

# LAPORAN AKHIR KEGIATAN

## PLTP-WBS 05-WP 5.4



### PRIORITAS RISET NASIONAL

#### “REVERSE ENGINEERING PLTP BINARY CYCLE 500 kW LAHENDONG”

#### KELOMPOK PERISET

Ketua Tim : Dr. Tineke Saroinsong, SST.,M.Eng  
Anggota : Dr. Ir. Rachmad Imbang Tritjahjono, M.T  
Anggota : Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL, M.T  
Anggota : Alfred Noufie Mekel, SST.,M.T

**Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat – Politeknik Negeri Manado**

**BADAN RISET INOVASI NASIONAL  
JUNI 2021**

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PRIORITAS RISET NASIONAL**

- 1. Judul Riset** : **Reverse Engineering PLTP Binary Cycle 500 kW Lahendong**
- 2. Ketua Periset** :
- a. Nama Lengkap : Dr. Tineke Saroinsong, SST., M.Eng
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. NIP/NIK/KTP : 19760127 200312 2001
- d. Jabatan Struktural : Wakil Direktur Bidang Akademik
- e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- f. Institusi Periset : Politeknik Negeri Manado
- g. Alamat : Jl. Politeknik Ds. Buha, Kec. Mapanget, Kota Manado
- h. HP/Telepon/Faks : 089621188907
- i. Alamat Rumah : Perumahan Politeknik Indah Bloc CC. 10 Kairagi 2 Manado
- j. Telp/Faks/Email : [tinekesaroinsong@gmail.com](mailto:tinekesaroinsong@gmail.com)
- Mitra Riset** : Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (**BPPT**)
- Alamat Mitra Riset** : **Gd. 620 Kawasan Puspitek Serpong**

**Anggota Riset**

No.	Nama	NIP/NIK	Asal Institusi
1.	Dr. Ir. Rachmad Imbang Tritjahjono, M.T	19600316198710100	Politeknik Negeri Bandung
2.	Dede Buchori Muslim, Masch.Ing.HTL, M.T	196405241994031002	Politeknik Manufaktur Bandung
3.	Alfred Noufie Mekel, SST., M.T	197511122001121001	Politeknik Negeri Manado

**3. Pendanaan**

No.	Uraian	BRIN	Sharing	Total
1	Tahun 1	Rp. 1.200.000.000,-		Rp. 1.200.000.000,-
2	Tahun 2	Rp. 1.300.000.000,-		Rp. 1.300.000.000,-

Manado, 14 Juni 2021

Balai Besar Teknologi Konversi Energi  
Kepala Balai

Ketua Peneliti,



Ditandatangani secara elektronik oleh  
Dr. Ir. Barman Tambunan  
196710121986121001

Dr.Ir. Barman Tambunan, MSc,Eng

Dr. Tineke Saroinsong, SST., M.Eng

Menyetujui,  
Kepala Balai Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Politeknik Negeri Manado



Dr. Ir. Jeanelly Rangkang, M.Eng.Sc

## ABSTRAK

PLTP binary cycle 500 kW di Lahendong telah selesai dibangun (konstruksi dan instalasi), dan uji hydrostatic test, pre-commissioning dan commissioning. Kegiatan operation & maintenance PLTP BC 500 kW, terdapat *turbine rear bearing* mengalami kerusakan akibat benturan berulang antara poros turbogenerator dengan *bearing* pada saat vibrasi dan kecepatan pada turbin cukup tinggi. *Bearing* lebih mudah terkikis karena metal *bearing* lebih lunak dari metal poros. Benturan antara bearing dengan poros terjadi saat *trip/shutdown*. *Sparepart bearing* sampai saat ini masih bergantung pada buatan luar negeri. Permasalahan lain saat pengujian performance pembangkit ORC 500kW menghasilkan daya rata-rata sekitar 300 kW, yang seharusnya daya netto yang dihasilkan pembangkit adalah sekitar 450 kW. Hal itu disebabkan, pembangkit ORC 500kW bekerja di kondisi dibawah nilai desain. Penyebabnya adalah kebocoran pada *primary heat exchanger*. Tujuan penelitian ini adalah membuat komponen *turbine rear bearing* dan *flange heat exchanger* produk dalam negeri sendiri, tidak tergantung negara lain. Selain itu, dapat meningkatkan tingkat kesiapan dalam negeri (TKDN). Metode penelitian akan dilakukan *reverse engineering*. Hasil atau luaran penelitian ditargetkan tahun pertama (2021) adalah memperoleh model material *bearing* dan prototipe *flange heat exchanger*.

*Kata kunci : PLTP binary cycle, reverse engineering, bearing, flange heat exchanger.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

PLTP binary cycle 500 kW di Lahendong, Sulawesi Utara, merupakan demo plant hasil kerjasama bilateral antara Pemerintah Federal Jerman dengan Pemerintah RI, dimana kerjasama tersebut dilaksanakan oleh GFZ German Geosciences Research Institute dengan BPPT dan PT. Pertamina Geothermal Energy.

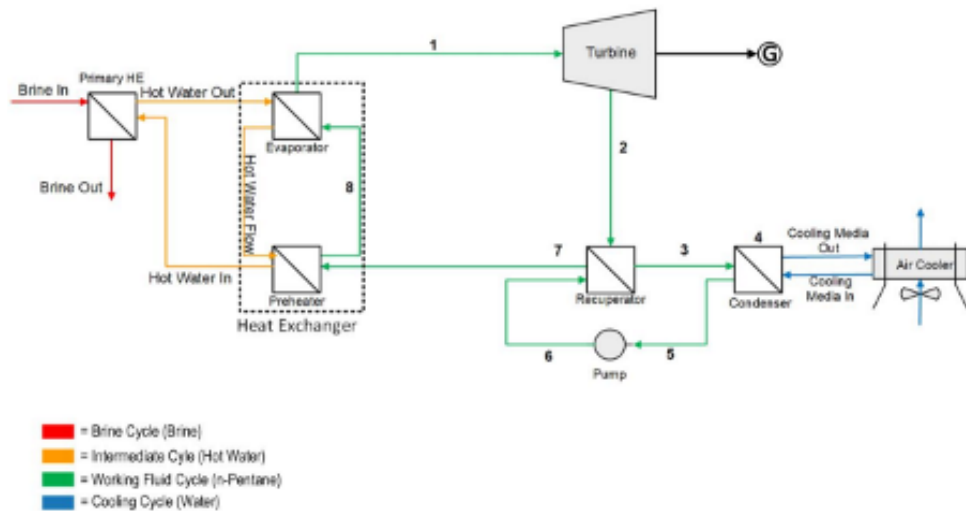
Gambar 1 menunjukkan lokasi *pilot plant* PLTP *binary cycle* 500 kW.



Gambar 1. Lokasi Lahendong Pilot Plant Binary Cycle 500 kW

PLTP 500 kW Lahendong menggunakan siklus biner, yang terdiri dari 4 siklus: 1. siklus sumber panas, 2. siklus air panas, 3. Siklus ORC, dan 4. siklus pendingin. PLTP ini menggunakan brine water sebagai sumber panas. Siklus ORC menggunakan media N-Pentane yang mudah menguap pada temperatur rendah dibandingkan media air. Pada siklus air panas, perpindahan panas brine water ke demineral water menggunakan alat penukar kalor *shell-tube heat exchanger*. Demineral water ini akan memindahkan panas ke siklus N-Pentane. Hal ini dilakukan agar heat exchanger N-Pentane tidak mudah bocor apabila bersinggungan dengan brine water secara langsung. Gambar 1 memperlihatkan siklus biner pada PLTP Lahendong 500 kW, berikut penjelasan tahapan prosesnya.

Keadaan	Proses
1-2	Proses ekspansi turbin
2-3	Fluida N-pentane memasuki recuperator yg memanaskan fluida sebelum masuk pre-heater
3-5	Proses kondensasi
5-6	Fluida kerja dipompa kedalam recuperator
7-8	Proses pemanasan didalam preheater
8-1	Proses evaporasi didalam evaporator



**Gambar 1: Siklus Biner pada PLTP 500 kW Lahendong**

Pengujian Performance pembangkit ORC 500kW menghasilkan daya rata-rata sekitar 300 kW, yang seharusnya daya netto yang dihasilkan pembangkit adalah sekitar 450 kW. Hal itu disebabkan, pembangkit ORC 500kW bekerja di kondisi dibawah nilai desain. Penyebabnya adalah kebocoran pada *primary heat exchanger* (PHE).



**Gambar 3. Grafik Daya PLTP binary cycle 500 kW selama 16-26/09/2017**

Kegiatan operation & maintenance PLTP BC 500 kW, Terdapat *turbine rear bearing* mengalami kerusakan akibat benturan berulang antara poros turbogenerator dengan *bearing* pada saat vibrasi dan kecepatan pada turbin cukup tinggi. *Bearing* lebih mudah terkisis karena metal *bearing* lebih lunak dari metal poros. Benturan antara bearing dengan poros terjadi saat *trip/shutdown*. *Trip/shutdown* terjadi setiap mati lampu pada jaringan 20kV PLN. Selama tahun 2019 telah terjadi mati lampu

sebanyak lebih dari 150 kali. Selama periode tersebut telah dilakukan penggantian *turbine rear bearing* (*bearing* belakang turbin) sebanyak 6 (enam) kali. Pada saat dilakukan pengujian jangka panjang pada PLTP binary cycle 500 kW, bantalan turbin mengalami masalah sehingga pengujian dihentikan. Dari hasil pemeriksaan dijumpai terjadi keausan pada bantalan, sehingga perlu diganti. Cadangan bantalan turbin dari Dürr Cyplan Jerman.



**Gambar 3. Kegiatan operation & maintenance PLTP BC 500 kW**



**Gambar 4. Bantalan Turbin yang mengalami aus**

Proses maintenance *turbine rear bearing* (*bearing* belakang turbin) ditunjukkan oleh Gambar 3 dan Gambar 4. Sedangkan proses maintenance flange heat exchanger ditunjukkan Gambar 5.



**Gambar 4. Proses maintenance flange heat exchanger**

**Rumusan Masalah :**

1. Bagaimana mengembangkan Flange pada Heat Exchanger agar tidak terjadi kebocoran?
2. Bagaimana reverse engineering bearing/bantalan pada turbin agar tidak tergantung pada produk luar negeri ?
3. Bagaimana reverse engineering turbin-Generator PLTP Binary cycle Lahendong?

**Tujuan dan Sasaran**

1. Tujuan dari penelitian ini adalah :
  1. Untuk menghasilkan Flange heat exchanger agar tidak terjadi kebocoran
  2. Untuk menghasilkan komponen bantalan turbin agar tidak tergantung produk luar negeri.
  3. Untuk menghasilkan Detail Engineering Design Turbin-Generator PLTP Binary cycle Lahendong
2. Sasaran dari penelitian ini adalah :
  1. Penguasaan teknologi PLTP skala kecil oleh SDM dan industri dalam negeri, khususnya dalam melakukan maintenance and repair terhadap komponen-komponen binary cycle.
  2. Pengembangan industri pembangkit listrik dalam negeri dan mengembangkan teknologi industri manufaktur seperti perancangan dan manufaktur komponen-komponen PLTP binary cycle.

