



**SCALE-UP ROTARY JOINT DENGAN PENERAPAN METODE  
PERANCANGAN PARAMETRIK**

**SCALE-UP ROTARY JOINT WITH APPLICATION OF METHOD PARAMETRIC  
DESIGN**

**Gunadi Katon<sup>1</sup>, Yatna Yuwana Matawirya<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesa No.10, Bandung 40132 Jawa Barat

E-mail : gunadikaton@gmail.com

**Abstrak**

Mesin *drum dryer* adalah salah satu jenis mesin pengering yang diaplikasikan untuk produk pangan siap saji. Mesin *drum dryer* menghasilkan adonan kering berupa lembaran dari cairan adonan yang memiliki viskositas tinggi (*heavy pastes*). Mesin *drum dryer* terdiri dari beberapa komponen pendukung salah satunya adalah komponen *rotary joint* yang berfungsi menyalurkan sumber panas berupa uap dari saluran statis kepada bagian yang berputar yaitu drum. Perancangan parametrik merupakan salah satu metode perancangan untuk membuat rancangan/objek baru berdasarkan rancangan/objek lama namun memiliki kebutuhan yang berbeda dengan mempertimbangkan beberapa parameter. Parameter tersebut seperti dimensi geometri, material bahan baku, dan lain-lain. Konsep desain parametrik dapat menghasilkan desain baru dengan dimensi yang berbeda namun tetap memenuhi kriteria yang diinginkan. Pada penelitian ini, dilakukan proses *scale-up rotary joint* jenis *dual flow* merk Pearl joint tipe AC-10A (*rotary joint* ½ inch) dengan mempertimbangkan dimensi sebagai acuan. Output yang didapatkan dari proses *scale-up* ini adalah *rotary joint* dengan ukuran (¾ Inch, 1 Inch, 1¼ Inch, dan 1½ Inch). Kemudian, dilakukan juga pembuatan prototipe *rotary joint* ¾ Inch dari hasil *scale-up* untuk diuji unjuk kerja dari prototipe *rotary joint*.

Kata Kunci: *Rotary joint*, *Scale-up*, Prototipe, Perancangan Parametrik .

**Abstract**

A *drum dryer machine* is one type of drying machine that is applied to ready-to-eat food products. The *drum dryer machine* produces dry dough in the form of sheets of dough liquid that has high viscosity (*heavy pastes*). The *drum dryer machine* consists of several supporting components, one of which is a *rotary joint* component that functions to distribute a heat source in the form of steam from a static channel to a rotating part, namely the drum. Parametric design is one of the design methods to create new designs/objects based on old designs/objects but has different needs by considering several parameters. These parameters include geometric dimensions, raw materials, and others. Parametric design concepts can produce new designs with different dimensions but still meet the desired criteria. In this study, a *scale-up* process of *dual flow rotary joint* with Pearl joint type AC-10A type (*rotary joint* inch) was carried out by considering the dimensions as a reference. The output obtained from this *scale-up* process is a *rotary joint* with different sizes. Then, the manufacture of a ¾ Inch *rotary joint* prototype from the *scale-up* results was also carried out to test the performance of the *rotary joint* prototype.

Keywords: *Rotary joint*, *Scale-Up*, Prototipe, Parametric Design.

## PENDAHULUAN

*Rotary joint* atau istilah lain *rotary union* merupakan komponen yang digunakan untuk memasok atau mengalirkan fluida dari jalur *supply stationary* ke bagian yang berputar (Sun et al. 2017). *Rotary joint* digunakan untuk menyalurkan sumber panas berupa uap panas dari saluran statis ke bagian yang berputar yaitu drum. Harga produk *rotary joint* di pasaran saat ini masih sangat tinggi, hal ini dikarenakan produk tersebut masih berasal dari luar negeri / impor. Maka untuk menekan harga jual dari produk *rotary joint* dapat dilakukan dengan cara memproduksi produk tersebut didalam negeri. *Rotary joint* telah dijadikan objek penelitian pada Tesis yang ditulis Maulana Furqon (Maulana Furqon 2021) yang menyimpulkan bahwa pembuatan produk *rotary joint* dapat dilakukan di dalam negeri dan menghasilkan prototipe *rotary joint* ½ inch. Namun pada proses penelitian yang sebelumnya belum dilakukan *scale-up*, sehingga dalam penelitian ini, akan dilakukan *scale-up* berdasarkan dimensi dari *rotary joint*.

