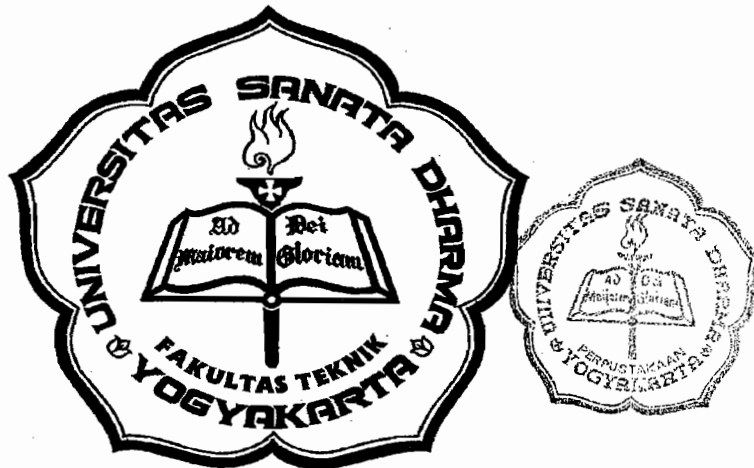


**PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS
MENGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0
UNTUK BAHAN BAJA 2 ¼ Cr 1Mo**

TUGAS AKHIR

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



Disusun oleh :

**Nama : Titus Devi sanjaya
NIM : 005214018**

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

**LIFE TIME CALCULATION OF HEATER TUBE
USING BORLAND DELPHIE 6.0
FOR 2 ¼ Cr 1Mo STEEL**

FINAL PROJECT

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



By

Name : Titus Devi Sanjaya

NIM : 005214018

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

TUGAS AKHIR
PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS
MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0
UNTUK BAHAN BAJA 2 ¼ Cr 1Mo

Disusun oleh :

Titus Devi Sanjaya

NIM : 005214018

Telah disetujui oleh :

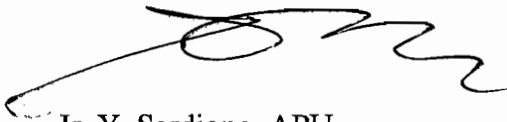
Pembimbing I



Budi Setyahandana, ST.MT

Tanggal, 21-1-2006

Pembimbing II



Ir. Y. Sardjono, APU

Tanggal, 15-2-2006

TUGAS AKHIR

PERHITUNGAN UMUR TABUNG PEMANAS MENGUNAKAN PEMROGRAMAN BORLAND DELPHI 6.0 UNTUK BAHAN BAJA 2 ¼ Cr 1Mo

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Titus Devi Sanjaya
NIM : 005214018

Telah dipertahankan didepan panitia penguji

Pada tanggal, 21 Januari 2006

Dan dinyatakan memenuhi syarat

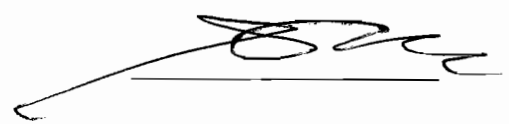
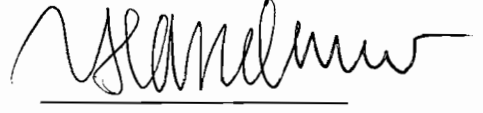
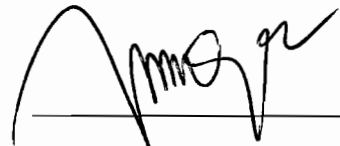
Susunan panitia penguji

Ketua : Igusti Ketut Puja ST.MT.

Sekretaris : Wibowo Kusbandono ST.MT

Anggota : Budi Setyahandana ST.MT

Anggota : Ir. Y. Sardjono. APU



Yogyakarta, Febuari 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, 21 Januari 2006



Titus Devi Sanjaya



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 : 589 / TA / FT-USD / TM September/ 2005

Nama : Titus Devi Sanjaya
NIM : 005214018
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul :

Perancangan umur Tabung dengan Bahan 2 1/4 Cr 1 Mo terhadap pengaruh Suhu, Tekanan dan Korosi..

Tanggal dimulai : 6 September 2005

Pembimbing II

Yogyakarta, 12 September 2005

Pembimbing I

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

MOTTO

“Semua Hanya Karena AnugerahNya”

Ketika semua jalan tertutup dan seakan-akan tidak ada lagi harapan, ketika itu **JESUS sanggup** buka jalan.....pertolonganNya tak pernah telambat ..! Bukan seberapa besar masalahmu tetapi berapa besar kamu punya **IMAN** pada **ALLAH** yang hidup..

“ Segala Perkara dapat kutanggung didalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku “

(Filipi 4 : 13)

“Sbab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan masa depan yang penuh HARAPAN”

(Yeremia 29:11)

“Seorang sahabat menaruh kasih setiap waktu, dan ,menjadi saudara dalam kesukaran”

(Amsal 17:17)

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

♥ Allah Bapa, Putera dan Roh Kudus

Engkaulah kekuatan terbesar dalam hidupku, hanya dalam namaMu "**JESUS**" semua persoalan dapat kuatasi dan selalu ada harapan baru.

♥ 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.

♥ Adiku "Ria" dan "edo"

Kalianlah yang selama ini telah memberi dukungan, doa sehingga aku kuat dan tegar dalam menghadapi hidup dan merasakan kesejatian kasih dalam keluarga. Ayo terus maju .. semangat ya !

♥ Kekasihku sahabatku Cisca "Chea"

Yang selama ini selalu setia mendampingi "Dhepie" dalam suka maupun duka, khususnya disaat Dhepie 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 "Chea" selamanya. .

(akupun tidak berhenti mengucapkan syukur kepada Tuhan karena kamu, dan aku selalu mengingat kamu dalam doaku.... Efesus 1: 16).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus 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 Soenaryo dan ibuku Supriyati yang sangat kukasihi, terima kasih banyak buat teladan hidupnya dukungan doa dan adiku Ria,Edo kalian semua membuatku merasakan kasih yang luar biasa didalam keluarga.
7. Papa dan Mama di Jakarta terima kasih buat kasih sayang yang selama ini kurasakan, juga buat mbak lena dan mas Harto.
8. Semua keluargaku di Jepara ,terima kasih buat dukungan doa dan perhatiannya.

9. Bapak Heribertus Sunanto dan Ibu Maria Sukeci terima kasih atas segala perhatian,kasih sayang serta kepercayaan yang telah diberikan padaku. selama ini.
10. Francisca kriswidiyanti terima kasih telah menjadi bagian yang manis dalam hidupku, yang tak pernah berhenti memberiku motivasi . Terima kasih juga buat kakak-kakak cisca dan juga keponakan-keponakannya .
11. Sahabatku:Sadha,Guntur,Adi,Julie,Yoss,Agoes,Febri, Sopyan,Ndaru, Samuel, Heru Uun,Dwi,Revo,Taru,Krisna,Piyel,Budi,Bayu,Riky,Jacob,Pamungkas,Wawan terima kasih banyak selalu membuatku tersenyum ketika didalam kesusahan sehingga aku bisa menemukan kasih persahabatan yang sejati
12. Sahabatku semua di GKPB,GBT,GBIKA,MudikaStStephan kita semua adalah satu didalam Kristus. Serta pihak-pihak lainnya yang belum sempat penulis cantumkan namanya,atas dorongan semangat, kerjasama, serta bantuan dalam bentuk apapun demi terselesainya tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini memberi manfaat bagi para pembaca.!

Yogyakarta, Februari 2006

Titus Devi Sanjaya



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 GRAFIK.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
INTISARI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Pengertian Umum.....	1
1.2 Latar Belakang Masalah	1
1.3 Tujuan Perancangan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Baja Tahan Karat	5
2.1.1 Pengaruh unsur paduan baja	5
2.1.2 Struktur Baja tahan karat.....	5

2.2	Baja Tahan Panas.....	7
2.2.1	Baja tahan panas ferit.....	9
2.2.2	Baja tahan panas austenit.....	9
2.3	Korosi.....	11
2.4	Dasar perancangan.....	13
2.4.1	Menghitung tegangan.....	15
2.4.2	Perancangan elastic.....	16
2.4.3	Perancangan rupture.....	17
 BAB III PERANCANGAN		
3.1	Perancangan Tabung.....	18
3.2	Perancangan Suhu Rendah.....	20
3.3	Perancangan Suhu Tinggi.....	22
3.4	Pemrograman.....	27
 BAB IV PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Program.....	33
4.2	Sistem Pengendali.....	36
4.3	Hasil Perhitungan.....	39
4.3.1	Suhu rendah.....	39
4.3.2	Suhu tinggi.....	44

BAB V KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Penutup.....	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	<i>Limiting design temperature</i>	18
3.2	<i>Minimum thickness tubes</i>	19
4.1	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan suhu	40
4.2	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tekanan.....	42
4.3	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tebal korosi....	43
4.4	Hasil perhitungan umur tabung akibat tekanan.....	45
4.5	Hasil perhitungan umur tabung akibat suhu.....	46
4.6	Hasil perhitungan umur tabung akibat <i>corrosion fraction</i>	47
4.7	Hasil perhitungan umur tabung akibat diameter luar.....	49

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan suhu.....	41
4.2	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tekanan.....	42
4.3	Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tebal korosi....	44
4.4	Hasil perhitungan umur tabung akibat tekanan.....	45
4.5	Hasil perhitungan umur tabung akibat suhu.....	47
4.6	Hasil perhitungan umur tabung akibat <i>corrosion fraction</i>	48
4.7	Hasil perhitungan umur tabung akibat diameter luar.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Elastic stress</i> baja 2 ¼ Cr 1Mo	20
3.2	<i>Rupture eksponen</i> baja 2 ¼ Cr 1Mo.....	22
3.3	<i>Corrosion fraction</i>	23
3.4	<i>Rupture strength</i> baja 2 ¼ Cr 1Mo.....	25
4.1	Tampilan form pembuka program	34
4.2	Tampilan form suhu rendah	35
4.3	Tampilan form suhu tinggi.....	36
4.4	Tampilan pengendali inputan kosong	38
4.5	Tampilan pengendali inputan nol.....	38
4.6	Tampilan pengendali inputan suhu	38
4.7	Tampilan pengendali inputan suhu.....	38
4.8	Tampilan pengendali inputan suhu	39
4.9	Informasi nilai f.....	39

INTI SARI

Perhitungan ini membahas tentang umur dari tabung dengan menggunakan bahan 2 1/4Cr 1Mo terhadap suhu, tekanan dan korosi. Karena ada suatu perbedaan pokok antara perilaku material pada temperatur, ada dua pertimbangan perancangan yang berbeda untuk perancangan *elastis* dan perancangan *rupture*. Perancangan elastis adalah perancangan pada daerah yang elastis, pada temperatur lebih rendah, dimana tegangan yang diijinkan didasarkan pada tegangan luluh. Perancangan *rupture* perancangan pada daerah *creep rupture*, pada temperatur lebih tinggi dimana tegangan yang diijinkan didasarkan pada kekuatan *rupture*.

Untuk mempermudah dan mempercepat proses pengolahan data dari perhitungan ini maka dapat dilakukan dengan cara komputerisasi yaitu pengolahan data dengan cara pemrograman. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah borlan dhelphi 6.0

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengertian Umum

Tugas akhir dari fakultas teknik adalah suatu usaha untuk menerapkan ide-ide atau pemikiran yang akan kita tuangkan dalam suatu bentuk perancangan berdasar dari data yang ada dan melakukan perhitungan terhadap suatu elemen yang akan kita rancang dengan tujuan agar alat atau elemen mesin yang kita rancang dapat berguna dan bekerja dengan baik. Untuk membuat suatu alat kerja, yang terutama dibutuhkan yaitu, tuntutan agar alat kerja tersebut nantinya dapat berfungsi dengan baik dan diharapkan kesalahan perancangan dapat ditekan seminimal mungkin, sehingga dapat memenuhi kriteria dan syarat keamanan yang cukup baik, oleh karena itu dalam perancangan ini diperlukan suatu perhitungan dan analisa yang cukup baik dan teliti.

