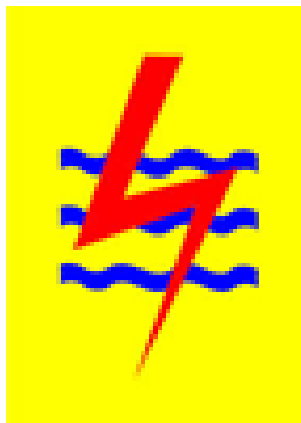


# **KARYA INOVASI**

**Dibuat Untuk  
Lomba Karya Inovasi XVIII TAHUN 2015  
PT. PLN (Persero)**

**Eco En Liza  
(Ex-Coolant Energy Utilization)**



**PT. PLN (PERSERO) WILAYAH KALIMANTAN BARAT  
SEKTOR PEMBANGKITAN KAPUAS**

# PERNYATAAN PENGESAHAN

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Inovasi dengan judul :

**Eco En Liza  
(Ex-Coolant Energy Utilization)**

Yang dibuat oleh :

1. Caesar Wira Sanjaya, NIP (8914067ZY)
2. Sony Aristia Budi, NIP (9211015CY)
3. Dino Arla, NIP (9413075CY)

Disetujui untuk mengikuti  
Lomba Karya Inovasi PT PLN (Persero)  
Bidang

*Pembangkitan*

Pontianak, 1 April 2015

**GENERAL MANAGER**

**( HOT MARTUA BAKARA )**

**PEMBINA INOVASI**

**( M. DOING )**

# PERNYATAAN ORIGINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

- |    |         |  |  |
|----|---------|--|--|
| 1. | Nama    | : Caesar Wira Sanjaya                                  | Tanda Tangan :   |
|    | NIP     | : 8914067 ZY   |   |
|    | Jabatan | : Junior Engineer Pemeliharaan Mesin                   |   |
| 2. | Nama    | : Sony Aristia Budi                                    | Tanda Tangan :   |
|    | NIP     | : 9211015 CY   |   |
|    | Jabatan | : Junior Technician Pemeliharaan Kontrol dan Instrumen |  |
| 3. | Nama    | : Dino Arla  | Tanda Tangan :   |
|    | NIP     | : 9413075 CY   |  |
|    | Jabatan | : Junior Operator Control Room                         |  |

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Inovasi kami yang berjudul Eco En Liza (*Ex-Coolant Energy Utilization*) adalah merupakan karya inovasi baru atau pengembangan karya inovasi yang original dan belum pernah dibuat sebelumnya baik di unit kami maupun di unit-unit PLN dan anak Perusahaan PLN.

Apabila dikemudian hari ada tuntutan atau klaim mengenai karya inovasi yang dibuat maka kami siap mempertanggungjawabkan segala konsekuensinya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,

Pontianak, 1 April 2015

**PEMBINA KM UNIT**

  
( **RUBEN MARPAUNG** )

**MANAJER**

  
  
( **PARLINDUNGAN SIHOMBING** )

# PERNYATAAN IMPLEMENTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Caesar Wira Sanjaya Tanda Tangan :  
NIP : 8914067 ZY  
Jabatan : Junior Engineer Pemeliharaan Mesin
2. Nama : Sony Aristia Budi Tanda Tangan :  
NIP : 9211015 CY  
Jabatan : Junior Technician Pemeliharaan Kontrol dan Instrumen
3. Nama : Dino Arla Tanda Tangan :  
NIP : 9413075 CY  
Jabatan : Junior Operator Control Room

menyatakan bahwa karya inovasi berjudul:

Eco En Liza  
(Ex-Coolant Energy Utilization)

Telah diimplementasikan sejak **1 Desember 2014** di  
*Pusat Listrik (PLTD) Siantan*

Dan bersedia untuk dilakukan audit lapangan.

Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya disampaikan terima kasih.

Disetujui oleh,  
Pontianak, 1 April 2015

**PEMBINA KM UNIT**

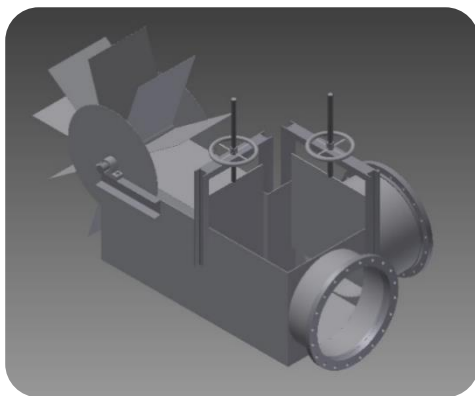
  
( **RUBEN MARPAUNG** )

**MANAJER UNIT**

  
  
( **MUHAMMAD FAJAR** )

# KLAIM

Suatu peralatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) yang terpasang pada hilir pipa pembuangan air pendingin mesin di Pusat Listrik (PLTD) Siantan yang memanfaatkan energi kinetik fluida air buangan pendingin mesin (ex-coolant) sebagai media penggerak, berfungsi sebagai penyedia listrik untuk area penerangan PLTD yang beroperasi dengan biaya yang murah dan ramah lingkungan.



## ITEM KINERJA YANG DIPERBAIKI

1. Mengurangi pemakaian kWh Auxiliaries mesin sebesar 0,6 % setiap bulannya.
2. Menurunkan pemakaian bahan bakar fosil (BBM) sebesar 133,2 kWh Produksi setiap bulannya atau sebesar 1.598,4 kWh Produksi setiap tahunnya.
3. Meningkatkan citra perusahaan terhadap lingkungan sekitar dikarenakan PLTMH beroperasi dengan biaya murah dan tanpa polusi.
4. Mendukung program new and renewable energy.

Pontianak, 1 April 2015

Mengetahui,

PEMBINA KM UNIT

INOVATOR

CEASAR W. SANJAYA

SONY A. BUDI

DINO ARLA

RUBEN MARPAUNG

# **PERNYATAAN PENYERAHAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL**

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Inovasi dengan judul :  
*Eco En Liza (Ex-Coolant Energy Utilization)*, yang dibuat oleh :

1. Caesar Wira Sanjaya, NIP (8914067ZY)
2. Sony Aristia Budi, NIP (9211015CY)
3. Dino Arla, NIP (9413075CY)

Diikutkan dalam Lomba Karya Inovasi PT PLN (Persero) Bidang :

## **PEMBANGKITAN**

Lomba Karya Inovasi Tahun : 2015

Dengan diikutkannya Karya Inovasi ini sekaligus menyerahkan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) sepenuhnya kepada PLN dan menjadi milik PLN, selanjutnya segala hal seperti pengurusan dan pemeliharaan paten serta hak-hak dan kewajiban lainnya mengikuti aturan yang ditetapkan PLN.

Pontianak, 1 April 2015

Demikian pernyataan kami

Wakil Inovator Pihak PLN



**( CAESAR WIRA SANJAYA )**

**GENERAL MANAGER**

**( HOT MARTUA BAKARA )**

---

## **KATA PENGANTAR (ACKNOWLEDGEMENT)**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karuniaNya sehingga kami dapat membuat sebuah karya inovasi yang sangat bermanfaat bagi perusahaan, yakni

### **Eco En Liza (Ex-Coolant Energy Utilization)**

Tentunya dalam pembuatan karya inovasi ini tidak lepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Untuk itu, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Hot Martua Bakara selaku General Manajer PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat
2. Bapak Parlindungan Sihombing selaku Manajer PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat Sektor Pembangkitan Kapuas
3. Bapak Muhammad Fajar selaku Manajer PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat Sektor Pembangkitan Kapuas Pusat Listrik (PLTD) Siantan
4. Tim Pembina Karya Inovasi 2015 PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat Sektor Pembangkitan Kapuas
5. Rekan-rekan kerja PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat Sektor Pembangkitan Kapuas
6. Kedua orang tua dan keluarga besar serta orang-orang tercinta

Semoga apa yang kami lakukan untuk Karya Inovasi ini berguna dan bermanfaat untuk semua pihak dan dapat meningkatkan kualitas pelayanan perusahaan.

Pontianak, April 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

JUDUL	.....	i
PERNYATAAN PENGESAHAN	.....	ii
PERNYATAAN ORIGINALITAS	.....	iii
PERNYATAAN IMPLEMENTASI	.....	iv
KLAIM INOVASI	.....	v
PERNYATAAN PENYERAHAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	.....	vi
ACKNOWLEDGEMENT	.....	vii
DAFTAR ISI	.....	viii
DAFTAR TABEL	.....	viii
DAFTAR GAMBAR	.....	viii
ABSTRAK	.....	x
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	.....	1
I.1. Latar Belakang	.....	1
I.2. Maksud dan Tujuan Inovasi	.....	2
I.3. Ruang Lingkup	.....	2
I.4. Metodologi	.....	2
I.4.1. Observasi dan Pengumpulan Data	.....	2
I.4.2. Studi Literatur	.....	2
I.4.3. Analisa Data	.....	3
I.4.4. Implementasi Eco en Liza	.....	3
I.4.5. Evaluasi Hasil Implementasi	.....	3
<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b>	.....	4
II.1. Energi Terbarukan	.....	4
II.2. Potensi Tenaga Air	.....	4
II.3. Mesin Fluida	.....	5
II.4. Klasifikasi Kincir Air	.....	6
<b>BAB III. PEMBAHASAN</b>	.....	7
III.1. Analisa	.....	7
III.1.1. Pengukuran Prameter Fluida	.....	7
III.1.2. Perencanaan Desai PLTMH	.....	9
III.1.3. Pembuatan Water Way PLTMH	.....	9



III.1.4. Pembuatan Kincir Air Tipe Undershot .....	10
III.1.5. Pemilihan Pulley .....	11
III.2. Pelaksanaan .....	13
III.3. Hasil .....	13
<b>BAB IV. MANFAAT DAN ANALISA RESIKO</b> .....	16
IV.1. Manfaat Finansial .....	16
IV.2. Manfaat Non Finansial .....	16
IV.3. Analisa Resiko .....	18
<b>BAB V. KESIMPULAN</b> .....	19
V.1. Kesimpulan .....	19
V.2. Saran-Saran .....	19
DAFTAR PUSTAKA .....	20
DAFTAR LAMPIRAN .....	21
BIODATA RINGKAS .....	32