Perancangan parametrik adalah salah satu metode perancangan untuk membuat rancangan/objek baru berdasarkan rancangan/objek lama namun memiliki kebutuhan yang berbeda dengan mempertimbangkan beberapa parameter. Parameter tersebut seperti dimensi geometri, material bahan baku, dan lain-lain. Perancangan parametrik biasanya digunakan untuk objek yang kompleks (Chen, Wei, and Jiang 2016) (Yu and Gero 2015). Konsep desain parametrik dapat menghasilkan desain baru dengan mengubah satu dua parameter tanpa memulai desain dari awal (Andy and Mustikarukmi 2012).

Perancangan parametrik merupakan satu metode perancangan yang parameter dan variabel objeknya telah diketahui, dan akan dibuat objek baru yang memenuhi spesifikasi yang diinginkan namun masih memenuhi batasan-batasan antar parameter dan variabel (Murtagh and Shimura 1990). Model parametrik juga memperkenalkan perubahan mendasar sebuah tanda atau nilai yang merupakan bagian dari sebuah desain yang saling berhubungan dan berubah secara terkoordinasi (Woodbury 2010). Perancangan parametrik saat ini menggunakan

perhitungan komputer untuk merancang beberapa parameter secara otomatis (Rempling et al. 2019).

Pada penelitian ini dilakukan *scale-up* untuk mendapatkan dimensi baru dari *rotary joint*. Setelah mendapatkan dimensi baru akan dibuat prototipe dan diuji coba fungsi dari *rotary joint* tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Membuat *scale-up* pada komponen *rotary joint*.
2. Menentukan proses pembuatan prototipe *rotary joint*.
3. Pengujian prototype *rotary joint*.

Adapun Batasan-batasan dari penelitian ini yaitu:

1. Produk *Rotary joint* yang menjadi acuan perancangan adalah produk *Rotary joint* jenis *dual flow* merk Pearl joint tipe AC-10A.
2. Kegiatan penelitian dilakukan sampai dengan proses pengujian untuk mengetahui keberfungsian dari produk *rotary joint* yang akan dibuat.

## PERANCANGAN

*Rotary joint* terdiri dari beberapa komponen yang memiliki hubungan satu sama lain untuk mencapai fungsi dan performanya. Jika salah satu komponen diubah dimensinya, maka komponen lain yang berhubungan akan berubah sebagai konsekuensi dari hubungan tersebut. Hal ini dapat dijadikan sebagai dasar dalam pembuatan *scale-up rotary joint* dimana hanya dengan mengubah parameter *input* akan menghasilkan sebuah desain baru berupa dimensi komponen lain secara otomatis (parameter *output*).

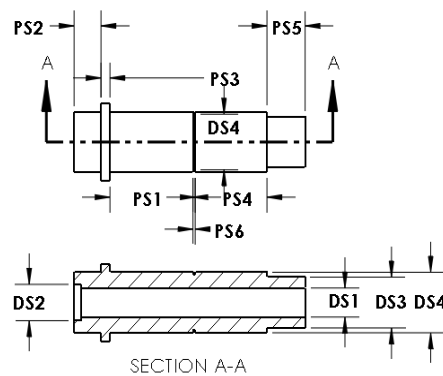
*Rotary joint* memiliki beberapa parameter tetap dan fitur-fitur yang memiliki parameter dengan aturan tertentu (memiliki standard) seperti *ball bearing*, *oil seal*, baut, *snap ring*, *mechanical seal* yang merupakan komponen inti dari *rotary joint* (Suleimanov and Khabibullin 2020). Sehingga dalam perancangan ini mengacu pada komponen yang memiliki standard tersebut. Dimensi dari komponen yang memiliki standard tertentu tersebut dipilih sebagai input dalam *scale-up rotary joint*. Adapun komponen-komponen yang dilakukan perancangan adalah sebagai berikut :

