

PDK

LAPORAN AKHIR PENELITIAN
PENELITIAN DASAR KEILMUAN



STUDI KARAKTERISTIK TABUNG VACUM

Oleh :

Ir. Daryono, MT

LEMBAGA PENELITIAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
MEI 2010

**LEMBAR PENGESAAHAN
PENELITIAN DASAR KEILMUAN**

1. *Judul Penelitian* : *Studi Karakteristik Tabung Vacuum*
2. *Bidang ilmu* : *Rekayasa*
3. *Ketua Peneliti*
- a. *Nama Lengkap* : *Ir. Daryono. MT.*
- b. *N I P* : *108.8909.0124*
- c. *Jenis Kelamin* : *Laki-laki*
- d. *Pangkat/Golongan* : *Penata / III-C*
- e. *Jabatan Fungsional* : *Lektor*
- f. *Jabatan struktural* : *Kajur Teknik Mesin*
- g. *Bidang Ilmu Diteliti* : *Rekayasa Desain*
- h. *Fakultas./ Jurusan* : *Teknik / Mesin*
- i. *Lembaga Penelitian* : *Universitas Muhammadiyah Malang*
4. *Jumlah Peneliti* : *1(satu) orang*
5. *Lokasi Penelitian* : *Laboratorium Teknik Mesin UMM*
6. *Jangka Waktu Penelitian* : *8 bulan*
7. *Biaya Penelitian* : *Rp.6.000.000*
- Sumber Penelitian* : *DPP – Universitas Muhammadiyah Malang*

*Mengetahui ;
A.n.Dekan Fakultas Teknik
Pembantu Dekan 1,*

*Ir. Sudarman, MT.
NIP-UMM : 108.8909.132*

*Mengetahui,
Ka. Lemlit UMM*

*.Dr. Ir. Maftuchah, MP.
NIP :*

*Malang, Mei 2010
Ketua Peneliti*

*Ir. Daryono. MT.
NIP-UMM : 108.8909.0124*

IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Penelitian : STUDI KARAKTERISTIK TABUNG VACUM

2. Ketua Peneliti :

- a. Nama Lengkap : Ir. Daryono, MT
- b. Jenis Kelamin : Laki – laki
- c. Pangkat / Gol. : lektor / IIIc
- d. NIPUMM : 108.8909.0124
- e. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Mesin
- f. Bidang Ilmu : Rekayasa Desain (Perancangan)
- g. Pusat Penelitian : Laboratorium Mesin UMM
- h. Alamat : Jl. Raya Tlogomas Km 8 Malang
- i. Telep./ Fax : 0341-464618 - 153
- j. Alamat rumah : Jl. Gotong Royong III/178 Jetak Asri – Dau
- k. Telep./ E-mail : 0341 – 464030 / daryono_umm @ yahoo.com

3. Anggota Peneliti

NO	Nama	Jabatan	Bidang Pilihan	Jam / minggu
1	Teguh Sugito	Mahasiswa	konstruksi	30 jam
2	Miftahurroji	Mahasiswa	konstruksi	30 jam
3	Imam Hambali	Mahasiswa	konstruksi	30 jam

4. Obyek Penelitian : Tabung Vacum

5. Maasa pelaksanaan Penelitian.

- Mulai : Juni 2009
- Berakhir : April 2010

6. Anggaran yang diusulkan :

- Tahun pertama ; Rp6.000.000,-
- Anggaran keseluruhan : Rp.12.000.000,-

7. Lokasi penelitian : Malang

8. Hasil yang ditargetkan : Karakteristik tabung akibat varisasi tekanan vacum ,
kelengkapan bahan ajar

ABSTRAK

Dari hasil penelelitian tahun pertama ini diperoleh karakteristik tabung dengan variasi ketebalan dan variasi besar tekanan vacum dengan bahan tabung yang sama. Penelitian ini hanya difokuskan pada pengaruh tekanan vacum terhadap tegangan

kerja yang terjadi pada dinding tabung yang dianggap tidak ada sambungan pada seluruh dindingnya.

Metode simulasi yang digunakan sebatas simulasi software yang berbasis penyelesaian metode elemen hingga dengan variasi tebal dinding dan variasi tekanan vacuum sebagai inputnya. Sedangkan konstrainnya berupa panjang tabung dan fluida yang menekan dinding tabung yang dianggap sebagai fluida statis atau udara. Analisis penyelesaian menggunakan analisa statik atau dengan beban konstan selama pengujian.

Hasil analisa tegangan menunjukkan bahwa semakin besar harga tekanan vacuumnya akan menimbulkan tegangan Von mises yang lebih besar pula walaupun pada harga ketebalan dinding tertentu justru tidak menunjukkan linearitas yang terjadi dan ini bisa dianggap sebagai chance dari data – data variasi yang diamati.

Kata Kunci : Tabung, Tekanan, Vacuum, Tegangan,Keamanan.

ABSTRACT

This research is focused on relationship between vacuum pressure and wall thickness. Beyond the varieties of pressure as internal pressure will influence the deformation of the wall of the tube. Commonly the relation between pressure and the stress induce within it as linear function. By using software simulation the characteristic of the tube will be known. As a basic test to check whether the tube is safe or failure in this analysis will use static failure criteria especially that related to the material of the tube. The result of this first research can be concluded that there is a linear relationship between the vacuum pressure and the stress rises. It mean to avoid failure of tube is to thicker the wall thickness.

Key word : Vacuum ,Pressure,Tube, Stress, safety

1 : PENDAHULUAN

Penerapan konstruksi penyalur gas tekanan tinggi maupun untuk keperluan suplay fluida bertekanan dari daerah satu ke tempat yang lain banyak menggunakan model konstruksi pipa-pipa tekanan tinggi. Sampai saat ini jika dianggap bahwa pipa penyalur masih dipakai dalam waktu relatif pendek, maka model perawatan yang dilakukan masih dengan metode yang konvensional yaitu dengan perbandingan dengan pipa-pipa atau tabung-tabung bejana yang sama dengan pemakain yang relatif lebih lama. Disatu sisi para pemakai seperti industry – industry menengah keatas sudah mulai menerapkan manajemen perawatan semi modern. Untuk tujuan perawatan preventif dan regular saat ini bias menggunakan alat – alat sensor super sensitive tapi butuh investasi besar disatu sisi tetap membutuhkan waktu dan tenaga dalam perbaikan jika terjadi trouble pipa bocor atau pecah. Karena deteksi dini saat desain awal akan jauh lebih menguntungkan baik ditinjau dari segi biaya, waktu dan tenaga. Jika desain konstruksi dan pemasangan memang betul betul ditaati, maka kerusakan atau kegagalan yang akan terjadi bias dihindari semaksimal mungkin. Karena itulah

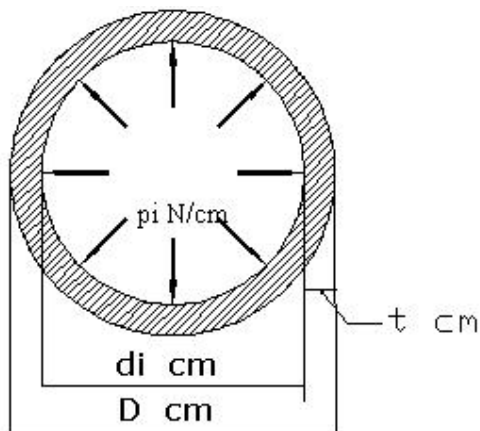
pada penelitian ini dilakukan kaji teoritis akibat tekanan minus terhadap karakteristik dinding pipa untuk material yang umum digunakan pada pipa pipa tekanan tinggi.