---

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Kincir Air .....	6
Tabel 3.1. Percobaan Untuk Mengetahui Laju Aliran Air .....	8
Tabel 3.2. Perhitungan Debit Air .....	8
Tabel 3.3. Spesifikasi Pulley PLTMH .....	12
Tabel 3.4. Pelaksanaan dan Jadwal .....	13
Tabel 3.5. Data Diameter dan Putaran Setiap Pulley .....	14
Tabel 3.6. Tabel Pengukuran kWh Produksi PLTMH .....	15
Tabel 4.1. Root Cause Analysis (Metode 5W) .....	17

---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kincir Air <i>Undershot</i> .....	6
Gambar 2.2. Kincir Air <i>Overshot</i> .....	6
Gambar 2.3. Kincir Air <i>Breastshot</i> .....	6
Gambar 3.1. Proses Konversi Energi PLTMH .....	7
Gambar 3.2. Desain Water Way .....	10
Gambar 3.3. Ilustrasi Jarak Water Way dan Sudu Kincir .....	10
Gambar 3.4. Desain Kincir Air 10 Sudu Rata .....	11
Gambar 3.5. Rangkaian Instalasi Pulley Kincir Air dan Dinamo .....	14
Gambar 3.6. Grafik Pengukuran Daya (Watt) PLTMH .....	15
Gambar 3.7. Instalasi Lampu LED Produksi PLTMH .....	15
Gambar 4.1. Grafik Penurunan Pemakaian kWh Auxilliaries .....	17

---

## ABSTRAK

Sistem air pendingin (*cooling water system*) merupakan salah satu sistem yang terdapat pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang berguna untuk mengambil sebagian panas dari bagian-bagian tertentu di mesin. Satu diantara beberapa komponen dalam sistem air pendingin adalah air pendingin (selanjutnya disebut sebagai *coolant*). Pada beberapa unit PLTD diterapkan sistem pendinginan terbuka, dimana coolant dipompakan ke bagian yang membutuhkan pendinginan dan dialirkan langsung ke area pembuangan (tidak disirkulasikan lagi). Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, coolant eks pendingin mesin (selanjutnya disebut sebagai *ex-coolant*) yang melewati pipa pembuangan masih mempunyai energi yang dapat dimanfaatkan berupa laju aliran coolant. Dengan melakukan instalasi beberapa komponen seperti: kincir air, pengarah ex-coolant, set pulley dan v-belt, generator atau dinamo, inverter AC-DC, transformator, dan baterai. Dapat diperoleh energi listrik melalui proses konversi putaran kincir air (*energi mekanik*) ke generator (*energi listrik*) yang dapat digunakan sebagai pemasok instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan yang sebelumnya menggunakan kWh Auxilliaries mesin. Sehingga selama mesin beroperasi dan mengeluarkan limbah coolant, energi listrik dapat terus dihasilkan melalui proses konversi energi tersebut. Dengan adanya karya inovasi Eco en Liza ini selain mengimplementasikan program new and renewable energy, juga menghemat biaya operasional untuk pemakaian kWh Auxilliaries mesin di Pusat Listrik (PLTD) Siantan.

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Proses pembakaran yang berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan mesin dalam kondisi temperatur yang sangat tinggi. Temperatur yang sangat tinggi akan mengakibatkan desain mesin menjadi tidak ekonomis dan sebagian besar mesin juga berada di lingkungan yang tidak terlalu jauh dengan manusia sehingga menurunkan faktor keamanan. Temperatur yang sangat rendah juga tidak terlalu menguntungkan dalam proses kerja mesin dan bisa mengakibatkan penurunan daya mampu pada mesin. Sistem pendinginan digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal.

Satu diantara beberapa komponen yang terdapat didalam sistem air pendingin adalah air pendingin (selanjutnya disebut sebagai *coolant*). Di Pusat Listrik (PLTD) Siantan menerapkan sistem pendinginan terbuka, dimana air pendingin bersumber dari Sungai Kapuas dan dipompakan menuju raw water bak untuk selanjutnya dipompakan ke bagian mesin yang membutuhkan pendinginan. Setelah itu, coolant eks pendingin mesin (selanjutnya disebut sebagai *ex-coolant*) dialirkan langsung ke area pembuangan yang terpisah dengan raw water bak (tidak disirkulasikan lagi).

Berdasarkan hasil pengukuran yang kami lakukan, *ex-coolant* yang melewati pipa pembuangan tersebut masih mempunyai energi yang dapat dimanfaatkan berupa energi kinetik air dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,81 m/s dan debit sebesar 0,1246 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan energi potensial air diabaikan karena aliran *ex-coolant* tidak mempunyai keuntungan *Head* dikarenakan air mengalir secara horizontal (Sudut 0°)

Atas dasar pengukuran ini, kami melakukan diskusi / CoP di Pusat Listrik (PLTD) Siantan yang bertujuan untuk memanfaatkan energi kinetik air *ex-coolant* tersebut. Hasil keputusan bersama dari diskusi yang telah dilaksanakan adalah dengan membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di bagian hilir pipa pembuangan *ex-coolant*. Listrik yang dihasilkan digunakan sebagai pemasok instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan dengan potensi daya sebesar 400 Watt.

## **I.2. Maksud dan Tujuan Inovasi**

Memanfaatkan energi kinetik coolant eks pendingin mesin (*Ex-Coolant*) sebagai penggerak PLTMH didalam memasok instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan guna mengurangi pemakaian kWh Auxilliaries mesin serta mewujudkan program new and renewable energy dengan biaya operasi yang rendah, tidak berpolusi dan tahan lama (long life).

## **I.3. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup karya inovasi ini kami membatasi pada perancangan, pembuatan, perakitan dan implementasi PLTMH dalam memasok instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan dengan memanfaatkan energi kinetik air eks pendingin mesin (*Ex-Coolant*) yang mengalir pada bidang horizontal (Sudut 0°) tanpa adanya keuntungan head.

## **I.4. Metodologi**

### **I.4.1. Observasi dan Pengumpulan Data**

- I.4.1.1. Melakukan tinjauan lapangan ke lokasi pipa pembuangan air pendingin mesin yang akan dibangun PLTMH.
- I.4.1.2. Melakukan pengamatan dan penelitian terkait data kecepatan dan debit *ex-coolant* serta konstruksi material kincir air PLTMH yang sesuai dengan karakteristik *ex-coolant* tersebut.
- I.4.1.3. Mempelajari kendala yang dihadapi di lapangan terkait pipa pembuangan air pendingin mesin yang memiliki posisi horizontal, tanpa adanya ketinggian (head).

### **I.4.2. Studi Literatur**

Mengumpulkan dan menyimpulkan data – data dari buku literatur, manual book, bulletin dan internet yang ada hubungannya dengan penulisan karya inovasi ini.

### I.4.3. Analisa Data

I.4.3.1. Melakukan analisis terhadap data hasil penelitian mengenai debit air ex-coolant untuk selanjutnya dilakukan perancangan konstruksi material kincir air PLTMH yang sesuai dengan karakteristik debit air ex-coolant tersebut.

I.4.3.2. Mendesign perancangan konstruksi material kincir air dan water guide PLTMH dengan menggunakan software Autodesk Inventor.

I.4.3.3. Melakukan pembuatan dan perakitan material kincir air dan water guide PLTMH.

### I.4.4. Implementasi Eco en Liza di Pusat Listrik (PLTD) Siantan

Pada tanggal 1 Desember 2014 Eco en Liza diimplementasikan di Pusat Listrik (PLTD) Siantan dengan daya mampu 400 Watt untuk putaran optimal 1.867 RPM.

### I.4.5. Evaluasi Hasil Implementasi Eco en Liza

Setelah diimplementasikan sekitar 5 bulan di Pusat Listrik (PLTD) Siantan kemudian kami melakukan evaluasi terhadap kinerja dari Eco en Liza dengan hasil evaluasi "NO DAERATING", daya mampu 400 Watt untuk putaran optimal 1.867 RPM.

---

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **II.1. Energi Terbarukan (Renewable Energy)**

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari “proses alam yang berkelanjutan”, seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air pada proses biologi dan panas bumi. Konsep energy terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energy berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisi paling umum adalah sumber energy yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan. Dengan definisi ini, energy berbahan bakar nuklir dan fosil tidak termasuk di dalamnya.

#### **II.2. Potensi Tenaga Air**

Potensi tenaga air dan pemanfaatannya pada umumnya sangat berbeda bila dibandingkan dengan penggunaan tenaga lain. Potensi secara keseluruhan tenaga air relative kecil bila dibandingkan dengan jumlah sumber bahan bakar fosil. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air, head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air atau turbin air. Total energy yang tersedia dari suatu reservoir air merupakan energy potensial air, yaitu:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Untuk  $m$  = massa air (gram)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = head (meter)

Daya merupakan energy tiap satuan waktu ( $E/t$ ), sehingga persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} \cdot g \cdot h$$



Dengan mensubstitusikan  $P$  terhadap  $\left(\frac{E}{t}\right)$  dan mensubstitusikan  $pQ$  terhadap  $\left(\frac{m}{t}\right)$  maka:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h$$

Untuk  $P$  = daya (watt)

$\rho$  = densitas air ( $kg/m^3$ )

$Q$  = kapasitas aliran ( $m^3/s$ )

Selain memanfaatkan air jatuh, hydropower dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energy yang tersedia merupakan energy kinetik.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Untuk  $m$  = massa (gram)

$v$  = kecepatan aliran air ( $m/s$ )

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut:

$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2$  atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas  $Q = A \cdot v$  maka

$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$  dengan  $A$  adalah Luas penampang aliran air ( $m^2$ ).

### II.3. Mesin Fluida

Mesin fluida adalah mesin yang berfungsi mengubah energi mekanis poros menjadi energi potensial atau sebaliknya mengubah energi fluida (energi kinetik dan energi potensial) menjadi energi mekanik poros. Dalam hal ini fluida yang dimaksud berupa cair, gas dan uap. Pembagian mesin fluida adalah sebagai berikut:

#### III.1. Mesin Tenaga

Yaitu mesin fluida yang berfungsi mengubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetik) menjadi energi mekanis poros. Contoh: Turbin, Kincir Air, dan Kincir Angin.