## Terobosan Teknologi

Perkembangan pesat telah terjadi dalam dunia konvergensi digital selama empat decade terakhir. Setiap kali terjadi perkembangan teknologi baru dalam bidang digital, akan berhubungan dengan bentuk fisik dan digital dari suatu produk tersebut, yang kemudian juga akan mempengaruhi bentuk produk baru dan pasar yang baru.

Reverse engineering merupakan pendekatan multidisiplin dan hampir pasti dapat diterapkan ke semua bidang industri secara universal. Pertimbangan utama dari rekayasa balik ini adalah untuk memunculkan kembali salinan dari bagian asli atau menelusuri kembali peristiwa apa yang sudah terjadi. *Reverse engineering* sebenarnya banyak diterapkan dalam dunia industri. Ribuan suku cadang berhasil dimunculkan kembali setiap tahun dengan menggunakan reverse engineering untuk memenuhi tuntutan pasar yang bernilai miliaran dolar.

Bermula dari industri penerbangan dan mobil, aplikasi reverse engineering secara digital ini terus merambah ke berbagai bidang dan kehidupan kita. Industri rumah tangga, industri medis, industri makanan, industri apapun niscaya akan semakin berkembang dan semakin bersifat personal dan *custom*, terlebih karena kemudahan untuk diproduksi kembali akibat dari adanya perkembangan 3D Printer yang semakin canggih, semakin bersifat personal atau sektoral dan hasilnya pun akan dapat mendekati hasil karya manufaktur industry besar. Pergeseran inilah yang harus disikapi dan diantisipasi oleh dunia industri, dengan istilah yang kita kenal dewasa ini sebagai Revolusi Industri 4.0.

Dengan melakukan reverse engineering akan didapatkan produk berupa bantalan turbin dan *Flange heat exchanger* yang memiliki karakteristik mekanik mendekati aslinya. Selain itu juga akan didapatkan material yang lebih andal dan memiliki umur pakai relatif lebih lama.

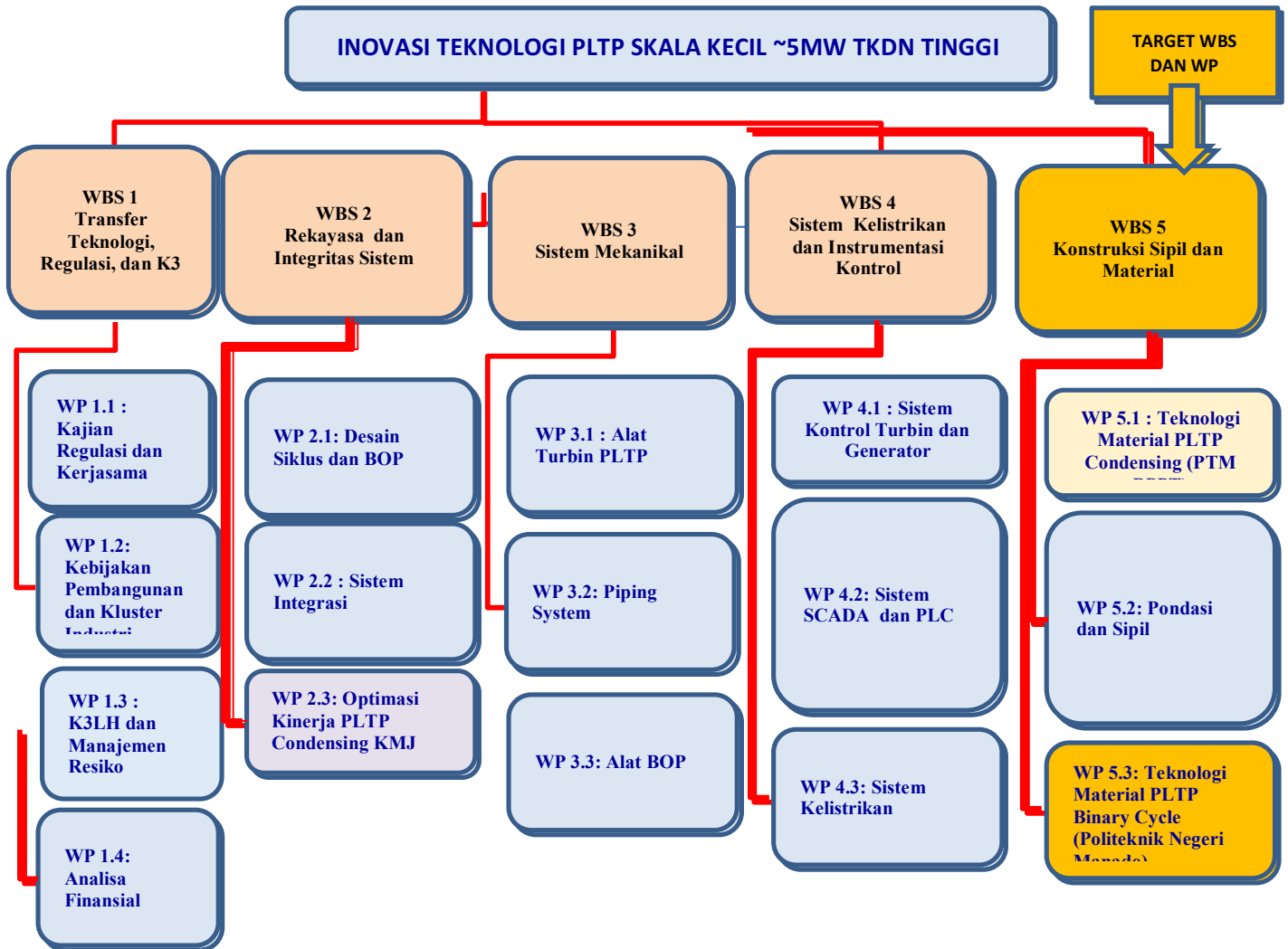


# PETA JALAN DAN NILAI STRATEGIS

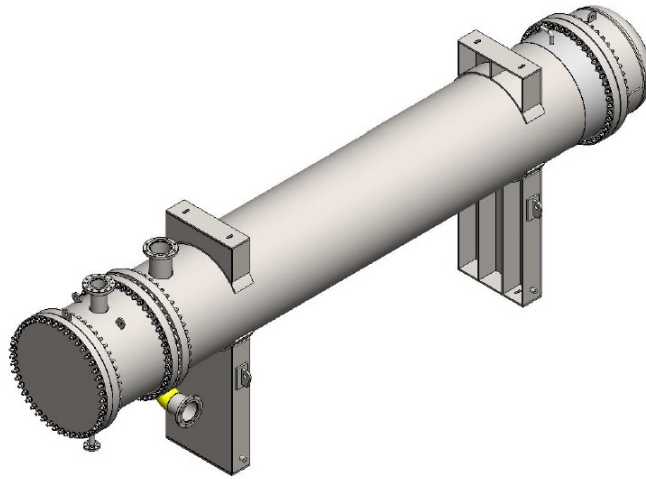
## Deskripsi Produk

**TARGET AKHIR PRODUK RISET NASIONAL: Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi**

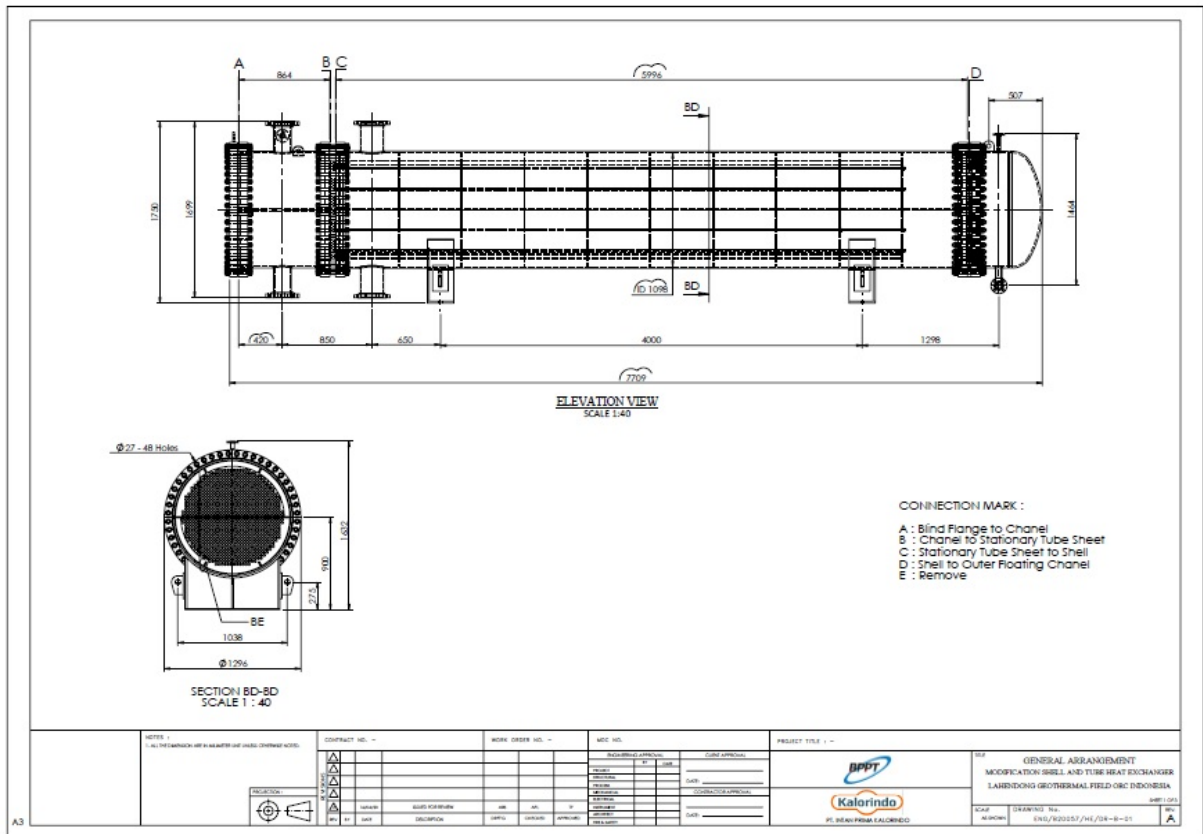
### Work Breakdown Structure Berdasarkan Proposal Integrasi 2020

