

ANALISIS COST – BENEFIT INJEKSI NaOH PADA BASIN COOLING TOWER PLTP UNIT 5 DAN 6 DI AREA GEOTHERMAL LAHENDONG

Romi Arifin¹⁾, Agung Sutrisno²⁾, Charles Punuhsingon³⁾

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi

Jln. Kampus UNSRAT, Manado

Email: romi.arifin@pertamina.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis nilai cost-benefit injeksi NaOH pada basin cooling tower PLTP unit 5 dan 6 di area geothermal Lahendong. Populasi pada penelitian ini adalah pekerja (PLTP), mitra kerja dan manajemen PGE. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis cost-benefit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa injeksi NaOH pada basin cooling tower PLTP unit 5 dan 6 memberikan dampak berupa biaya rutin yang dikeluarkan perusahaan untuk pembelian NaOH karena injeksi dilakukan setiap hari untuk menjaga nilai pH basin cooling tower PLTP sesuai standar HSSE 5,5 - 7. Biaya tidak langsung yang didapatkan adalah pendirian bangunan tempat persediaan cadangan NaOH, coating basin, dan biaya pengiriman. Hasil perhitungan analisis cost-benefit injeksi NaOH pada basin cooling tower PLTP unit 5 dan 6 di area geothermal Lahendong selama 3 tahun umur investasi dengan kegiatan operasional tersebut diperoleh sebagai berikut: (1)Benefit Cost Ratio (BCR) yang didapatkan adalah $1,2025697 > 0$, (2)Net Benefit Margin (NBM) sebesar Rp. $337.955.950 > 0$. Berdasarkan nilai tersebut, injeksi NaOH pada basin cooling tower PLTP unit 5 dan 6 di area geothermal Lahendong dinyatakan bermanfaat.

Kata Kunci: PLTP, NaOH, Injeksi, Basin Cooling Tower, Cost-Benefit, BCR, NBM

ABSTRACT

This study aimed to calculate and analyze the value of cost-benefit NaOH injection on cooling tower basin GPP unit 5 and 6 in the Lahendong geothermal area. Population of this study was worker (GPP), work partners and management (PGE). Analysis techniques used is cost benefit analysis. The result of the study showed that NaOH injection on cooling tower basin GPP unit 5 and 6 has impact routine expenses issued by company for the purchase NaOH because injection done every day to keep pH value on cooling tower basin GPP according to standard HSSE 5,5 - 7. The costs were not direct is building constructions to supplies NaOH reserve, coatings basin, and delivery expense. The result of the calculation cost-benefit analysis NaOH injection on cooling tower basin GPP unit 5 and 6 in the Lahendong geothermal area for 3 years investment and the operational as follows: (1)Benefit Cost Ratio (BCR) reach $1,2025697 > 0$, (2)Net Benefit Margin (NBM) reach Rp. $337.955.950 > 0$. Based on this value NaOH injection on cooling tower basin GPP unit 5 and 6 in the Lahendong geothermal area considered beneficial.

Keyword: GPP, NaOH, Injection, Cooling Tower Basin, Cost-Benefit, BCR, NBM

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi panas bumi merupakan sumber energi terbarukan dari energi panas (*thermal*) yang dihasilkan dari dalam inti atau perut bumi. Fluida panas bumi dimanfaatkan menjadi energi listrik kemudian dikembalikan ke dalam perut bumi (*reservoir*) melalui sumur injeksi menjadikan energi panas bumi sebagai energi yang berkelanjutan (*sustainable energy*). Injeksi fluida air (*brine*) ke dalam *reservoir* untuk menjaga keseimbangan massa sehingga memperlambat penurunan tekanan *reservoir* dan mencegah terjadinya *subsidence*.

Indonesia memiliki potensi panas bumi terbesar yaitu 40% dari potensi energi panas bumi dunia yang tersebar di semua lokasi sepanjang jalur *vulkanik ring of fire* khususnya membentang dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Maluku. Berdasarkan data dari Badan Geologi pada tahun 2011, potensi energi panas bumi Indonesia sebesar 29.308 MW. Namun, sampai dengan tahun 2017 baru sekitar 1.450 MW atau kurang 5% dari total potensi energi panas bumi Indonesia yang telah dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Dengan semakin dikembangkannya energi baru terbarukan yaitu panas bumi maka secara tidak langsung diperlukan pengembangan PLTP dari proses hulu hingga ke hilir baik dari sisi operasional, fasilitas produksi maupun aspek lingkungan. Hal ini sesuai dengan visi dan misi pemerintah untuk kemandirian energi bangsa Indonesia serta tidak melupakan aspek dari energi baru terbarukan tersebut yang bersifat *sustainable* dan ramah lingkungan.

Pada sistem energi panas bumi khususnya PLTP terdapat siklus yang terus menerus berulang dari kegiatan hulu hingga ke hilir produksi listrik yaitu dari sumur produksi yang mengeluarkan *brine* dan *steam*. Setelah dimanfaatkan untuk memproduksi energi listrik pada pembangkit kemudian diinjeksikan kembali kedalam perut bumi melalui sumur injeksi. Oleh sebab itu perlu diperhati-

kan sifat atau karakteristik dari *brine* yang diinjeksikan tersebut karena akan mempengaruhi umur *reservoir* berdasarkan *feasibility study* sebelumnya dari *planning engineering* dan konsultan proyek.