I. KAJIAN PUSTAKA YANG SUDAH DILAKSANAKAN

Bejana dinding Tipis

Bejana dinding tipis adalah suatu bejana yang perbandingan dimensi tebal terhadap diameter silinder efektif sebesar $t/D \leq 1/20$. Pada kasus dinding tipis ini tegangan yang terjadi adalah tegangan keliling dan tegangan Longitudinal. Hasil formulasi yang sudah ada menyebutkan bahwa teg. Circumferenc sama dengan 2 kali tegangan memanjang yang terjadi. Sedangkan jenis tegangan yang kedua adalah tegangan longitudinal atau memanjang yang besarnya :

$$\text{Teg. L} = P.D / 4 t$$



Bejana Dinding Tebal

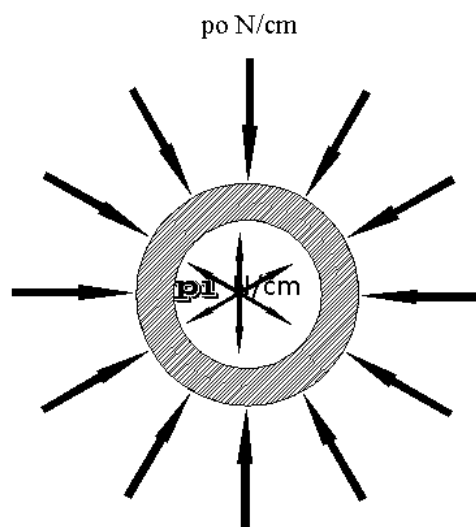
Merupakan kebalikan dari kasus dinding tipis yaitu bahwa besar perbandingan $t/D > 1/20$. Tetapi pada kasus perhitungan tegangan yang terjadi dibedakan secara kasus yaitu ada empat kondisi kasus sebagai berikut :

1 . Silinder diberikan penekanan dari luar = p_o , juga ditekan dari dalam sebesar p_i serta diputar dengan suatu kecepatan sudut w , maka tegangan yang terjadi terdiri dari Tegangan Radial dan

tegangan Tangential. Harga kedua tegangan tersebut merupakan fungsi dari tekanan P_i , P_o serta radius yang harganya bervariasi

2. Silinder ditekan hanya dari dalam saja sedangkan besar tekanan luar dan arah put. Juga sama dengan nol

3. Kasus kasus ke 3 adalah silinder hanya diberi penekanan dari luar saja, sedangkan besar tekanan dalam dan sudut putar sama dengan nol. Dan kasus kasus yang ke empat adalah silinder hanya diberi putaran saja dengan harga P_i dan $P_o = 0$



Jadi untuk perhitungan kekuatan dinding suatu bejana tekan secara umum dibedakan atas bejana dinding tipis dan bejana dinding tebal. Yang mana perbedaan keduanya terletak pada perbandingan tebal terhadap diameter efektifnya saja. Namun kondisi tegangan yang terjadi pada keduanya terdapat formulasi yang jauh berlainan. Utamanya dalam hal perhitungan tegangan yang terjadi pada kasus dinding tebal dibutuhkan beberapa kondisi yang harus didefinisikan sejak awal karena masing – masing kondisi yang terjadi akan memberikan efek tegangan yang berbeda pada setiap titik dalam dinding silinder tersebut.. Dari referensi yang ada bahwa diasumsikan tekanan yang diberikan pada dinding selalu dalam bentuk tekanan bukan vacuum. Sehingga distribusi bisa hitung atau kita gambarkan dengan mudah dengan menggunakan formulasi – formulasi yang sudah diturunkan Tetapi untuk tinjauan tekanan vacuum belum dinyatakan secara general

utamanya untuk aplikasi silinder dinding tipis seperti pada pemakaian drum untuk instalasi sumur diatas. Hal lain yang ingin ditinjau adalah bahwa pada formulasi yang ada dianggap bejana dengan penampang yang uniform sedangkan kenyataan yang ada drum yang dipakai adalah dengan dinding yang sudah tidak uniform lagi. Demikian juga bahwa tekanan diasumsikan bekerja merata tepat berpusat di tengah tengah silinder. Sedangkan pada kenyataannya dan yang akan dicari formula empirisnya adalah tekanan bekerja secara eksetrik. Dengan demikian mestinya efek dari sumber tekanan ini tidak sama seperti yang dijelaskan oleh hukum Pascal bahwa manakala suatu bejana diberi suatu tekanan maka tekanan akan diteruskan kesegala arah dengan sama rata.

Pengujian yang telah dilakukan oleh Rokib S. dan **Daryono '2003** dengan simulasi software Ansys 5,4 telah membuktikan hubungan ketebalan dinding dan tekanan dalam yang bekerja masih memenuhi formulasi sebagaimana yang telah dirumuskan pada kasus dinding tipis, sehingga penggunaan analisa softawre Ansys dengan model yang lebih baru tentunya akan memberikan hasil yang lebih teliti sebagaimana hasil – hasil simulasi Ansys 8.0 yang memiliki pasilitas yang lebih lengkap dibanding pasilitas ansys 6.0 maupun Ansys 5,4. Yang mana data simulasi Ansys 8.0 yang akan dijadikan sebagai acuan berupa data regangan, tegangan serta kontur bagian dinding mana yang akan mengalami kerusakan awal. Demikian juga hasil pengukuran strain gage dengan pengolahan data signal prosesing telah dipakai dalam beberapa kasus pengukuran regangan baik untuk lendutan batang, bejana tekan maupun untuk kasus – kasus pengukuran yang lain. Kelebihan dan ketelitian dari Software LabView inilah yang memungkinkan pengukuran reil kondisi bejana saat menerima tekanan vacum bisa diperoleh yang pada akhirnya digunakan untuk menghtung besar tegangan yang terjadi pada dinding bejana dengan persamaan umum :

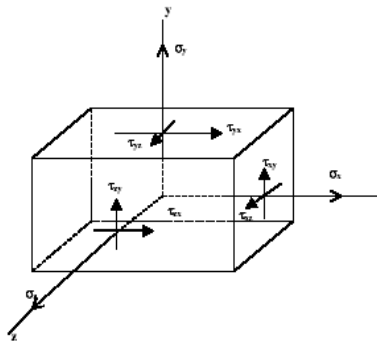
$$\text{Teg.} = \text{modulus elastisitas} \times \text{regangan}$$

Sugeng dan Trihono '2008 sudah melakukan set up dan pengamatan untuk beam dengan satu tumpuan jepit dengan software LabView ini dan membuktikan bahwa hasil pengukuran dengan alat ini 99,9 % mendekati hasil perhitungan manual persamaan dasar aslinya. Sehingga penggunaan software labView untuk penelitian pada tahap berikutnya akan sangat

membantu utamanya dalam pengukuran besar regangan akibat tekanan vacuum yang diberikan pada bejana. Demikian juga Imam dan Trihono 2009 telah membuktikan hasil penelitian regangan pada botol Aluminium dengan LabView ini dengan hasil yang akurat.

2. 2. Tegangan Tiga Dimensi.

Sebuah elemen tegangan akan mengalami tegangan-tegangan normal dan geser pada semua permukaannya.¹



Gambar 2.2. Komponen Tegangan Tiga Dimensi

Pada gambar diatas terlihat sebuah elemen kubus diferensial dengan tiga komponen tegangan bidang σ_x , σ_y , σ_z pada sumbu x, sumbu y dan sumbu z dan tiga komponen tegangan geser τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{zx} .