1. Poros  
Poros terbuat dari *steel* dan berfungsi menyalurkan fluida (*steam*) dari *Rotary joint* ke drum yang berputar.
2. *Bushing*  
*Bushing* terbuat dari kuningan dan berfungsi menghubungkan antara komponen poros dan *mechanical seal*.
3. Ring pembatas (*spacer*)  
Ring pembatas terbuat dari *steel* dan berfungsi sebagai pembatas antar *ball bearing*.
4. *Cover*  
*Cover* terbuat dari besi cor dan berfungsi Mencegah kebocoran pada sambungan *body* dan poros.

5. *Head*  
*Head* terbuat dari besi cor dan berfungsi Sebagai saluran input fluida (*steam*) dan saluran output *drain kondesat*.
6. *Body*  
*Body* terbuat dari besi cor dan berfungsi menyatukan semua komponen.

### Scale-up Komponen Poros

*Scale-up rotary joint* ini mengacu pada *rotary joint* jenis *dual flow* merk Pearl Joint tipe AC-10A dengan ukuran ½ inch. Tahap pertama dalam *scale-up* adalah membuat rancangan gambar dan pemberian parameter pada gambar. Seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Komponen poros

Parameter-parameter pada Gambar diatas kemudian dituliskan dalam Microsoft Excel. Kemudian diidentifikasi dan dibuat hubungan antara parameter seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara parameter pada komponen poros

Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Diameter Poros	DS1	Diameter <i>shaft</i> 1	12	mm	Inputan
	DS2	Diameter <i>shaft</i> 2	15	mm	Inputan
	DS3	Diameter <i>shaft</i> 3	21	mm	Inputan
	DS4	Diameter <i>shaft</i> 4	25	mm	Inputan
	DS5	Diameter <i>shaft</i> 5	23	mm	$=23/25 \times DS5$
Panjang Poros	PS1	Panjang <i>shaft</i> 1	36,7	mm	Inputan
	PS2	Panjang <i>shaft</i> 2	12	mm	Inputan
	PS3	Panjang <i>shaft</i> 3	5	mm	Konstan
	PS4	Panjang <i>shaft</i> 4	32	mm	$=32/25 \times DS5$
	PS5	Panjang <i>shaft</i> 5	17	mm	$=17/25 \times DS5$
	PS6	Panjang <i>shaft</i> 6	2	mm	Konstan

Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter input. Penentuan parameter input didasarkan pada komponen yang memiliki

standar tertentu dan komponen lain yang berhubungan. Nilai dari parameter input dapat dilihat pada Tabel 2.

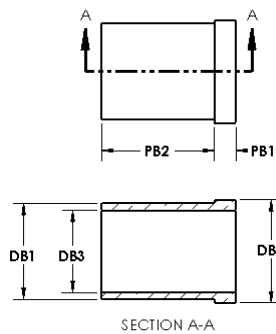
Tabel 2. Parameter input komponen poros

Ukuran Poros	DS1	DS2	DS3	DS4	PS1	PS2
½ Inch	12	15	21	25	36,7	12
¾ Inch	16	20	27	30	42	13
1 Inch	20	25	34	40	46	13
1¼ Inch	25	32	43	50	49	14
1½ Inch	30	38	49	55	52	14

**Scale-up Komponen Bushing**

Tahap pertama dalam *scale-up* adalah membuat rancangan gambar dan pemberian parameter pada gambar. Seperti terlihat pada Gambar 2.

Parameter-parameter pada gambar diatas kemudian dituliskan dalam Microsoft Excel. Kemudian diidentifikasi dan dibuat hubungan antara parameter seperti pada Tabel 3.