#### III.2. Mesin Kerja

Yaitu mesin yang berfungsi mengubah energi mekanis poros menjadi energi fluida (energi potensial dan energi kinetik). Contoh: Pompa, Kompresor, Kipas (Fan).

## II.4. Klasifikasi Kincir Air

Tabel 2.1 *Klasifikasi Kincir Air*

Gambar	Nama dan Deskripsi	Keuntungan	Kerugian
 <p>(Gambar 2.1 Kincir Air Undershoot)</p>	<p><b>Kincir Air Undershoot</b></p> <p>Kincir Air Undershoot bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir ini tidak mempunyai keuntungan tambahan dari head</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruksi lebih sederhana</li> <li>- Lebih ekonomis</li> <li>- Mudah untuk dipindahkan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi kecil</li> <li>- Daya yang dihasilkan relatif kecil</li> </ul>
 <p>(Gambar 2.2 Kincir Air Overshot)</p>	<p><b>Kincir Air Overshot</b></p> <p>Kincir air Overshot bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi tinggi (85%)</li> <li>- Konstruksi yang sederhana</li> <li>- Mudah dalam perawatan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya yang dihasilkan relatif kecil</li> <li>- Biaya yang relatif mahal</li> </ul>
 <p>(Gambar 2.3 Kincir Air Breastshot)</p>	<p><b>Kincir Air Breastshot</b></p> <p>Kincir air Breastshot merupakan perpaduan antara tipe overshoot dan undershot, dilihat dari energi yang diterimanya. Kincir air ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe undershot</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lebih efisien dari tipe undershot</li> <li>- Dapat diaplikasikan pada sumber aliran rata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi lebih kecil dari tipe overshoot</li> <li>- Sudu-sudu tipe ini tidak rata</li> </ul>

## BAB III

# PEMBAHASAN

### III.1. Analisa

Air buangan eks sistem pendinginan mesin di Pusat Listrik (PLTD) Siantan sebelumnya dibuang ke bak pembuangan yang terpisah dengan Raw Water bak (Air Baku) yang berasal dari Sungai Kapuas. Dengan pertimbangan bahwa coolant eks pendingin mesin masih mempunyai manfaat, maka diputuskan untuk membuat suatu sistem pembangkitan mikrohidro yang berasal dari energi kinetik air. Sedangkan energi potensial air diabaikan karena aliran air eks pendingin mesin yang melewati pipa tidak memiliki keuntungan head dikarenakan air mengalir secara horizontal (sudut  $0^\circ$ ).

Mesin fluida jenis kincir air dibutuhkan untuk mengkonversi energi fluida air menjadi energi mekanis. Berdasarkan analisa dan tinjauan lapangan, maka kincir air yang dibutuhkan untuk jenis aliran air horizontal adalah kincir air dengan tipe *undershot*. Selanjutnya kincir dikopel dengan beberapa pulley dengan mekanisme sambungan V-Belt untuk menggerakkan dinamo sebagai konverter energi mekanis putaran ke energi listrik sehingga bisa dimanfaatkan untuk keperluan *electricity* di lingkungan Pusat Listrik (PLTD) Siantan.



Gambar 3.1 Proses Konversi Energi PLTMH

#### III.1.1. Pengukuran Parameter Fluida (Ex-Coolant)

Sebelum melakukan perancangan desain dan pembuatan PLTMH, terlebih dahulu kami melakukan analisa terhadap parameter fluida (ex-coolant). Adapun fluida ini berfungsi sebagai penggerak awal PLTMH sehingga diperlukan ketelitian dan perhitungan secara matematis terkait parameter-

parameter fluida seperti laju aliran fluida, debit fluida dan potensi daya fluida yang akan dihasilkan.

#### III.1.1.1. Laju Aliran Fluida

Metode untuk mengetahui laju aliran air adalah dengan mengapungkan benda pada titik tertentu (titik A) hingga mencapai titik ujung (titik B) dengan waktu tertentu. Percobaan dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dengan variable jarak dan waktu, sehingga diperoleh kecepatan rata-rata sebesar 0,81 m/s.

Tabel 3.1 Percobaan Untuk Mengetahui Laju Aliran Air

No	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
1.	3,0	4,0	0,75
2.	4,0	4,7	0,85
3.	5,0	6,0	0,83
Rata-rata			0,81

#### III.1.1.2. Debit Fluida

Metode untuk mengukur debit air adalah menggunakan persamaan kontinuitas fluida, yakni  $Q = A \cdot v$  dimana Q adalah debit atau kapasitas aliran air, A adalah luas penampang aliran air dan v adalah laju aliran air. Untuk mencari luas penampang air, diukur ketinggian air pada water way menggunakan meteran stick di beberapa titik dan didapatkan hasil yang bervariasi.

Tabel 3.2 Perhitungan Debit Air

No	Tinggi Air (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Laju Aliran Air (m/s)	Debit (m <sup>3</sup> /s)
1.	0,303	0,1515	0,81	0,1227
2.	0,311	0,1555	0,81	0,1259
3.	0,309	0,1545	0,81	0,1251
Rata-rata				0,1246

Debit air rata-rata sebesar 0,1246 m<sup>3</sup>/s diperoleh dengan mengatur bukaan pintu air water way sebesar 29,5 cm dari total bukaan maksimal sebesar 65 cm atau 45 %-nya.

### III.1.1.3. Daya Fluida

Dengan menggunakan persamaan  $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot V^2$ , P adalah daya,  $\rho$  adalah densitas air (1.000 kg/m<sup>3</sup>), Q adalah debit air (0,1246 m<sup>3</sup>/s) dan v adalah laju aliran air (0,81 m/s) maka:

$$\begin{aligned} P &= 0,5 \times 1000 \times 0,1246 \times 0,81^2 \\ &= 40,9 \text{ Joule atau } 40,9 \text{ Watt/second} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan secara matematis, fluida dengan karakteristik tersebut diatas **berpotensi menghasilkan daya sebesar 40,9 Watt/second.**

### III.1.2. Perencanaan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

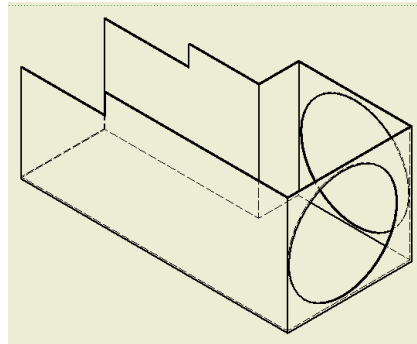
Perencanaan dan pembuatan PLTMH dilakukan oleh tim inovasi dengan sangat hati-hati dan memperhitungkan dari segi:

- **Keandalan peralatan dan komponen yang digunakan**, komponen yang digunakan harus bertipe dan berkualitas industrial.
- **Kesesuaian terhadap karakteristik fluida (Ex-Coolant)**, seluruh komponen di desain untuk air dengan debit 0,1246 m<sup>3</sup>/s, dan kecepatan aliran sebesar 0,81 m/s pada bidang horizontal (sudut 0°) serta tahan terhadap korosi.
- **Sustainable development**, semaksimal mungkin menggunakan material bekas yang terdapat di gudang.

### III.1.3. Pembuatan Water Way PLTMH

Dimensi water way menyesuaikan dengan diameter luar pipa pembuangan ex-coolant, yakni sebesar 26 inch atau 650 mm pada inlet dan mengalami reduksi menjadi 500 mm, serta tingginya sebesar 655 mm. Pengaturan

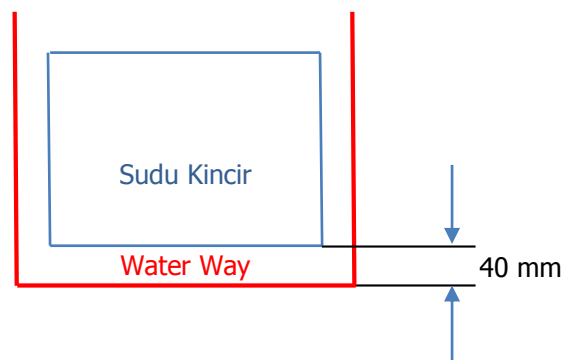
debit air dilakukan dengan memasang pintu air dengan sistem buka tutup menggunakan poros ulir yang dapat diatur dengan handle. Untuk mengantisipasi terjadinya overflow, maka dibuat jalur pelimpah keluar water way. Apabila kincir air sedang dalam proses recovery atau maintenance, maka ex-coolant juga akan di bypass ke jalur pelimpah.



Gambar 3.2 Desain Water Way

#### III.1.4. Pembuatan Kincir Air Tipe *Undershot* PLTMH

Dengan mempertimbangkan lebar dari water way sebesar 500 mm, maka lebar maksimum kincir air ditetapkan sebesar 480 mm, namun jika memperhitungkan toleransi clearance agar kincir berputar secara optimal, maka lebarnya ditentukan sebesar 470 mm atau 15 mm clearance sisi kanan dan kiri kincir. Untuk diameter kincir air, ditetapkan sebesar 1400 mm (140 cm) dengan jarak pemasangan sudu kincir dan dasar water way sebesar 40 mm. Hal tersebut dimaksudkan agar semakin luas area penampang sudu yang tertumbuk oleh aliran air, sehingga daya yang dihasilkan semakin optimal dengan mengantisipasi terjadinya gesekan antara sudu kincir dan dasar water way.