Notasi tegangan geser τ_{xy} berarti tegangan geser bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x dan mempunyai arah sejajar sumbu y. Semua tegangan yang diperlihatkan dalam gambar diatas bekerja dalam arah positifnya. Dari kesetimbangan elemen ini dapat dibuktikan bahwa tegangan-tegangan geser yang bekerja pada bidang-bidang tegak lurus dan diarahkan pada garis perpotongan bidang-bidang ini besarnya sama. Oleh karena itu hubungan berikut berlaku :

$$\tau_{yx} = \tau_{xy}, \tau_{xz} = \tau_{zx}, \tau_{yz} = \tau_{zy} \quad (2-1)$$

Yang terpenting adalah tegangan-tegangan utama yang merupakan tiga akar riil dari persamaan pangkat tiga berikut :

$$\sigma^3 - A\sigma^2 - B\sigma - C = 0 \quad (2-2)$$

¹ Gere & Timoshenko, *Mekanika Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996. (Hal : 349)

dimana :

$$\begin{aligned} A &= \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \\ B &= \sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{yz}^2 \\ C &= \sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2\tau_{yx}\tau_{xz}\tau_{yz} - \tau_x \tau_{yz}^2 - \tau_y \tau_{xz}^2 - \tau_z \tau_{xy}^2 \end{aligned} \quad (2-3)$$

Besaran-besaran A, B, dan C dikenal sebagai invariant-invarian tegangan (stress invariant) karena harga mereka tidak berubah apabila sumbu-sumbu dirotasikan kekedudukan yang baru.

Dari teori elastisitas dan berdasarkan hukum *Hooke* diperoleh hubungan persamaan tegangan-regangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \end{aligned} \quad (2-4)$$

dimana : E = Modulus elastisitas

ν = Perbandingan Poisson (poisson ratio)

σ = Tegangan normal

ε = Regangan

τ = Tegangan geser

2. 3. Konsep Kegagalan

Struktur dirancang untuk mencegah kegagalan dimana ketidakmampuan sebuah komponen melakukan fungsinya dapat diistilahkan sebagai kegagalan. Kegagalan dapat terjadi bila bahan pertama-tama meluluh (yield). Oleh karena itu batas luluh banyak dipakai sebagai kriteria kegagalan.

Sejumlah teori dikembangkan dengan menghubungkan tegangan-tegangan utama pada sebuah titik pada bahan ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) terhadap kekuatan luluh bahan tersebut (σ_y). Tujuannya adalah untuk meramalkan kapan peluluhan pertama akan terjadi dibawah kondisi pembebanan yang tertentu.

Teori kegagalan ini juga disebut teori geser (shear energy theory) dan teori von-Misses-Hencky. Teori ini sedikit sulit pemakaiannya dari pada teori tegangan geser maksimum, dan teori ini adalah teori yang terbaik untuk dipakai pada bahan ulet. Seperti teori tegangan geser maksimum, teori ini dipakai hanya untuk menjelaskan permulaan bahan mengalami luluh.

Untuk tujuan analisis dan perencanaan, akan lebih mudah apabila kita menggunakan tegangan von-misses.

Kriteria Von Mises menyatakan bahwa peluluhan pertama kali terjadi bila energi regangan maksimum terjadi pada sistem tegangan kompleks sama dengan tegangan maksimal (kekuatan luluh σ_y). Hal ini dapat dinyatakan dalam :

$$2\sigma_{vm}^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \quad (2-10)$$

Jadi dalam praktek tegangan Von Misses harus lebih kecil dari tegangan luluh (σ_y).

$$\sigma_{vm} < \sigma_y$$

Kekuatan Lelah bahan

Dalam kehidupan kita sehari – hari sering kita menjumpai suatu komponen yang rusak walaupun tanpa menerima beban yang cukup berarti. Namun komponen tersebut telah dipakai dalam kurun waktu tertentu dengan jam kerja kontinu yang cukup lama. Akhirnya walupun secara pembebanan komponen tersebut telah menerima apa yang dikenal dengan beban lelah. Yang mana kekuatan suatu bahan yang dikenai beban lelah ini akan menjadi berkurang atau bahkan bisa dibawah harga kekuatan luluhnya.

Secara umum kekuatan lelah suatu bahan dapat dituliskan dalam bentuk

$$S_n = C_s.C_r.C_d.K_f(S_{yield})$$

$$SE = S_n / k_f^n$$

Sedangkan untuk mengetahui batas umur suatu komponen pada harga tegangan tertentu dicari dari persamaan berikut :

