

## RANCANGAN MODIFIKASI *TEST SECTION* SPESIMEN UJI TARIK PADA TEKANAN 180 BAR DENGAN TEMPERATUR 500 °C

Dedy Haryanto, Inzar Anas, Paidjo  
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN

### ABSTRAK

RANCANGAN MODIFIKASI *TEST SECTION* SPESIMEN UJI TARIK PADA TEKANAN 180 BAR DENGAN TEMPERATUR 500 °C. Telah dilakukan rancangan modifikasi *test section* (ruang uji) spesimen uji tarik yang mampu dioperasikan pada tekanan 180 bar dengan temperatur 500 °C. Perancangan modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja ruang uji sebagai tempat perlakuan termohidrolik dengan temperatur tinggi pada spesimen uji tarik. Untuk mendapatkan temperatur yang tinggi sesuai dengan penelitian, maka ruang uji tersebut dicangkokkan pada Untai Uji Korosi (*Primary Loop*). Rancangan ruang uji diawali dengan menentukan ketebalan minimal pipa yang akan digunakan melalui suatu perhitungan. Dari hasil perhitungan pipa yang digunakan adalah pipa *seamless* berdiameter nominal 5" (127 mm) *schedule 120* dan untuk menghubungkan dengan Untai Uji Korosi digunakan *tube stainless steel seamless* berdiameter 18 mm tebal 1,5 mm, pada bagian dalam ruang uji terdapat *rod* dan *hanger*. Selain meningkatkan tekanan dan temperatur disain modifikasi juga dilakukan pada *hanger* dengan menambahkan jumlah *hanger* sehingga masing-masing spesimen dijepit kedua ujungnya untuk menjaga kestabilan posisinya. Perancangan modifikasi ruang uji ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk kegiatan pabrikan ruang uji.

### ABSTRACT

*MODIFICATION DESIGN OF TEST SECTION FOR TENSILE TEST SPECIMEN AT 180 BAR WITH TEMPERATURE 500 °C. Have been done of design for test section modification for tensile specimen capable to be operated at dividing valve of 180 bar with temperature 500° C. Design of modification aim to increase test section performance as place for treatment of thermo hydraulic with high temperature at tensile test specimen. To get high temperature so the shell can be transplanted to Circuit Test of Corrosion (Primary Loop). Design this shell are started by determining minimum thickness of pipe which will be applied through a calculation. From result of calculation, which pipe are applied is pipe seamless with nominal diameter 5" (127 mm) schedule 120 and to connected to Primary Loop is applied by tube stainless steel seamless is having diameter 18 mm with thickness 1,5 mm, at shell interior there is rod and hanger. Besides increasing design's pressure and temperature, this modification also have been done at hanger with adding number of hanger so that each specimen at both of the nose its bounded to take care of stability of its the position. Design of test section modification expected can become reference for activity of test section manufacturing*

### PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir mempunyai beberapa fasilitas sebagai sarana penelitian salah satunya adalah Untai Uji Korosi (*Primary Loop*). Untai Uji Korosi dilengkapi juga dengan struktur penyangga yang terbuat dari baja

karbon, struktur ini berfungsi untuk menyangga sistem pemipaan dan komponen-komponen dari untai uji. Struktur penyangga didisain berdasarkan beban statis untuk sistem pemipaan dan komponen-komponennya serta beban dinamik operasional. Untuk lebih jelasnya tentang bentuk dari Untai Uji Korosi dapat dilihat pada Gambar 1<sup>[1]</sup>.



Gambar 1. Untai Uji Korosi (*Primary Loop*)

Fasilitas untai uji korosi tersebut dilengkapi ruang uji spesimen uji tarik dengan disain temperatur 350 °C dan disain tekanan 150 bar menggunakan pipa SS 304 *seamless* berdiameter nominal 4 inci<sup>[2]</sup>. Ruang uji tersebut berfungsi sebagai sarana untuk memberikan perlakuan termohidrolik pada spesimen uji tarik yang bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur logam spesimen setelah mendapat perlakuan termohidrolik melalui uji merusak (*Destructive Test*) menggunakan alat uji tarik.