Gambar 3.3 Ilustrasi Jarak Water Way dan Sudu Kincir

Sesuai dengan jenis kincir air tipe undershot, maka sudu kincir di desain rata. Perhitungan jumlah sudu kincir air digunakan persamaan:

$$N = \frac{\pi D}{t}$$

Dimana N adalah jumlah sudu, D adalah diameter kincir, dan t adalah jarak antar sudu. Jarak antar sudu (t) dapat dihitung dengan persamaan:

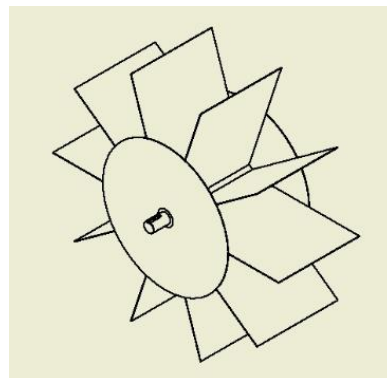
$$t = \frac{Si}{\sin \theta}$$

$$Si = k \cdot D$$

Dimana k adalah konstanta tetapan sebesar 0,13 dan  $\theta$  adalah sudut yang dibentuk oleh letak sudu rata terhadap poros, yaitu sebesar  $25^\circ$ . Jadi perhitungan jumlah sudu turbin adalah sebagai berikut:

$Si = k \cdot D$ $Si = 0,13 \cdot 1,4 \text{ m}$ $Si = 0,182 \text{ m}$	$t = \frac{Si}{\sin \theta}$ $t = \frac{0,182 \text{ m}}{\sin 25}$ $t = 0,433 \text{ m}$	Sehingga, $N = \frac{\pi \cdot D}{t}$ $N = \frac{3,14 \cdot 1,4}{0,433}$ $N = 10,223$
---	--	---

Jadi, jumlah sudu kincir air sebanyak 10,223 atau pembulatan menjadi 10 buah sudu. Sementara untuk material kincir ditentukan menggunakan material stainless steel 304 yang tahan korosi, mengingat kincir air selalu kontak dengan ex-coolant yang memiliki sifat korosif.



Gambar 3.4 Desain Kincir Air 10 Sudu Rata

### III.1.5. Pemilihan Pulley

Pemilihan set pulley didasarkan pada kecepatan nominal yang dibutuhkan oleh generator. Sementara generator yang dipakai adalah generator dengan daya dan putaran rendah, sebesar 400 watt pada 2000 rpm.

Sebagai acuan, pulley yang digunakan pada shaft generator berdiameter 5 cm. Berdasarkan data hasil pengukuran setelah kincir air terpasang pada water way dan dialiri air, diperoleh putaran sebesar 12 rpm. Selanjutnya dipasang pulley diameter 60 cm pada shaft kincir. Untuk memenuhi putaran nominal 2000 rpm, maka diperlukan rasio kecepatan 9 : 1000 rpm. Untuk memenuhi rasio tersebut, pulley kincir dan pulley generator tidak mungkin langsung dihubungkan. Perlu beberapa tahap menghubungkan ke beberapa pulley lagi. Sehingga diputuskan untuk menggunakan 4 buah pulley dengan spesifikasi:

Tabel 3.3 Spesifikasi Pulley PLTMH

No	Nama Pulley	Diameter (cm)	Kecepatan (rpm)
1	Pulley 1 (Drive pulley)	60	12
2	Pulley 2A (Pulley kecil)	12	$N_{2A}$
3	Pulley 2B (Pulley besar)	60	$N_{2B}$
4	Pulley 3A (Pulley kecil)	8	$N_{3A}$
5	Pulley 3B (Pulley besar)	40	$N_{3B}$
6	Pulley 4 (Pulley dynamo)	5	$N_4$

Sehingga secara teoritis dapat dihitung perbandingan kecepatannya sebagai berikut:

$$- N_1 \cdot D_1 = N_{2A} \cdot D_{2A}$$

$$12 \cdot 60 = N_{2A} \cdot 12$$

Maka  $N_{2A}$  sebesar 60 rpm

- Karena pulley 2A masih satu poros dengan pulley 2B, maka rasio putarannya sama, sehingga dapat dihitung:

$$N_{2B} \cdot D_{2B} = N_{3A} \cdot D_{3A}$$

$$60 \cdot 60 = N_{3A} \cdot 8$$

Maka  $N_{3A}$  sebesar 450 rpm

- Karena pulley 3A masih satu poros dengan pulley 3B, maka rasio putarannya sama, sehingga dapat dihitung:

$$N_{3B} \cdot D_{3B} = N_4 \cdot D_4$$

$$450 \cdot 40 = N_4 \cdot 5$$

Maka  $N_4$  sebesar 3600 rpm



Jika dapat dianalisa putaran hasil perhitungan teoritis sebesar 3600 rpm, maka sudah melebihi kecepatan nominal untuk generator yaitu sebesar 2000 rpm. Namun nilai 3600 rpm masih bisa menurun jika diperhitungkan koefisien gesekan v-belt terhadap pulley dan faktor regangan v-belt, sehingga rasio pulley berdasarkan perhitungan diatas dapat dipakai untuk mendapatkan nilai putaran yang aman.

### III.2. Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan pengukuran parameter fluida, perencanaan dan pembuatan water way serta kincir air PLTMH dilakukan selama 3 (tiga) bulan, adapun detail pekerjaan disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.4 Pelaksanaan dan Jadwal

No	Uraian	Tanggal	Output
1.	Pengukuran parameter ex-coolant	3-4 Oktober 2014	Debit Air dan Kecepatan Aliran Ex-coolant
2.	Perancangan dan Desain water way PLTMH	5 – 10 Oktober 2014	Ukuran detail dan tampak awal water way
3.	Perancangan dan Desain kincir air PLTMH	11-23 Oktober 2014	Ukuran detail dan tampak awal kincir air
4.	Pembuatan water way dan kincir air PLTMH	24 Okt – 30 Nov 2014	PLTMH tipe kincir air undershot
5.	Implementasi PLTMH	1 Desember 2014	Uji Paralel ke beban

### III.3. Hasil

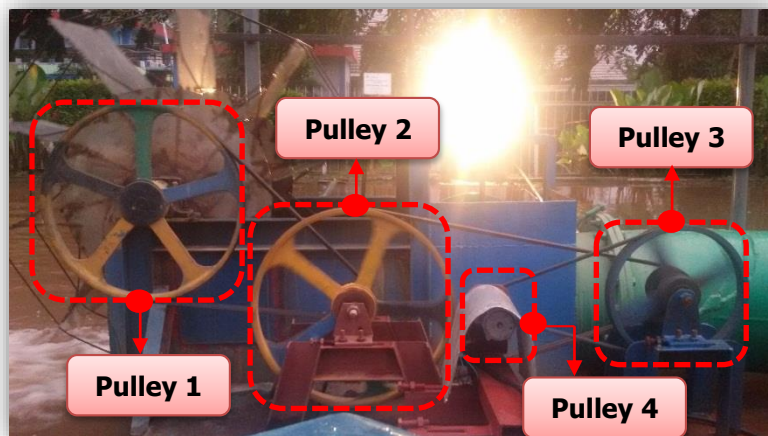
#### III.3.1. Putaran Pulley

Setelah dilakukan instalasi pulley dan v-belt, dilakukan pengukuran pada data kecepatan putaran pulley menggunakan Tachometer merk SKF TKRT 10. Metode pengambilan data dilakukan dengan cara menempelkan sticker khusus untuk sensor laser tachometer pada pulley. Adapun data putaran pulley dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.5 Data Diameter dan Putaran Setiap Pulley

Pulley	Diameter (cm)	Kecepatan Putaran Aktual (rpm)	Kecepatan Putaran Teoritis (rpm)	Keterangan
1	60	11	12	Pulley Kincir
2	60	54	60	-
3	40	379	450	-
4	5	1868	3600	Pulley Dinamo

Data kecepatan putaran aktual saat pengukuran bersifat fluktuatif, sehingga diputuskan menggunakan range waktu selama 1 (satu) menit untuk pengukuran 1 (satu) pulley, hingga didapatkan putaran maksimum. Foto instalasi pulley pada kincir air dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.5 Rangkaian Instalasi Pulley Kincir Air dan Dinamo

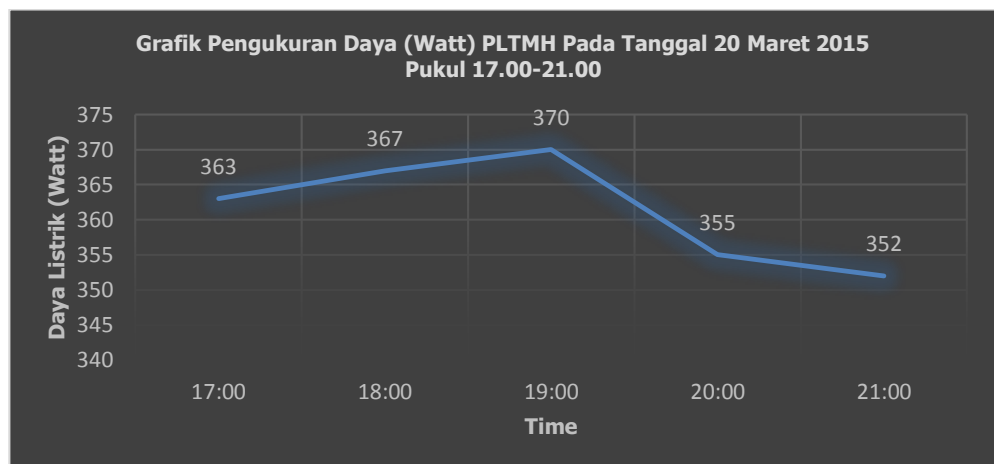
### III.3.2. kWh Produksi PLTMH

Beban terpasang PLTMH adalah instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan dalam bentuk lampu LED (Light Emitting Diode) sebanyak 70 buah dengan karakteristik daya masing-masing sebesar 3 (tiga) Watt dan Arus rata-rata sebesar 2,45 Ampere. Adapun pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PLTMH dilakukan menggunakan alat ukur osiloskop 20 MHz, Yokogawa 2 Channel. Hasil pengukuran dibawah ini dilakukan pada tanggal 20 Maret 2015 selama 5 (lima) jam dengan kecepatan rata-rata pulley dinamo sebesar 1868 rpm.