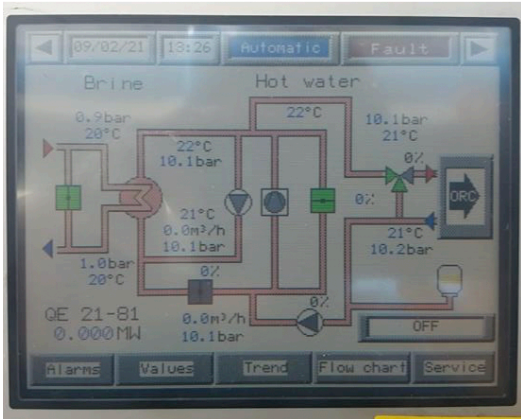


# 1. Prototipe Flange Heat Exchanger

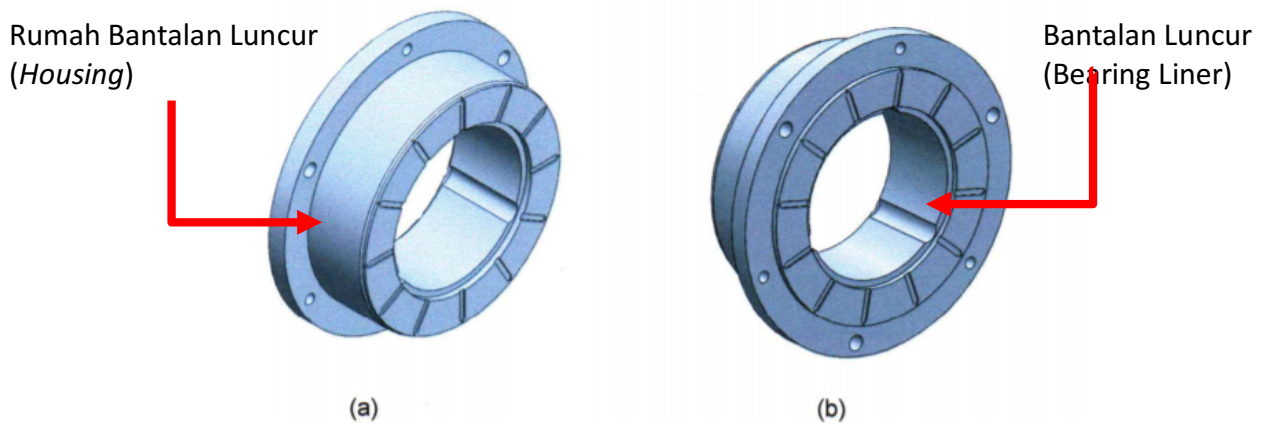


Flange HE dimodifikasi untuk mengatasi kebocoran dengan rancangan seperti Gambar. Jenis material adalah SUS 304, Lubang baut dibuat 48 pieces dengan ketebalan ring plate 30 mm. Tebal flange 90 mm, Diameter flange 1296 mm, jenis gasket adalah O-ring seal. Gambar detail flange HE adalah sebagai berikut :





## 2. Bearing (Bantalan)

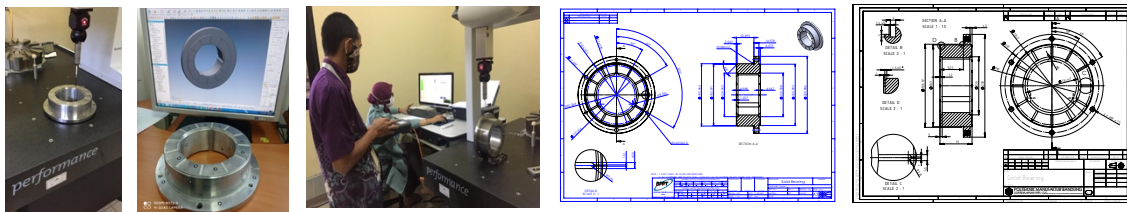
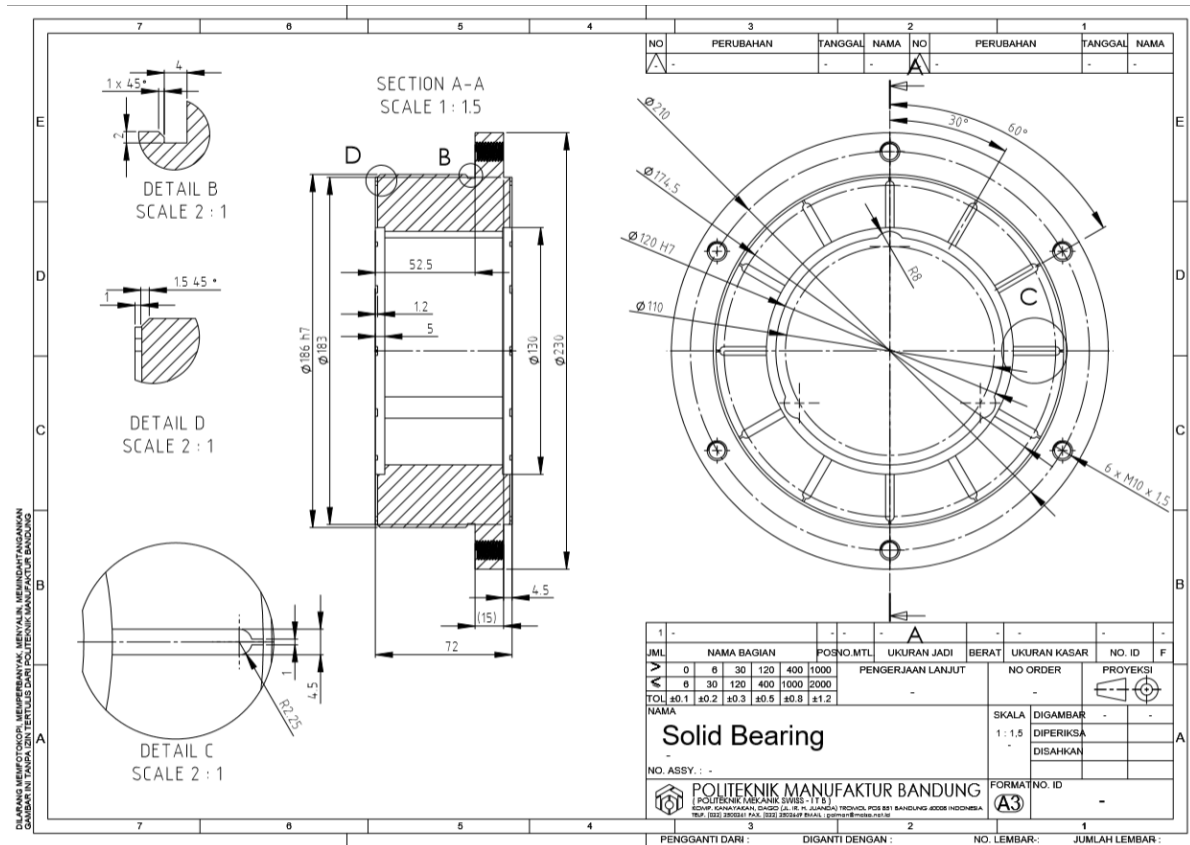


(a) Tampak Muka  
(b) Tampak Belakang



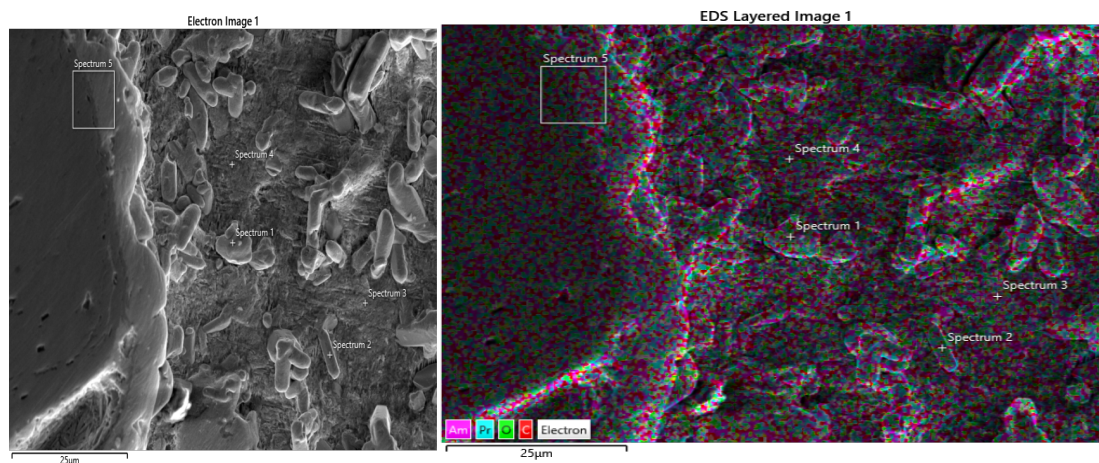
*Turbine rear bearing* adalah komponen pada turbin-generator hermetic yang sering mengalami kerusakan akibat benturan berulang antara poros turbogenerator dengan *bearing* pada saat vibrasi dan kecepatan pada turbin cukup tinggi. *Bearing* lebih mudah terkisis karena metal *bearing* lebih lunak dari metal poros. Benturan antara bearing dengan poros terjadi saat *trip/shutdown*. Cadangan bantalan turbin dari Dürr Cyplan Jerman hampir habis, keberlanjutan operasional PLTP Binary Cycle tidak tergantung dari produk luar negeri.

Reverse engineering bantalan di lakukan dengan mengukur dimensi menggunakan 3D scanning prouct, jenis material bantalan di teliti menggunakan mikroskopik optik, scanning electron microscope (SEM) dan EDX. Dimensi bearing diperoleh dari 3D scanning dan CMM dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.





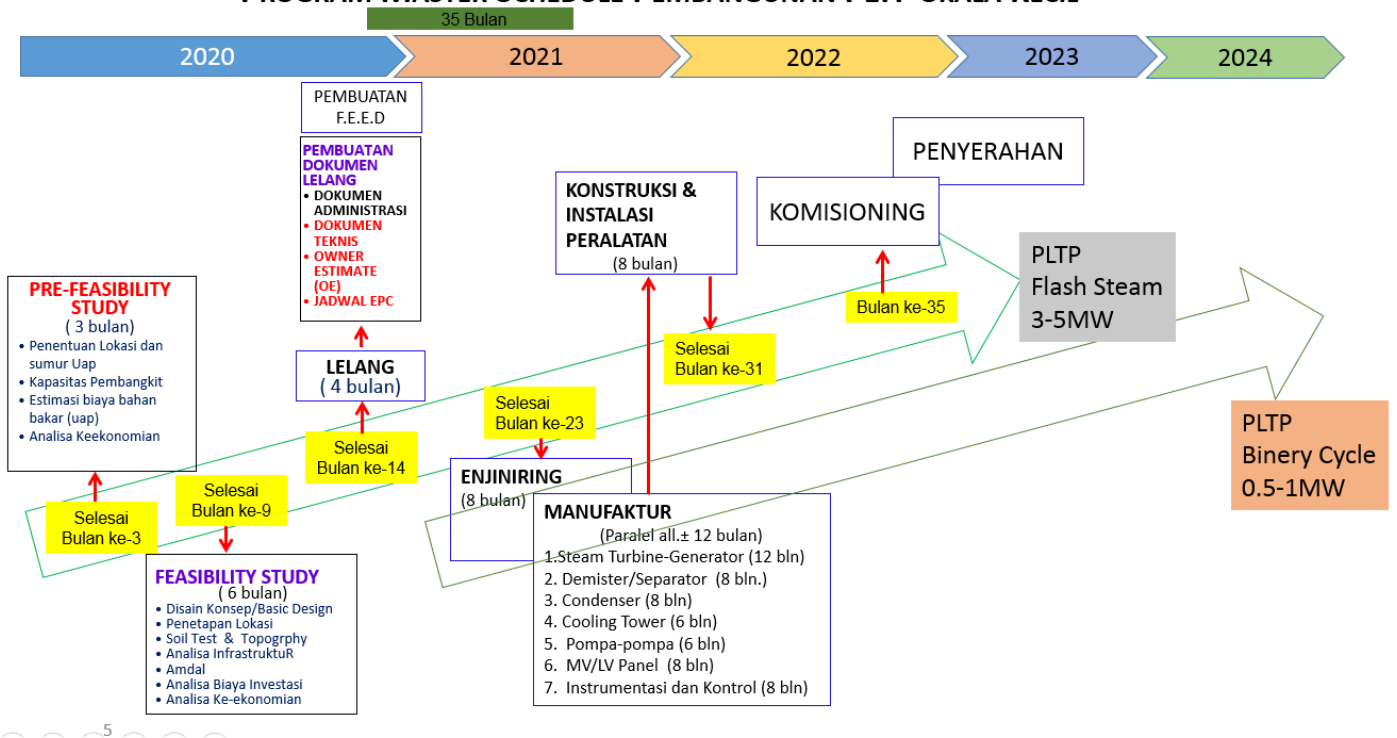
Hasil Analisa Unsur material Bearing Adalah :  
 $\text{Sn} = 60,42 \%$  ;  $\text{Sb} = 22,14 \%$  ;  $\text{Cu} = 7,88 \%$ .