Untuk meningkatkan kinerja ruang uji tersebut maka dilakukan modifikasi dengan meningkatkan disain temperatur menjadi 500 °C, disain tekanan menjadi 180 bar dan menggunakan pipa SS 316 *seamless* berdiameter nominal 5 inci sehingga tekanan dan temperatur pengoperasian dapat dinaikkan lebih tinggi dari kondisi operasi sebelumnya. Makalah ini membahas tentang perancangan ruang uji yang diawali dengan perhitungan tebal minimum dinding pipa yang akan digunakan sesuai dengan persyaratan yang berlaku sehingga didapatkan spesifikasi pipa *seamless* yang digunakan. Pemilihan komponen-komponen ruang uji sesuai dengan hasil dari perhitungan tebal minimum dinding pipa, dan pembuatan gambar teknik rancangan dilakukan menggunakan *software* AutoCad<sup>[3]</sup> dengan mengacu pada buku panduan teknik Menggambar Mesin Menurut Standar ISO<sup>[4]</sup>.

## TEORI

### Penentuan ketebalan dinding pipa

Penentuan ketebalan dinding pipa berhubungan dengan disain tekanan dan temperatur serta faktor keselamatan. Dimana ketebalan dinding pipa harus dapat memenuhi tekanan terbesar yang terjadi didalam pipa tersebut, besar tekanan yang terjadi didalamnya harus dibatasi sesuai dengan besar tekanan yang diijinkan. Ketebalan dinding minimum berdasarkan besar tekanan yang diijinkan dapat dihitung dengan persamaan<sup>[5]</sup> sebagai berikut :

$$\frac{PD}{2t} < S$$

$$\frac{PD}{2S} < t \dots\dots\dots(1)$$

- P = tekanan didalam pipa (psi)
- D = diameter luar pipa (inci)
- t = ketebalan dinding pipa (inci)
- S = tekanan maksimum yang diijinkan (psi)

Besar tekanan maksimum yang diijinkan didapatkan berdasarkan jenis pipa, tipe dan disain temperatur ( Tabel 1), dimana disain temperatur harus lebih besar daripada temperatur operasi. Disain temperatur ditetapkan sebesar 500 °C.

Tabel 1. Tekanan maksimum yang diijinkan [6]

Jenis Pipa	Tipe Pipa	Tekanan Maksimum yang diijinkan (ksi)				
		750 °F	800 °F	850 °F	900 °F	950 °F
<i>Seamless pipe</i>	TP 316	16,1	15,9	15,7	15,6	15,4
<i>Seamless pipe</i>	TP 316	11,2	11,0	10,9	10,8	10,7
<i>Welding pipe</i>	TP 316	13,7	13,5	13,4	13,2	13,1
<i>Welding pipe</i>	TP 316	9,5	9,4	9,3	9,2	9,1
<i>Seamless pipe</i>	TP 316 H	16,1	15,9	15,7	15,6	15,4
<i>Seamless pipe</i>	TP 316 H	11,9	11,7	11,6	11,5	11,4
<i>Welding pipe</i>	TP 316 H	13,7	13,5	13,4	13,2	13,1
<i>Welding pipe</i>	TP 316 H	10,1	9,9	9,9	9,8	9,7
<i>Seamless pipe</i>	TP 316 H	16,1	15,9	15,7	15,6	15,4

**Penentuan Komponen-komponen Ruang Uji**

Hasil perhitungan penentuan ketebalan dinding minimum digunakan untuk menentukan beberapa komponen yang digunakan dalam perancangan ruang uji, diantaranya adalah sebagai berikut ;

1. Spesifikasi pipa SS 316 *seamless*

Diameter nominal dan *schedull* pipa *seamless* yang digunakan ditentukan berdasarkan ketebalan minimum yang didapat dari perhitungan seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. Dimensions of welded and *seamless* pipe [7]