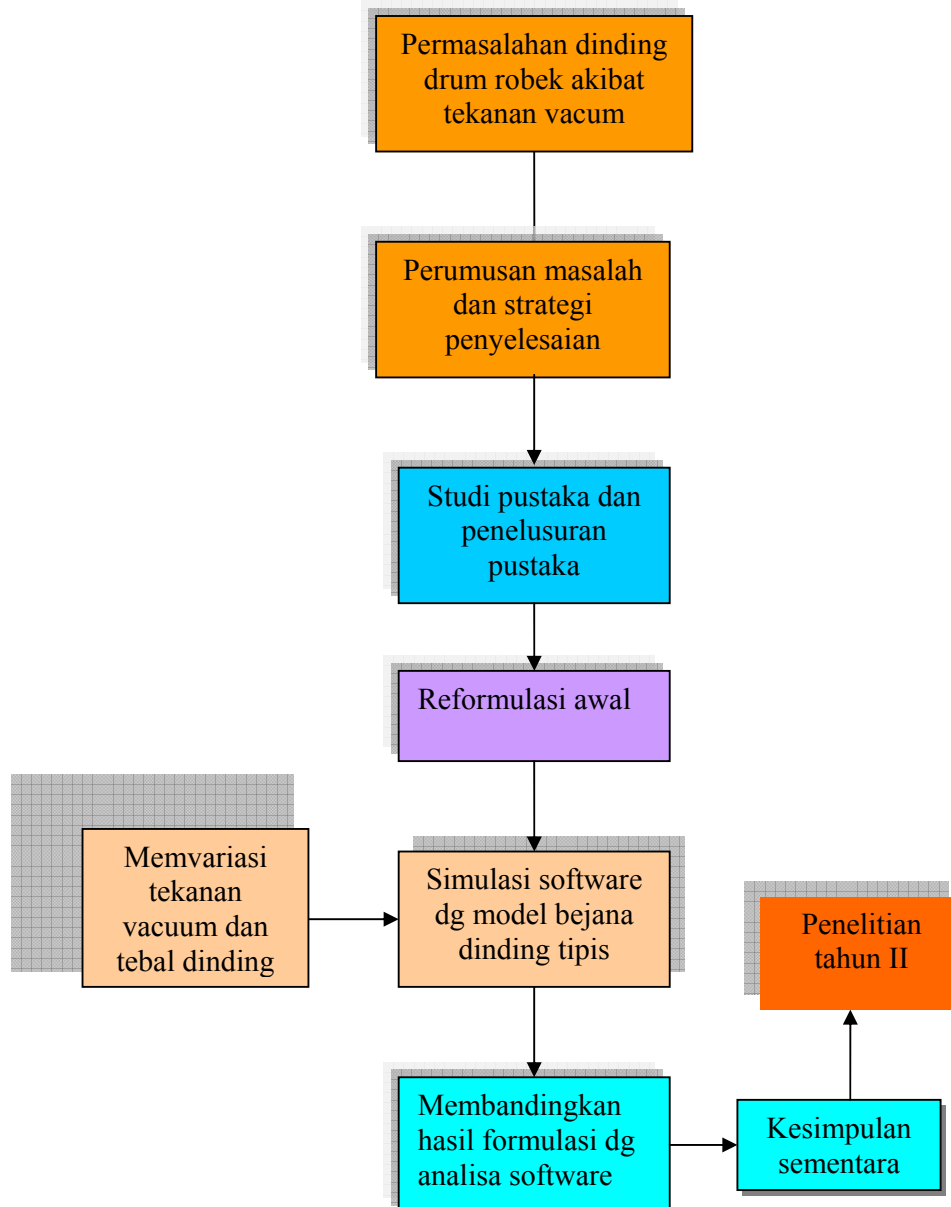
$$\frac{S_n}{k_f^n} \quad [2-11]$$

I. DESAIN DAN METODE PENELITIAN

Secara kronologis metode penelitian untuk tahun pertama ini sebagai berikut : pertama tama memilih kreteria dimensi tabung dengan 5 variasi ketebalan yang masih tergolong kondisi tabung dinding tipis. Kemudian memasukan variable tekanan input dengan 5 variasi juga sebagai data input beban pada simulasi software. Perhitungan data hasil simulasi didasarkan pada analisa teori kegagalan Von Misses kemudian data ditabelkan untuk melihat

trend grafik hubungan tekanan dan tebal dinding kemudian dilakukan pembahsan dan kesimpulan

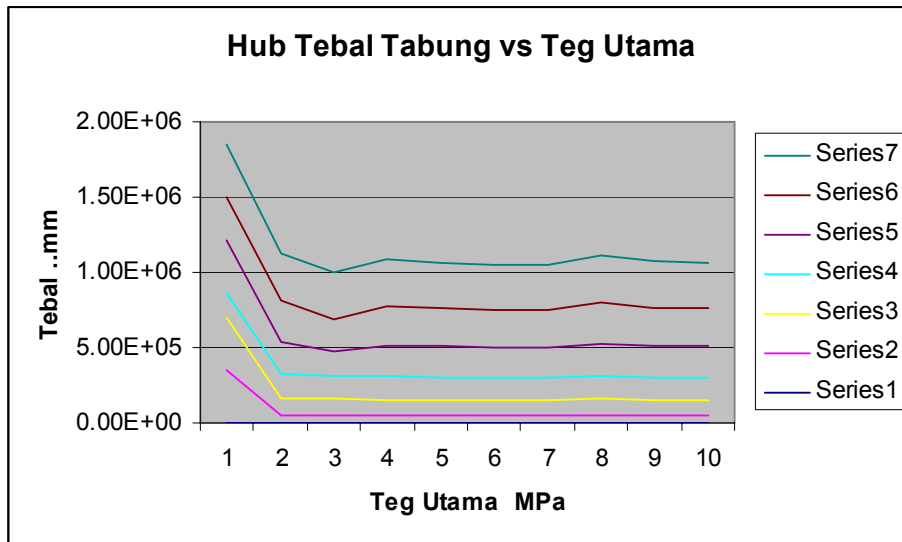
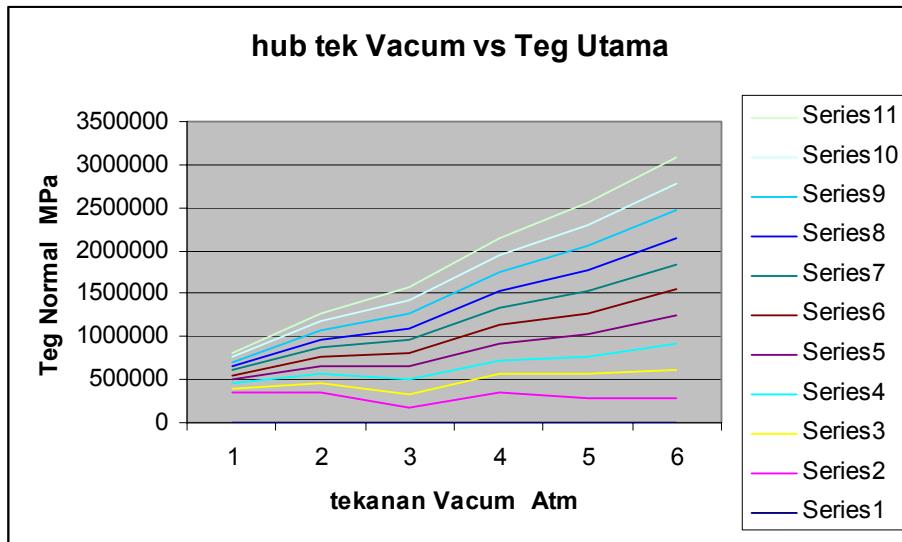
DIAGRAM ALIR METODE PENELITIAN

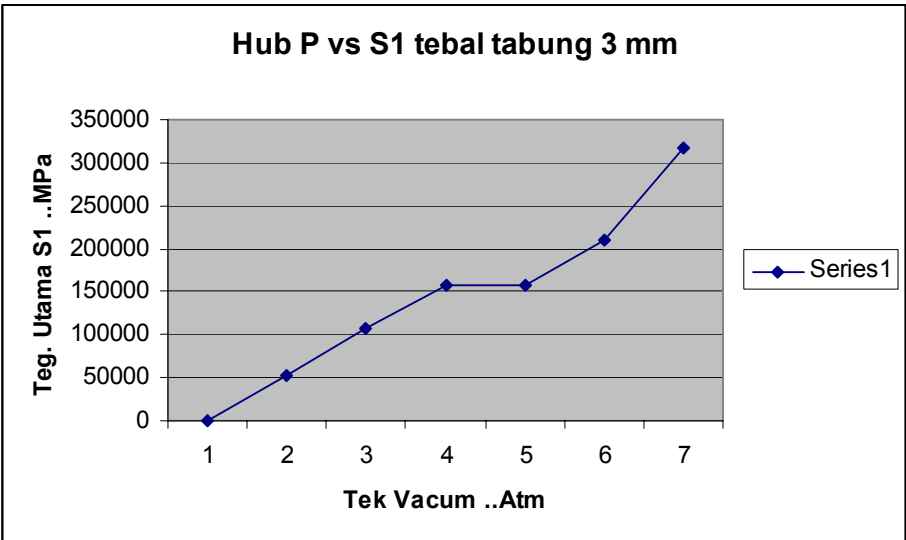
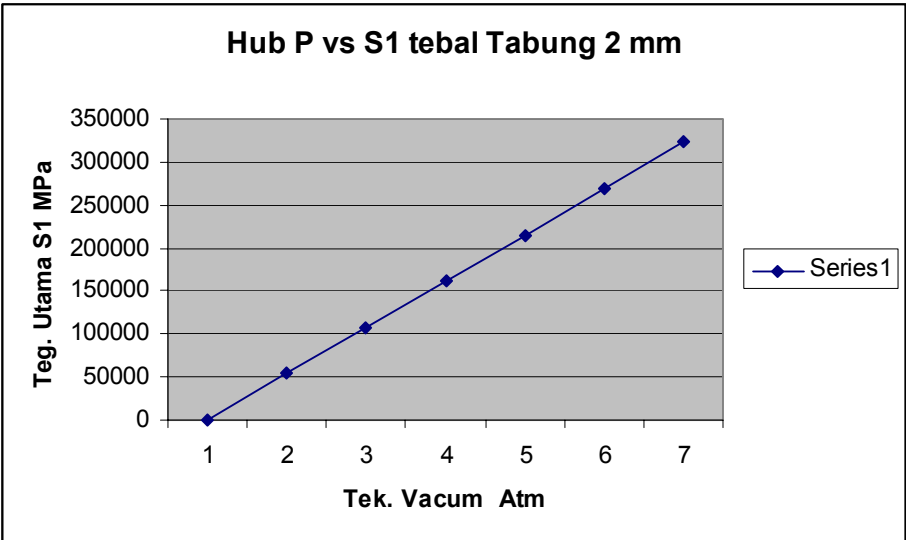
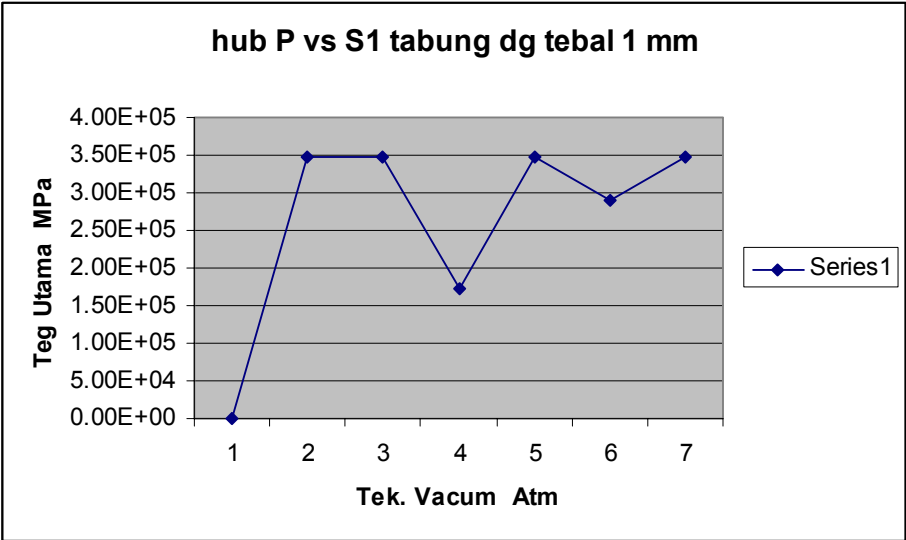