1.2 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu 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 dengan bahan baja tahan karat 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.

1.3 Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan dalam tugas akhir ini adalah :

Menghitung umur dan tebal tabung pemanas terhadap suhu, tekanan dan korosi kedalam bentuk komputasi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Perhitungan umur tabung pemanas ini berdasarkan. *API Recommended Practice 530 Third Edition*, September 1988.
- b. Bahan yang digunakan Baja 2 ¼ Cr 1Mo.
- c. Bahasa pemrograman yang digunakan Borland Dhelphi 6.0.
- d. Perhitungan umur tabung pemanas ini hanya memperhitungkan faktor jari-jari tabung.

1.5 Sistematika Penulisan

- 1) BAB I : PENDAHULUAN
- 2) BAB II : DASAR TEORI
- 3) BAB III : PERANCANGAN
- 4) BAB IV : PEMBAHASAN
- 5) BAB V : KESIMPULAN DAN PENUTUP

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Baja Tahan Karat

Salah satu cacat pada penggunaan baja adalah terjadinya karat, yang biasanya dicegah dengan mempergunakan pelapisan dan pengecatan. Baja tahan karat adalah semua baja yang tidak berkarat. Banyak diantara baja ini yang digolongkan secara metalurgi menjadi baja bahan karat austenit, baja tahan karat ferit, baja tahan karat martensit dan baja tahan karat tipe pengerasan presipitasi.

2.1.1 Pengaruh unsur-unsur paduan pada ketahanan karat dari besi.

Kalau Cr dipadukan pada besi di atas 12-13%, karat yang berwarna merah tidak terbentuk, karena oleh adanya oksigen di udara terjadi permukaan yang stabil (permukaan pasif). Oleh karena itu baja yang mengandung unsur tersebut dinamakan baja tahan karat. Kalau baja mengandung lebih dari 17% Cr akan terbentuk lapisan yang stabil. Karat pada lasan dari baja tahan karat 17% sering terjadi disebabkan karena presipitasi karbida Cr pada batas butir dan oksidasi Cr dari permukaan karenanya lapisan permukaan menjadi kekurangan Cr yang mengurangi ketahanan karatnya. Kalau Ni dipadukan pada besi kehilangan berat disebabkan korosi didalam asam berkurang dan ketahanan korosi dapat diperbaiki.

Baja tahan karat adalah baja paduan yang memanfaatkan keefektifan unsure paduan tersebut seperti Cr dan Ni dan dapat dibagi menjadi system Fe-Cr

dan Fe-Cr-Ni yang pertama termasuk baja tahan karat martensit dan ferit, yang terakhir baja tahan karat austenit. Biasanya Mo, Cu ditambahkan pada baja tahan karat ini untuk memenuhi maksud tertentu pada penggunaan.

2.1.2 Struktur baja tahan karat

Memperhatikan unsur Cr yang menjadi komponen utama pada baja tahan karat, Cr dapat larut dalam besi memperluas daerah α (ferit). Dalam baja dengan 12% Cr pada temperatur di atas 900°C terjadi fasa γ (austenit). Dalam paduan yang nyata C dan N juga terkandung, jadi fasa γ diperluas ke daerah yang mempunyai konsentrasi Cr lebih tinggi. Baja tahan karat 12% Cr biasa dipakai, diaustenitkan dari 900 sampai 1000°C tergantung kadar C nya, dan dicelup dingin pada minyak. Sehingga mempunyai fasa α dimulai dari temperatur pembekuan sampai temperatur kamar, tetapi karena sebenarnya mengandung 0,03-0,10%C dan 0,01-0,02%N, maka kira-kira di atas 930°C terbentuk fasa γ . Oleh karena itu perlakuan panas untuk mendapat fasa α dilakukan di bawah 850°C , baja ini dinamakan baja tahan karat ferit.

Struktur baja 18%Cr-8%Ni adalah struktur dua fasa dari $\alpha + \gamma$ dalam keseimbangan, tetapi kenyataannya pada kira-kira 1050°C seluruhnya menjadi austenit dan setelah pendinginan dalam air atau dalam udara fasa γ terbentuk pada temperature kamar sukar bertransformasi ke fasa α , baja ini dinamakan baja tahan karat austenit. Fasa γ merupakan fasa metastabil, sebagai contoh kalau diadakan deformasi plastic bias terjadi transformasi martensit. Kalau baja

dipergunakan dalam bentuk austenit, maka perlu diadakan perlakuan panas untuk membentuk austenit tadi setelah dilakukan deformasi plastik, atau perlu dipakai baja yang mengandung lebih banyak Ni untuk memberikan kestabilan pada fasa austenit.

2.1.3 Jenis baja tahan karat

a. Baja tahan karat martensit

Komposisi baja tahan karat martensit adalah 12-13%Cr dan 0,1-0,3%C. Kadar Cr sebanyak ini adalah batas terendah untuk ketahanan asam karena itu baja ini sukar berkarat di udara, tetapi ketahanan karat suatu larutan juga cukup.

Sampai 500^oC baja ini banyak dipakai karena mempunyai ketahanan panas yang baik sekali, dan dengan pengerasan dan penemperan dapat diperoleh sifat-sifat mekanik yang baik, oleh karena itu baja ini dapat dipakai untuk alat pemotong, perkakas dan sebagainya.

b. Baja tahan karat ferit

Baja tahan karat ferit adalah baja yang terutama mengandung Cr sekitar 16-18% atau lebih. Kebanyakan komponen dibuat dari plat tipis, sebagai bahan untuk bagian dalam dari suatu konstruksi, untuk peralatan dapur, untuk komponen trim mobil bagian dalam, dan sebagainya. Perlu diperhatikan bahwa pada lingkungan korosi yang ringan tidak terjadi karat, tetapi berada pada air larutan yang netral, dapat terjadi korosi lubang atau krevis kalau

terdapat sedikit ion klor. Plat tipis dari baja ini menyebabkan tanda regangan spesifik disebabkan oleh tarikan atau penarikan dalam.

Sifat yang menguntungkan dari baja tahan karat ferit adalah bahwa tanpa kandungan Ni sukar untuk terjadi retakan korosi tegangan. Yaitu bahwa kalau ketahanan baja tahan karat ferit dibuat sama atau lebih baik dari baja tahan karat austenit, akan lebih menguntungkan apabila dipakai baja tahan karat ferit daripada baja tahan karat austenit, yang lebih mudah terjadi retakan korosi tegangan. Selanjutnya ketahanan korosi lubang bertambah kalau Cr dan Mo ditambahkan lebih banyak sebagai bahan pengganti Ni yang mahal, maka dipakai baja 18%Cr-1%Mo, 18-19%Cr-2%Mo dan sebagainya. Selanjutnya baja tahan karat ferit yang mengandung lebih dari 18%Cr adalah getas tetapi keuletannya tergantung pada jumlah kadar C dan N.

c. Baja tahan karat austenit

Baja ini mempunyai struktur 18%Cr-8%Ni dan mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik, mampu bentuk dan mampu las. Karena itu dipakai pada berbagai industri kimia. Selain itu juga dipakai sebagai bahan konstruksi, perabot dapur, turbin, mesin jet, mobil dan lain sebagainya.

2.2 Baja Tahan Panas

Penggunaan baja tahan panas sangat luas termasuk pada ketel uap untuk pembangkit tenaga listrik, turbin uap dan turbin gas, berbagai reactor untuk industri kimia dan reaktor untuk tenaga atom, terutama penting untuk bahan

kostruksi pembangkit tenaga. Karena bahan-bahan ini cenderung dalam temperature tinggi dan tekanan tinggi dalam skala besar, atau dipakai dalam lingkungan yang khusus, contohnya pembangkit tenaga nuklir, boiler, dan sebagainya. Banyak diminta bahan yang mempunyai persyaratan tertentu dalam lingkup yang luas, jadi penyempurnaan dan pengembangan bahan tersebut maju pesat. Pada umumnya sifat-sifat yang diminta dari baja tahan panas adalah sebagai berikut:

- 1) Sifat-sifat mekanis yaitu kekuatan panas yang tinggi (kekuatan melar) untuk bisa bertahan pada temperatur yang tinggi dalam waktu yang lama, keuletan dan ketahanan yang lebih baik, mempunyai ketahanan yang kuat untuk kelelahan pada temperatur yang tinggi dan ketahanan terhadap kejutan termal dan mempunyai sensitivitas yang kurang terhadap takikan.
- 2) Sifat-sifat kimia yaitu mempunyai ketahanan yang baik terhadap korosi dan oksidasi pada temperatur yang tinggi dan mempunyai stabilitas yang baik di dalam lingkungan dimana bahan ini dipergunakan.
- 3) Sifat-sifat fisik, koefisien pemuaian panas yang rendah dan berat jenis yang rendah, dan mempunyai konduktivitas termal yang besar.
- 4) Mudah dicairkan, mudah dicor, mudah ditempa, mudah dilas, dan juga mudah dibengkokkan.
- 5) Mempunyai harga yang murah

Sifat-sifat dasar pada 1) dan 2) adalah sifat-sifat yang diminta untuk dapat lebih baik, berdasarkan itu tegangan perencanaan dapat ditetapkan.

2.2.1 Baja tahan panas ferit

Baja tahan panas ferit adalah baja Mo, Cr-Mo, Cr-Mo-V, Cr-Mo-V-W, 12%Cr dan baja Si-Cr. Untuk baja Mo dan Cr-Mo biasanya dipakai untuk ketel uap, dan baja Cr-Mo-V dan Cr-Mo-V-W adalah untuk turbin uap, baja 12% Cr untuk sudu-sudu berputar dari turbin uap dan lain-lain. Baja Si-Cr dipergunakan untuk katup mobil.

2.2.2 Baja tahan panas austenit

a. Baja tahan karat austenit

Ada baja tahan karat 18-8, yang diperkuat oleh penambahan Ti, Nb, Mo, dan sebagainya dan yang mempunyai ketahanan panas lebih tinggi dengan menambahkan lebih banyak Cr dan Ni.

b. Baja cor tahan panas

Baja tahan panas harus mempunyai kekuatan tinggi pada temperatur tinggi, yang mengakibatkan pengerjaan panas lebih sukar, sehingga kebanyakan dari baja ini biasanya dicor. Baja Ni-Cr mengandung sampai 20% Ni dan baja paduan tinggi Ni-Cr kedua-duanya mempunyai ketahanan oksidasi sampai 1150°C , baja yang pertama mempunyai kekuatan pemelaran dan perpanjangan yang tinggi, sedangkan baja yang terakhir kuat terhadap kejutan termal dan pemanasan berulang demikian juga pendinginan berulang.

c. Paduan super berkadar dasar besi

Paduan Ni-Cr-Fe dan Ni-Co-Cr-Fe dapat dipergunakan pada kekuatan tinggi sampai kira-kira temperatur 750°C - 800°C pada baja tipe pengerasan tegangan berarti bahwa matriks austenit diperkuat dengan menambahkan unsur pembentuk karbid, seperti Mo, W, Nb, Ti. Karena kekuatan yang cukup tidak dapat dicapai dengan hanya perlakuan panas, maka dilakukan 20-30% pengerjaan panas dan dingin pada 600 - 700°C dan dilunakkan untuk menghilangkan tegangan pada 650 - 730°C . Kalau baja ini harus dipergunakan pada 700°C atau lebih, sebaiknya dilakukan pelakuan penuaan pada 700 - 800°C setelah pelakuan pelarutan pada 1100 - 1250°C dan diikuti pendinginan tiba-tiba.

d. Paduan super berdasar Ni

Pengembangan paduan super berkadar dasar Ni dengan kekuatan yang tinggi pada temperatur tinggi 900 - 1000°C . Paduan super berdasar pada Ni juga dikembangkan untuk coran, dan NASA-VI-A adalah paduan yang mempunyai kekuatan patah melar yang tinggi, yaitu $14,7\text{kgf/mm}^2$ pada 920°C untuk 1000 jam. Teknik pengecoran presisi telah dikembangkan sehingga produk-produk coran sangat dapat dipercaya karena dengan penempaan seperti telah dikemukakan bahwa daerah penempaan panas sangat sempit dan sangat sukar untuk dipakai. Dengan mempergunakan teknik pengecoran yang ada secara praktis telah dibuat pembekuan yang tidak mengarah dan kristal tunggal untuk sudu-sudu turbin.

e. Paduan super berkadar dasar Co

Paduan yang utama adalah Co-Ni-Cr. Paduan vitalium (HS 21) menarik perhatian yang pertama ketika mesin jet dibuat dan dipergunakan sebagai bahan untuk sudu-sudu yang berputar dari turbin dan untuk nozel.