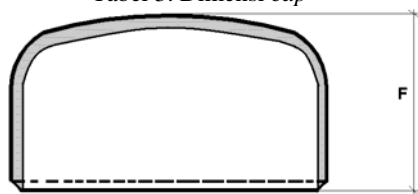
NOMINAL PIPE SIZE	OUT-SIDE DIAM.	NOMINAL WALL THICKNESS FOR															
		SCHED. 5S*	SCHED. 10S*	SCHED. 10	SCHED. 20	SCHED. 30	STAND-ARD †	SCHED. 40	SCHED. 60	EXTRA STRONG S	SCHED. 80	SCHED. 100	SCHED. 120	SCHED. 140	SCHED. 160	XX STRONG	
1/8	0.405	.....	0.049	.....	.....	.....	0.068	0.068	.....	0.095	0.095	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1/4	0.540	.....	0.065	.....	.....	.....	0.088	0.088	.....	0.119	0.119	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3/8	0.675	.....	0.065	.....	.....	.....	0.091	0.091	.....	0.126	0.126	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1/2	0.840	0.065	0.083	.....	.....	.....	0.109	0.109	.....	0.147	0.147	.....	.....	.....	.....	0.188	0.294
3/4	1.050	0.065	0.083	.....	.....	.....	0.113	0.113	.....	0.154	0.154	.....	.....	.....	.....	0.219	0.308
1	1.315	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.133	0.133	.....	0.179	0.179	.....	.....	.....	.....	0.250	0.358
1 1/4	1.660	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.140	0.140	.....	0.191	0.191	.....	.....	.....	.....	0.250	0.382
1 1/2	1.900	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.145	0.145	.....	0.200	0.200	.....	.....	.....	.....	0.281	0.400
2	2.375	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.154	0.154	.....	0.218	0.218	.....	.....	.....	.....	0.344	0.436
2 1/2	2.875	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.203	0.203	.....	0.276	0.276	.....	.....	.....	.....	0.375	0.552
3	3.5	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.216	0.216	.....	0.300	0.300	.....	.....	.....	.....	0.438	0.600
3 1/2	4.0	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.226	0.226	.....	0.318	0.318	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	4.5	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.237	0.237	.....	0.337	0.337	.....	0.438	.....	.....	0.531	0.674
5	5.563	0.109	0.134	.....	.....	.....	0.258	0.258	.....	0.375	0.375	.....	0.500	.....	.....	0.625	0.730
6	6.625	0.109	0.134	.....	.....	.....	0.280	0.280	.....	0.432	0.432	.....	0.562	.....	.....	0.719	0.864
8	8.625	0.109	0.148	.....	0.250	0.277	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.594	0.719	0.812	0.906	0.906	0.875
10	10.75	0.134	0.165	.....	0.250	0.307	0.365	0.365	0.500	0.500	0.594	0.719	0.844	1.000	1.125	1.000	1.000
12	12.75	0.156	0.180	.....	0.250	0.330	0.375	0.406	0.562	0.500	0.688	0.844	1.000	1.125	1.312	1.000	1.000
14 O.D.	14.0	0.156	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438	0.594	0.500	0.750	0.938	1.094	1.250	1.406	.....	.....
16 O.D.	16.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500	0.656	0.500	0.844	1.031	1.219	1.438	1.594	.....	.....
18 O.D.	18.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.438	0.375	0.562	0.750	0.500	0.938	1.156	1.375	1.562	1.781	.....	.....
20 O.D.	20.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	0.594	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.969	.....	.....
22 O.D.	22.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	.....	0.875	0.500	1.125	1.375	1.625	1.875	2.125	.....	.....
24 O.D.	24.0	0.218	0.250	0.250	0.375	0.562	0.375	0.688	0.969	0.500	1.218	1.531	1.812	2.062	2.344	.....	.....
26 O.D.	26.0	.....	.....	0.312	0.500	0.375	.....	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
28 O.D.	28.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
30 O.D.	30.0	0.250	0.312	0.312	0.500	0.625	0.375	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
32 O.D.	32.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
34 O.D.	34.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
36 O.D.	36.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	0.750	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
42 O.D.	42.0	.....	.....	.....	.....	.....	0.375	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

2. *Cap*

Ukuran nominal pipa yang digunakan dalam perancangan sebagai dasar untuk menentukan

ukuran *cap* yang akan dipakai, dimana ketebalan *cap* sama dengan ketebalan pipa seperti dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3. Dimensi cap <sup>[7]</sup>