Tabel 3.6 Tabel Pengukuran kWh Produksi PLTMH

Waktu (Jam)	Daya (Watt)	Tegangan (Vp-p)	Arus (A)	Faktor Daya ( $\cos \varphi$ )	Energi Listrik (kWh)
17.00	363	110	2,45	0,88	0,41
18.00	367	109	2,50	0,88	0,41
19.00	370	109	2,43	0,88	0,40
20.00	355	110	2,40	0,88	0,40
21.00	352	110	2,45	0,88	0,41
Jumlah kWh Produksi selama 5 Jam					<b>2,03</b>

(Pengukuran Tanggal 20 Maret 2015)



Gambar 3.6 Grafik Pengukuran Daya (Watt) PLTMH

Instalasi lampu LED di area penerangan Pusat Listrik (PLTD) Siantan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.7 Instalasi Lampu LED Produksi PLTMH

## BAB IV

# MANFAAT DAN ANALISA RESIKO

### IV.1. Manfaat Finansial

Instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan sebelumnya bersumber dari kWh Auxilliaries mesin, dengan adanya karya inovasi ini maka penghematan biaya yang dilakukan dengan asumsi harga rupiah per kWh sebesar Rp. 750,00. adalah sebagai berikut:

❖ PLTMH beroperasi dengan data sebagai berikut:

Jam operasi	: 12 Jam
Daya mampu	: 370 Watt (Tanggal 20 Maret 2015)
kWh Produksi 1 (satu) Bulan	: 133,2 kWh
Rupiah per kWh	: Rp. 750,00

Jadi, total harga jual produksi PLTMH sejak diimplementasikan pada tanggal 1 Desember 2014 adalah 4 Bulan x 133,2 kWh x Rp. 750,00 = Rp. 399.600,00 dengan rata-rata per bulan sebesar Rp. 99.900,00.

Proses produksi kWh PLTMH berlangsung secara kontinyu selama mesin di Pusat Listrik (PLTD) Siantan beroperasi. Jadi, dapat dianalisis bahwa total harga jual produksi PLTMH selama 1 (satu) adalah 12 Bulan x 133,2 kWh x Rp.750,00 = Rp.1.198.800,00.

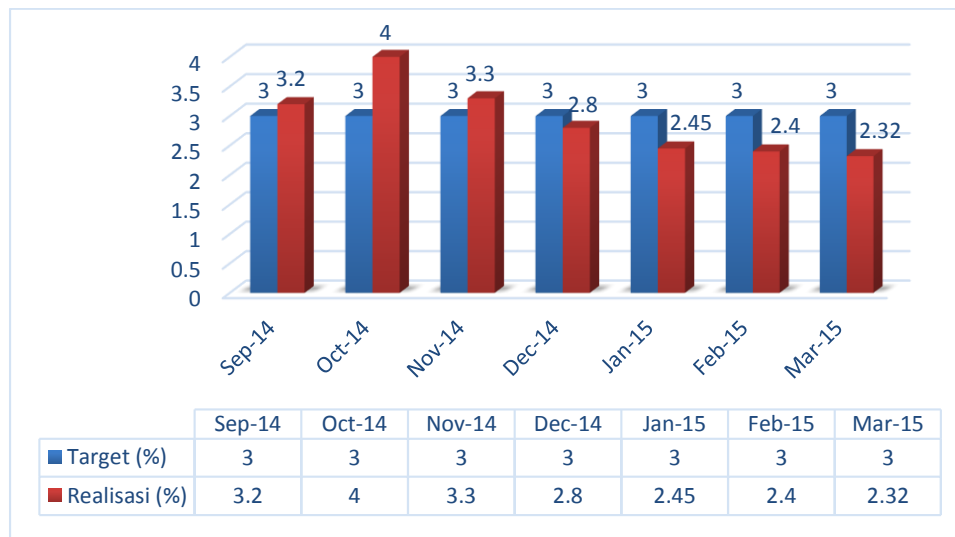
Dengan melakukan pemanfaatan energi ex-coolant (coolant eks pendingin mesin), selama 1 (satu) tahun perusahaan mendapatkan keuntungan sebesar Rp.1.198.800,00 dengan mengimplementasikan new and renewable energi pada benda atau material yang tidak digunakan (terbuang) sebelumnya.

### IV.2. Manfaat Non Finansial

- ✓ Menurunkan pemakaian bahan bakar fosil (BBM) sebesar 133,2 kWh Produksi setiap bulannya atau sebesar 1.598,4 kWh Produksi setiap tahunnya.
- ✓ Meningkatkan citra perusahaan terhadap lingkungan sekitar dikarenakan PLTMH beroperasi dengan biaya murah dan tanpa polusi.

### IV.3. Manfaat Terhadap KPI dan Besarannya

Dengan adanya inovasi ini, terjadinya pencapaian target kinerja (KPI) untuk indikator Pemakaian kWh Auxiliaries (Pemakaian Sendiri) yaitu dari rata-rata presentase pemakaian kWh Auxilliaries sebesar 3% menjadi 2,4% (Polarisasi Negatif). Adapun target dari manajemen sebesar 3%, dari inovasi ini Pusat Listrik (PLTD) Siantan mencapai 125% pencapaian dari target yang ditetapkan.



Gambar 4.1 Grafik Penurunan Pemakaian kWh Auxilliaries

Penyebab tingginya kWh Auxilliaries mesin yang mengakibatkan tidak tercapainya target kinerja dianalisis menggunakan metode *Root Cause Analysis* (Metode 5W):

Tabel 4.1 Root Cause Analysis (Metode 5W)

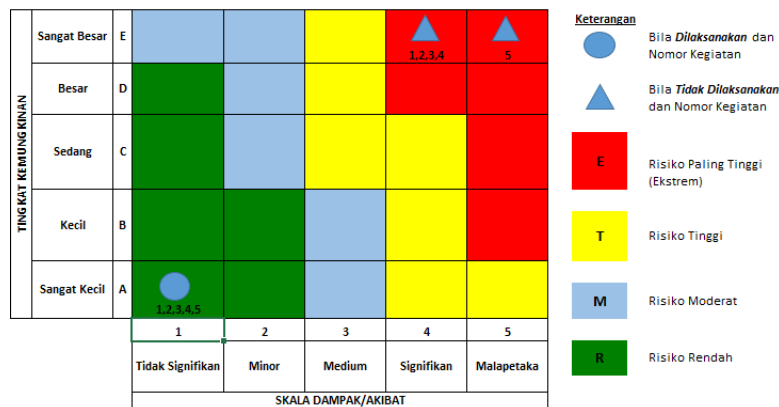
No	Masalah	Sebab
W1	Mengapa kWh Auxilliaries PLTD Siantan tidak mencapai target (tinggi)?	Karena instalasi penerangan menggunakan kWh Auxilliaries mesin
W2	Mengapa instalasi penerangan menggunakan kWh Aux mesin?	Karena tidak ada pasokan daya
W3	Mengapa tidak ada pasokan daya?	Karena tidak ada supply atau pembangkit tambahan
W4	Mengapa tidak ada supply atau pembangkit tambahan?	Karena tidak ada sumber penggerak yang bisa dimanfaatkan
W5	Mengapa tidak ada sumber penggerak yang bisa dimanfaatkan?	Karena belum dilakukan analisis pada sumber yang berpotensi (seperti ex-coolant)

## IV.4. Analisa Resiko

### IV.4.1. Identifikasi dan Deployment Resiko

NO	IDENTIFIKASI RESIKO			DEPLOYMENT RESIKO					
	KATEGORI	JENIS RESIKO	SUMBER RESIKO	BILA DILAKSANAKAN			BILA TIDAK DILAKSANAKAN		
				KEMUNGKINAN	AKIBAT	NILAI RESIKO	KEMUNGKINAN	AKIBAT	NILAI RESIKO
<b>A</b>	<b>RISIKO STRATEGIS</b>								
1	Memanfaatkan energi kinetik ex-coolant	Coolant akan terbuang	Internal	Sangat Kecil	Tidak Signifikan	Sangat Rendah	Sangat Besar	Signifikan	Sangat Tinggi
<b>B</b>	<b>RISIKO FINANSIAL</b>								
2	Menghemat biaya pembelian kWh	Memerlukan dana besar untuk membangkitkan kWh	Internal	Sangat Kecil	Tidak Signifikan	Sangat Rendah	Sangat Besar	Signifikan	Sangat Tinggi
<b>C</b>	<b>RISIKO OPERASIONAL</b>								
3	Melakukan penghematan terhadap biaya pembelian material	Memerlukan biaya operasi yang mahal	Internal	Sangat Kecil	Tidak Signifikan	Sangat Rendah	Sangat Besar	Signifikan	Sangat Tinggi
<b>D</b>	<b>RISIKO PROYEK</b>								
4	Tidak memerlukan pihak luar di dalam pembangunan PLTMH	Perlu pihak luar dalam melakukan pengelasan dan pembelian material	Eksternal	Sangat Kecil	Tidak Signifikan	Sangat Rendah	Sangat Besar	Signifikan	Sangat Tinggi
<b>E</b>	<b>RISIKO KEPATUHAN</b>								
5	Mengurangi dampak pencemaran lingkungan	Undang-Undang Tentang Lingkungan sekitar area kit	Eksternal	Sangat Kecil	Tidak Signifikan	Sangat Rendah	Sangat Besar	Malapetaka	Sangat Tinggi