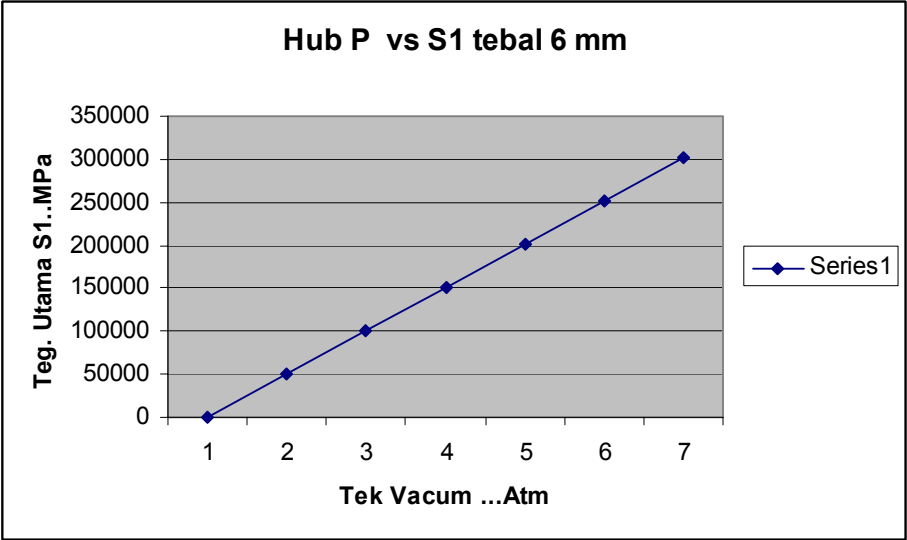
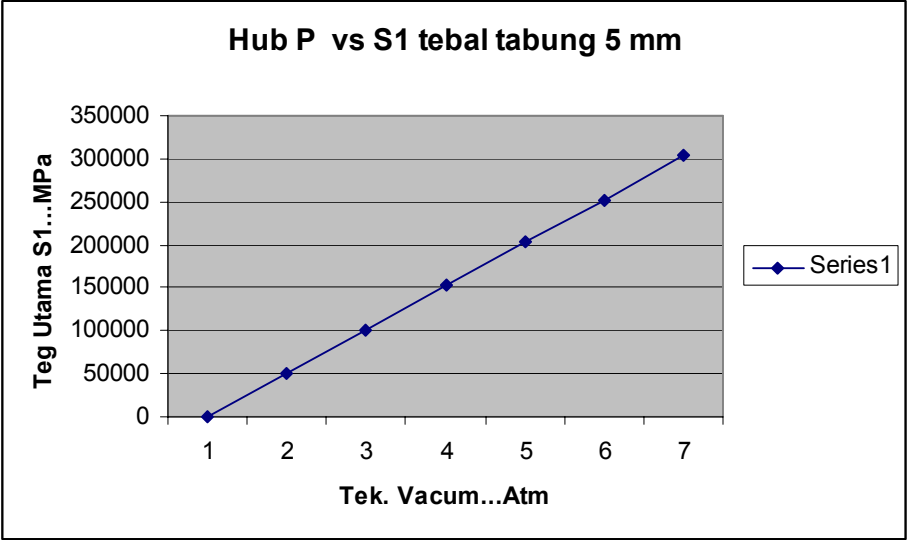
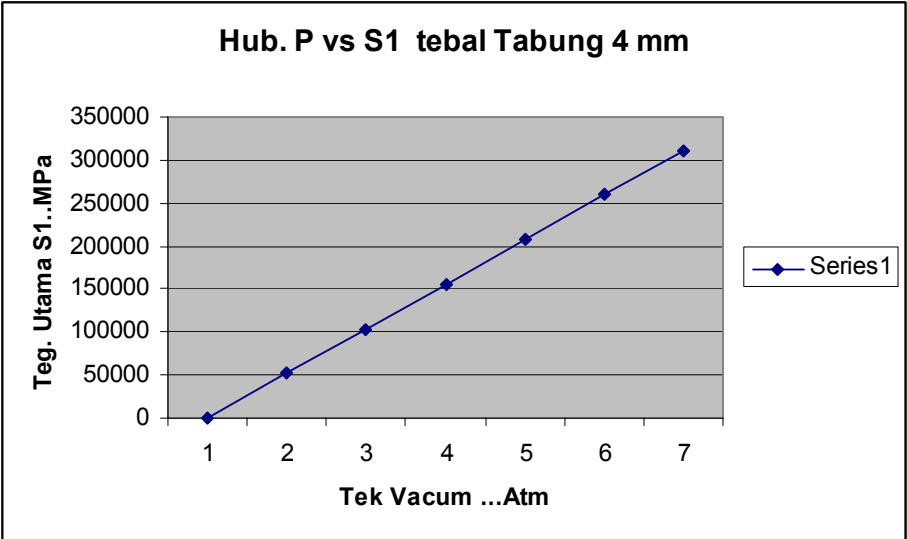
Sedangkan desain penelitian pada tahun ke dua belum dijabarkan secara bagan , namun secara kronologis dijabarkan sebagai berikut :