Gambar 2. Komponen *bushing*

Tabel 3 Hubungan antara parameter pada komponen *bushing*

Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Diameter <i>bushing</i>	DB1	Diameter <i>bushing</i> 1	14	mm	Inputan
	DB2	Diameter <i>bushing</i> 2	15	mm	Inputan
	DB3	Diameter <i>bushing</i> 3	12	mm	=DB1-2
Panjang <i>bushing</i>	PB1	Panjang <i>bushing</i> 1	3	mm	Konstan
	PB2	Panjang <i>bushing</i> 2	16	mm	Konstan

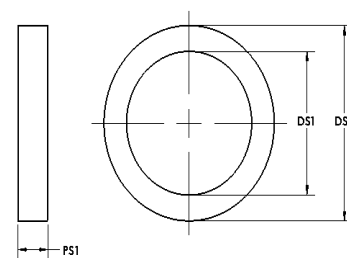
Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter input. Penentuan parameter input didasarkan pada komponen yang memiliki standar tertentu dan komponen lain yang berhubungan. Nilai dari parameter input dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter input komponen *bushing*

Ukuran <i>Bushing</i>	DB1	DB2
½ Inch	14	15
¾ Inch	18	20
1 Inch	24	25
1¼ Inch	30	32
1½ Inch	36	38

**Scale-up Komponen Spacer**

Tahap pertama dalam *scale-up* adalah membuat rancangan gambar dan pemberian parameter pada gambar. Seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Komponen *spacer*

Parameter-parameter pada gambar di atas kemudian dituliskan dalam Microsoft Excel. Kemudian diidentifikasi dan dibuat hubungan antara parameter seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan antara parameter pada komponen *Spacer*

Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Diameter <i>spacer</i>	DS1	Diameter <i>spacer 1</i>	25	mm	Inputan
	DS2	Diameter <i>spacer 2</i>	34	mm	$=34/25 \times DS1$
Panjang <i>spacer</i>	PS1	Panjang <i>spacer 1</i>	6	mm	Konstan

Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter input. Penentuan parameter input didasarkan pada komponen yang memiliki standar tertentu dan komponen lain yang berhubungan. Nilai dari parameter input dapat dilihat pada Tabel

Tabel 6. Parameter input komponen *Spacer*

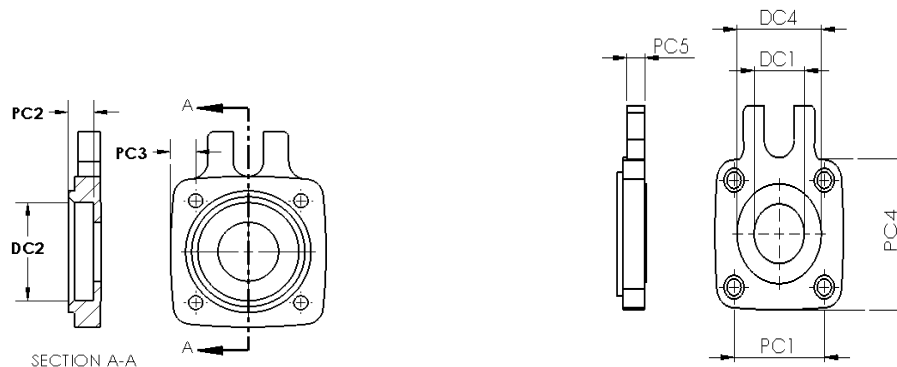
Ukuran <i>Spacer</i>	DS1
½ Inch	25
¾ Inch	30
1 Inch	40
1¼ Inch	50
1½ Inch	55

### Scale-up Komponen Cover

Tahap pertama dalam *scale-up* adalah membuat rancangan gambar dan pemberian parameter pada gambar. Seperti terlihat pada Gambar 4.

Parameter-parameter pada gambar diatas kemudian dituliskan dalam Microsoft Excel. Kemudian diidentifikasi dan dibuat hubungan antara parameter seperti pada Tabel 7.

Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter input. Penentuan parameter input didasarkan pada komponen yang memiliki standar tertentu dan komponen lain yang berhubungan. Nilai dari parameter input dapat dilihat pada Tabel 8.



Gambar 4. Komponen *cover*

Tabel 7. Hubungan antara parameter pada komponen *cover*

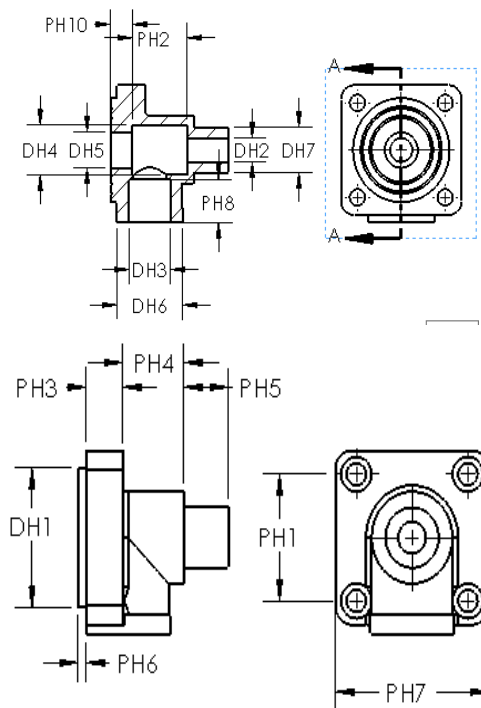
Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Diameter <i>Cover</i>	DC1	Diameter <i>Cover 1</i>	25	mm	Inputan
	DC2	Diameter <i>Cover 2</i>	40	mm	Inputan
	DC3	Diameter <i>Cover 3</i>	52	mm	Inputan
	DC4	Diameter <i>Cover 4</i>	42	mm	$=42/25 \times DC1$
Panjang <i>Cover</i>	PC1	Panjang <i>Cover 1</i>	45	mm	Inputan
	PC2	Panjang <i>Cover 2</i>	12	mm	Konstan
	PC3	Panjang <i>Cover 3</i>	9,5	mm	Konstan
	PC4	Panjang <i>Cover 4</i>	64	mm	$=64/45 \times PC1$
	PC5	Panjang <i>Cover 5</i>	9	mm	$=9/25 \times DC1$

Ukuran <i>Cover</i>	DC1	DC2	DC3	PC1
½ Inch	25	40	52	45
¾ Inch	30	50	62	52
1 Inch	40	62	80	72
1¼ Inch	50	72	90	82
1½ Inch	55	78	100	92

### Scale-up Komponen Head

Tahap pertama dalam *scale-up* adalah membuat rancangan gambar dan pemberian parameter pada gambar. Seperti terlihat pada Gambar 5.

Parameter-parameter pada Gambar diatas kemudian dituliskan dalam Microsoft Excel. Kemudian diidentifikasi dan dibuat hubungan antara parameter seperti pada Tabel 9.



Gambar 5. Komponen *head*

Tabel 9. Hubungan antara parameter pada komponen *head*

Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Diameter <i>head</i>	DH1	Diameter <i>head 1</i>	44	mm	Inputan
	DH2	Diameter <i>head 2</i>	10	mm	Inputan
	DH3	Diameter <i>head 3</i>	19	mm	Inputan
	DH4	Diameter <i>head 4</i>	21	mm	$=21/10 \times DH2$
	DH5	Diameter <i>head 5</i>	15	mm	$=15/10 \times DH2$
	DH6	Diameter <i>head 6</i>	30.5	mm	$=30.5/19 \times DH3$
	DH7	Diameter <i>head 7</i>	27	mm	$=27/10 \times DH2$
	PH1	Panjang <i>head 1</i>	40	mm	Inputan
	PH2	Panjang <i>head 2</i>	25	mm	Konstan
	PH3	Panjang <i>head 3</i>	13	mm	$=13/55 \times PH7$

Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Panjang head	PH4	Panjang head 4	22	mm	=22/55XPH7
	PH5	Panjang head 5	16	mm	Konstan
	PH6	Panjang head 6	3	mm	=3/55XPH7
	PH7	Panjang head 7	55	mm	=55/40XPH1
	PH 8	Panjang head 8	18	mm	=18/55XPH7
	PH 9	Panjang head 9	6	mm	=6/19XDH3
	PH10	Panjang head 10	10	mm	Konstan

Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter input. Penentuan parameter input didasarkan pada komponen yang memiliki

standar tertentu dan komponen lain yang berhubungan. Nilai dari parameter input dapat dilihat pada Tabel 10.

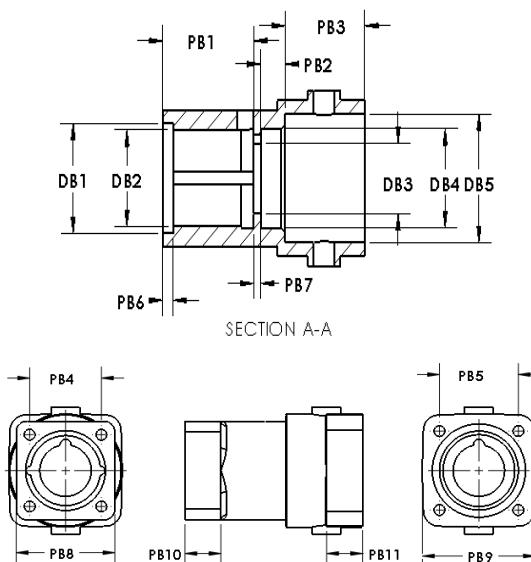
Tabel 10. Parameter input komponen head

Ukuran Head	DH1	DH2	DH3	PH1
½ Inch	44	10	19	40
¾ Inch	48	12	24	42
1 Inch	60	14	30	54
1¼ Inch	72	16	40	64
1½ Inch	85	18	45	80

### Scale-up Komponen Body

Tahap pertama dalam *scale-up* adalah membuat rancangan gambar dan pemberian parameter pada gambar. Seperti terlihat pada Gambar 6.

Parameter-parameter pada Gambar diatas kemudian dituliskan dalam Microsoft Excel. Kemudian diidentifikasi dan dibuat hubungan antara parameter seperti pada Tabel 11.



Gambar 6. Komponen body

Tabel 11. Hubungan antara parameter pada komponen *body*

Nama	Parameter	Dimensi	Satuan	Persamaan	
Diameter <i>Body</i>	DB1	Diameter <i>Body 1</i>	44.5	mm	Inputan
	DB2	Diameter <i>Body 2</i>	39	mm	Inputan
	DB3	Diameter <i>Body 3</i>	30	mm	Inputan
	DB4	Diameter <i>Body 4</i>	40	mm	Inputan
	DB5	Diameter <i>Body 5</i>	52	mm	Inputan
Panjang <i>Body</i>	PB1	Panjang <i>Body 1</i>	38.5	mm	Inputan
	PB2	Panjang <i>Body 2</i>	12	mm	Inputan
	PB3	Panjang <i>Body 3</i>	39	mm	Inputan
	PB4	Panjang <i>Body 4</i>	40	mm	Inputan
	PB5	Panjang <i>Body 5</i>	55	mm	Inputan
	PB6	Panjang <i>Body 6</i>	5	mm	konstan
	PB7	Panjang <i>Body 7</i>	3,5	mm	konstan
	PB8	Panjang <i>Body 8</i>	55	mm	=55/40XPB4
	PB9	Panjang <i>Body 9</i>	64	mm	=64/55XPB5
	PB10	Panjang <i>Body 10</i>	20	mm	=20/99x(PB1+PB2 +PB3+PB7)
	PB11	Panjang <i>Body 11</i>	20	mm	=20/99x(PB1+PB2 +PB3+PB7)

Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter input. Penentuan parameter input didasarkan pada komponen yang memiliki

standar tertentu dan komponen lain yang berhubungan. Nilai dari parameter input dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Parameter input komponen *body*

Ukuran <i>Body</i>	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5
½ Inch	44,5	39	30	40	52	44.5	12	39	40	44
¾ Inch	48	45	35	50	62	50	13	42	50	52
1 Inch	60	49	40	62	80	57	13	46	58	72
1¼ Inch	72	53	55	72	90	65	14	50	72	82
1½ Inch	85	57	60	92	100	73	14	52	78	92

### Pembuatan Prototipe

Pembuatan prototipe dilakukan pada ukuran *rotary joint* ¾ inch. Pembuatan prototipe meliputi proses *sand casting* dan *machining* untuk komponen *body*, *head* dan *cover*. Sedangkan untuk komponen poros, *spacer* dan *bushing* dilakukan proses tunggal yaitu pemesinan konvensional.

### Tahap Perakitan

Setelah komponen-komponen telah terbentuk maka tahap selanjutnya adalah proses perakitan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan *oil seal* pada komponen *cover*.
2. Pemasangan *oil seal* pada komponen *Body*.
3. Perakitan *ball bearing* pada poros.
4. Pemasangan rakitan poros pada *body*.
5. Pemasangan subrakitan *cover* pada *body*.

6. Pemasangan empat buah baut pengencang antara rakitan *body* dan rakitan *cover*.
7. Pemasangan komponen *bushing* pada rakitan poros.
8. Pemasangan *mechanical seal*.
9. Pemasangan *gasket* pada ujung pegas komponen *mechanical seal*.
10. Pemasangan komponen *head* disertai pemasangan baut pengencang.

### Pengujian Prototipe

Pengujian dilakukan dengan mengalirkan uap panas dari *steamer* ke mesin *drum dryer*. *Drum dryer* biasanya digunakan untuk mengeringkan larutan kental dan pekat, bubur atau pasta pada drum dengan pemanas uap yang berputar (Daud 2016). Metode pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian dengan beban. Pengujian tanpa beban yaitu dengan mengoperasikan mesin *drum dryer*

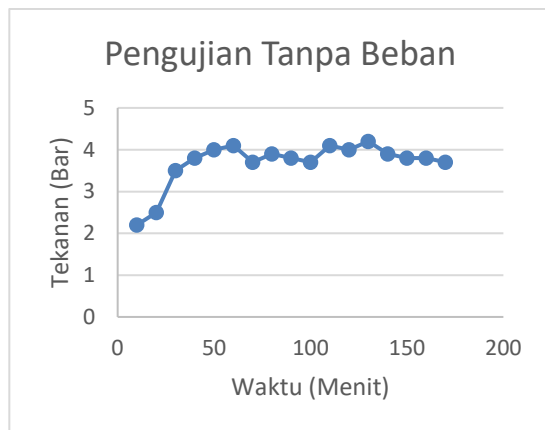


dengan kondisi parameter pengoperasian yang digunakan pada saat pembuatan produk pangan siap saji tanpa dilakukan pembuatan produk pangan siap saji sedangkan pengujian dengan beban yaitu pengujian pada saat mesin *drum dryer* dioperasikan untuk pembuatan produk pangan siap saji. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Proses pemanasan awal pada unit *steamer*, proses pemanasan ini dilakukan sampai menunjukkan tekanan setting yaitu 4 bar.
2. Menjalakan mesin *drum dryer*, dengan seting putaran sesuai dengan yang digunakan pada saat pembuatan produk pangan siap saji.
3. Menyalurkan uap kedalam drum, proses ini dilakukan dengan membuka katup yang terdapat pada saluran suplai uap.
4. Melakukan pengambilan data, pengambilan data dilakukan dengan mencatat nilai tekanan pada indikator pressure gauge selama mesin *drum dryer* beroperasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