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 dikhususkan bagi korosi pada besi. Karat diartikan sebagai lapisan merah kekuning-kuningan yang melekat pada besi sbagai proses kimia atau dengan kata lain korosi adalah proses kimia. Sedangkan korosi diartikan proses perubahan atau perusakan yang disebabkan oleh reaksi kimia atau dengan kata lain korosi adalah proses kimia atau elektrokimia yang kompleks dan dapat merusak logam melalui reksi terhadap lingkungannya. Korosi pada permukaan logam masih dapat terjadi meskipun elektrolit cair tidak ada dan proses ini disebut korosi kering. Proses korosi kering yang paling nyata adalah reaksi logam dan oksigen diudara. Reaksi ini menghasilkan oksida logam yang mekanisme oksidanya adalah :



2.3.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi

Terjadinya korosi dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

a. Faktor dari luar

Lingkungan sangat berpengaruh dalam terjadinya korosi, karena korosi sendiri adalah reaksi antar logam dengan lingkungannya. Lingkungan adalah sebutan yang paling mudah untuk mengartikan semua unsur disekitar logam terkorosi pada saat reaksi. Lingkungan dibagi menjadi dua yaitu:

1. Lingkungan udara

Faktor paling penting yang menyebabkan korosi udara adalah adanya kandungan air dalam udara. Untuk memulai terjadinya 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 bermacam-macam: karbon dioksida, belerang dioksida, senyawa-senyawa nitrat, hydrogen sulfide, ammonium, klorida. 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 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.

b. 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 dibandingkan dengan yang berada pada kisi normal. Proses korosi yang terjadi biasanya bersifat lokal, logam akan kehilangan sebagian kekuatannya dan ini dapat mengakibatkan kondisi yang berbahaya terutama bila dijumpai pada komponen-komponen yang mengalami tegangan.

2.4 Dasar Perancangan

Terdapat perbedaan mendasar antara perilaku baja karbon dalam suatu pipa pemanas minyak yang beroperasi pada suhu 575 °F (300°) dengan baja chromium- molibdenum dalam pipa pemanas yang beroperasi pada suhu 1110° F (600 ° C). Baja yang beroperasi di temperatur yang lebih tinggi akan mulur atau

berubah bentuk untuk selamanya, bahkan pada tegangan di bawah tegangan luluh. Ketika temperatur pipa logam cukup tinggi untuk terjadinya efek mulur, pipa akan menjadi cepat rusak akibat *creep rupture*, bahkan ketika korosi atau mekanisme oksidasi tidak bekerja. Untuk baja yang beroperasi pada temperatur yang lebih rendah, efek mulur akan menjadi tidak ada atau dapat diabaikan. Penelitian menunjukkan bahwa pada kasus ini, pipa akan bertahan dengan tak terbatas kecuali jika mekanisme korosi atau oksidasi aktif.

Karena ada suatu perbedaan pokok antara perilaku material pada dua temperatur tersebut, ada dua pertimbangan perancangan yang berbeda untuk perancangan pipa pemanas *elastis* dan perancangan *creep rupture*. Perancangan elastis adalah perancangan pada daerah yang elastis, pada temperatur lebih rendah, dimana tegangan yang diijinkan didasarkan pada tegangan luluh. Perancangan *creep rupture* (yang mana disebut di bawah perancangan *rupture*) perancangan pada daerah *creep rupture*, pada temperatur lebih tinggi dimana tegangan yang diijinkan didasarkan pada kekuatan *rupture*.

Temperatur yang memisahkan daerah *elastis* dan daerah *creep rupture* pada pipa pemanas bukanlah nilai mutlak. Tetapi merupakan suatu daerah temperatur yang tergantung pada campuran baja. Untuk baja karbon, temperatur terendah dari daerah ini adalah sekitar 800⁰F (425 ⁰C) untuk baja tahan karat tipe 347, temperatur terendah daerah ini adalah sekitar 1100 ⁰F (590 ⁰C), hal-hal lain yang perlu dipertimbangan dalam perancangan meliputi perancangan tekanan *elastis* dan *rupture*, perancangan umur dan korosi yang diijinkan. Pada daerah temperatur didekat atau di atas titik dimana garis tegangan *elastis* dan *rupture*

yang diijinkan berpotongan, maka persamaan yang digunakan adalah persamaan perancangan *elastis* dan *rupture*. Nilai t_m yang lebih besar harus dapat menentukan perancangan.

2.4.1 Persamaan untuk menghitung tegangan

Pada daerah *elastis* dan daerah *creep rupture*, persamaan perancangan didasarkan pada persamaan rata-rata diameter untuk tegangan dalam pipa. Pada daerah *elastis*, digunakan perancangan tekanan elastis (P_e) dan tegangan *elastis* yang diijinkan (S_e). Pada daerah *creep rupture*, digunakan perancangan tekanan *rupture* (P_r) dan tegangan *rupture* yang diijinkan (S_r).

Persamaan rata-rata diameter memberi suatu perkiraan yang tepat dari tekanan yang akan menghasilkan luluh dari keseluruhan dinding pipa pada pipa tipis. Persamaan diameter rata-rata juga memberikan suatu korelasi yang tepat antara *creep rupture* suatu pipa bertekanan dan suatu spesimen uji berporos tunggal. Maka dari itu persamaan ini merupakan persamaan yang tepat untuk digunakan baik dalam daerah *elastis* maupun *creep rupture*. Persamaan diameter rata-rata untuk tegangan sebagai berikut, yang diambil dari (API Recommended Practice 530, hal 4)

$$S = \frac{P}{2} \left(\frac{D_o}{t} - 1 \right) = \frac{P}{2} \left(\frac{D_i}{t} + 1 \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana:

S = tegangan, (MPa).

P = tekanan. (MPa).

D_0 = diameter luar. (mm).

D_1 = diameter dalam (mm).

t = ketebalan (mm).

2.4.2 Perancangan *Elastis* (untuk temperatur rendah)

Perancangan yang elastis didasarkan pada pencegahan kerusakan yang dapat mengakibatkan pecah ketika tekanannya maksimum. Dengan perancangan *elastis*, t_s dan t_m dihitung dengan persamaan yang diambil dari (API Recommended Practice 530, hal 4)

$$t_s = \left(\frac{P_e D_0}{2S_e + P_e} \right) \quad \text{atau} \quad t_s = \left(\frac{P_e D_i}{2S_e - P_e} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$t_m = t_s + CA \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

S_e = tegangan elastis diijinkan pada perancangan temperature bahan (MPa).

P_e = Tekanan Elastis

D_0 = Diameter luar

CA = Tebal korosi yang diijinkan

t_s = Tebal akibat tekanan

t_m = Tebal minimum

2.4.3 Perancangan *Rupture* (untuk Temperatur tinggi)

Perancangan *rupture* didasarkan pada pencegahan kerusakan pada daerah *rupture* yang disebabkan bertambahnya tekanan dan korosi. Pada perancangan *rupture*, t_s dan t_m dihitung sebagai berikut menggunakan persamaan yang diambil dari (API Recommended Practice 530, hal 4)

$$t_s = \left(\frac{P_r D_o}{2S_r + P_r} \right) \quad \text{atau} \quad t_s = \left(\frac{P_r D'_i}{2S_r - P_r} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$t_m = t_s + fCA \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana:

S_r = tegangan *rupture* yang diijinkan dalam perancangan temperatur logam dan umur sisa perancangan, (Mpa).

P_e = Tekanan Elastis

D_o = Diameter luar

t_s = Tebal akibat tekanan

t_m = Tebal minimum

f = nilai korosi diberi seperti fungsi B dan n dalam figur

$$B = CA / t_s \dots\dots\dots(2.6)$$

CA = Tebal korosi yang diijinkan

n = *rupture* eksponen pada perancangan temperatur logam

BAB III PERANCANGAN

3.1 Perancangan Tabung

Bahan yang digunakan untuk perancangan tabung ini menggunakan Baja tahan karat 2 ¼ Cr 1Mo dengan batas suhu operasi 650 °C sesuai dengan yang ada ditabel. Bila suhu pengoperasian diatas batas suhu yang diijinkan maka akan terjadi pengurangan umur dari tabung tersebut bahkan bisa terjadi hal yng tidak diinginkan.

**Tabel 3.1 (limiting design temperatur)
(API Recommended Practice 530,hal 11)**

Material	Limiting Design Metal Temperature		Lower Critical Temperature	
	Degrees Fahrenheit	Degrees Celsius	Degrees Fahrenheit	Degrees Celsius
	Carbon steel	1000	540	1325
C-1/2 Mo steel	1100	595	1325	720
1 1/4Cr-1/2Mo steel	1100	595	1430	775
2 1/4Cr-1Mo steel	1200	650	1480	805
3Cr-1Mo steel	1200	650	1500	815
5Cr-1/2Mo steel	1200	650	1520	820
5Cr-1/2Mo-Si steel	1300	705	1550	845

7Cr-1/2Mo steel	1300	705	1515	825
9Cr-1Mo steel	1300	705	1515	825
18Cr-8Ni steel	1500	815	-	-
16Cr-12Ni-2Mo steel	1500	815	-	-
18Cr-10Ni-Ti steel	1500	815	-	-
18Cr-10Ni-Cb steel	1500	815	-	-
Ni-Fe-Cr	1800	985	-	-
25Cr-20Ni	1850	1010	-	-

Dalam merencanakan ukuran dari diameter luar tabung dan ketebalan minimum dari tabung dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

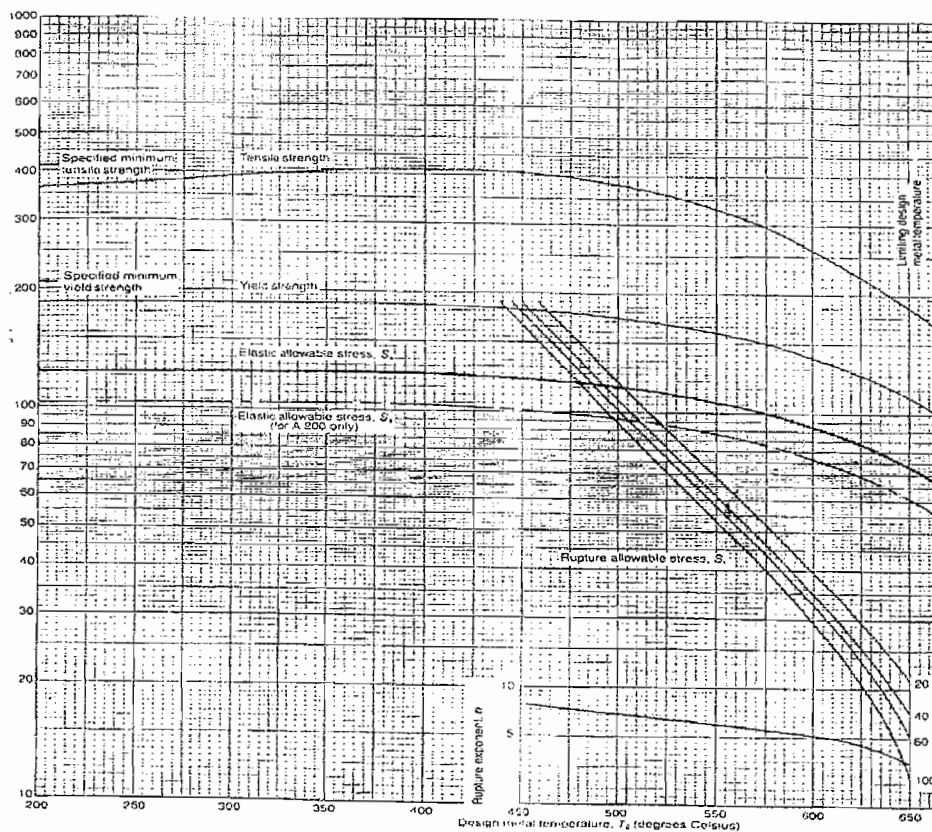
**Tabel 3,2 (*minimum thickness tubes*)
(API Recommended Practice 530,hal 5)**