### IV.4.2. Risk Mapping



### IV.4.3. Mitigasi Resiko

NO	SEBELUM MITIGASI					SETELAH MITIGASI				
	KATEGORI	JENIS RESIKO	SUMBER RESIKO	OPSI MITIGASI YANG MEMUNGKINKAN	OPSI MITIGASI YANG DIPILIH	DAMPAK	KEMUNGKINAN	TINGKAT RISIKO	PENANGGUNG JAWAB	TARGET WAKTU
<b>A</b>	<b>RISIKO STRATEGIS</b>									
1	Memanfaatkan energi kinetik ex-coolant	Coolant akan terbuang	Internal	Membuat Mesin Penggerak Mini	Membuat PLTMH	Tidak Signifikan	Kecil	Sangat Rendah	Tim Inovator	Desember 2014
<b>B</b>	<b>RISIKO FINANSIAL</b>									
2	Menghemat biaya pembelian kWh	Memerlukan dana besar untuk membangkitkan kWh	Internal	Membuat PLTMH	Membuat PLTMH	Tidak Signifikan	Kecil	Sangat Rendah	Tim Inovator	Desember 2014
<b>C</b>	<b>RISIKO OPERASIONAL</b>									
3	Melakukan penghematan terhadap biaya operasional	Memerlukan biaya operasi yang mahal	Internal	Membuat PLTMH, dan mesin penggerak mini	Membuat PLTMH	Tidak Signifikan	Kecil	Sangat Rendah	Tim Inovator	Desember 2014
<b>D</b>	<b>RISIKO PROYEK</b>									
4	Tidak memerlukan pihak luar di dalam pembangunan PLTMH	Perlu pihak luar dalam melakukan pengelasan dan pembelian material	Eksternal	Melakukan pengelasan oleh tim inovasi dan memanfaatkan material bekas layak pakai di gudang	Melakukan pengelasan oleh tim inovasi dan memanfaatkan material bekas layak pakai di gudang	Tidak Signifikan	Kecil	Sangat Rendah	Tim Inovator	Desember 2014
<b>E</b>	<b>RISIKO KEPATUHAN</b>									
5	Mengurangi dampak pencemaran lingkungan	Undang-Undang Tentang Lingkungan sekitar area kit	Eksternal	Membuat Mesin Penggerak yang ramah lingkungan	Membuat PLTMH	Tidak Signifikan	Kecil	Sangat Rendah	Tim Inovator	Desember 2014

---

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Kesimpulan**

- V.1.1. Pemanfaatan energi ex-coolant dilakukan dengan memasang PLTMH di hilir pipa pembuangan.
- V.1.2. Instalasi penerangan di area Pusat Listrik (PLTD) Siantan tidak menggunakan kWh Auxiliaries mesin sejak diimplementasikannya inovasi ini dan pemakaian kWh Auxilliaries mesin pun menjadi menurun (penurunan sebesar 0,6 % setiap bulannya).
- V.1.3. Dengan adanya inovasi ini dapat melakukan penghematan biaya pembelian kWh sebesar Rp.1.198.800,00 dan menurunkan pemakaian bahan bakar fosil sebesar 1.598,4 kWh Produksi setiap tahunnya.

#### **V.2. Saran**

- V.2.1. Diharapkan dengan inovasi ini dapat terpeliharanya knowledge transfer dan budaya berinovasi.
- V.2.2. Inovasi ini dapat diimplementasikan pada unit pembangkit manapun yang menerapkan sistem pendinginan terbuka (open cycle).

---

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Danny Harri Siahaan, *Pengujian Sudu Rata Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai*, USU Repository, Medan, 2009.
- [2] Sunarwo dan Sahid, Kajian Eksperimental Optimasi Jumlah Sudu Kincir Air Tipe Undershot Sebagai Upaya Pemanfaatan Potensi Aliran Head Rendah (84-91), *Jurnal Teknik Polines* Vol. 7 No. 3, Semarang, 2011
- [3] Edaran Direksi No : 028.E/DIR/2010 Tentang Pedoman Penerapan Manajemen Risiko di Lingkungan PT PLN (Persero).
- [4] \_\_\_\_ [id.wikipedia.org/wiki/Energi\\_terbarukan#Tenaga\\_Air](http://id.wikipedia.org/wiki/Energi_terbarukan#Tenaga_Air)
- [5] \_\_\_\_ [elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/dasar\\_fisika\\_energi/bab4\\_energi\\_air.pdf](http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/dasar_fisika_energi/bab4_energi_air.pdf)
- [6] \_\_\_\_ [web.ipb.ac.id/erizal/mekflud/MESIN-MESIN%20FLUIDA.pdf](http://web.ipb.ac.id/erizal/mekflud/MESIN-MESIN%20FLUIDA.pdf)
- [7] \_\_\_\_ [www.semayangboy.com/jenis-turbin-air](http://www.semayangboy.com/jenis-turbin-air)



---

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 - Design Kincir Air dan Spesifikasi

Lampiran 2 - Design PLTMH dan Spesifikasi

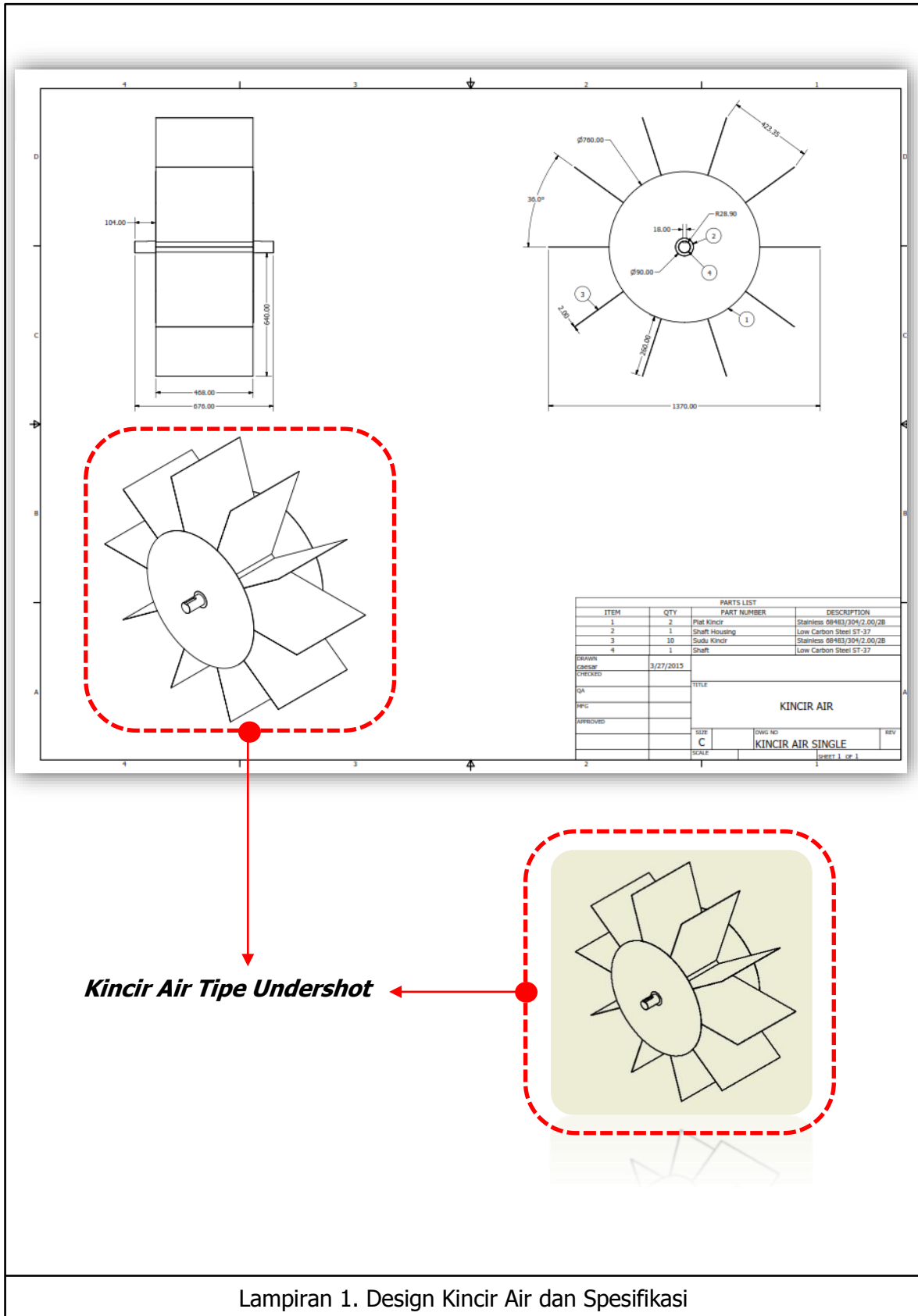
Lampiran 3 - Daftar Material dan Harga Pembuatan PLTMH

Lampiran 4 - Single Line Diagram Instalasi Penerangan Produksi PLT MH

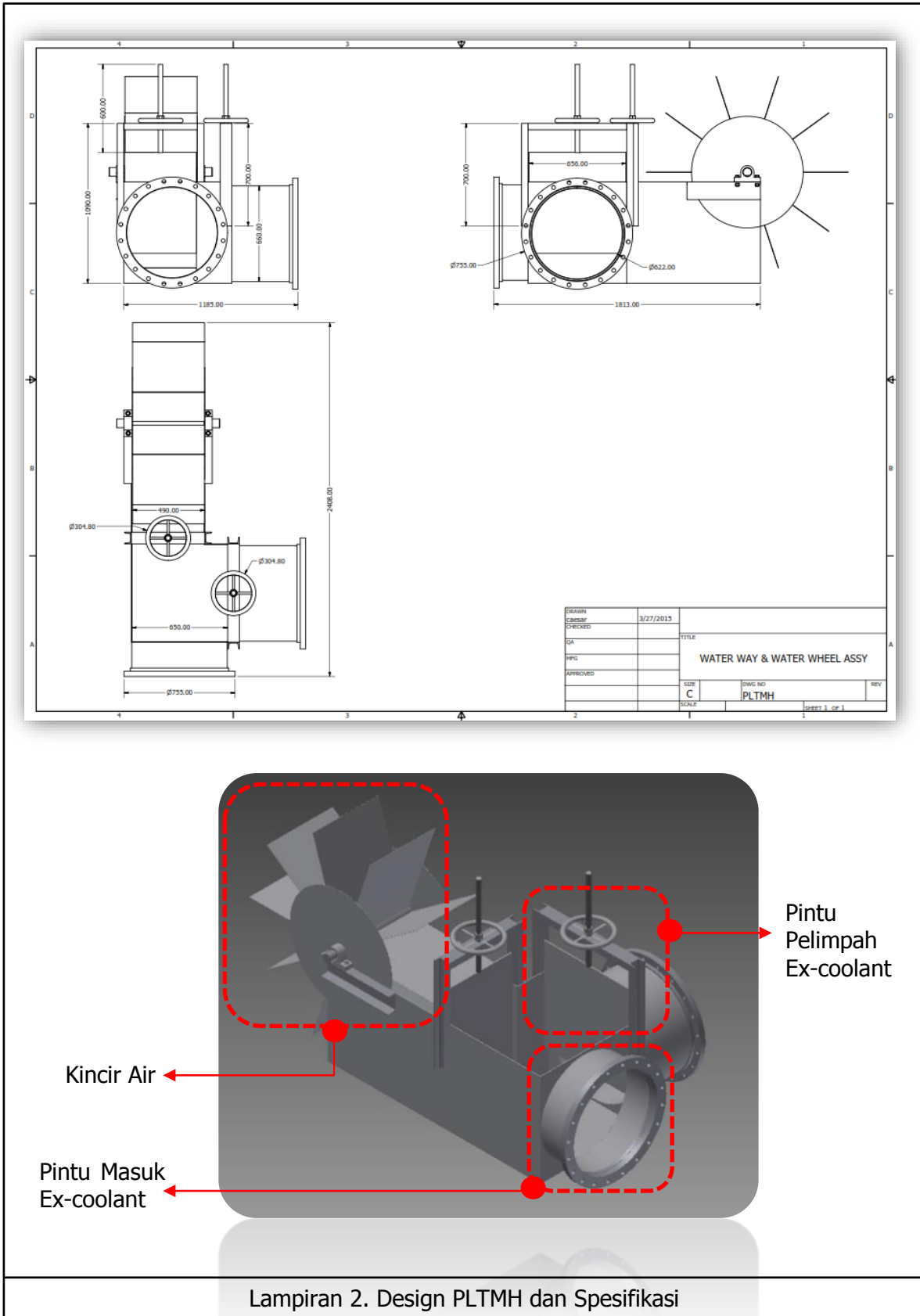
Lampiran 5 - Foto Instalasi Penerangan (Lampu LED) Area PLTD Siantan Produksi PLTMH