### Peta Jalan

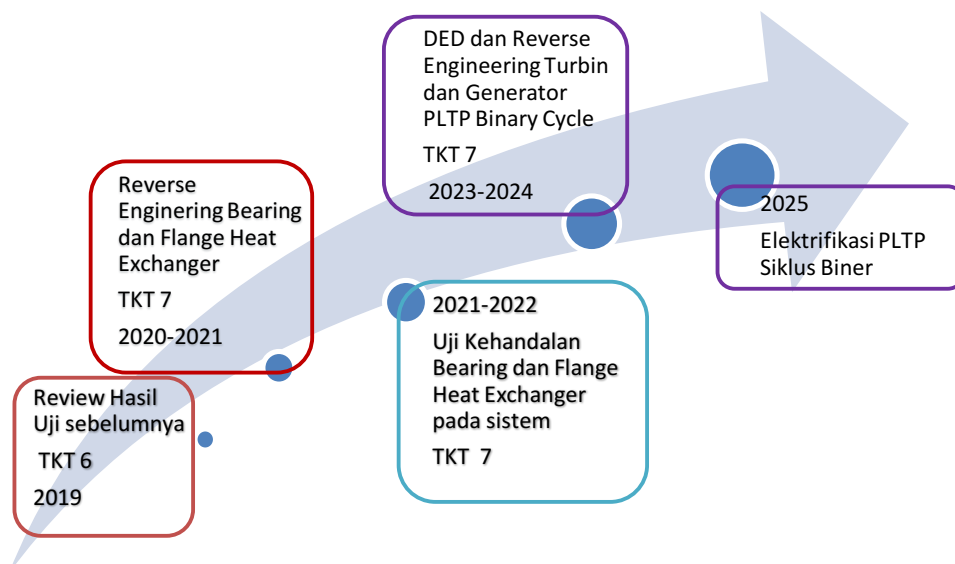
Berdasarkan proposal Integrasi program pembangunan PLTP Skala Kecil, melakukan feasibility study dan desain detil engineering PLTP skala kecil ~ 5MW teknologi flash steam yang melibatkan industri dalam negeri pada WKP yang layak komersial. Kajian transfer teknologi melalui lisensi turbin dan generator agar dapat diadopsi oleh industri dalam negeri untuk memenuhi kelayakan komersial dalam pembangunan PLTP skala kecil. Finalisasi konsorsium PLTP antara industri manufaktur dan pemilik WKP yang mempercepat replikasi PLTP skala kecil ~5MW di WKP lain. Proposal kegiatan WBS untuk mendukung Konstruksi dan material.

## PROGRAM MASTER SCHEDULE PEMBANGUNAN PLTP SKALA KECIL



### Roadmap Pengembangan Material Bantalan Turbin Dan Flange Heat Exchanger PLTP Binary Cycle.

Road map penelitian ditargetkan memperoleh produk *bearing* dan *flange heat exchanger* yang teruji kehandalannya pada tahun 2022. Penelitian ini direncanakan multi tahun sampai tahun 2024 dengan target mendapatkan detail engineering desain (DED) turbin dan generator pada tahun 2023 selanjutnya prototype turbin generator 2024 dan uji kinerja secara keseluruhan komponen bearing, flange heat exchanger, turbin generator pada tahun 2024.



## Nilai Strategis

### Target WBS 5: Konstruksi Sipil dan Material

WP	Target output WP untuk mendukung capaian Target WBS 4				
	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Teknologi Material PLTP Condensing (PTM BPPT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hasil Seleksi Material dan proses Manufaktur</li> <li>•Prototipe Logam Paduan untuk Turbin Blade</li> <li>•Hasil desain dan Model Fisik Turbin Blade</li> <li>•Pengembangan Bersama Proses Produksi Blade dengan Mitra Industri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Produksi Blade Industri Mitra</li> <li>•Integritas Blade pada Stage Turbin yang akan dipakai</li> <li>•Uji Kinerja Blade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pengembangan Lanjut Material Blade Hasil Evaluasi Kinerja</li> <li>•Produksi Blade Hasil Optimasi</li> <li>•Pemasangan Blade Hasil Optimasi pada Stage Turbin</li> <li>•Optimasi Kinerja Turbin</li> </ul>		
<b>Pondasi dan Sipil</b>	Basic design pondasi dan sipil PLTP modular condensing	Basic design pondasi dan sipil PLTP modular condensing binary cycle	Supervisi pondasi dan sipil PLTP	Supervisi pondasi dan sipil PLTP	Review pondasi dan sipil setelah PLTP beroperasi.
<b>Teknologi Material PLTP Binary Cycle (Politeknik Negeri Manado)</b>	Reverse Engineering Bearing dan Flange Heat Exchanger (TKT 7)	Prototipe Bearing dan 1 set Prototipe Flange Heat Exchange	Uji Keandalan Bearing dan Flange Heat Exchanger	DED dan Reverse Engineering Turbin dan Generator PLTP Binary Cycle (TKT 7)	Uji Keandalan Turbin-Generator PLTP Binary Cycle

Nilai Strategis dari prototipe/produk bearing dan Flange HE yang merupakan bagian dari WBS 5 produk PLTP Modular yaitu meningkatkan TKDN dan tidak tergantung produk luar negeri, mempercepat pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia, dan mengembangkan industri pembangkit dalam negeri. Beberapa keunggulan PLTP Modular skala kecil di Indonesia :

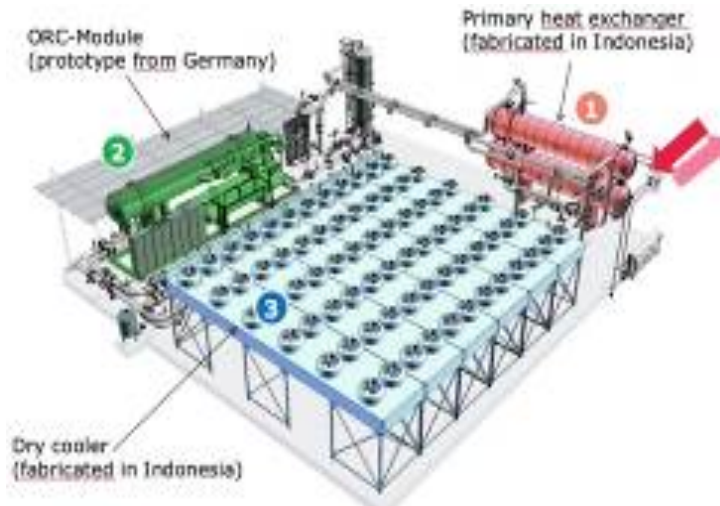
- Potensi hingga 20 MW cukup besar (2x3MW, 4x5MW dll)
- Mobilisasi dan instalasi cepat
- Fleksibel ditempatkan pada kepala sumur dimanapun
- Investasi PLTP per MW lebih kompetitif.
- Kapasitas sesuai potensi sumur sekitar 3-5MW
- Cepat menghasilkan listrik begitu sumur siap produksi



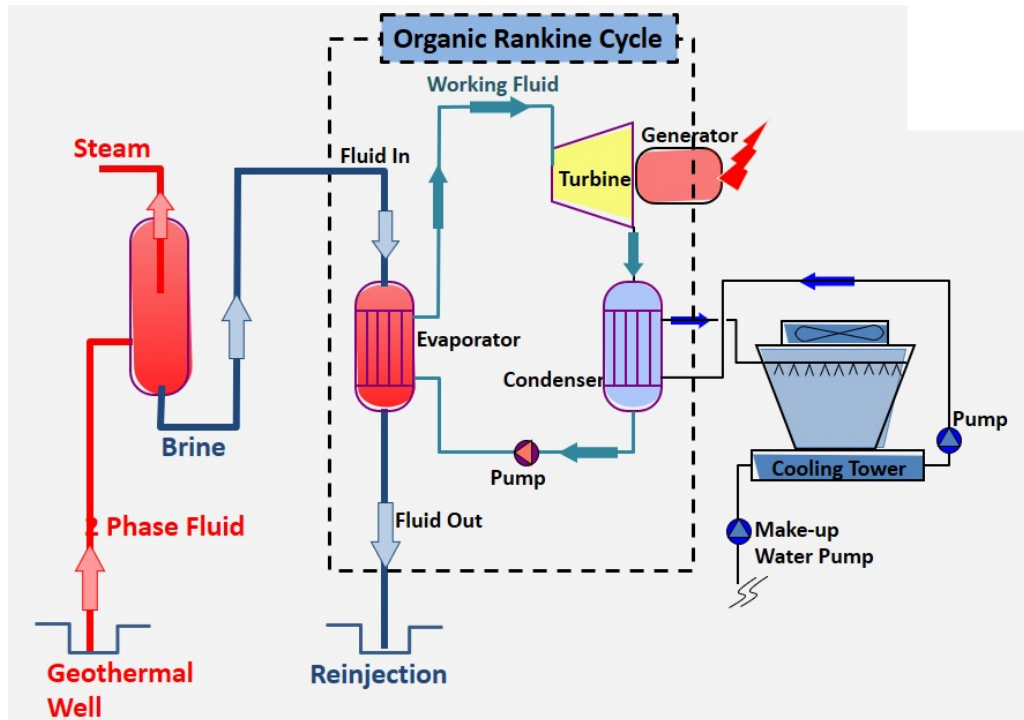
## METODOLOGI

### Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian akan dilakukan di Lokasi PLTP Binary Cycle Lahendong dan Kampus Politeknik Negeri Manado dan Lokasi Mitra lainnya yaitu Politeknik Negeri Bandung dan Politeknik Negeri manufaktur Bandung. Waktu penelitian tahun pertama adalah dimulai Juni 2020 sampai Mei 2021. Adapun Layout dan Skema PLTP Binary Cycle Lahendong dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 5. Layout PLTP Binary Cycle Lahendong 500 kW