Tube Outside Diameter		Minimum Thickness			
		Ferritic Steel Tubes		Austenitic Steel Tubes	
Inches	Millimeters	Inches	Millimeters	Inches	Millimeters
2.375	60.3	0.135	3.4	0.095	2.4
2.875	73.0	0.178	4.5	0.105	2.7
3.50	88.9	0.189	4.8	0.105	2.7
4.00	101.6	0.198	5.0	0.105	2.7
4.50	114.3	0.207	5.3	0.105	2.7
5.563	141.3	0.226	5.7	0.117	3.0
6.625	168.3	0.245	6.2	0.117	3.0
8.625	219.1	0.282	7.2	0.130	3.3
10.75	273.1	0.319	8.1	0.144	3.7

3.2. Perancangan Suhu rendah (elastic design)

Dari hasil penelitian daerah elastis untuk baja 2 ¼ Cr 1Mo sampai dengan suhu 450°C, Umur tabung yang dihasilkan menjadi tidak terbatas, 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 :



**Gambar 3.1 Elastic stress baja 2 ¼ Cr 1Mo
(API Recommended Practice 530,hal 59)**

Setelah besarnya tegangan elastis diketahui maka dapat dihitung besarnya tebal minimum tabung pemanas akibat tegangan elastis yang terjadi (t_s) dengan menggunakan persamaan (API Recommended Practice 530,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 (API Recommended Practice 530,hal 5).

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

Dengan:

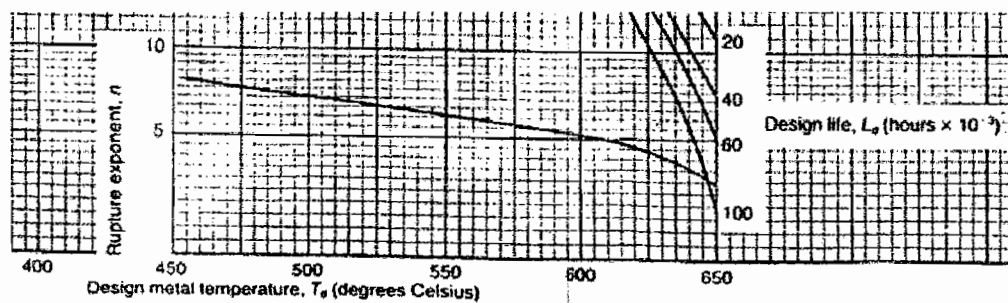
t_m = Tebal minimum tabung (mm)

CA = Tebal korosi yang diijinkan (mm)

3.3. Perancangan suhu tinggi (rupture design)

Perancangan tabung pemanas pada suhu operasi diatas 450°C perlu diperhatikan bahwa bahan baja $2\frac{1}{4}$ Cr 1Mo 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 Mengetahui rupture eksponen dari bahan Baja $2\frac{1}{4}$ Cr 1Mo



Gambar 3.2 (rupture eksponen $2\frac{1}{4}$ Cr 1Mo)
(API Recommended Practice 530,hal 59)

Kemudian mencari parameter B, berdasarkan Corrosion fraction (f)

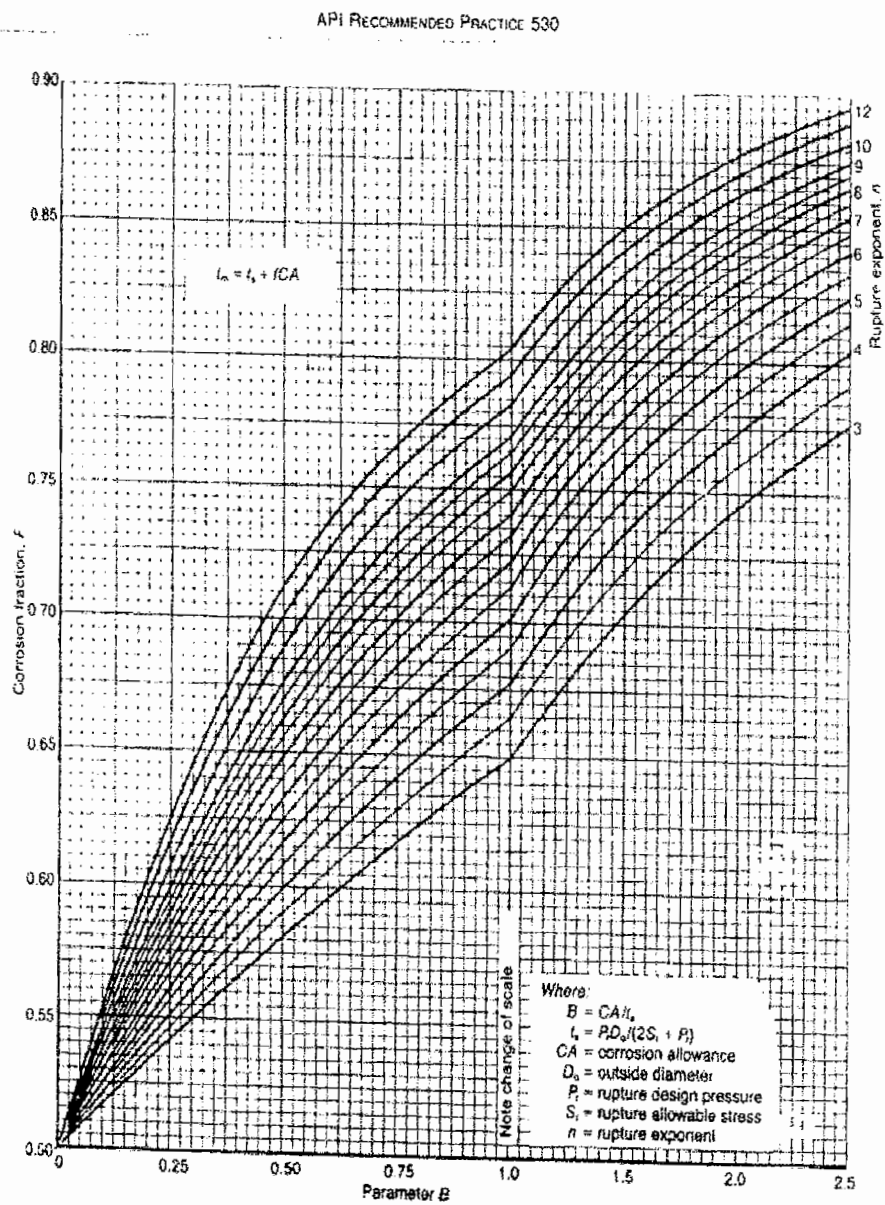


Figure 1—Corrosion Fraction

Gambar 3.3 (Corrosion fraction)
(API Recommended Practice 530,hal 11)

menghitung tebal tabung akibat terkena tekanan (t_m) dengan menggunakan rumus

(API Recommended Practice 530,hal 5)

:

Perhitungan tebal minimum

$$t_m = t_s + fCA \dots \dots \dots (3.3)$$

f = Corrosion Fraction

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.

$$B = CA / t_s \dots \dots \dots (3.4)$$

t_s = tebal akibat tegangan (mm)

CA = korosi yang diijinkan (mm)

Setelah diketahui tebal tabung akibat terkena tekanan maka dapat diketahui besarnya tegangan yang terjadi pada tabung pemanas dengan menggunakan persamaan rumus

(API Recommended Practice 530,hal 5) :

$$S_r = \frac{P_r}{2} \times \left[\frac{D_0}{t_s} - 1 \right] \dots \dots \dots (3.5)$$

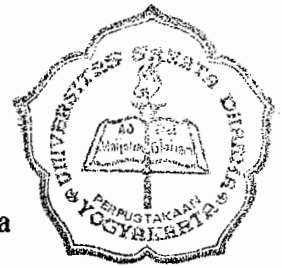
Dengan:

t_s = Tebal tabung yang menerima tegangan (mm)

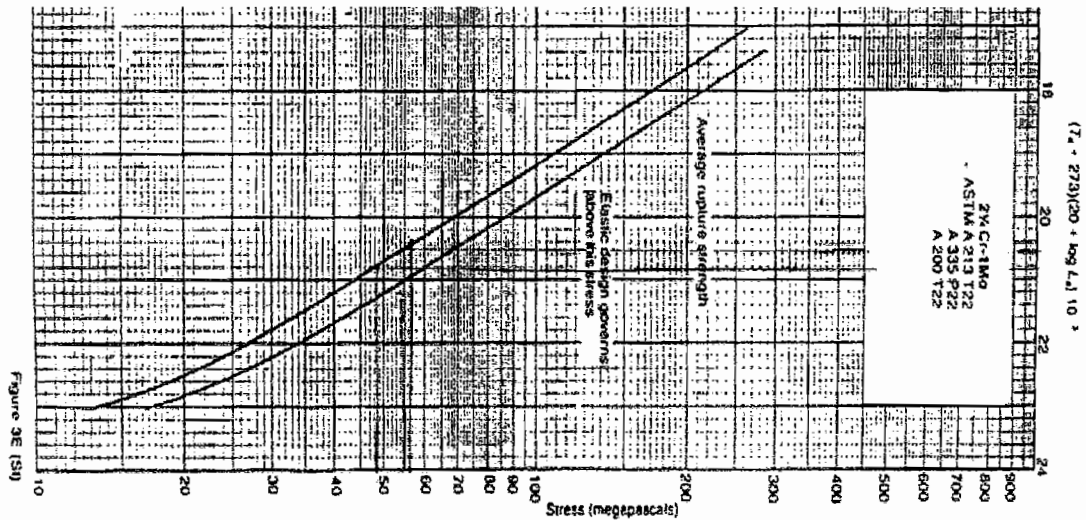
P_r = Tekanan (Mpa)

S_r = Tegangan (Mpa)

D_0 = Diameter luar tabung (mm)



Setelah besarnya tegangan yang terjadi pada tabung yang akan beroperasi dapat diketahui maka besarnya kekuatan baja akibat terkena tegangan (*Rupture Strength*)



Gambar 3.4 *rupture strength* baja 2 ¼ Cr 1Mo
(API Recommended Practice 530,hal 59)

Dengan besarnya *rupture strength* yang telah diperoleh maka kita dapat menghitung lamanya umur tabung (L_d) dengan rumus persamaan sesuai bahan 2 ¼ Cr 1 Mo

$$\text{Log}L_d = \left(\frac{rs \cdot 10^3}{T_d + 273} \right) - 20 \dots \dots \dots (3.6)$$

$$L_d = 10^{\text{Log}L_d}$$

Dengan

L_d = umur tabung (jam)

r_s = rupture strength

20 = (C) Nilai empiris.