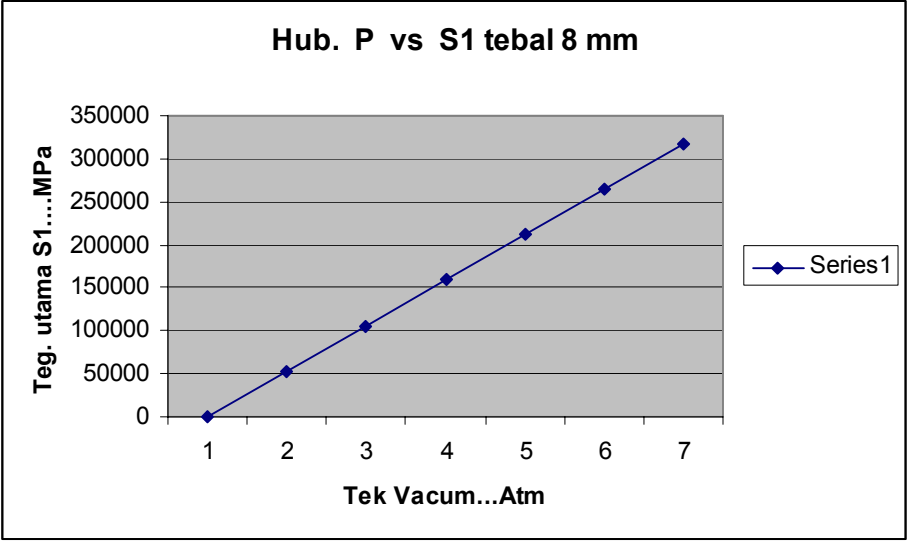
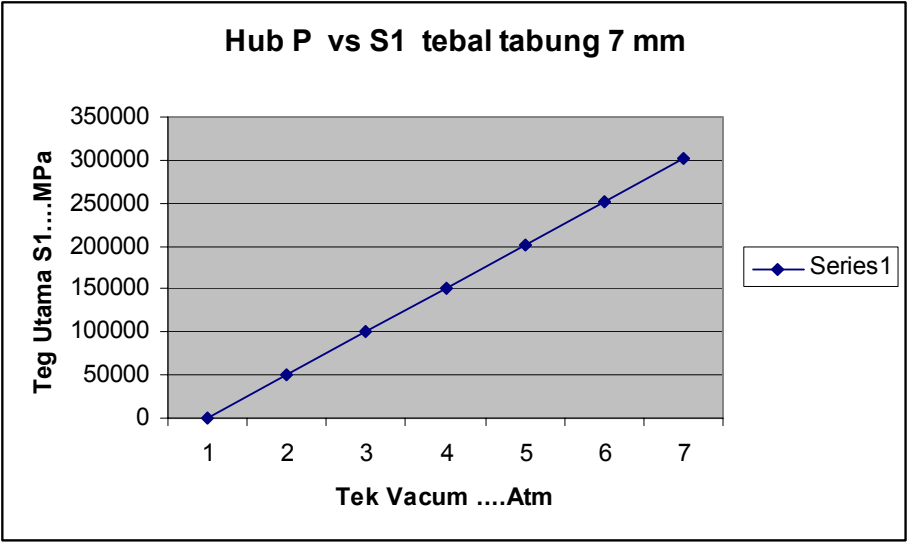
1. Pembuatan prototype
2. Pengujian prototype dengan LabView and signal data prosesing
3. Pembuatan kesimpulan akhir atau formuasi empiris

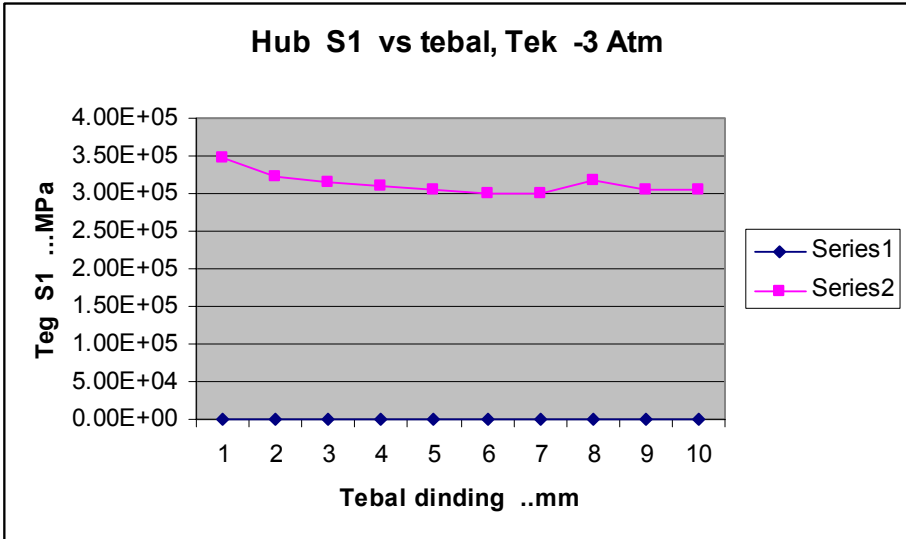
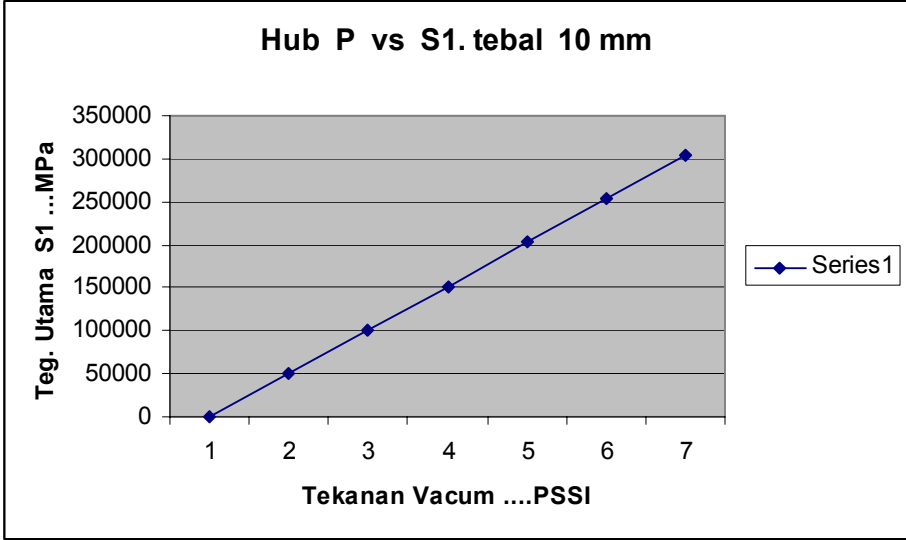
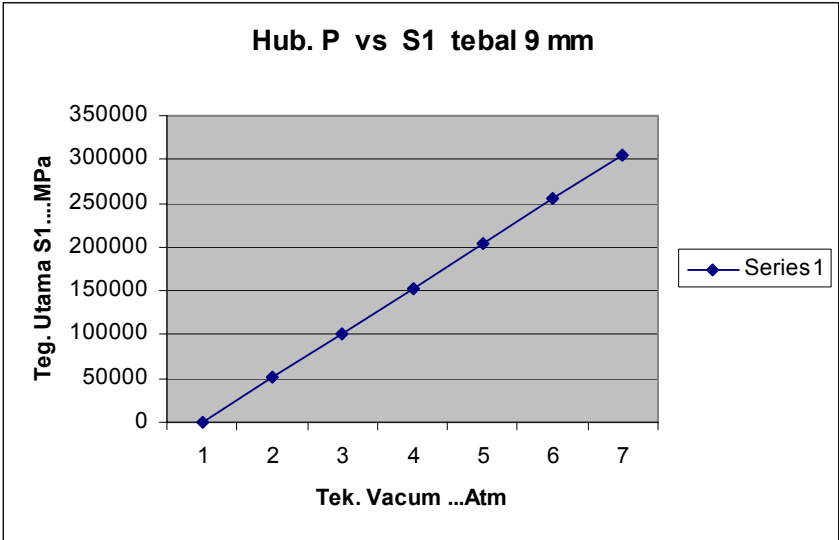
Berikut ini grafik – grafik hubungan tekanan dan tegangan yang ditimbulkan dari hasil simulasi software