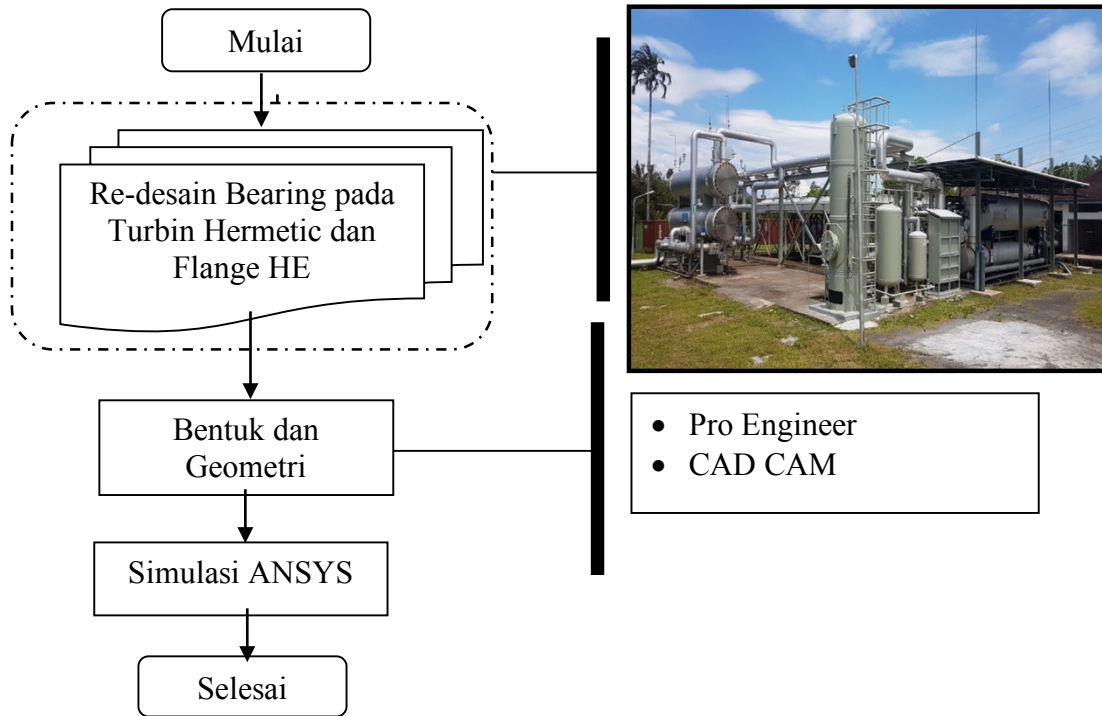


Gambar 6. Skema System Demo-plant PLTP Siklus Biner 500kW

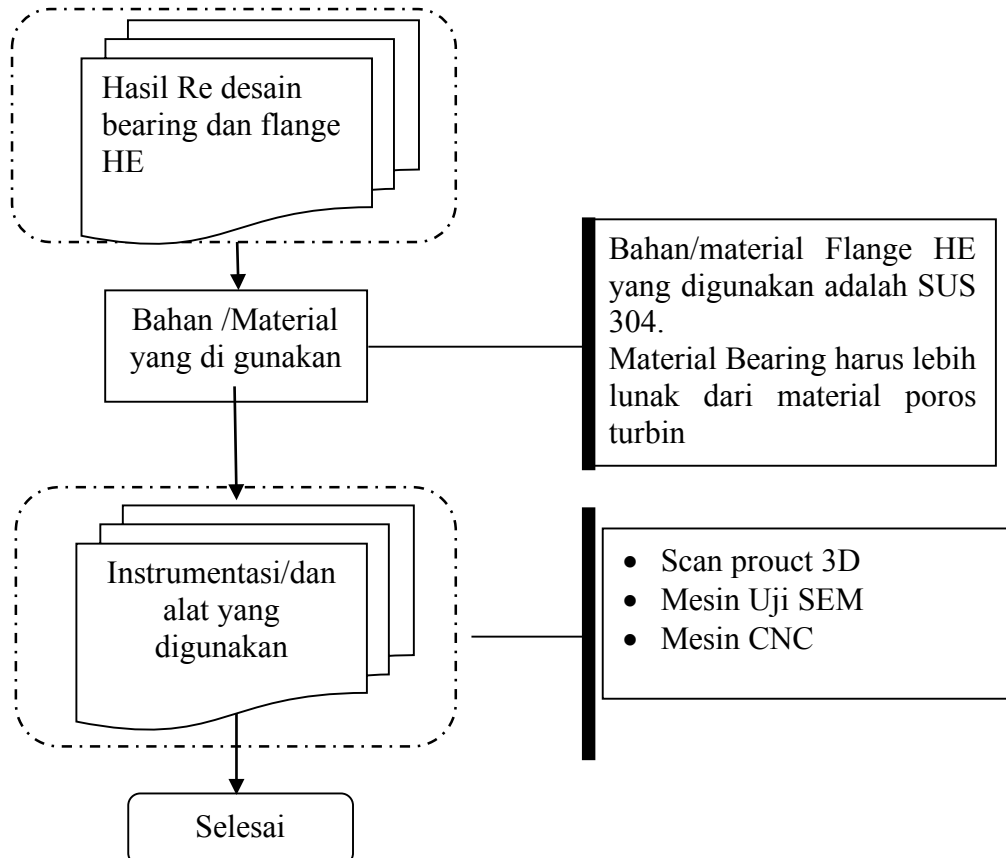
## Bagan Tahapan Penelitian

### Tahun Ke-1

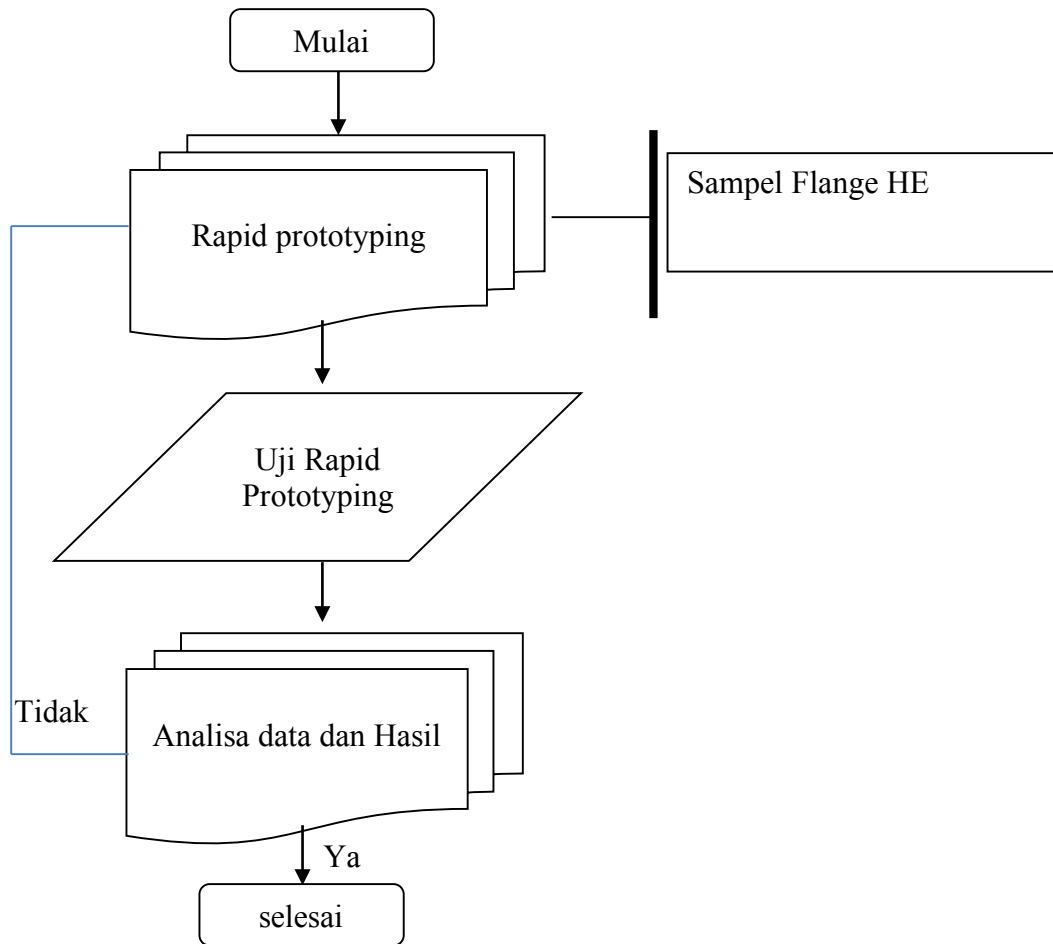
#### ➤ Langkah 1 : Reverse Engineering Bearing dan Flange Heat Exchanger