Besarnya nilai empiris dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu bila bahan baja tersebut termasuk dalam golongan logam ferritic maka nilai C menggunakan 20 sedang bila tergolong logam austenitic maka nilai C menggunakan angka 15, sumber (API Recommended Practice 530,hal 11)

Jenis bahan yang digunakan :

Feritic Steels :

- Low-carbon steel
- Medium –Carbon Steel
- 1 ¼ Cr-1/2M₀
- 2 ¼ Cr – 1M₀
- 3Cr – 1M₀
- 5Cr-1/2M₀
- 5Cr-1/2M₀ - Si
- 5Cr-1/2M₀

Austenitic Steels :

- 18Cr-8Ni
- 16Cr-12Ni-2Mo
- 18Cr-10Ni-Ti
- 18Cr-10Ni-Cb
- Ni-Fe-Cr
- 25Cr-20Ni

3.4 Pemrograman

Berdasarkan rumus-rumus perhitungan untuk menghitung tebal maupun umur dari tabung dengan bahan $2\frac{1}{4}$ Cr 1Mo, Maka akan dibuat kedalam bentuk komputasi dengan tujuan mempermudah dan mempercepat proses penghitungan.,

Perancangan ini di bagi menjadi dua macam yaitu: untuk *elastic design* dan *rupture design*. Pertama-tama kita menentukan input data :

a).Suhu rendah (*Elastic Design*):

1. Diameter luar = D_0 (mm)
2. Tekanan elastis = P_e (MPa)
3. Suhu = T ($^{\circ}C$)
4. Tebal korosi yang diijinkan = CA (mm)

b).Suhu tinggi (*Rupture design*):

1. Diameter luar = D_0 (mm)
2. Tekanan rupture = P_r (MPa)
3. Suhu = T ($^{\circ}C$)
4. Corrosion Fraction = f
5. Tebal korosi yang diijinkan = CA (mm)

Kemudian menentukan output data yang akan ditampilkan :

a).Suhu rendah (*Elastic design*)

1. Tegangan elastis = S_e (MPa)
2. Tebal Minimum = t_m (mm)

b). Suhu tinggi (*Rupture design*) :

1. Tebal Minimum = t_m (mm)
2. Rupture strength = r_s (MPa)
3. Umur Tabung = L_d (tahun)

Diagram alir dibuat untuk memperjelas arah pemrogramannya. Hal ini berdasarkan urutan penghitungan untuk tebal tabung dan perhitungan rancangan umur dari tabung, dengan menentukan apa saja yang menjadi inputannya maupun output seperti keterangan diatas

Untuk membuat program diperlukan persamaan garis yang menyerupai gambar tabel untuk mempermudah perhitungan. persamaan ini didapat menggunakan program excel dengan cara memasukkan tiap titik koordinat sesuai dengan tabel yang kita cari persamaan garisnya, sehingga membentuk garis yang menyerupai tabel aslinya.

Persamaan *Elastic stress* (S_e) dari table 3.6 :

$$S_e = (-9 * 10^{-10}) T^4 - (7 * 10^{-7}) T^3 - 0,0003 * T^2 + 0,1271 * T + 106,46$$

Persamaan *Rupture exponent* dari table 3.3

$$n = (3 * 10^6) T^{-2,106}$$

Persamaan *Rupture strength* dari table 3.5 :

$$r_s = 0,0004 * S_r^2 - 0,0834 S_r + 24,09$$

Persamaan factor B dari table 3.4 :

$$n=3, B = -299,9.f^4 + 911,74.f^3 + 991,4.f^2 + 469,49.f - 82,124$$

$$n=4, B = 132,58.f^4 - 279,45.f^3 + 223,87.f^2 + 75,909.f + 8,633$$

$$n=5, B = 216,79.f^4 - 491,41.f^3 + 430,99.f^2 - 162,63.f + 22,195$$

$$n=6, B = 200,37.f^4 - 464,99.f^3 + 408,32.f^2 - 156,89.f + 21,972$$

$$n=7, B = 198,04.f^4 - 473,72.f^3 + 428,9.f^2 - 170,53.f + 24,88$$

$$n=8, B = 587,29.f^4 - 1516,9.f^3 + 146,1.f^2 - 621,6.f + 97,691$$

$$n=9, B = 604,35.f^4 - 1575,3.f^3 + 1532,5.f^2 - 655,72.f + 103,92$$

$$n=10, B = 378,28.f^4 - 970,25.f^3 + 933,07.f^2 - 395,24.f + 61,944$$

$$n=11, B = 359,13.f^4 - 917,5.f^3 + 878,31.f^2 - 370,28.f + 57,803$$

Diagram alir elastis design :

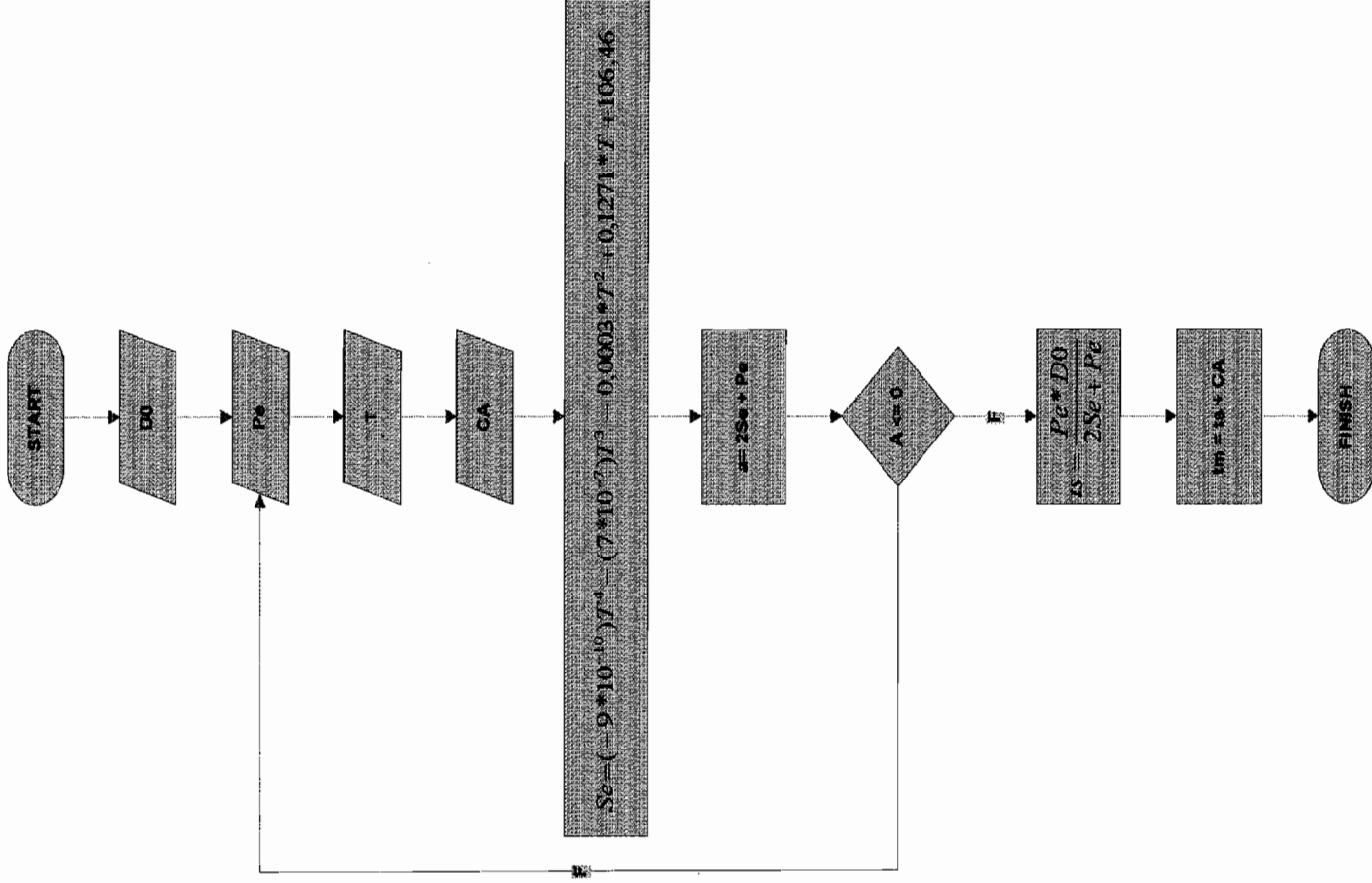
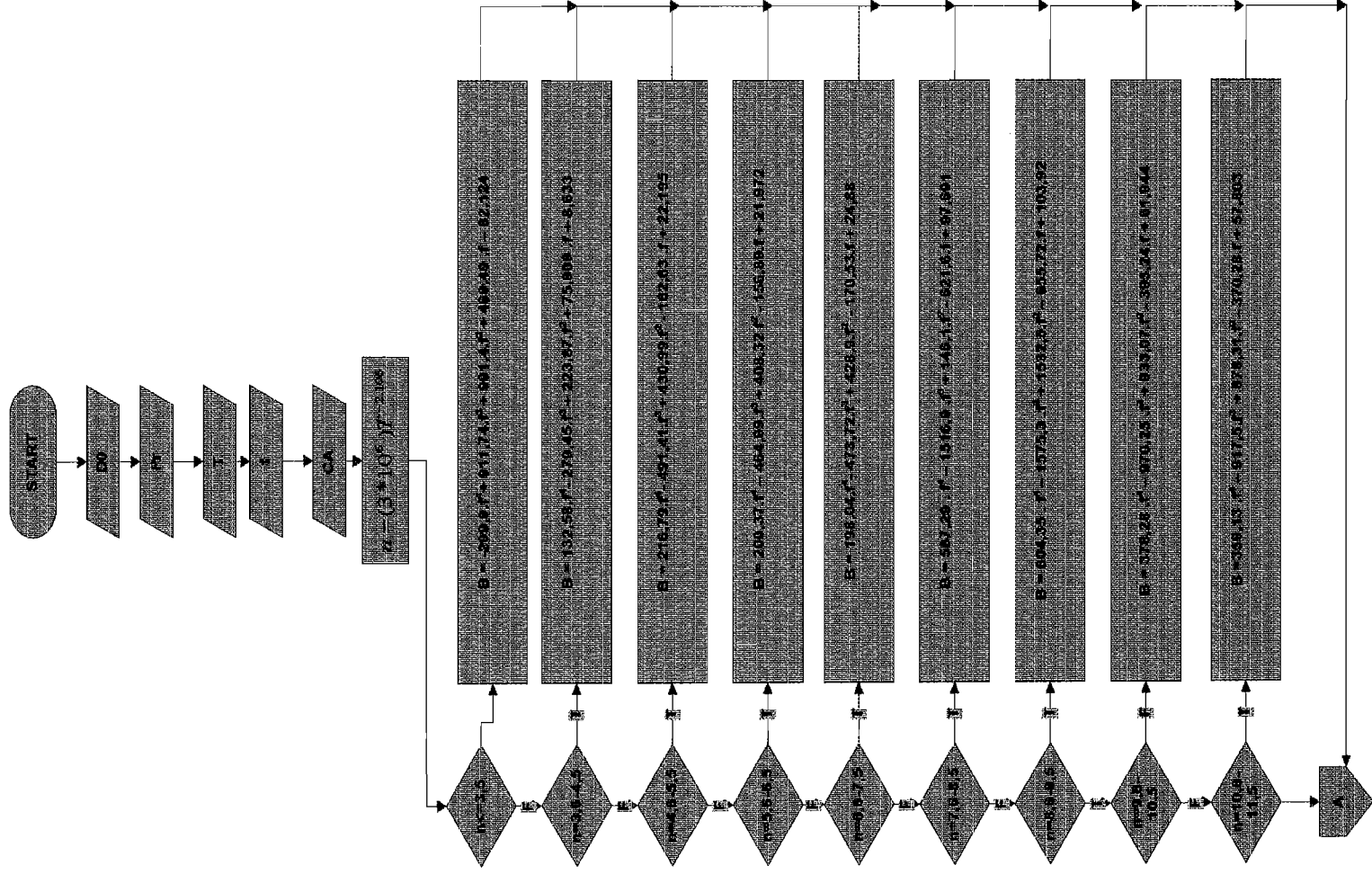
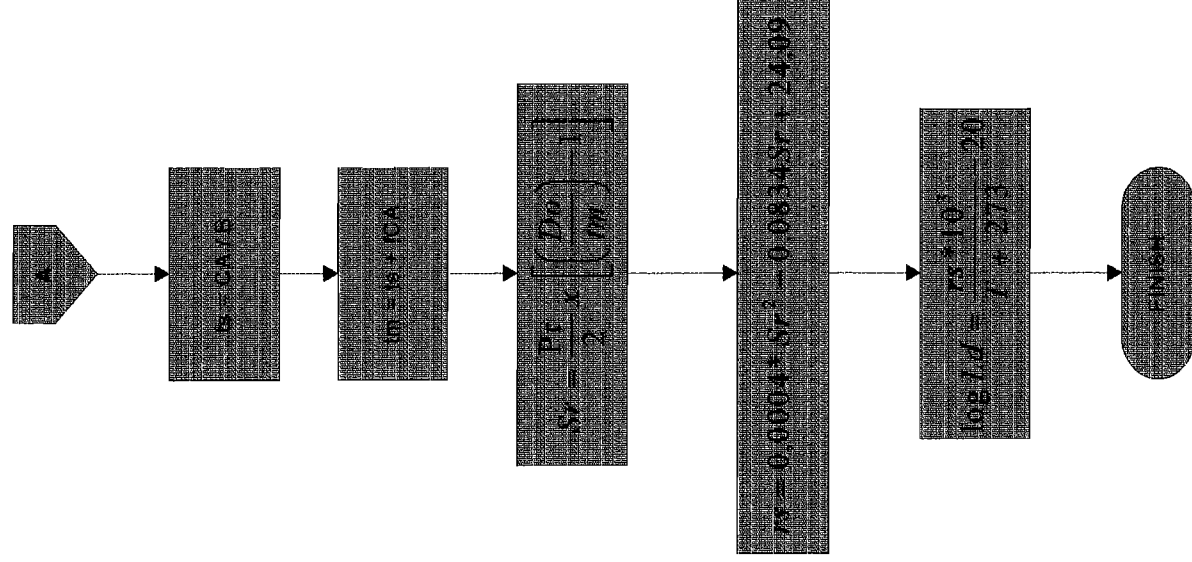