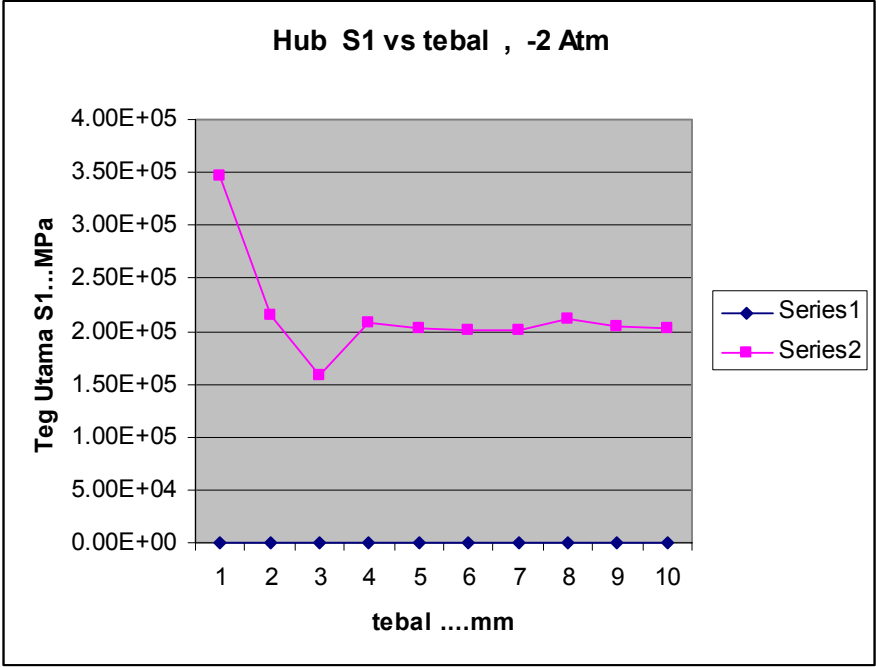
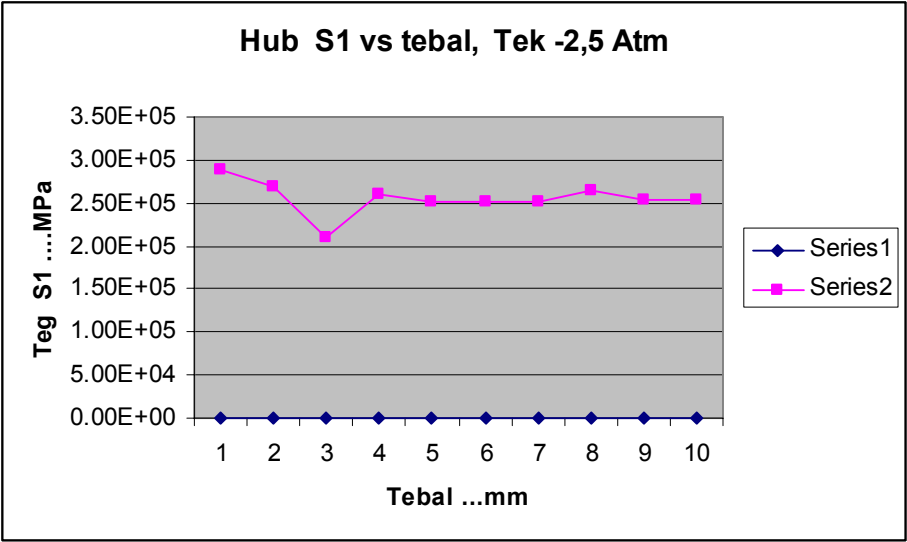


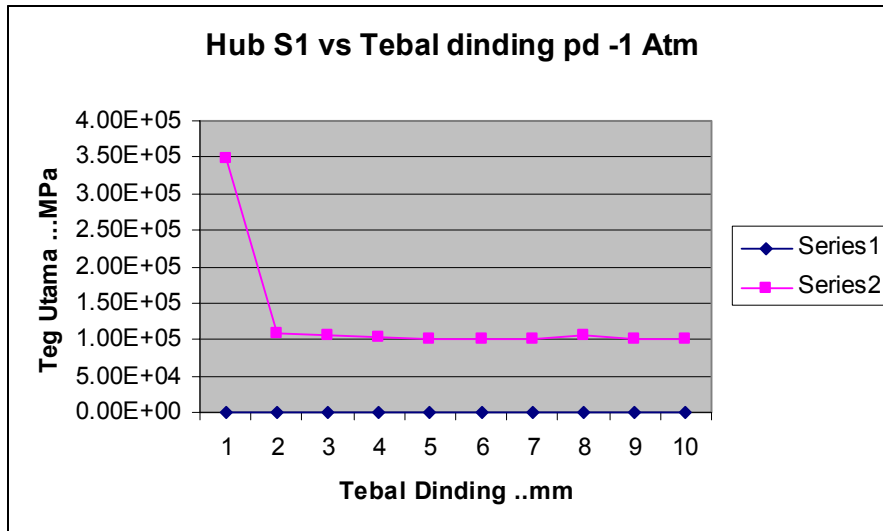
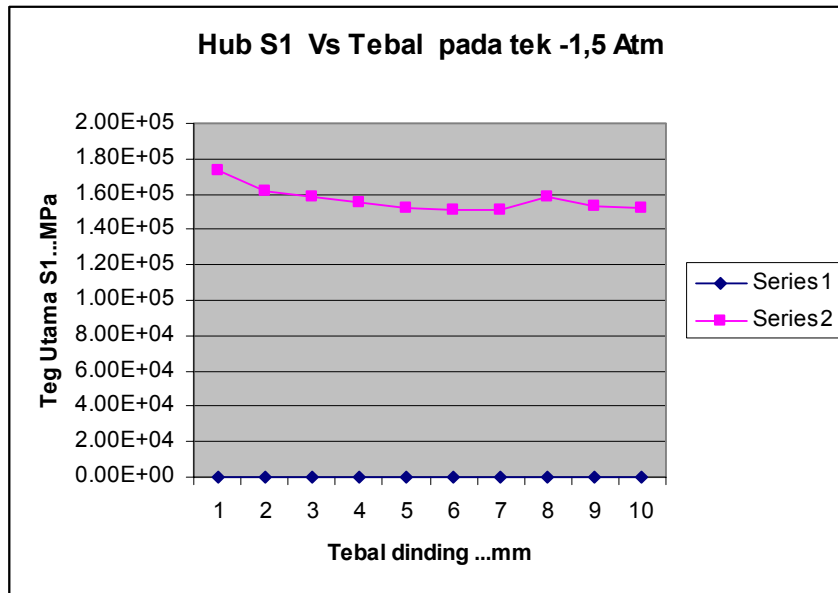