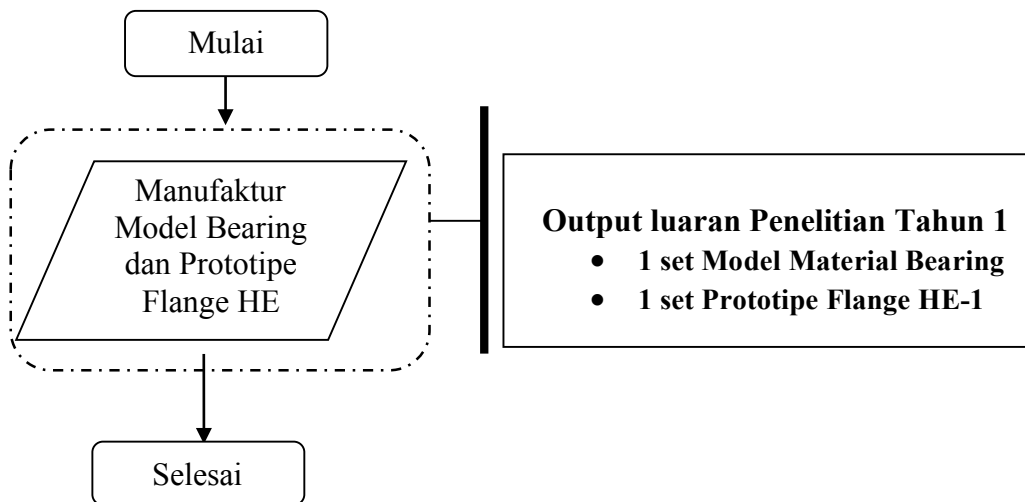
#### ➤ Langkah 2 : Persiapan material



➤ **Langkah 3 : Pembuatan dan Pengujian Rapid Prototyping**

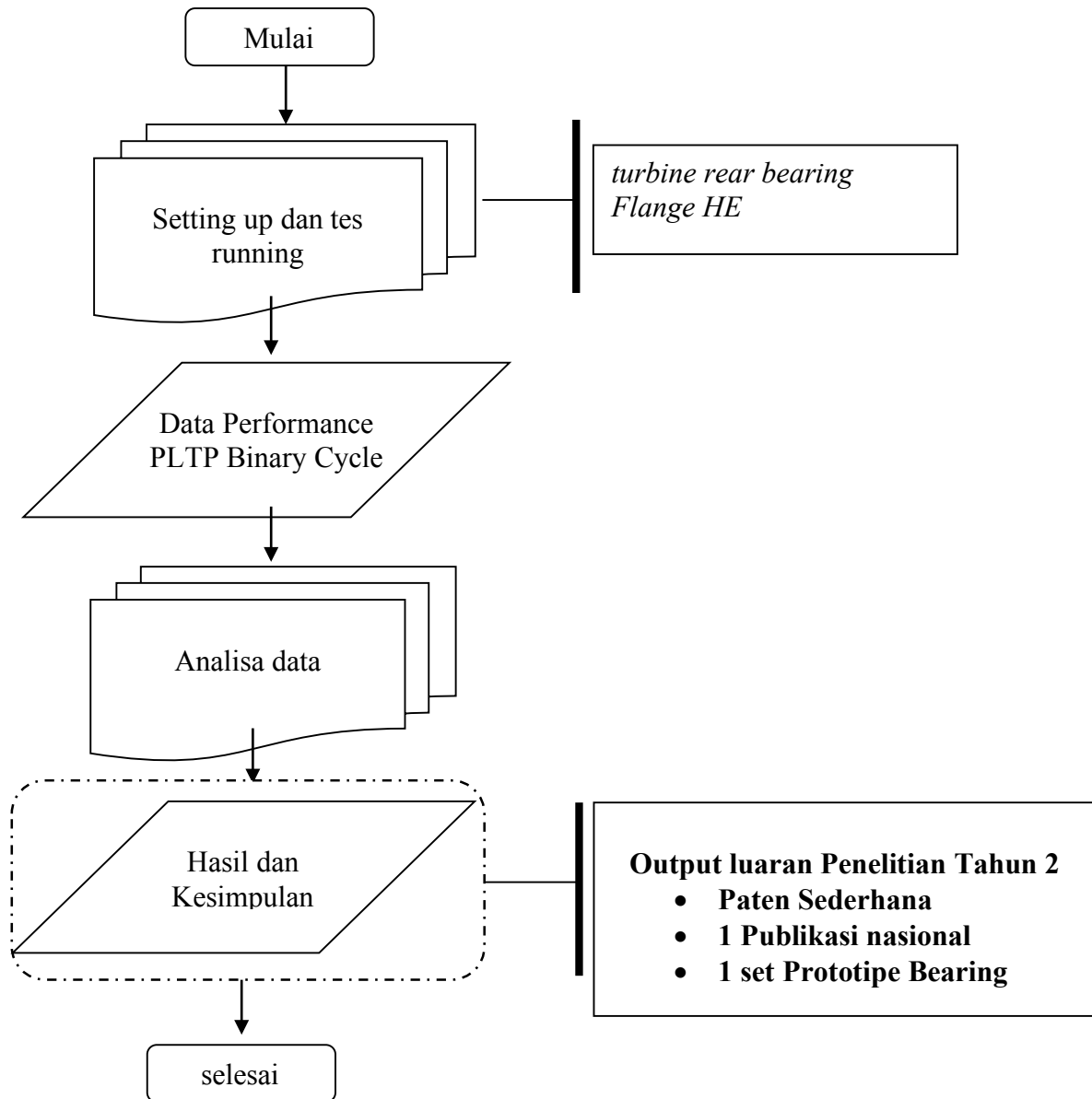


➤ **Langkah 4 : Proses Manufaktur**



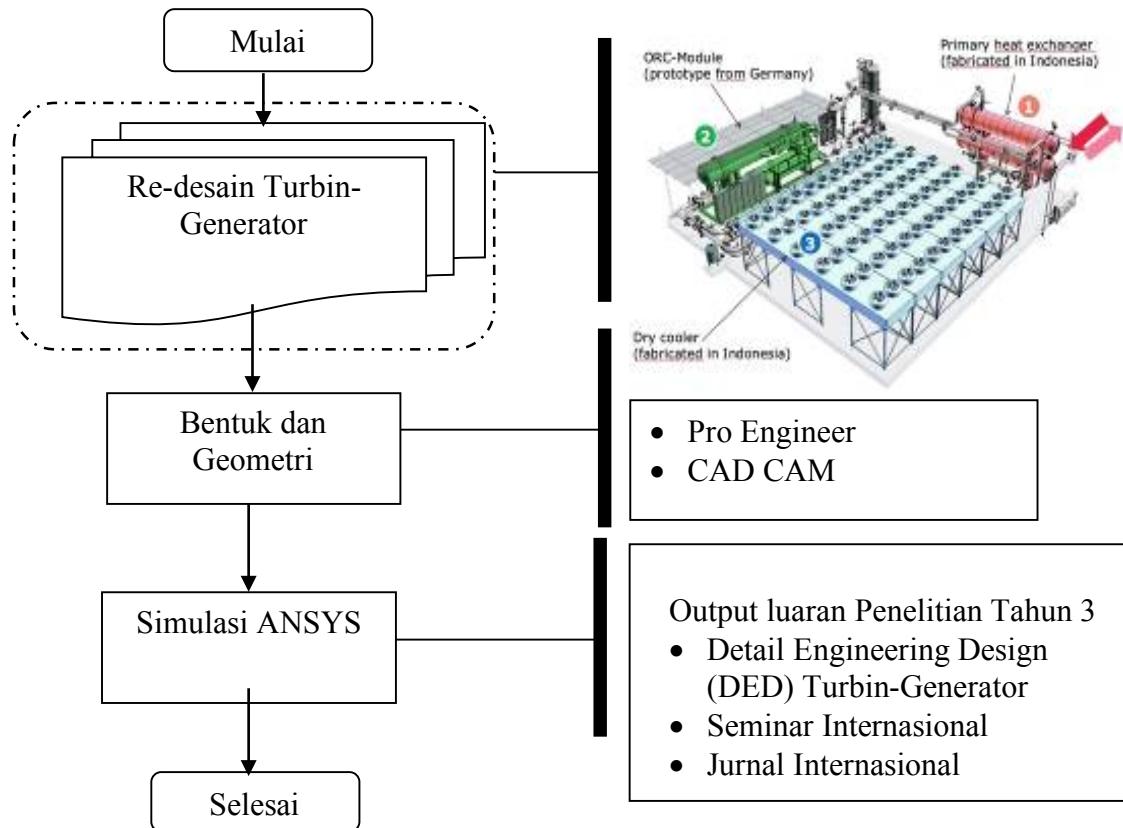
**Tahun Ke-2**

➤ **Langkah 5 : Uji Kehandalan Produk Pada PLTP Binary Cycle**

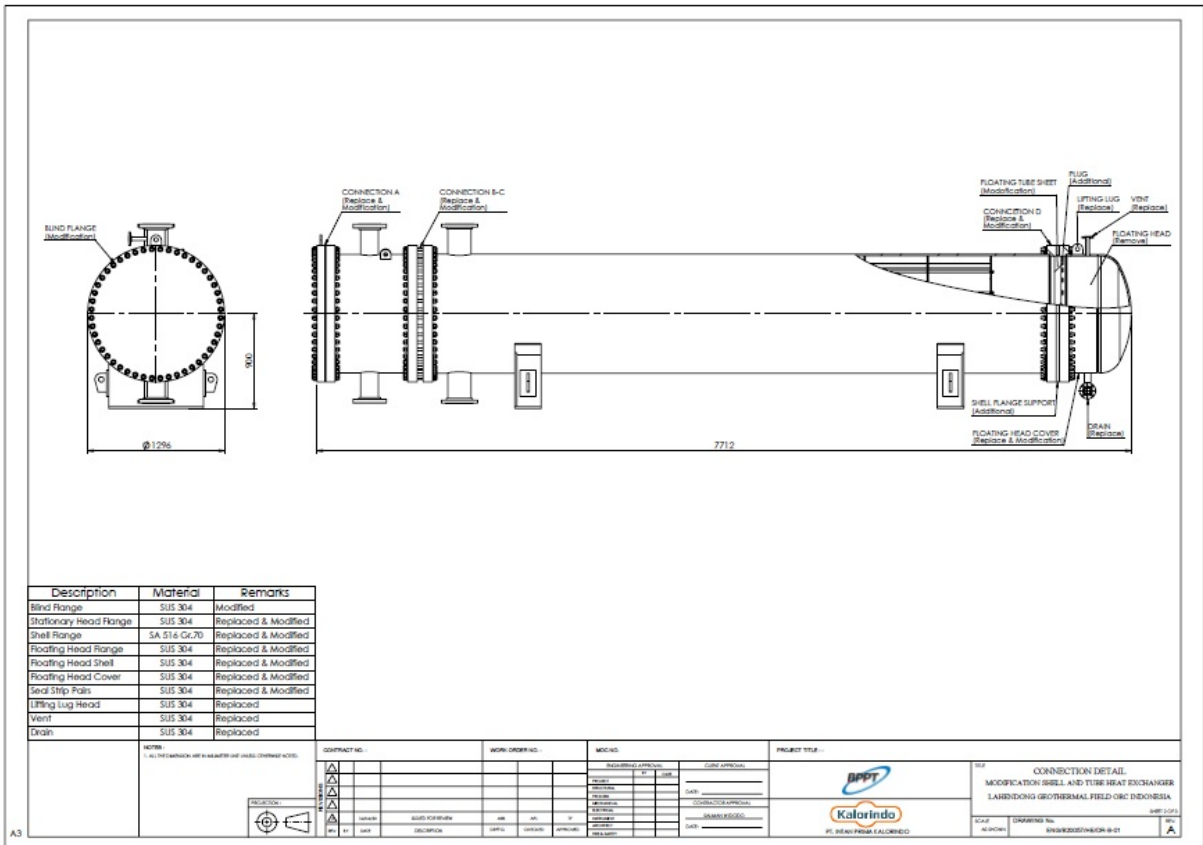
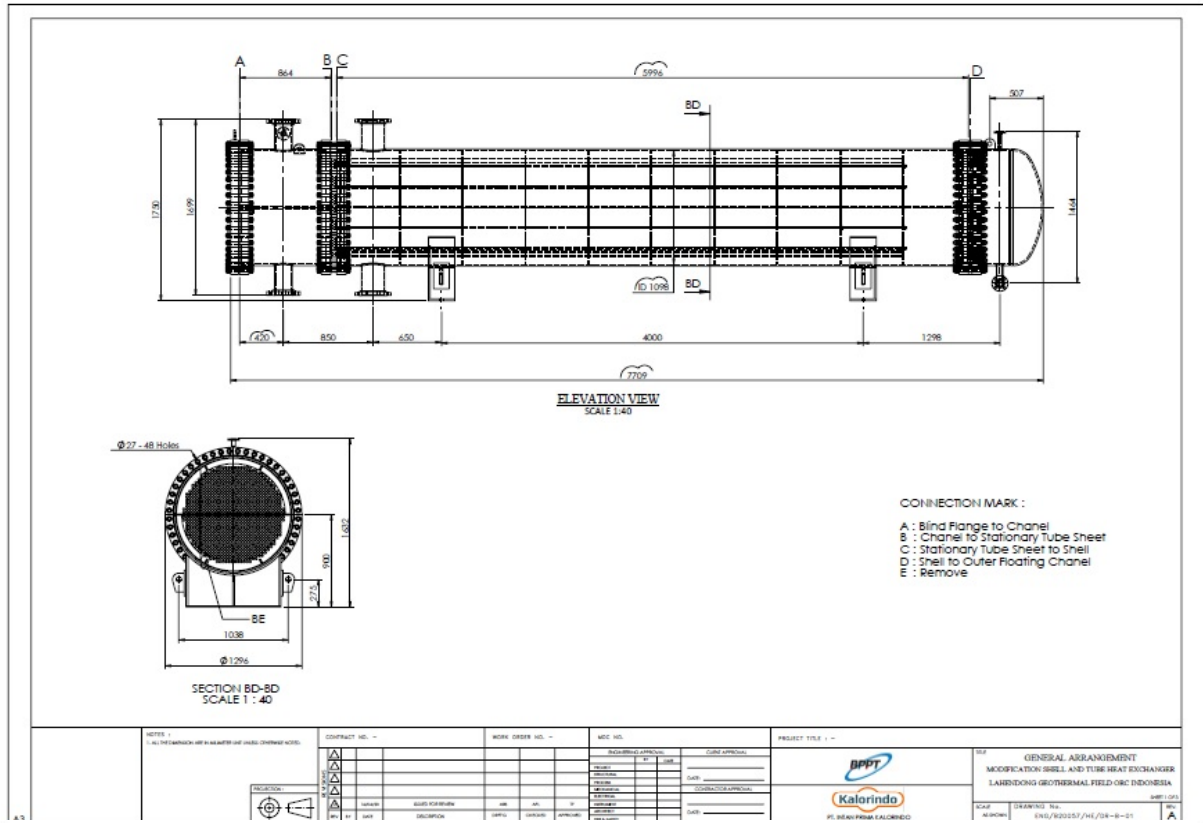