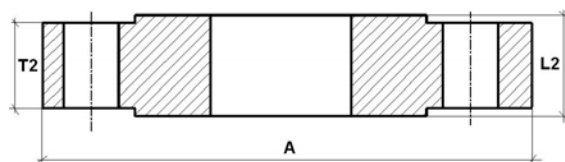
Nominal Pipe Size	F (inci)
1/2	1
3/4	1 1/2
1	1 1/2
1 1/4	1 1/2
1 1/2	1 1/2
2	1 1/2
2 1/2	1 1/2
3	2
3 1/2	2 1/2

Nominal Pipe Size	F (inci)
4	2 1/2
5	3
6	3 1/2
8	4
10	5
12	6
14	6 1/2
16	7
18	8
20	9
24	10 1/2
30	10 1/2

3. Slip On Flanges

Berdasarkan ukuran diameter nominal pipa yang digunakan dalam perancangan, ukuran slip on flanges dengan kelas tertentu dapat dipilih sesuai yang tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Dimensi Slip On Flanges class 2500 lb <sup>[7]</sup>



A (inci)	T 2 (inci)	L 2			Bolt Circle (inci)	No. And Size of Hole (inci)	Nominal Pipe Size (inci)
		Weld Neck (inci)	Thrd Slip On (inci)	Lap. Joint (inci)			
5 1/4	1 3/16	2 7/8	1 9/16	1 9/16	3 1/2	4 - 7/8	1/2
5 1/2	1 1/4	3 1/8	1 11/16	1 11/16	3 3/4	4 - 7/8	3/4
6 1/4	1 3/8	3 1/2	1 7/8	1 7/8	4 1/4	4 - 1	1
7 1/4	1 1/2	3 3/4	2 1/16	2 1/16	5 1/8	4 - 1	1 1/4
8	1 3/4	4 3/8	2 3/8	2 3/8	5 3/4	4 - 1 1/8	1 1/2
9 1/4	2	5	2 3/4	2 3/4	6 3/4	8 - 1 1/8	2
10 1/2	2 1/4	5 5/8	3 1/8	3 1/8	7 3/4	8 - 1 1/4	2 1/2
12	2 5/8	6 5/8	3 5/8	3 5/8	9	8 - 1 3/8	3
14	3	7 1/2	4 1/4	4 1/4	10 3/4	8 - 1 5/8	4
16 1/2	3 5/8	9	5 1/8	5 1/8	12 3/4	8 - 1 7/8	5
19	4 1/4	10 3/4	6	6	14 1/2	8 - 2 1/8	6
21 3/4	5	12 1/2	7	7	17 1/4	12 - 2 1/8	8
26 1/2	6 1/2	16 1/2	9	9	21 1/4	12 - 2 5/8	10
30	7 1/4	18 1/4	10	10	24 3/8	12 - 2 7/8	12

TATA KERJA

Perancangan test section (ruang uji) dengan tekanan disain 180 bar dan temperatur disain 500 °C diawali dengan perhitungan untuk menentukan ketebalan minimum dinding pipa sebagai ruang uji. Untuk memenuhi persyaratan tersebut penentuan

ketebalan dinding pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Setelah ketebalan dinding pipa (schedule pipe) dapat ditentukan maka dilanjutkan dengan kegiatan pemilihan komponen-komponen yang digunakan dengan mengacu pada tabel masing-masing komponen. Pembuatan gambar teknik rancangan ruang uji temperatur tinggi dilakukan menggunakan software Autocad.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan ketebalan minimum dinding pipa yang digunakan dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$P = 180 \text{ bar} = 180 \times 14,5 \text{ psi} = 2610 \text{ psi}$$

$$D = 5,512 \text{ inci}$$

$$S = 15,4 \text{ kpsi (T = 950 } ^\circ\text{F)}$$

$$= 1,54 \times 10^4 \text{ psi}$$

$$\frac{PD}{2t} < S$$

$$\frac{PD}{2S} < t$$

$$\frac{2610 \times 5,512}{2 \times 1,54 \times 10^4} < t$$

$$0,471 < t$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan ketebalan pipa yang memenuhi persyaratan minimal 0,471 inci. Sehingga pemilihan spesifikasi pipa berdasarkan tabel *Dimensions of welded and seamless pipe*<sup>[6]</sup> (Table 2) untuk pipa dengan diameter nominal 5 inci dipilih dengan outside diameter 5,563 inci dan ketebalan 0,500 inci (Sch. 120).