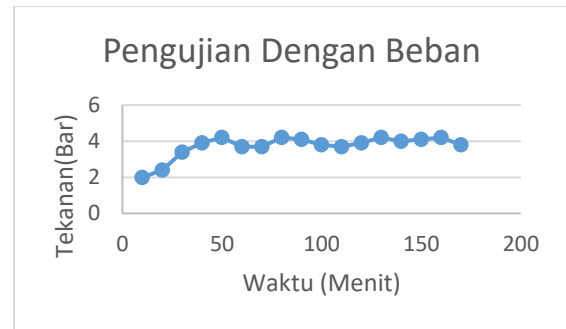
Dari hasil pengujian tanpa beban didapatkan data seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik tekanan terhadap waktu pengujian tanpa beban

Dari grafik terlihat bahwa tekanan uap berada pada posisi relatif stabil yaitu pada tekanan 4 bar, sesuai dengan settingan pada unit *steamer*. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat kebocoran sepanjang saluran suplai uap dari unit *steamer* ke mesin *drum dryer*.

Kemudian dari hasil pengujian dengan beban didapatkan data seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik tekanan terhadap waktu pengujian dengan beban

Dari grafik terlihat bahwa tekanan uap berada pada posisi relatif stabil yaitu pada tekanan 4 bar, sesuai dengan settingan pada unit *steamer*. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat kebocoran sepanjang saluran suplai uap dari unit *steamer* ke mesin *drum dryer*.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah dibuat prototipe *rotary joint*  $\frac{3}{4}$  Inch dari hasil perancangan parametrik.
2. Prototipe *rotary joint*  $\frac{3}{4}$  Inch yang dibuat dapat berfungsi pada mesin *drum dryer* baik saat pengujian tanpa beban maupun pengujian dengan beban.

## SARAN

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang komponen *mechanical seal*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Pramono Nugroho selaku Kepala P2TTG-LIPI yang telah memberikan kesempatan dan dukungan pada kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andy, Yanu, and Alvida Mustikarukmi. 2012. "Desain Parametrik Konseptual Dengan Metode Generative Algorithm Dalam Eksplorasi Geometri Di Bidang Arsitektural Dan Desain Produk."
- Chen, Jingpu, Jinfang Wei, and Wujie Jiang. 2016. "Optimization of a Twin-Skeg Container Vessel by Parametric Design and CFD Simulations." *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering* 8 (5): 466–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2016.05.008>.

- Daud, Wan ramli wan. 2016. "Handbook of Industrial Drying." In *Handbook of Industrial Drying*, edited by Mujumdar Arun Sadashiv.
- Maulana Furqon. 2021. "Pembuatan Prototipe Produk Rotary Joint." Institut Teknologi Bandung.
- Murtagh, Niall, and Masamichi Shimura. 1990. "Parametric Engineering Design Using Constraint-Based Reasoning." *Aaai*, 505–10.
- Rempling, Rasmus, Alexandre Mathern, David Tarazona Ramos, and Santiago Luis Fernández. 2019. "Automatic Structural Design by a Set-Based Parametric Design Method." *Automation in Construction* 108 (August): 102936.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102936>.
- Suleimanov, R. I., and M. Ya Khabibullin. 2020. "Improved Rotary Union in Top-Drive Hydraulic Power Packs Used on Drilling Rigs." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 952 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/952/1/012070>.
- Sun, Jiuze, Santiago Sanz, Andrés León, Jim Fraser, and Holger Neumann. 2017. "Development of a Rotary Union for Gifford-McMahon Cryocoolers Utilized in a 10 MW Offshore Superconducting Wind Turbine." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 278 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/278/1/012067>.
- Woodbury, Robert. 2010. *Elements of Parametric Design*. Routledge. Vol. 1.
- Yu, Rongrong, and John Gero. 2015. "An Empirical Foundation for Design Patterns in Parametric Design." *CAADRIA 2015 - 20th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Emerging Experiences in the Past, Present and Future of Digital Architecture*, 551–60.  
<https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2015.551>.