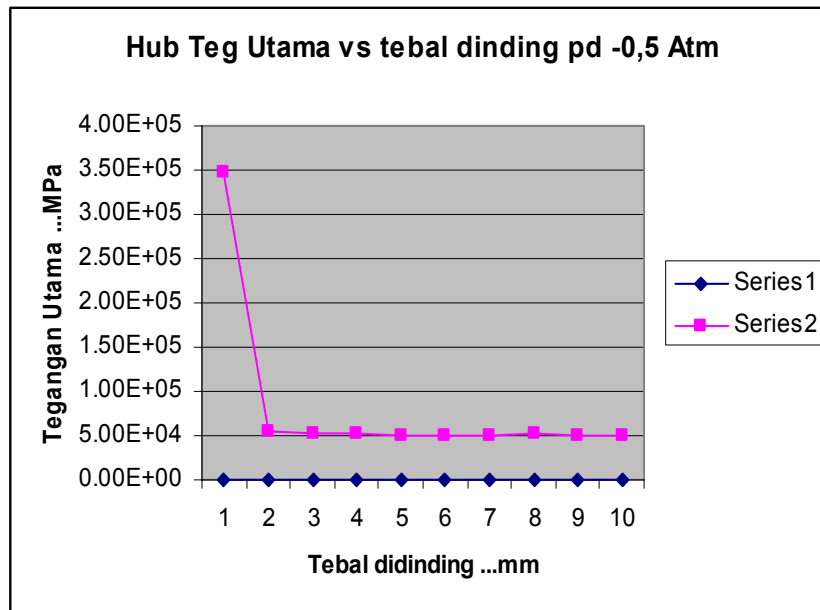












4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi soft ware diperoleh data – data tegangan akibat variasi tekanan vacum pada variasi tebal dinding dari mm s/d mm seperti terlihat pada grafik data menunjukkan adanya hubungan linear dari besar tegangan vacum yang bekerja. Hal ini serupa dengan model bejana dinding tipis yang diberi tekanan positif yang bisa dijelaskan dengan hubungan linieritas antara besar tekanan dalam dan tebal dinding bejana. Artinya semakin besar tekanan yang dibarengi dengan semakin menurunnya dimensi dinding bejana akan semakin besar pula harga tegangan – tegangan utama yang ditimbulkan. Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa bahan dinding bejana merupakan bahan yang bersifat isotropis sehingga bahan dinding manakala dibebani dalam segala arah akan menimbulkan efek regangan yang sama. Dengan menganggap kondisi regangan yang terjadi masih dalam kondisi elastis, maka besar tegangan yang terjadi didasarkan pada hukum Hooke yaitu Tegangan akan sebanding dengan regangan dan modulus elastisitasnya. Karena modulus elastisitas pada daerah Hooke ini sama, maka tegangan yang terjadi juga akan sama pula besarnya. Pada dimensi tebal ..mm terlihat beda dengan data tegangan pada tebal dinding yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa ada satu harga tebal dinding tertentu yang menunjukkan tegangan yang lebih kecil dibanding harga tegangan pada tebal yang laian. Hal ini belum bias secara tuntas dijelaskan secara mekanika bahan karena data variasi tekanan dan tebal dinding untuk penelitian tahun pertama ini dianggap belum bias mewakili untuk seluruh populasi tebal yang bisa diamati.

Kesimpulan

1. Hubungan besarnya tegangan Utama yang ditimbulkan akibat variasi tekanan mulai -0,5 Atm samapi -3 Atm dengan variasi tebal dinding tabung adalah sebagai berikut : rata – rata pada tebal dinding 1 – 2 mm menimbulkan teg S1 yang lebih besar pada setiap variasi tekanan vacuum yang diberikan utamanya untuk tebal dinding 1 dan 2 mm diatas sangat signifikan perbedaanya. Sedangkan yang mendekati sedikit perbedaan terjadi pada tekanan -1,5 Atm dan -3 Atm
2. Hubungan tegangan utama terhadap variasi tebal dinding dengan tekanan dalam yang konstan adalah sebagai berikut : pada tebal dinding 4 mm s/d 10 mm terdapat kesamaan pola distribusi tegangan yang terjadi secara linear dengan naiknya besar tekanan dalam yang diberikan. Sedangkan pada tebal 3 mm , 2,5 mm serta 2 mm dan 1 mm memiliki pola yang tidak linear beneran walaupun ada kemajuan dibanding grafik awalnya
3. Rata – rata untuk setiap variasi tekanan besar tegangan yang terjadi pada tabung dengan tebal dinding 1 mm adalah sebesar 3.5 MPa kecuali pada tekanan – 1.5 Atm yang hanya sebesar 1.6 Mpa. Dari ketiga point diatas bisa disimpulkan bahwa dimensi tebal yang paling kritis adalah 1 mm dan tekanan input yang menimbulkan tegangan utama dengan nilai yang hampir merata yaitu dikisaran 1.5 – 1.6 Atm pada seluruh tebal tabung (mulai tebal 1 mm – 10 mm) adalah -1.5 Atm. Sehingga tekanan yang paling aman untuk digunakan untuk seluruh harga tebal dinding dengan kasus silinder dinding tipis adalah – 1.5 Atm. Sedang untuk harga tekanan dalam yang lebih ato kurang dari – 1.5 Atm diatas akan menimbulkan tegangan dengan range yang cukup besar

Saran

Penelitian lanjutan masih bisa dilakukan dengan memfokuskan pada kendala – kendala lain yang belum sempat diperhitungkan dalam penelitian ini seperti efek beban kejut , efek beban berulang, optimasi tebal dinding akibat serta efek model konstruksi tabung ganda.

Ucapan terima kasih

Dengan selesainya penyusunan laporan penelitian ini tak lupa peneliti ucapkan teria kasih atas dukungan dan bantuan yang diberikan selama penelitian ini berlangsung utamanya kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Pihak Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan dukungan pendanaan untuk terlaksananya penelitian ini.
2. 5 orang mahasiswa kami yaitu saudara Teguh Sugito, Miftahuroji dan Imam Hambali yang telah membantu untuk pengambilan data dan penyiapan model geometri pada ANSYS 6,0 open source
3. Kepala Laboratorium Teknik Mesin yang berkenan memijami pasilitas selama penelitian

Daftar Pustaka

- Cooke ,2000, Introduction to Faillure analysis John Welly and Son,**
Juvinal R., 1998, Stress, Strain and Strength relation Prentis Hall.
Khurmi, 2000, Tex Book of Machine Design, Prentise Hall.
Norman E. Dowling ,2002, ' Mechanical Behavior of Material' International
Studen Edition,
Omar Borezi Sidobeton,1996, Advance Mechanick of Material'. John Welly and
Sons..
Singhly Yoseph, 1998, Text Book of Machine design John Welly and Son
Rokib, Daryono, 2005,'Perancangan Instalasi Pengujian Bejana Tekan' Studet
Report. UMM

Lampiran – lampiran

Lampiran 1 .

Data input bahan tabung :

- Bahan : Stainless Steel
- Syp : MPa
- γ : N/m³
- v : 0,333
- E : Mpa
- L panjang : 0,4 m
- D luar : 0,01 m

Program ANSYS 6.0

- jenis analisa : Statik
- Jumlah Node : 7666
- Tekanan Vac : -0,5 Atm s/d -3 Atm

Lampiran 2

KONTOUR TEGANGAN VON MISSES KONDISI VACUM