Diagram alir : Rupture Design



Lanjutan Diagram Alir : Rupture Design



BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Hasil Program

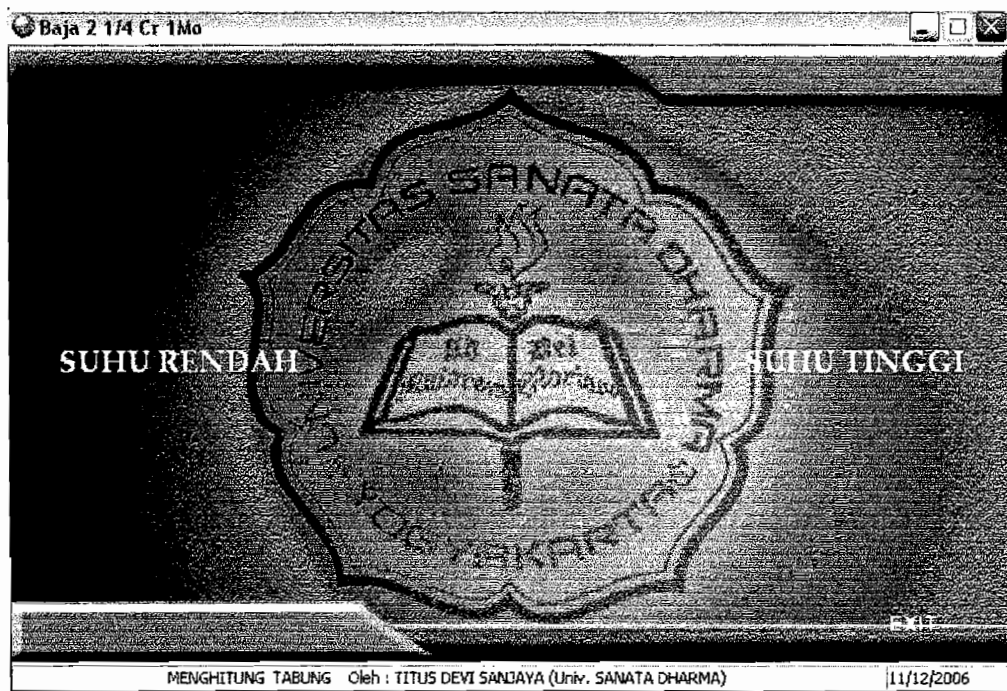
Program yang dihasilkan adalah program untuk merancang tabung dengan menggunakan bahan 21/4Cr 1Mo, Program ini dirancang untuk mempermudah perhitungan dan juga penggunaan program tersebut.

A. 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, tunggulah beberapa saat sampai tampilan menu utama seperti gambar 4.1.

B. Form Menu Utama

Dalam form menu utama ini terdapat dua tombol yaitu tombol elastic design dan rupture design. Kedua tombol ini mempunyai fungsi yang sama apabila di klik salah satu tombol tersebut akan menampilkan form input yang diinginkan.



Gambar 4.1 Tampilan Pembuka Program

C. Form Suhu Rendah (*Elastic Design*)

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

- **Tombol hitung** : Digunakan untuk menghitung elastic design 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.

BAJA 2 1/4 Cr 1Mo

MENGHITUNG TEBAL

Diameter Luar (D0) mm

Tekanan Elastis (Pe) MPa

Suhu (T) C

Tebal Korosi yang diijinkan (CA) mm

Tegangan elastis bahan (Se)

Tebal Minimum (tm) mm

D0	Pe	T	CA	Se	ts

MENGHITUNG TABUNG Oleh : TITUS DEVI SANJAYA (Univ. SANATA DHARMA)

Gambar 4.2 Tampilan form suhu rendah

D. Form Suhu Tinggi (*Rupture Design*)

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.

BAJA 2 1/4Cr 1Mo

MENGHITUNG UMUR

Diameter Luar (D0)	<input type="text"/>	mm
Tekanan Rupture (Pr)	<input type="text"/>	MPa
Suhu (T)	<input type="text"/>	C
Corrosion fraction(f)	<input type="text"/>	
Tebal Korosi yang diijinkan (CA)	<input type="text"/>	mm

Tebal minimum	<input type="text"/>	mm
Rupture Strength (Rs)	<input type="text"/>	MPa
Umur Tabung (Ld)	<input type="text"/>	Tahun

ID	DO	Pr	St	T	CA	Ld
1						

MENGHITUNG TABUNG Oleh : TITUS DEVI SANJAYA (Univ. SANATA DHARMA)

Gambar 4.3 Tampilan form suhu tinggi

4.2. Sistem Pengendali

a. Data inputan kosong

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



Gambar 4.4 Tampilan pengendali inputan kosong

b. Data inputan nol

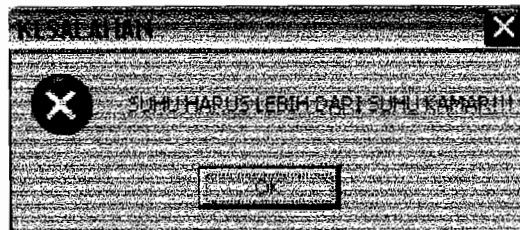
Jika seorang pemakai memasukkan nilai nol pada inputan, maka pada saat menekan tombol hitung akan tampil pesan seperti pada gambar 4.5 :



Gambar 4.5 Tampilan pengendali inputan nol

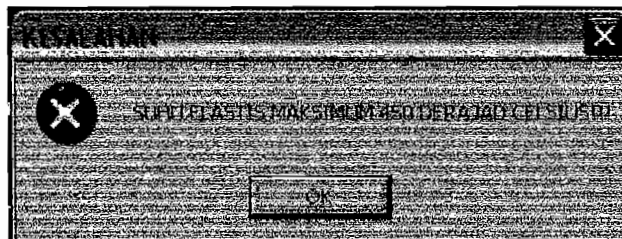
c. Data inputan suhu pada elastic design

Jika pemakai memasukkan nilai suhu kurang dari 27° C pada perhitungan elastic design, maka akan muncul pesan seperti pada gambar 4.6 :



Gambar 4.6 Tampilan pengendali inputan suhu

Sedang jika pemakai memasukkan nilai suhu diatas dari 450° C, maka akan muncul pesan seperti pada gambar 4.7:



Gambar 4.7 Tampilan pengendali inputan suhu

d. Data inputan suhu pada rupture design

Jika pemakai memasukkan nilai suhu kurang dari 450° C pada perhitungan suhu tinggi, maka akan muncul pesan seperti pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Tampilan pengendali inputan suhu

Bila pengisian (f) tidak = 0,5 -1 maka akan muncul pesan seperti pada gambar 4.9 :



Gambar 4.9 Informasi nilai f

4.3. Hasil Perhitungan

4.3.1 Suhu rendah

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 umur yang didapat tak terhingga karena pengoperasiannya pada suhu rendah.

Contoh Perhitungan :**a. Perhitungan tabung karena perubahan suhu**

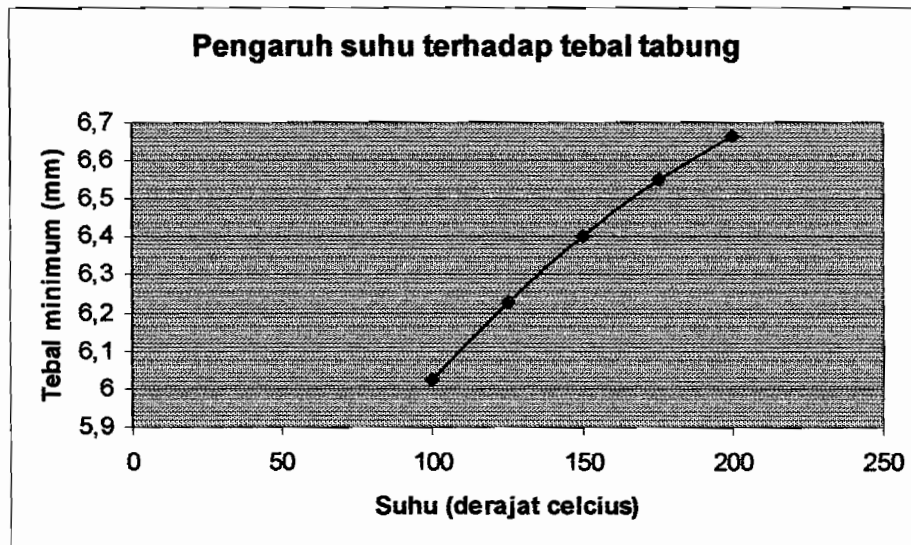
Misal : $D_0 = 200 \text{ mm}$

$P = 5 \text{ MPa}$

$CA = 3 \text{ mm}$

Tabel 4.1 Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan suhu

No	Suhu (°C)	Tebal minimum (mm)
1	100	6,025
2	125	6,226
3	150	6,402
4	175	6,549
5	200	6,666



Grafik 4.1 Pengaruh suhu terhadap tebal tabung

b. Perhitungan tabung karena perubahan tekanan

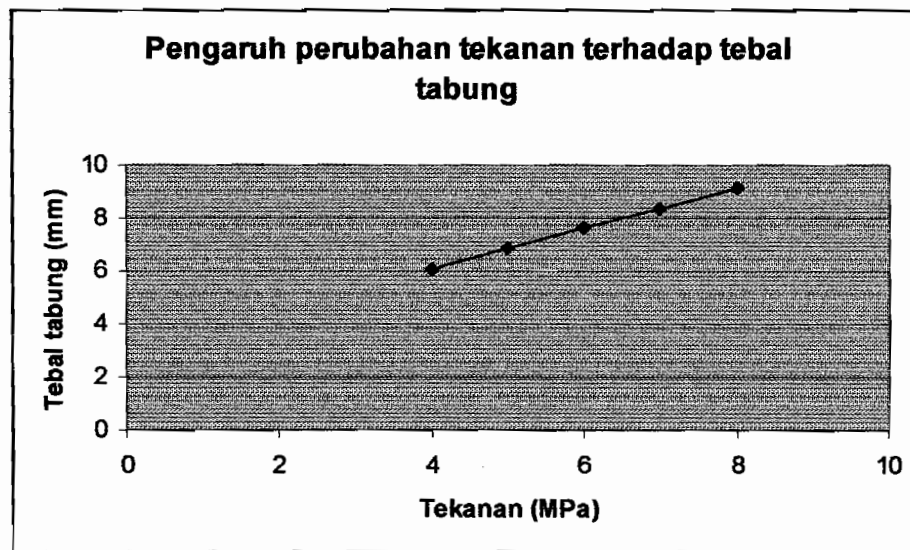
Misal : $D_0 = 200 \text{ mm}$

$T = 300^\circ \text{C}$

$CA = 3 \text{ mm}$

Tabel 4.2 Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tekanan

No	Tekanan (MPa)	Tebal minimum (mm)
1	4	6,101
2	5	6,861
3	6	7,615
4	7	8,364
5	8	9,1073