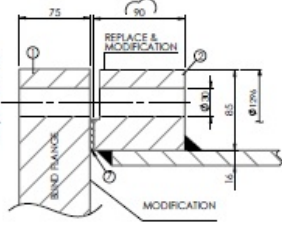
### Tahun Ke-3

#### ➤ Langkah 6 : Reverse Engineering Turbin Generator PLTP Binary Cycle

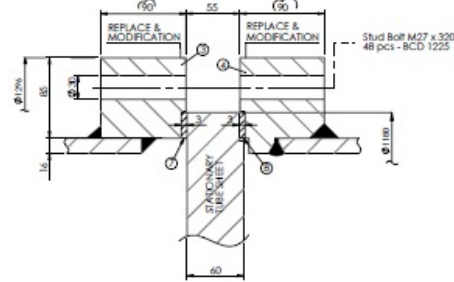


Dimensi Flange Heat Exchanger dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :

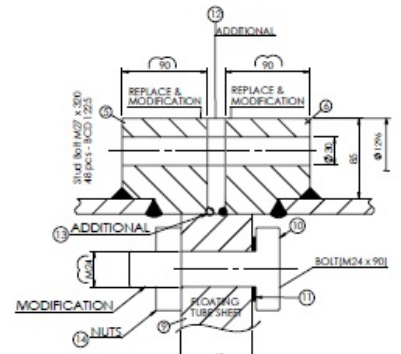




CONNECTION A



CONNECTION B & C



CONNECTION D

No.	Description	Dimension	Material	Remarks
1	Blind Flange	Ø 1296 x 75 mm	SUS 304	Modified Only
2	Shell Flange 1 - Stationary	OD 1296 x ID 1098 x 90 mm	SUS 304	Replaced & Modified
3	Shell Flange 2 - Stationary	OD 1296 x ID 1098 x 90 mm	SUS 304	Replaced & Modified
4	Shell Flange 3 - Stationary	OD 1296 x ID 1098 x 90 mm	SA 514 Gr.70	Replaced & Modified
5	Shell Flange 1 - Floating	OD 1296 x ID 1098 x 90 mm	SA 514 Gr.70	Replaced & Modified
6	Shell Flange 2 - Floating	OD 1296 x ID 1098 x 90 mm	SUS 304	Replaced & Modified
7	Stationary Gasket Rib 1	OD, 1178 x T 5 mm	SA 193 Gr. B	Additional
8	Stationary Gasket Rib 2	OD, 1178 x T 5 mm	SA 193 Gr. B	Additional
9	Floating Tube Sheet	Ø 1807 x 60 mm	SUS 316	Modified Only
10	Plug	M24 x 90 mm	SA 193 Gr. B	Additional
11	Crackel Bolt	OD44 x ID25 x 2 mm	Soft Iron	Additional
12	Shell Flange Support	OD 1296 x ID 1092 x 30 mm	SUS 304	Additional
13	O-Ring Seal	OD, 12 x PDC, 1094 mm	Viton	Additional
14	Nut	M24	SA 193 Gr. B	Additional

NOTE  
- Connection E will be Removed

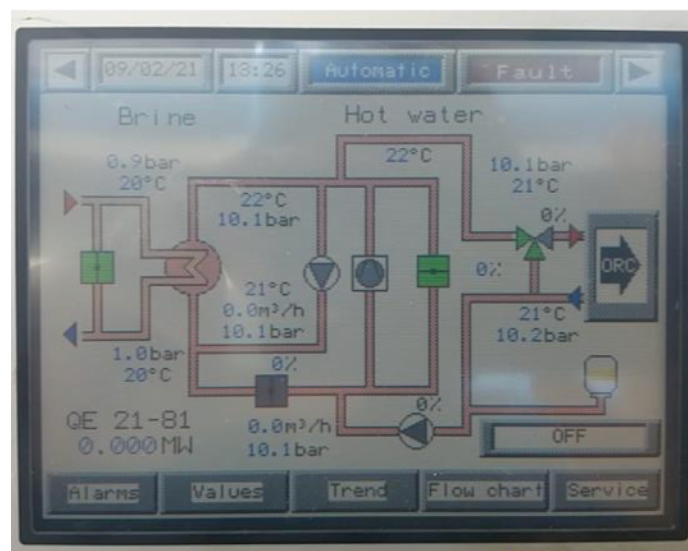
A3 REVISION: 	CONTRACT NO.: WORK ORDER NO.: DESIGN NO.: DATE:	CHECKED: DRAWN: DATE:	PROJECT TITLE:   PT. BUKIT PRIMA KALORINDO	SHEET: CONNECTION DETAIL MODIFICATION SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER LAHENDONG GEOTHERMAL FIELD ORC INDONESIA SHEET NO.: DATE:
	APPROVED: DATE:	APPROVED: DATE:	APPROVED: DATE:	APPROVED: DATE:

## HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan/Modifikasi Flange HE bekerjasama dengan PT. Kalorindo dengan kegiatan pelaksanaan: Primary HE di bongkar dari Site Binary Cycle Lahendong dan dibawa ke workshop PT Kalorindo di Tangerang menggunakan transportasi Kapal Laut melalui pelabuhan Bitung.

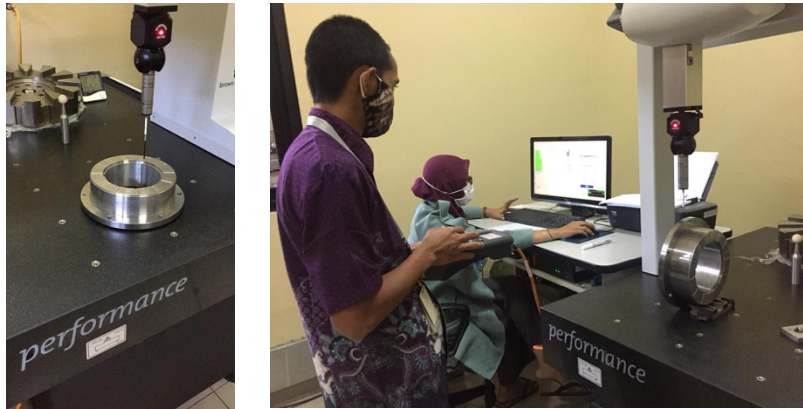


2. Telah dilakukan manufaktur flange HE di workshop PT Kalorindo.
3. Flange HE di angkut kembali dari workshop PT Kalorindo ke Site Binary cycle Lahendong menggunakan kapal laut
4. Flange HE di pasang pada system Binary cycle.
5. Telah dilakukan test kebocoran pada flange HE, tidak ada kebocoran pada saat tekanan operasi.

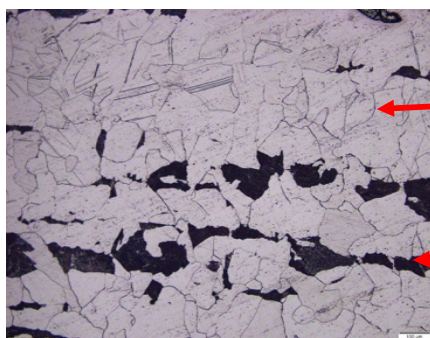
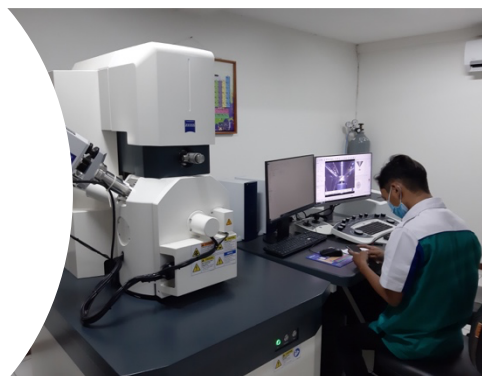




6. Telah dilakukan 3D Foto Scanning Bearing Asli di MEPPPO BPPT dan analisa POLMAN Bandung. Hasilnya sudah ada Technical Drawing.

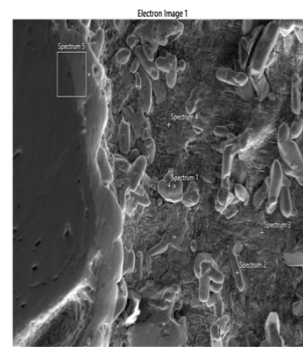


7. Telah dilakukan Uji Material bearing dan analisa Struktur mikro menggunakan Mikroskopik Optik, Scaning Electron Mikroscope (SEM) dan EDX di POLITEKNIK NEGERI BANDUNG dimana ada struktur mikro Ferit dan Perlit sehingga diyakini material rumah bantalan adalah baja karbon (*Plain Carbon Steel*), serta analisa komposisi paduan di 5 titik menggunakan EDX. Hasil analisa Unsur material bearing terdiri dari Sn = 60,42 % ; Sb = 22,14 % ; Cu = 7,88 %.