Perhitungan ulang dilakukan untuk mengetahui kebenaran pemilihan ketebalan pipa sebagai berikut:

$t = 0,500$  inci (ketebalan dinding pipa *seamless sch. 120*)

$$\frac{PD}{2t} \text{ psi} < S \text{ psi}$$

$$\frac{2610 \times 5,563}{2 \times 0,500} \text{ psi} < 1,54 \times 10^4 \text{ psi}$$

$$1,45 \times 10^4 \text{ psi} < 1,54 \times 10^4 \text{ psi}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa tekanan maksimum yang dapat terjadi didalam ruang uji masih berada dibawah ambang batas tekanan yang diijinkan. Dengan demikian untuk memenuhi persyaratan yang berlaku, ketebalan pipa yang dapat digunakan adalah sebesar 0,500 inci merupakan spesifikasi pipa 5 inci berdiameter luar 5,563 inci dengan *sch. 120*,

Selanjutnya kegiatan pembuatan gambar disain ruang uji tarik temperatur tinggi dapat dilakukan, dimana pembuatan disain tersebut dengan menggunakan acuan beberapa tabel untuk menentukan jenis dan ukuran dari *cap* dan *slip on flanges* yang digunakan. Ukuran-ukuran pada *cap* didapatkan berdasarkan dari *schedule* pipa, sedangkan ukuran-ukuran pada *slip on flanges* berdasarkan dari tekanan dan temperatur disain ruang uji.

Disain ruang uji yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 2 (gambar teknik pada lampiran 1 dan 2), terdiri dari beberapa bagian yaitu :

- Tube Stainless Steel 304, Ø 18 mm tebal 1,5 mm

- Cap Stainless Steel 316 Ø 5" dengan ketebalan 0,500 inci
- Slip On Flanges Stainless Steel 316 Sch. Class 2500
- Hanger specimen Stainless Steel
- Rod hanger specimen Stainless Steel 316 Ø ¾" panjang 400 mm
- Pipa *seamless* 316 Ø 5" Sch. 120 panjang 500 mm

Modifikasi juga dilakukan pada pemegang (*hanger*) benda uji, pada rancangan ini kedua ujung benda uji dicepit oleh *hanger* yang sudah dilas pada *rod*. Hal tersebut dilakukan agar benda uji tidak bergetar ketika dilalui fluida yang bertekanan dan bertemperatur tinggi ketika untai uji korosi dioperasikan. Dengan demikian diharapkan benda uji memperoleh perlakuan termohidrolik sesuai dengan yang diinginkan dalam penelitian, selanjutnya dapat dilakukan penelitian uji tarik untuk mengetahui perubahan struktur logam pada benda uji uji tarik tersebut.

## KESIMPULAN

Perancangan modifikasi ruang uji dengan tekanan disain 180 bar dan temperatur disain 500 °C menggunakan bahan *tube stainless steel* 304 Ø 18 mm tebal 1,5 mm, *cap stainless steel* 316 Ø 5" dengan ketebalan 0,500 inci, *slip on flanges stainless steel* 316 sch. class 2500, *hanger specimen stainless steel*, *rod hanger* spesimen *stainless steel* 316 Ø ¾" panjang 400 mm, pipa *seamless* 316 Ø 5" sch. 120 panjang 500 mm dapat dijadikan landasan untuk kegiatan pabrikasi ruang uji. Sehingga didapatkan ruang uji yang layak digunakan untuk memberikan perlakuan termohidrolika dengan temperatur tinggi pada spesimen uji tarik dengan memanfaatkan Untai Uji Korosi (*Primary Loop*)