Lampiran 6 - Foto PLTMH di Hilir Pipa Pembuangan Ex-coolant Pusat Listrik (PLTD) Siantan

Lampiran 7 - Kegiatan Diskusi CoP



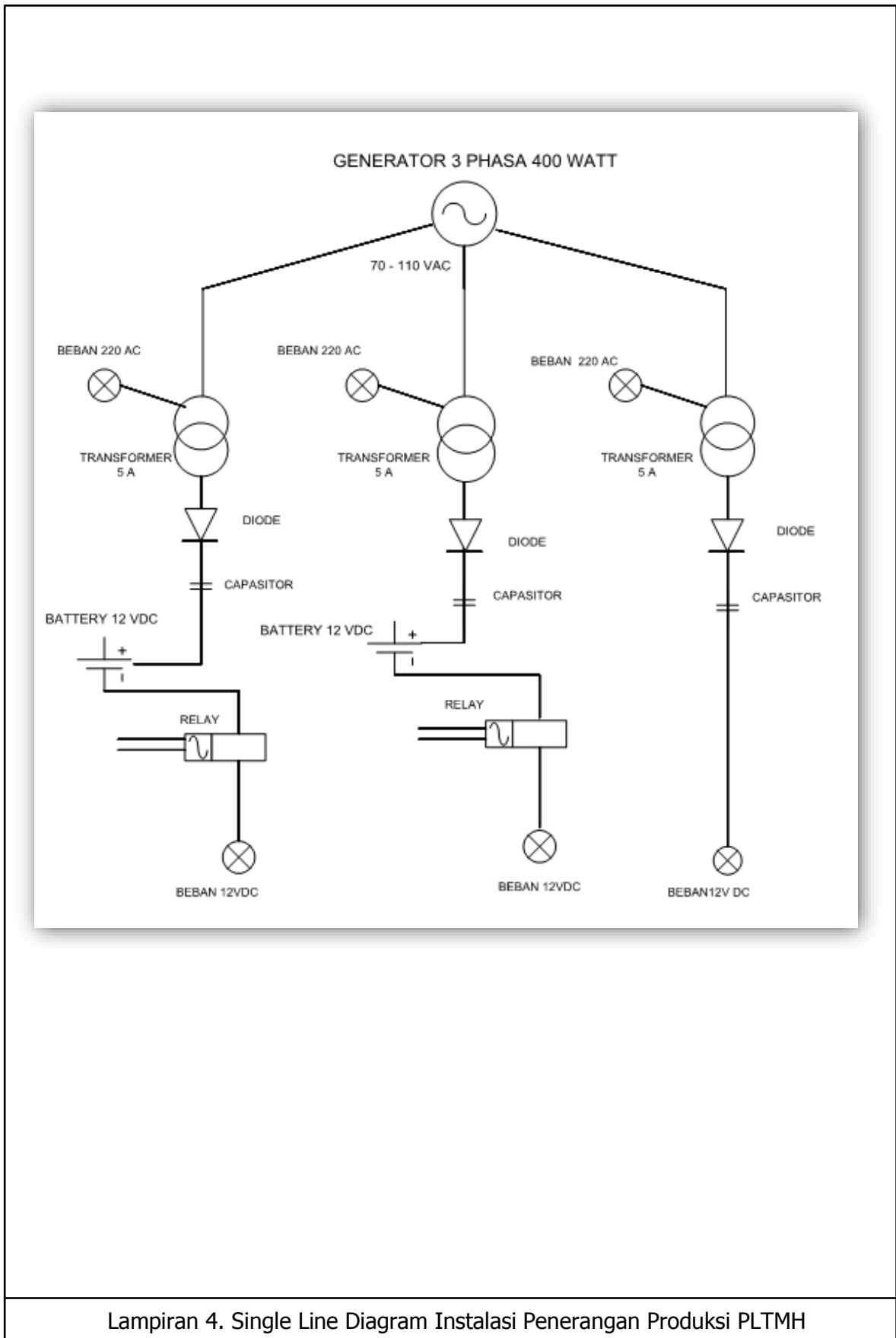
Lampiran 1. Design Kincir Air dan Spesifikasi

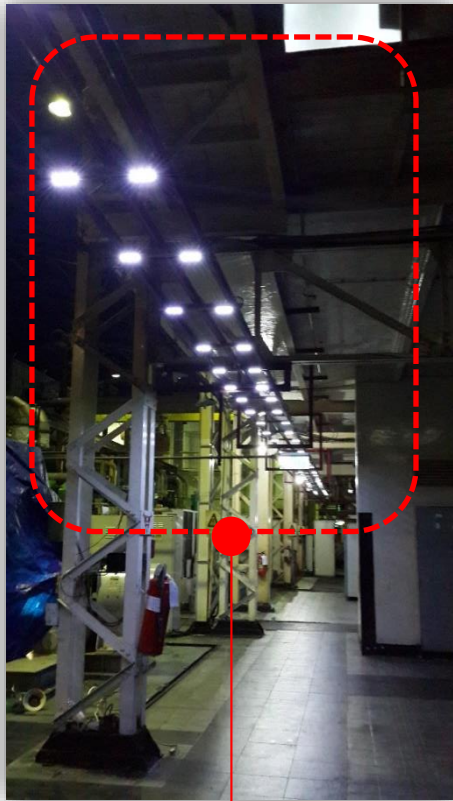


Lampiran 2. Design PLTMH dan Spesifikasi

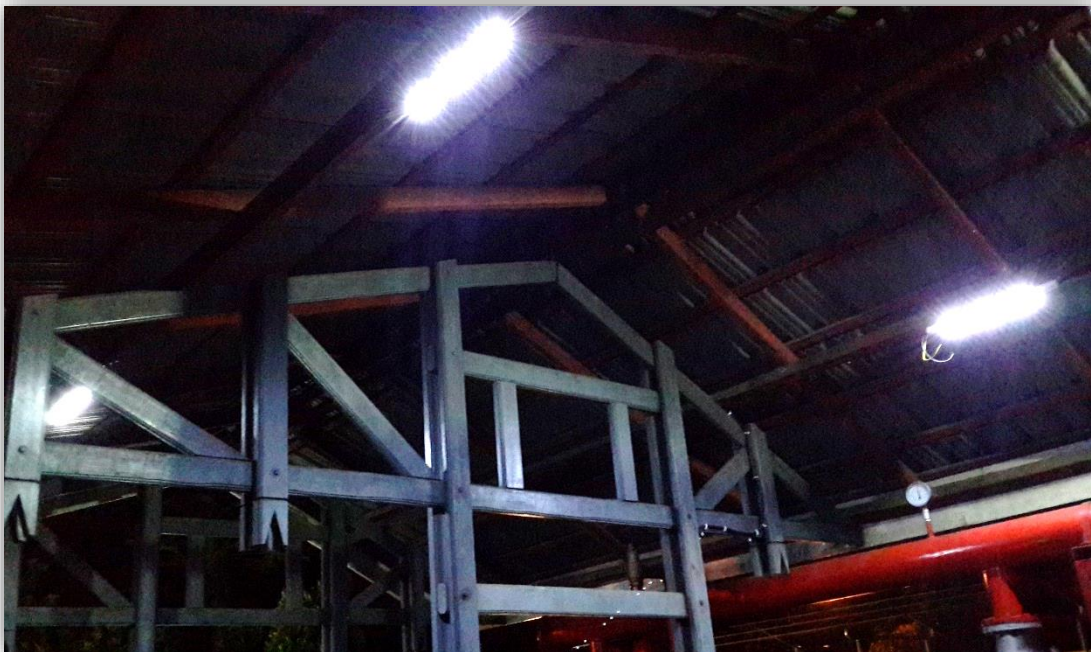
No	Nama Material	Qty	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
1	Plat Baja Karbon tebal 5 mm, uk. 3x3 Meter (Material Bekas, Layak Pakai di gudang)	2	Lembar	Rp. 500.000,-	Rp. 1.000.000,-
2	Plat Stainless 201 tebal 2 mm, uk. 1,22x2,44 Meter	2	Lembar	Rp. 1.200.000,-	Rp. 2.400.000,-
3	Pulley Aluminium Cor dia. 60 cm	2	Buah	Rp. 220.000,-	Rp. 220.000,-
4	Pulley Aluminium Cor dia. 40 cm	2	Buah	Rp. 210.000,-	Rp. 210.000,-
5	Pulley Aluminium Cor dia. 5 cm	1	Buah	Rp. 35.000,-	Rp. 35.000,-
6	V-Belt Mitsubishi B73	2	Buah	Rp. 65.000,-	Rp. 130.000,-
7	V-Belt Mitsubishi B120	2	Buah	Rp. 80.000,-	Rp. 160.000,-
8	V-Belt Mitsubishi A125 (Drive)	2	Buah	Rp. 95.000,-	Rp. 95.000,-
9	Threaded Shaft dia. 30 mm	2	Meter	Rp. 75.000,-	Rp. 150.000,-
10	Handle Valve (Material Bekas, Layak Pakai di gudang)	2	Buah	Rp. 150.000,-	Rp. 300.000,-
11	Pipa SCH 40-STD 26 Inch (Material Bekas, Layak Pakai di gudang)	2	Meter	Rp. 100.000,-	Rp. 200.000,-
12	Flange u/ Pipa 26 Inch (Material Bekas, Layak Pakai di gudang)	2	Buah	Rp. 50.000,-	Rp. 100.000,-
13	Transformator 5A	3	Buah	Rp. 100.000,-	Rp. 300.000,-
14	Kabel NYAF 2x2,5	1	Gulung	Rp. 400.000,-	Rp. 400.000,-
15	Panel Box 40x40 cm	1	Buah	Rp. 300.000,-	Rp. 300.000,-
16	Baterai 65 Ah (Material Bekas, Layak Pakai di gudang)	30	Buah	-	Rp. 1.550.000,-
17	Rangkaian Elektronik	1	Set	Rp. 200.000,-	Rp. 200.000,-
18	Generator 3 Ph 400 Watt	1	Buah	Rp. 1.200.000,-	Rp. 1.200.000,-
<b>TOTAL HARGA</b>					<b>Rp. 8.950.000,-</b>