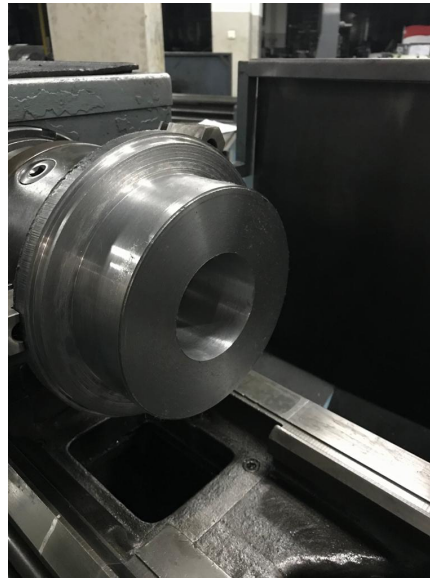
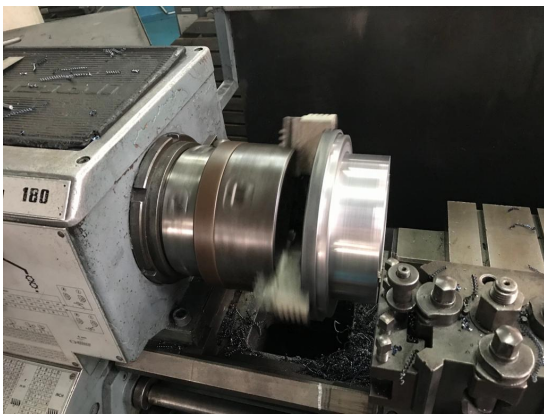
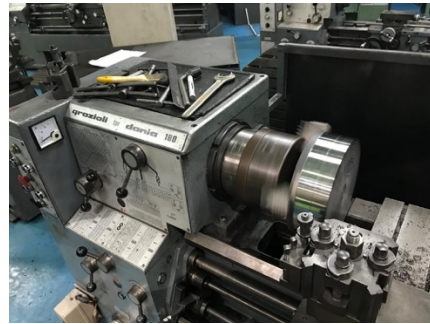


**Ferit**

**Perlit**



8. Telah dilakukan proses manufaktur prototipe bearing sebanyak 3 pieces di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.



## LUARAN PENELITIAN

- **Target Luaran**

No	Jenis Luaran		Luaran			
			Tahun ke-1 2020/2021	Tahun ke-2 2021/2022	Tahun ke-3 2022/2023	Tahun ke-4 2023/2024
1.	Publikasi ilmiah <sup>1)</sup>	Internasional/ bereputasi Internasional			<i>Accepted</i>	
		Nasional terakreditasi		<i>Accepted</i>		
2.	Seminar	Internasional				<b>Terlaksana</b>
		Nasional				
3.	Kekayaan Intelektual (KI) <sup>2)</sup>	Paten				
		Paten sederhana		<b>Terdaftar</b>	<b>Granted</b>	
		Hak cipta				
		Perlindungan varietas tanaman				
4	Model/Purwarupa (Prototipe)/Desain <sup>3)</sup>		<b>1 set Model Material Bearing dan 1 set Prototipe Flange Heat Exchanger</b>	<b>1 set Prototipe Bearing</b>		<b>Detail Engineering Design (DED) Turbin-Generator</b>

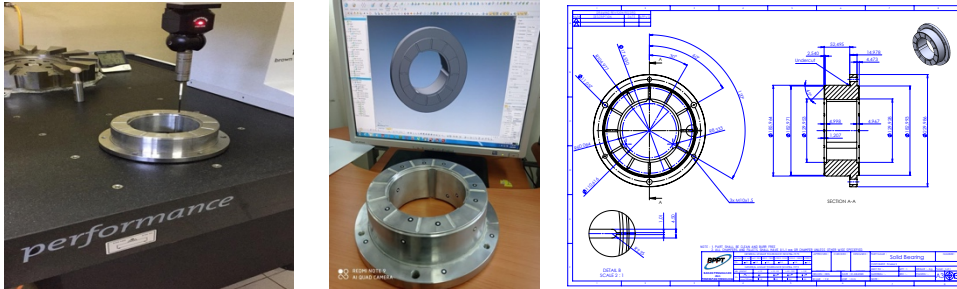
- **Luaran yang telah dicapai sampai Juni 2021**

Satu set prototipe flange heat exchanger yaitu :

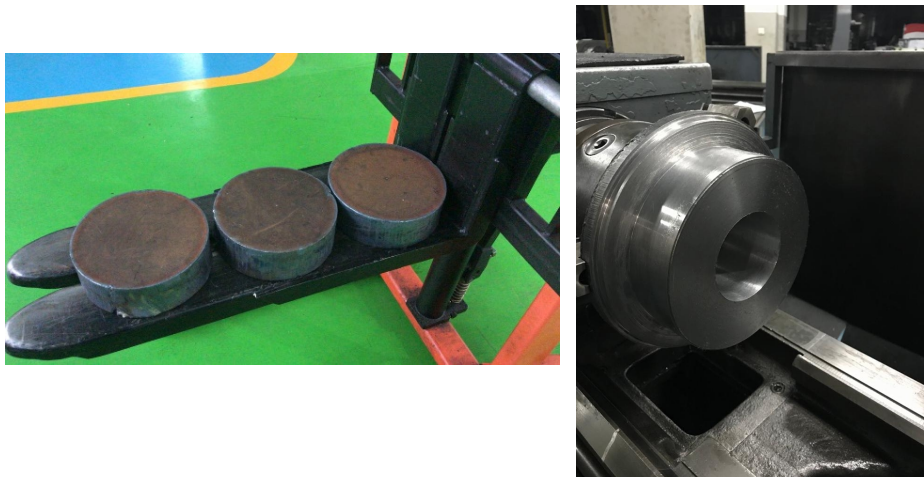


Jenis material Flange HE adalah SUS 304, Lubang baut dibuat 48 pieces dengan ketebalan ring plate 30 mm. Tebal flange 90 mm, diameter flange 1296 mm, jenis gasket adalah O-ring seal.


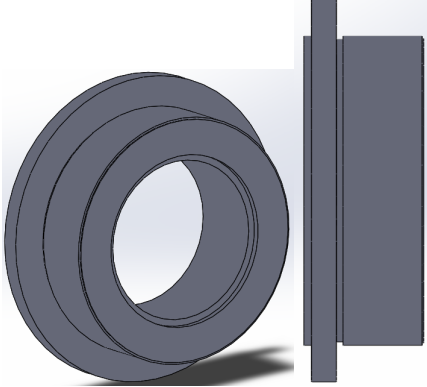
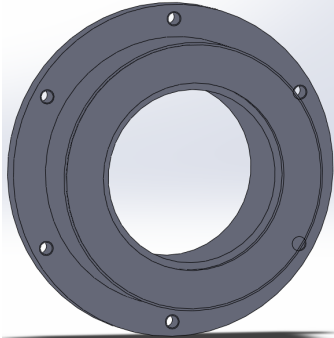
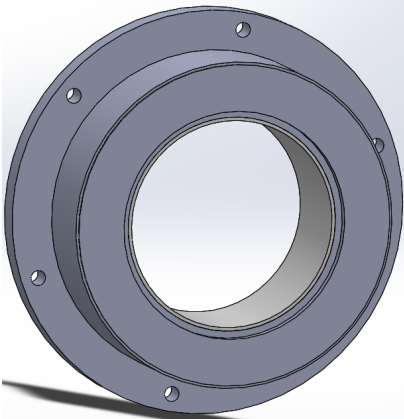
- Desain Bearing untuk turbin-generator hermetic dan analisa struktur material sudah diperoleh komposisi materialnya yaitu : Sn = 60,42 % ; Sb = 22,14 % ; Cu = 7,88 %.

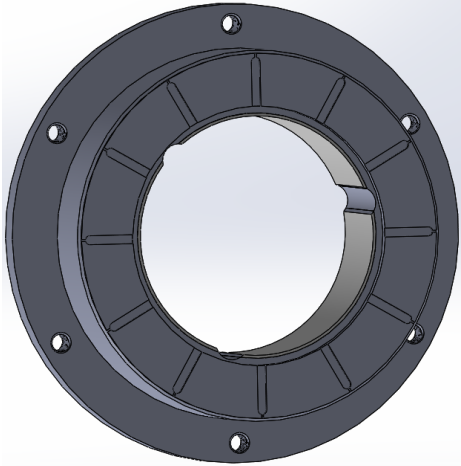


- Manufaktur Model bearing sebanyak 3 pieces.



Proses Manufaktur Solid Bearing dapat dilihat pada table dibawah ini:

Proses ke-	Proses Manufaktur			
			Gambar	Keterangan
1	Pemesanan Raw Material			Baja <i>Low Carbon</i> (<0,3% C)
2	Proses Pembuatan Bakalan	Bubut ( <i>Turning</i> )		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual Turning Machine</li> <li>• Minimum Work Diameter 300mm</li> </ul>
3	Proses Bor lubang Baut	Bor ( <i>Drilling</i> )		Jumlah Lubang baut: 6 Simetri
4	Proses <i>Babbiting</i>	TIG Welding Material ASTM B23 Grade 2		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Redrawing design</i>, untuk keperluan proses <i>babbiting</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 12.000 rpm</li> <li>2. Ca. 30 kg rotor shaft</li> </ol> </li> <li>• <i>Apply babbitt material ASTM B23 Grade 2 using TIG Welding Machine</i></li> <li>• <i>Rough Machining Babbitt Layer As Per Drawing</i></li> <li>• <i>Perform Babbitt Layer Evaluation with NDT (Including bonding with base metal)</i></li> <li>• <i>Final machining Babbitt layer as per engineering drawing</i></li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Final Inspection (Visual, Dimensional, &amp; NDT (PT &amp; UT))</i></li> </ul>
5	Proses Finishing & pembuatan profil	Milling CNC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Minimum 4 axis CNC Milling Machine</i></li> <li>• <i>CAD CAM based programming</i></li> </ul>
6.	<i>Final Inspection</i>	CMM		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Dimensional</i></li> <li>• <i>Final Quality Chek Report</i></li> </ul>

1. Proses Machining masih pada tahap finishing (pra Babitting)
2. Proses babitting di pending, karena penawaran yang sangat mahal (Rp. 33.000.000,-) untuk satu pcs dan waktu proses yang cukup lama (20 hari kerja). Masih diusahakan dengan mencari vendor lain yang barangkali memberikan penawaran harga yang tidak terlalu tinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan :

1. Unsur dan komposisi material bearing adalah terdiri dari Sn = 60,42 % ; Sb = 22,14 % ; Cu = 7,88 %. Dan sudah menghasilkan dimanufaktur model bearing sebanyak 3 pieces.
2. Flange HE sudah berhasil dibuat dan dipasang ke system PLTP Binary cycle Lahendong dengan melakukan pengujian tekanan sesuai prosedur yang sebelumnya sudah dilakukan pengujian tekanan 210 Psi tidak terjadi kebocoran.

## LAMPIRAN