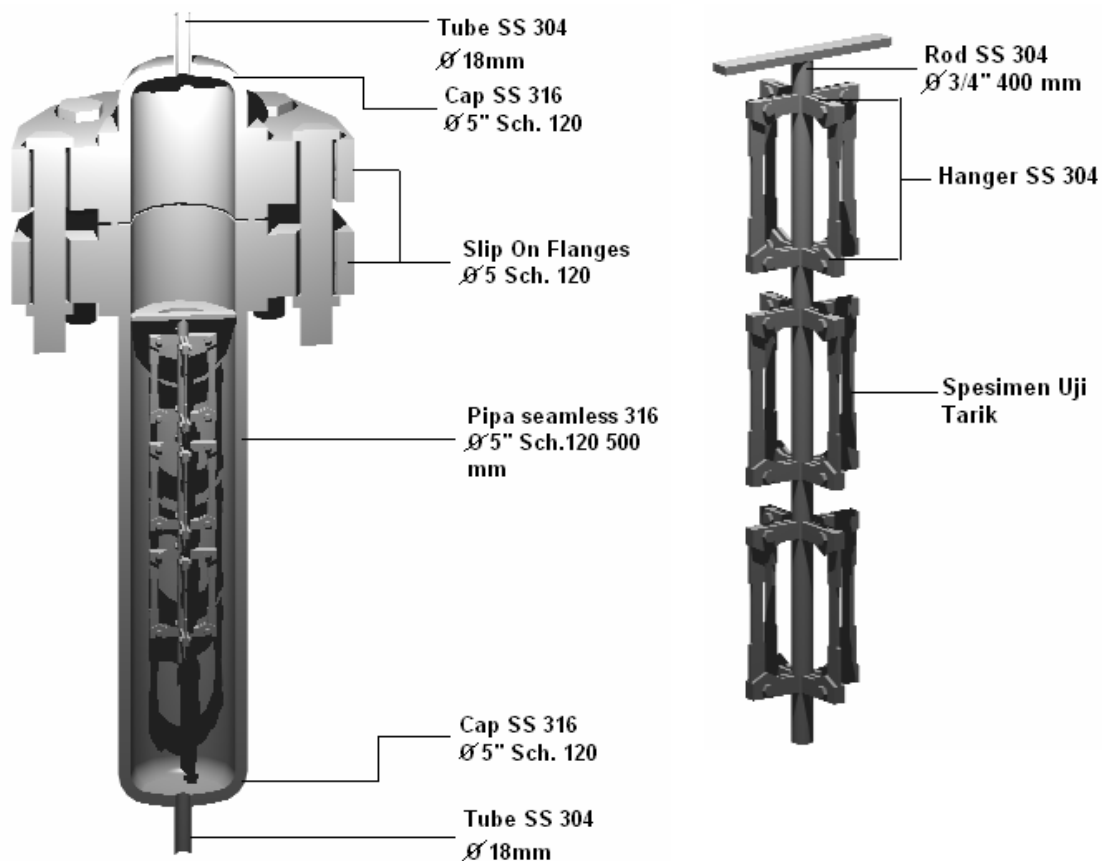
## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Ir. Sri Nitiswati, Dipl. Ing. Ari Satmoko, DEA., dan Ir. Abdul Hafid yang memberikan inspirasi dan dorongan semangat melalui kegiatan modifikasi perancangan ini. Serta kepada Drs. Sumijanto atas koreksi dan komentar dalam perbaikan makalah ini sangat kami hargai.