**Grafik 4.2 Pengaruh tekanan terhadap tebal tabung**

c. Perhitungan tabung karena perubahan ketebalan korosi yang diijinkan

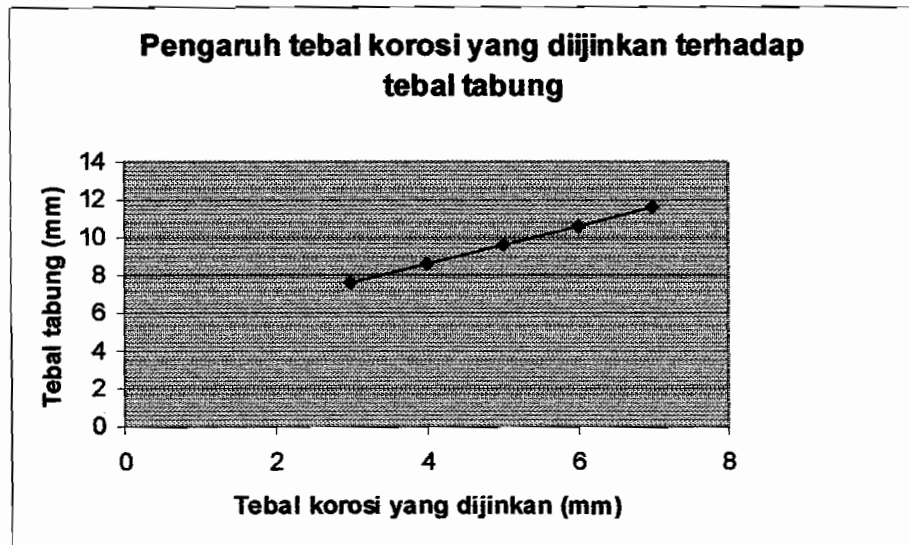
Misal : $D_0 = 200 \text{ mm}$

$P_e = 6 \text{ Mpa}$

$T = 300^\circ \text{C}$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan tebal tabung akibat perubahan tebal korosi

No	Tebal korosi yang diijinkan (mm)	Tebal minimum (mm)
1	3	7,615
2	4	8,615
3	5	9,615
4	6	10,615
5	7	11,615



Grafik 4.3. Pengaruh tebal korosi yang diijinkan

4.3.2 Suhu tinggi

Tabung yang bekerja diatas daerah elastis akan mengalami perubahan bentuk untuk selamanya dan bahan tabung akan cepat rusak bila terkena tekanan atau suhu. Dari kenyataan diatas maka dalam perancangan ini umur dari tabung harus dihitung:.

Contoh Perhitungan :

a. Perhitungan tabung karena perubahan Tekanan

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

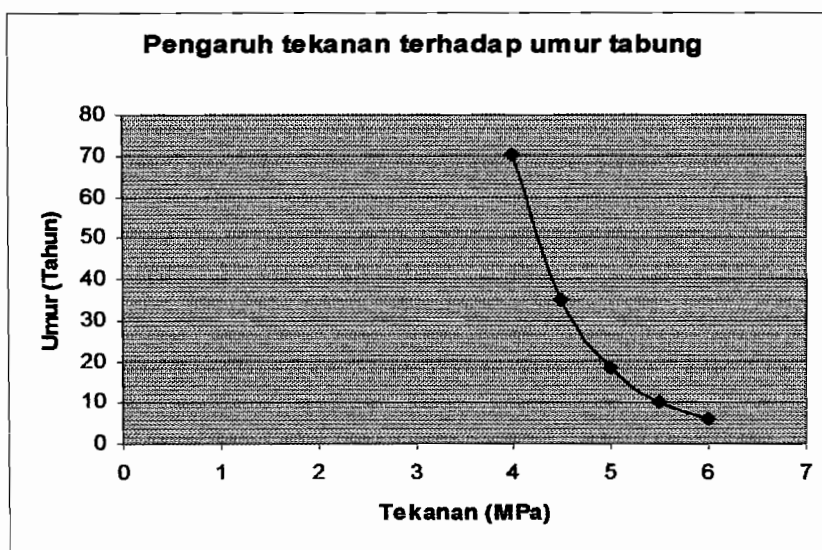
$T = 550^{\circ} \text{ C}$

$f = 0.6$

$CA = 3 \text{ mm}$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan tekanan

No	Tekanan (MPa)	Umur tabung (tahun)
1	4	70,37
2	4,5	34,73
3	5	18,31
4	5,5	10,31
5	6	6,20

**Grafik 4.3. Umur tabung akibat perubahan tekanan**

b. Perhitungan tabung karena perubahan Suhu

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

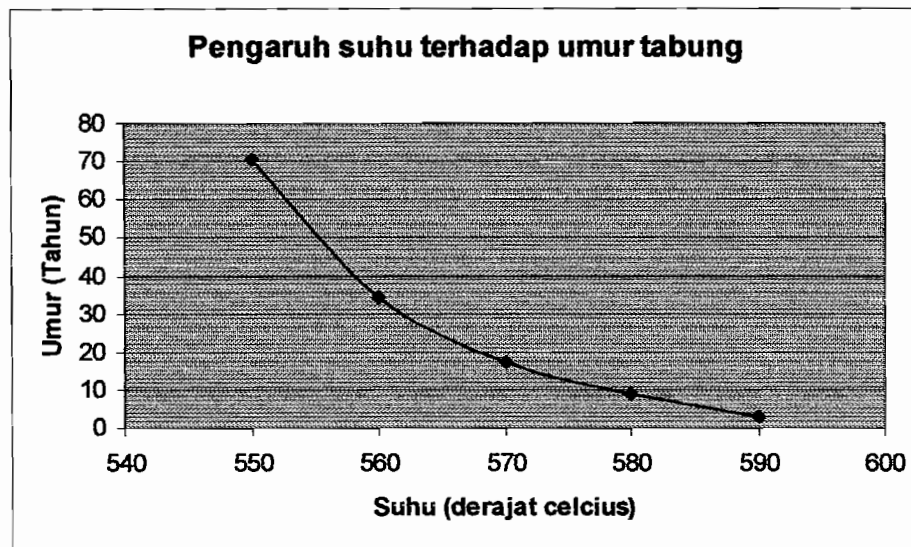
$P_e = 4 \text{ Mpa}$

$f = 0,6$

$CA = 3 \text{ mm}$

Tabel 4.4 Hasil perhitungan umur tabung akibat perubahan suhu

No	Tekanan (MPa)	Umur tabung (tahun)
1	4	70,37
2	4,5	34,73
3	570	17,20
4	580	8,72
5	590	3,103



Grafik 4.4. Umur tabung akibat perubahan suhu

c. Perhitungan tabung akibat *corrosion fraction* (f)

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

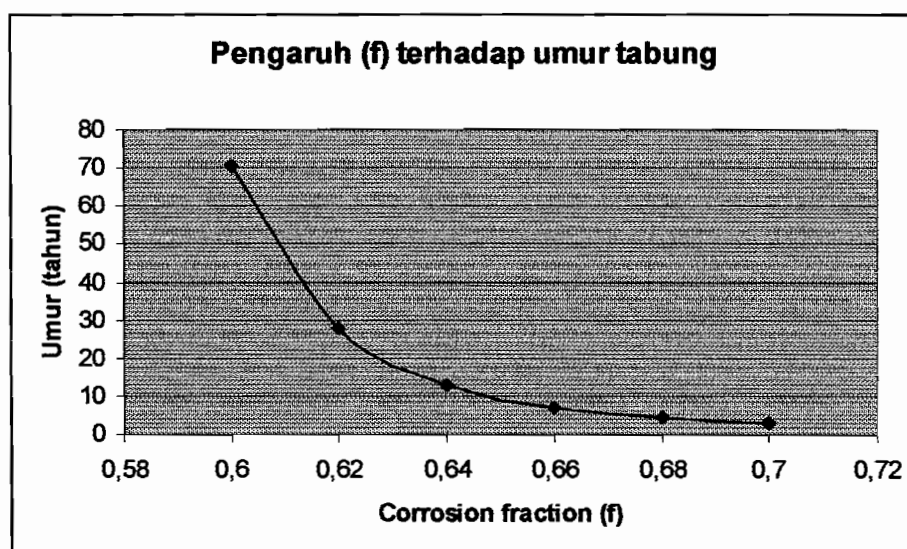
$P_e = 4 \text{ MPa}$

$T = 550 \text{ }^\circ\text{C}$

$CA = 3 \text{ mm}$

Tabel 4.5 Hasil perhitungan umur tabung akibat *corrosion fraction* (f)

No	Corrosion fraction (f)	Umur tabung (tahun)
1	0,6	70,37
2	0,62	27,85
3	0,64	13,11
4	0,66	7,09
5	0,68	4,29

**Grafik 4.5. Umur tabung akibat perubahan korosi**

d. Perhitungan tabung akibat perubahan diameter luar (Do)

Misal : $P_e = 4 \text{ MPa}$

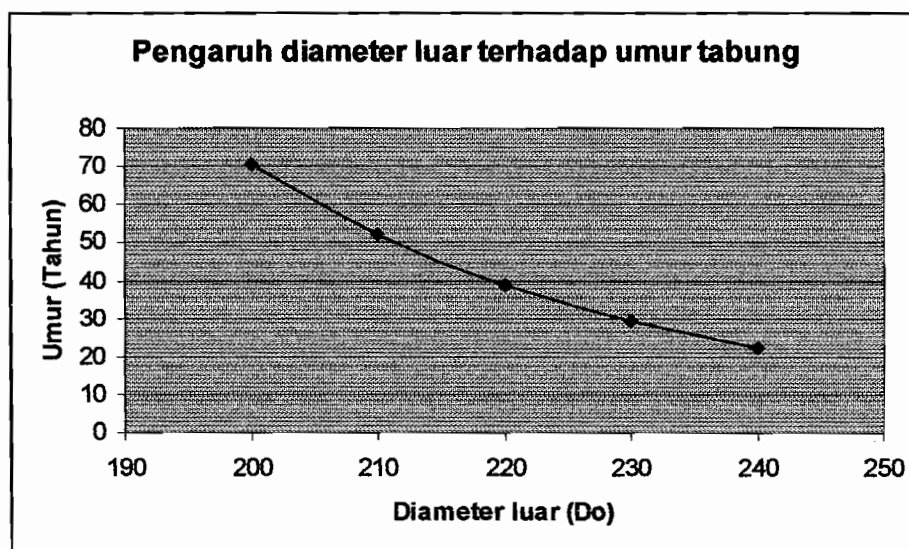
$$T = 550 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$F = 0,6$$

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

Tabel 4.6 Hasil perhitungan umur tabung akibat diameter luar (Do)

No	Diameter luar (mm)	Umur tabung (tahun)
1	200	70,37
2	210	51,95
3	220	38,80
4	230	29,30
5	240	22,46



Grafik 4.6. Umur tabung akibat diameter luar

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1. Kesimpulan.

Dari tugas akhir ini dengan judul perhitungan umur tabung pemanas dengan bahan baja 2 ¼ Cr 1Mo di dapat kesimpulan pada suhu tinggi (*rupture*) dengan suhu operasi antara 450 °C - 650 °C umur suatu tabung pemanas sangat dipengaruhi oleh hal-hal berikut :

- a. Jika suhu ditambah maka umur pada tabung pemanas akan semakin berkurang
- b. Tekanan yang bekerja makin tinggi maka umur tabung akan semakin berkurang
- c. Apabila nilai *Corrosion fraction* makin tinggi (*0,5-1. sesuai dengan API Recommended Practice 530*), umur tabung akan berkurang

Pada perhitungan suhu rendah (*elastis*) dengan suhu maksimum 450 °C juga diperoleh kesimpulan bahwa tebal tabung dari perancangan dipengaruhi :

- a. Suhu operasi semakin tinggi, tebal minimum tabung yang diperlukan semakin tinggi.
- b. Tekanan yang bekerja semakin tinggi maka tebal minimum akan semakin besar.
- c. Tebal korosi yang diijinkan bertambah besar maka tebal minimum tabung juga bertambah.