Lampiran 3. Daftar Material dan Harga Pembuatan PLTMH





Instalasi Lampu LED Area  
PLTD Siantan Produksi PLTMH



Lampiran 5. Foto Instalasi Penerangan (Lampu LED) Area PLTD Siantan Produksi PLTMH



Lokasi Pemasangan PLTMH (Before)



Lokasi Pemasangan PLTMH (After)

Lampiran 6. Foto PLTMH di Hilir Pipa Pembuangan Ex-coolant Pusat Listrik (PLTD) Siantan

### FORMULIR IDENTITAS COP

<b>Nama</b>	Road to Innovation 2015			
<b>Subjek Pengetahuan*)</b>				
<b>Tempat**)</b>	Kantor Pusat Listrik (PLTD) Siantan			
<b>Tujuan</b>	Membahas mengenai analisis energi kinetik ex-coolant mesin, desain dan perancangan water way serta kincir air PLTMH			
<b>Target</b>	Mengimplementasikan PLTMH di hilir pipa pembuangan air pendingin mesin			
<b>Lingkup Keanggotaan</b>				
<b>Peran</b>	<b>Nama</b>	<b>Inisial ***)</b>	<b>NIP</b>	<b>Jabatan</b>
<b>Sponsor</b>	Supar	SPR	6491019C	Manajer PL (PLTD) Siantan
<b>Champion</b>	Caesar Wira Sanjaya	CAE	8914067ZY	JE Pemeliharaan Mesin
<b>Anggota</b>	Sony Aristia Budi	SON	9211015CY	JT Pemeliharaan Kontrol dan Instrumen
<b>Anggota</b>	Dino Arla	DNO	9413075CY	JO Control Room
<b>Daftar Topik Diskusi</b>				
No	Topik Diskusi ( permasalahan atau tantangan)	Tanggal Diskusi		
		Rencana	Pelaksanaan	Penyelesaian
1	Menganalisis energi kinetik ex-coolant	3 Okt 2014	3 Okt 2014	4 Okt 2014
2	Membuat desain water way PLTMH	5 Okt 2014	5 Okt 2014	10 Okt 2014
3	Membuat desain kincir air PLTMH	11 Okt 2014	11 Okt 2014	23 Okt 2014
4	Mengimplementasikan PLTMH	1 Des 2014	1 Des 2014	1 Des 2014
<p>*)Subjek pengetahuan dalam <i>Knowledge Taxonomy</i> PLN dapat dilihat pada halaman Portal KMS</p> <p>**)apabila CoP dilaksanakan secara online maka diisi="Online"</p> <p>***) Inisial terdiri dari 3 huruf nama atau tergantung kebutuhan. Inisial diperlukan untuk catatan diskusi</p>				

Lampiran 7. Kegiatan Diskusi CoP



### FORMULIR DISKUSI COP

Nama	Road to Innovation 2015
Topik	Analisis Energi Kinetik Ex-coolant Mesin, Desain dan Perancangan Water Way serta Kincir Air PLTMH
Subjek Pengetahuan*)	
Tempat**)	Kantor Pusat Listrik (PLTD) Siantan
Tanggal & Waktu***)	Senin, 29 September 2014

#### Catatan Diskusi

Air buangan eks sistem pendinginan mesin (ex-coolant) di Pusat Listrik (PLTD) Siantan sebelumnya dibuang ke bak pembuangan yang terpisah dengan Raw Water Bak (Air Baku) yang berasal dari Sungai Kapuas. Dengan pertimbangan bahwa coolant eks pendingin mesin masih mempunyai manfaat, maka diputuskan untuk membuat suatu *sistem pembangkitan mikrohidro* yang berasal dari energi kinetik air. Sedangkan energi potensial air diabaikan karena aliran air eks pendingin mesin yang melewati pipa tidak memiliki keuntungan head dikarenakan air mengalir secara horizontal (sudut 0°).

Analisis energi kinetik ex-coolant dilakukan dengan pengukuran parameter fluida yang meliputi laju aliran fluida, debit fluida dan potensi daya yang dihasilkan dari fluida tersebut. Sedangkan perencanaan desain dan perancangan water way serta kincir air PLTMH dilakukan dengan sangat hati-hati dan memperhitungkan dari segi: keandalan peralatan dan komponen yang digunakan, kesesuaian terhadap karakteristik fluida (ex-coolant) dan semaksimal mungkin menggunakan material bekas yang terdapat digudang (sustainable development).

### Hasil Diskusi (daftar permasalahan/tantangan, *lesson learned*, *best practice*, dan Ide solusi)

#### 1. Analisis energi kinetik ex-coolant

Metode untuk mengetahui laju aliran air adalah dengan mengapungkan benda pada titik tertentu (titik A) hingga mencapai titik ujung (titik B) dengan waktu tertentu sedangkan metode untuk mengukur debit air adalah dengan menggunakan persamaan kontinuitas fluida yakni  $Q = A \cdot v$  dimana Q adalah debit atau kapasitas aliran air, A adalah luas penampang aliran air dan v adalah laju aliran air. Adapun potensi daya air dihitung menggunakan persamaan  $P = 0,5 \times \rho \times Q \times V^2$ .

#### 2. Desain dan Perancangan Water Way PLTMH

Dimensi water way menyesuaikan dengan diameter luar pipa pembuangan ex-coolant, yakni sebesar 26 inch atau 650 mm pada inlet dan mengalami reduksi menjadi 500 mm, serta tingginya sebesar 655 mm. Adapun perancangan dilakukan menggunakan software autodesk inventor.

#### 3. Desain dan Perancangan Kincir Air PLTMH

Berdasarkan kesepakatan hasil diskusi, kincir air PLTMH menggunakan tipe *Undershot*. Dengan mempertimbangkan lebar dari water way sebesar 500 mm, maka lebar maksimum kincir air ditetapkan sebesar 470 mm atau 15 mm clearance sisi kanan dan kiri kincir. Diameter kincir sebesar 1400 mm.

### Tindak Lanjut Diskusi (rencana aksi (*action plan*))

1. Melakukan pengukuran parameter ex-coolant (3-4 Oktober 2014)
2. Perancangan dan Desain water way PLTMH (5-10 Oktober 2014)
3. Perancangan dan Desain kincir air PLTMH (11-23 Oktober 2014)
4. Pembuatan water way dan kincir air PLTMH (24 Oktober – 30 November 2014)
5. Implementasi PLTMH (1 Desember 2014)

\*)Subjek pengetahuan dalam *Knowledge Taxonomy* PLN dapat dilihat pada halaman Portal KMS.

\*\*)apabila CoP dilaksanakan secara online maka diisi="Online"

Silahkan menggunakan tambahan kertas jika perlu



Lampiran 7. Foto Kegiatan Diskusi CoP

## BIODATA RINGKAS

### Inovator 1



Nama : Caesar Wira Sanjaya  
NIP : 8914067ZY  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Unit Kerja : PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat, Sektor Pembangkitan Kapuas, Pusat Listrik (PLTD) Siantan  
Pengalaman Kerja : PT PLN (Persero) 2014 - Sekarang  
Alamat Email : [caesar.sanjaya@pln.co.id](mailto:caesar.sanjaya@pln.co.id)  
No. HP : 0852 8571 4075  
Pendidikan Terakhir : D3 – Teknik Mesin  
Tahun Masuk PLN : 2014

### Inovator 2



Nama : Sony Aristia Budi  
NIP : 9211015CY  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Unit Kerja : PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat, Sektor Pembangkitan Kapuas, Pusat Listrik (PLTD) Siantan  
Pengalaman Kerja : PT PLN (Persero) 2011 - Sekarang  
Alamat Email : [sony.budi@pln.co.id](mailto:sony.budi@pln.co.id)  
No. HP : 0896 9341 4893  
Pendidikan Terakhir : SMK Listrik  
Tahun Masuk PLN : 2011

### Inovator 3



Nama : Dino Arla  
NIP : 9413075CY  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Unit Kerja : PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat, Sektor Pembangkitan Kapuas, Pusat Listrik (PLTD) Siantan  
Pengalaman Kerja : PT PLN (Persero) 2013 - Sekarang  
Alamat Email : [dino.arla@pln.co.id](mailto:dino.arla@pln.co.id)  
No. HP : 0852 8571 4075  
Pendidikan Terakhir : SMA IPA  
Tahun Masuk PLN : 2013