAutoIncField;
    ADOTable1D0: TFloatField;
    ADOTable1Pr: TFloatField;
    ADOTable1Sr: TFloatField;
    ADOTable1T: TFloatField;
    ADOTable1CA: TFloatField;
    ADOTable1n: TFloatField;
    ADOTable1f: TFloatField;
    ADOTable1tm: TFloatField;
    ADOTable1RS: TFloatField;
    ADOTable1Ld: TFloatField;
  end;
end.
```

```

procedure TFutama.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
  Application.CreateForm(TFTinggi, FTinggi);
  FTinggi.ShowModal;
end;

procedure TFutama.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin
  Application.CreateForm(TFrendah, Frendah);
  Frendah.ShowModal;
end;

procedure TFutama.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  BacaReg;
  if ValueReg <> 'FullVersion' then
    Registrasi;
end;

procedure TFutama.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  StatusBar1.Panels.Items[1].Text:=DateToStr(now);
end;

procedure TFutama.FormActivate(Sender: TObject);
begin
  BacaReg;
  if ValueReg = 'TrialVersion' then
    begin
      if now > StrToDate('02/02/06') then
        begin
          Application.MessageBox('Masa Pengerjaan TA Telah Selesai' + #13+
            'Terimakasih Atas Kerjasamanya'+#13+
            'Jika Ingin Menggunakan Program Ini,'+#13+
            'Silahkan Hubungi Programer Anda','Kesalahan',MB_OK or MB_ICONERROR);
          Application.CreateForm(TFregistrasi, Fregistrasi);
          Fregistrasi.ShowModal;
        end;
      end;
    end;

procedure TFutama.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
begin
  Application.Terminate;
end;

end.

```





**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA**  
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman –Yogyakarta  
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax (0274) 886529; Email : [teknik@staff.usd.ac.id](mailto:teknik@staff.usd.ac.id)

**UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI**  
**TANGGAL : 1 April 2006**

NAMA Mhs. : Dwi Setiyono

NIM : 995214032

JUDUL :

*Perhitungan umur tabung pemanas menggunakan pemrograman borland delphi 6.0 untuk bahan karbon sedang*

Pembimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Pembimbing Kedua : Ir. Yohanes Sardjono, APU

**USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI**

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

*-flowchart (hal 26,27)*

*Keterangan gambar*

*Kesimpulan*

*Daftar Pustaka*

*Simbol ? (persamaan)*

*Intisari*

*Penjelasan persamaan n, Pa, B, Se yang tertulis pada flow chart*  
*dan judul*