Dengan hal itu maka suhu, tekanan dan korosi mempunyai pengaruh buruk terhadap umur tabung dan perlu diperhatikan apabila melakukan suatu perancangan.

5.2 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

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

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

Smallman.R.E,1991. *Metalurgi Fisik Modern*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakata.

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

LAMPIRAN

PROGRAM MENU UTAMA;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, Buttons, ComCtrls, ExtCtrls, jpeg, Registry, StdCtrls;

type

```
TFutama = class(TForm)
  SpeedButton1: TSpeedButton;
  SpeedButton2: TSpeedButton;
  StatusBar1: TStatusBar;
  Timer1: TTimer;
  Image1: TImage;
  SpeedButton3: TSpeedButton;
  procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
  procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
  procedure FormCreate(Sender: TObject);
  procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
  procedure FormActivate(Sender: TObject);
  procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
```

private

```
{ Private declarations }
```

public

```
{ Public declarations }
```

end;

var

```
Futama: TFutama;
```

implementation

uses UTinggi, Urendah, Daftar, URegistrasi;

```
{ $R *.dfm }
```

var ValueReg: String;

procedure BacaReg;

var Reg: TRegistry;

begin

```
  Reg:=TRegistry.Create;
```

```
  Reg.RootKey:=HKEY_LOCAL_MACHINE;
```

```
  Reg.OpenKey('\SOFTWARE\SysDel',False);
```



```
ValueReg:=Reg.ReadString('Registrasi');
Reg.CloseKey;
Reg.Free;
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 Programmer Anda','Kesalahan',MB_OK or MB_ICONERROR);
          Application.CreateForm(TFregistrasi, Fregistrasi);
          Fregistrasi.ShowModal;
        end;
      end;
    end;
end;
```

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

end.
```

PROGRAM SUHU RENDAH

```
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;
```

```

Label14: TLabel;
Label12: TLabel;
Label15: TLabel;
ADOTable1: TADOTable;
DataSource1: TDataSource;
Bevel5: TBevel;
Bevel6: TBevel;
DBGrid1: TDBGrid;
Button1: TButton;
Button2: TButton;
ADOTable1ID: TAutoIncField;
ADOTable1D0: TFloatField;
ADOTable1Pe: TFloatField;
ADOTable1T: TFloatField;
ADOTable1CA: TFloatField;
ADOTable1Se: TFloatField;
ADOTable1ts: TFloatField;
ADOTable1tm: 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 tExit(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);
procedure d0Exit(Sender: TObject);
procedure peExit(Sender: TObject);
procedure caExit(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Frendah: TFrendah;

```

implementation

uses REPORT;

{ \$R *.dfm }

procedure TFrendah.FormActivate(Sender: TObject);

begin

hitung.Enabled:=(Trim(d0.Text) <> "") and (Trim(pe.Text) <> "")
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

if d0.Text="" then

begin

Application.MessageBox('D0 TIDAK BOLEH
KOSONG!!!', 'KESALAHAN', MB_OK or MB_ICONERROR);

d0.SetFocus;

end

else

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

```

if pe.Text="" then
  begin
    Application.MessageBox("Pe TIDAK BOLEH
KOSONG!!!','KESALAHAN',MB_OK or MB_ICONERROR);
    pe.SetFocus;
  end
else
  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
      if t.Text="" then
        begin
          Application.MessageBox("T TIDAK BOLEH
KOSONG!!!','KESALAHAN',MB_OK or MB_ICONERROR);
          t.SetFocus;
        end
      else
        begin
          ca.SetFocus;
        end
      else
        if key = #46 then
          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

```

```

if ca.Text="" then
  begin
    Application.MessageBox('CA TIDAK BOLEH
KOSONG!!!','KESALAHAN',MB_OK or MB_ICONERROR);
    ca.SetFocus;
  end
else
  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 : Real;
begin
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:=(-0.0000000009*a)-(0.0000007*b)-(0.0003*c)+(0.1271*d)+104.46;
  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;
end;
end;
procedure TFrendah.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)>450) THEN
    begin
      Application.MessageBox('SUHU ELASTIS MAKSIMUM 450 DERAJAD
CELSIUS!!!',
      'KESALAHAN', MB_OK or MB_ICONERROR);
      t.SetFocus;
    end
  else
    if (StrToFloat(t.Text)<27) Then
      begin
        Application.MessageBox('SUHU HARUS LEBIH DARI SUHU KAMAR!!!',
        'KESALAHAN',MB_OK or MB_ICONERROR);
        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;
  ADOTable1['Pe']:= pe.Text;
  ADOTable1['T']:= t.Text;
  ADOTable1['CA']:= ca.Text;
  ADOTable1['se']:= 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;
```

```
procedure TFrendah.d0Exit(Sender: TObject);
begin
if d0.Text = '0' then
begin
Application.MessageBox('D0 TIDAK BOLEH NOL!!!','KESALAHAN', MB_OK
OR MB_ICONERROR);
d0 .SetFocus;
end;
end;
```

```
procedure TFrendah.peExit(Sender: TObject);
begin
if pe.Text='0' then
begin
Application.MessageBox('Pe TIDAK BOLEH NOL!!!','KESALAHAN', MB_OK
OR MB_ICONERROR);
pe.SetFocus;
end;
end;
```



```
procedure TFrendah.caExit(Sender: TObject);
begin
  if ca.Text='0' then
  begin
    Application.MessageBox('CA TIDAK BOLEH NOL!!!','KESALAHAN', MB_OK
OR MB_ICONERROR);
    ca.SetFocus;
  end
end;

end.
```

PROGRAM SUHU TINGGI

```
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;
Button1: TButton;
Button2: TButton;
Button3: TButton;
Button4: TButton;
Button5: TButton;
Label6: TLabel;
f: TEdit;
Label7: TLabel;
Label3: TLabel;
rs: TEdit;
Label13: TLabel;
Bevel1: TBevel;
Label8: TLabel;
tm: TEdit;
Label15: TLabel;
PB: TEdit;
n: TEdit;
ts: TEdit;
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 fKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  FTinggi: TFTinggi;

implementation

uses reporttinggi;

{$R *.dfm}

var sr : Double;

procedure TFTinggi.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
      if d0.Text="" then
        begin
          Application.MessageBox('Tidak Boleh Kosong','Kesalahan',MB_OK or
MB_ICONERROR);
        end
      else
        begin
          pr.SetFocus;
        end
      else
        if key = #46 then
          key:=#44;
        end;
end;

procedure TFTinggi.prKeyPress(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 pr.Text="" then
    begin
      Application.MessageBox('Tidak Boleh Kosong','Kesalahan',MB_OK or
MB_ICONERROR);
    end
  else
    begin
      t.SetFocus;
    end
  else
if key = #46 then
  key:=#44;
end;

procedure TFTinggi.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
      if t.Text="" then
        begin
          Application.MessageBox('Tidak Boleh Kosong','Kesalahan',MB_OK or
MB_ICONERROR);
        end
      else f.SetFocus;
    end;
  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
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
    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(t.Text)<>" ) and (Trim(ca.Text)<>" )and (Trim(f.Text)<>" );
  Button1.Enabled:= (Trim(d0.Text)<>" ) and (Trim(pr.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
  logLd : Double;
  a, b : Double;

begin
  n.Text :=FloatToStrF(( 3*exp(6*ln(10))* exp(-
2.102*ln(StrToFloat(t.Text))))),ffNumber,12,0);
  if StrToFloat(n.Text) <= 3 then
    begin
      PB.Text:=FloatToStr(-
299.9*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))+911.74*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+
991.4*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))+469.49*(StrToFloat(f.Text))-82.124);
      ts.Text:=FloatToStr( StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
    end
  else
    if StrToFloat(n.Text) = 4 then
      begin
        PB.Text:=FloatToStr(132.58*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
279.45*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 223.87*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
75.909*(StrToFloat(f.Text))+8.633);
        ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
      end
    else
      if StrToFloat(n.Text) = 5 then
        begin
          PB.Text:=FloatToStr(216.79*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
497.41*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 430.99*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
162.63*(StrToFloat(f.Text))+22.195);
          ts.Text:=FloatToStr( StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
        end
      else
        if StrToFloat(n.Text) = 6 then
          begin
            PB.Text:=FloatToStr(200.37*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
464.99*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 408.32*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
156.89*(StrToFloat(f.Text))+21.972);
            ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
          end
        else
          if StrToFloat(n.Text) = 7 then
            begin
              PB.Text:=FloatToStr(198.04*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
473.72*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 428.9*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
170.53*(StrToFloat(f.Text))+24.888);
              ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end

```

```

end
else
if StrToFloat(n.Text) = 8 then
begin
PB.Text:=FloatToStr(587.29*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
1516.9*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 1464.1*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
621.6*(StrToFloat(f.Text))+97.691);
ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
end
else
if StrToFloat(n.Text) = 9 then
begin
PB.Text:=FloatToStr(10130*(exp(6*ln(StrToFloat(f.Text))))-
36902*(exp(5*ln(StrToFloat(f.Text))))+54963*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
42682*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+
18138*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text)))) - 3968.5*(StrToFloat(f.Text))+344.81);
ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
end
else
if StrToFloat(n.Text) = 10 then
begin
PB.Text:=FloatToStr(378.28*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
970.25*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 933.07*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
395.24*(StrToFloat(f.Text))+62.994);
ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
end
else
if StrToFloat(n.Text) = 11 then
begin
PB.Text:=FloatToStr(359.131*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
917.5*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 878.31*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
370.28*(StrToFloat(f.Text))+57.803);
ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
end
else
if StrToFloat(n.Text) >= 12 then
begin
PB.Text:=FloatToStr(446.12*(exp(4*ln(StrToFloat(f.Text))))-
1164.7*(exp(3*ln(StrToFloat(f.Text))))+ 1137.2*(exp(2*ln(StrToFloat(f.Text))))-
488.94*(StrToFloat(f.Text))+77.87);
ts.Text:=FloatToStr(StrToFloat(ca.Text)/StrToFloat(PB.Text));
end;
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 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 Diiijinkan : 0,5 - 1,00','Informasi',
MB_OK or MB_ICONINFORMATION);
f.SetFocus;
end
else
begin
if StrToFloat(d0.Text)/StrToFloat(ts.Text) <= 1 then
begin
Application.MessageBox('Proses Menghasilkan nilai negatif',
'Kesalahan', MB_OK or MB_ICONERROR);
D0.SetFocus;
end
else
begin
tm.text:=FloatToStrf
(StrToFloat(ts.Text)+(StrToFloat(f.Text)*StrToFloat(ca.Text)),ffNumber,12,4);
sr:=(StrToFloat(pr.Text)/2)*((StrToFloat(d0.Text)/StrToFloat(tm.Text)-1));
a:=sr * sr;
b:=sr;
rs.Text:=FloatToStrF(((0.0004*a)-(0.0834*b)+ 24.09),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;  
  f.Text:="";  
  ld.Text:="";  
  rs.Text:="";  
  tm.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)< 450 then  
      begin  
        Application.MessageBox('Suhu Harus Lebih Dari 450 Derajat 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['tm']:=tm.Text;  
  ADOTable1['f']:=f.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;
```

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

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

UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 21 Januari 2005

NAMA Mhs. : Titus Devi Sanjaya

NIM : 005214018

JUDUL :

Perancangan umur tabung dengan bahan 2 1/4 Cr 1 Mo terhadap suhu, tekanan dan korosi

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

hal

- 10- Hasil perhitungan dalam tabel tidak sesuai dengan perhitungan menggunakan program
- 16- umur tabung di tambah kata tahun pada grafik 4.4.
- 3 - penulisan 2 1/4
- 7 - penulisan sumber tidak tepat : API hal 4
- kesimpulan tidak menunjukkan kesimpulan ilmiah
- Harus di jelaskan bahwa perhitungan hanya memperhitungkan faktor jari-jari
- Daftar pustaka di perbaiki (---, ---, API).