## DAFTAR PUSTAKA

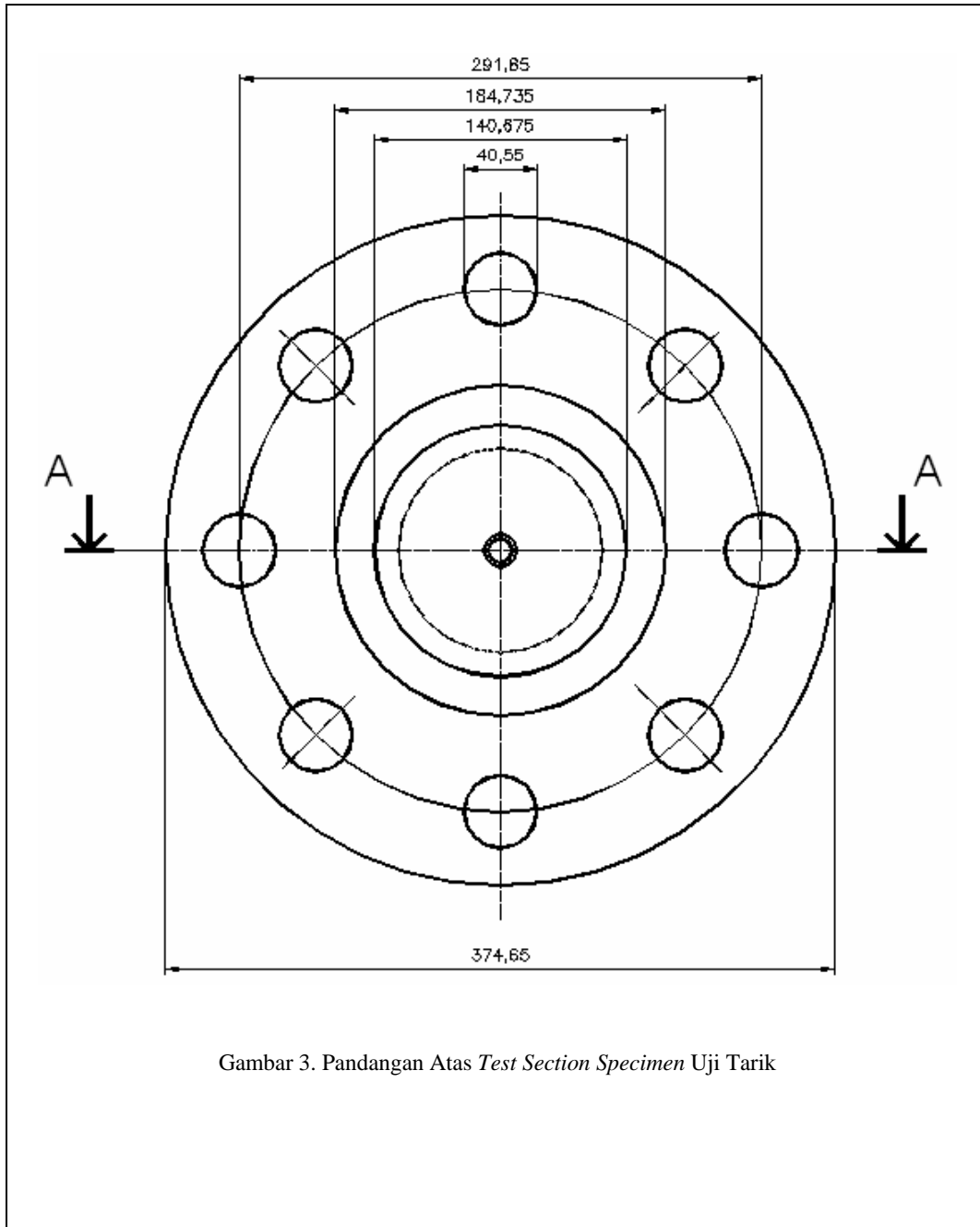
1. PPTKR - BATAN, Primary Loop Operation and Maintenance Manual
2. DEDY HARYANTO, "Rancangan Ruang Uji Tarik Temperatur Tinggi", Prosiding Seminar Nasional , Penelitian Pengelolaan Perangkat Nuklir, Yogyakarta 5 September 2007.

3. SOFI ANSORI, Mengupas Tuntas AutoCad Release 14, Penerbit PT Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia-Jakarta, Cetakan kedua Juni 2001.
4. G. TAKESHI SATO, N. SUGIARTO H., Menggambar Mesin Menurut Standar ISO, Penerbit PT. Pradnya Paramita Jakarta, Cetakan keenam 1994
5. George A. Antaki, Piping and Pipeline Engineering Design, Construction, Maintenance, Integrity and Repair, Columbus Division, Battelle Memorial Institute and Department of Mechanical Engineering The Ohio State University Columbus, Ohio
6. ASME Boiller and Pressure Vessel Code An Internationally Recognized Code, Section III Material Part D – Properties, 1992 Edition July 1, 1992, The American Society of Mechanical Engineers United Engineering Center 345 East 47 th Street, New York, NY 10017
7. Richard C Byrne, Standards of The Tubuler Exchanger Manufacturers Association, Seventh Edition 1988, 25 North Broadway, New York 10591



Gambar 2. Disain ruang uji tarik temperatur tinggi

Lampiran 1.



Gambar 3. Pandangan Atas *Test Section Specimen* Uji Tarik

Lampiran 2.