Setiap air hasil kondensasi dari *condenser* akan melalui proses pendinginan pada *cooling tower*, kemudian ditampung sementara pada *basin cooling tower* untuk sebagian diinjeksikan kembali ke dalam *reservoir* menggunakan *condensate pumps* lewat jalur injeksi yang terhubung langsung dengan jalur pipa ke sumur injeksi dan sebagian lagi digunakan sebagai sistem pendingin utama peralatan PLTP menggunakan *Auxiliary Cooling Water Pump* (ACWP). Karena itu perlu diperhatikan sifat asam maupun basa dari air hasil kondensasi pada *basin cooling tower* yang berpengaruh terhadap sistem reinjeksi dan terutama sistem pendingin PLTP agar terhindar dari permasalahan korosi dan *scale*.

Dalam operasional PLTP diperlukan injeksi bahan kimia NaOH untuk menjaga nilai pH pada *basin cooling tower* karena air hasil kondensasi pada *basin cooling tower* ini berperan penting pada siklus PLTP. Jika air hasil kondensasi pada *basin cooling tower* terlalu asam maka akan sangat korosif dan sebaliknya jika terlalu basa maka fasilitas produksi akan lebih cepat *scaling*. Oleh sebab itu diperlukan penelitian lebih lanjut sehingga biaya yang dikeluarkan tidak terlalu boros untuk mendapatkan nilai pH yang sesuai standar HSSE (*Health, Safety, Security, Environment*) pada *basin cooling tower*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah berapa nilai indeks *cost-benefit* dari implementasi sistem injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pengukuran indeks *cost-benefit* injeksi NaOH berlokasi pada *basin cooling tower* PLTP unit 5 dan 6 di area *geothermal* Lahendong

menggunakan metode *Benefit Cost Ratio* dan *Net Benefit Margin*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung dan menganalisis nilai *cost-benefit* injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5 dan 6 di area *geothermal* Lahendong.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Korosi dan Scale

Korosi adalah kerusakan material oleh aksi kimia atau elektrokimia dari lingkungan sekitar. Efek korosi fluida *geothermal* pada permukaan logam tergantung dari komposisi kimia fluida tersebut dan material logam. Fluida *geothermal* memiliki rentang komposisi yang luas, dari fluida dengan kadar keasaman tinggi yang berisi *sulfur* dan asam *halogen* yang secara aktif mengkorosi banyak campuran logam hingga air dengan kebasahan yang tinggi yang berisi kalsium dan logam-logam *alkali* tanah lainnya yang menyebabkan terjadinya *scaling*. Kerugian langsung akibat korosi berupa kehilangan material konstruksi, keselamatan kerja dan pencemaran lingkungan akibat produk korosi dalam bentuk senyawa yang mencemarkan lingkungan. Kerugian tidak langsung, antara lain berupa penurunan kapasitas dan peningkatan biaya perawatan (*preventive maintenance*).

Korosi dapat terjadi karena:

- Fluida yang belum bersih dari gas yang korosif
- Fluida terlalu asam
- *Galvanic corrosion*

Korosi dapat ditanggulangi dengan:

- Pemilihan material yang tepat
- Pengelolaan tingkat “kebersihan” dan keasaman fluida

Scale adalah endapan padatan pada permukaan logam, batu, atau material lain. Pada sistem *geothermal*, *scale* terbentuk dari fluida *geothermal* yang berfase *liquid* (air).

Terdapat 3 kelas mineral pada fluida *geothermal* yang dapat menyebabkan terjadinya *scaling*, yakni:

1. Silika dan silikat
2. Karbonat dari kalsium dan besi
3. Sulfida dari besi dan logam berat

Air merupakan pelarut universal sehingga air selalu berada dalam proses melarutkan atau mengendapkan mineral tersebut menjadi *scale*.

Faktor yang mempengaruhi banyaknya *scaling*:

- Temperatur (perubahan temperatur dapat menurunkan tingkat kelarutan materi)
- Perubahan keasaman (pH) fluida
- Banyaknya materi tak larut yang terkandung dalam fluida

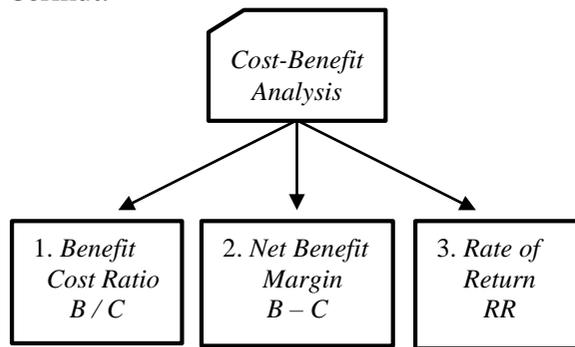
Scaling dapat mengakibatkan:

- Penyumbatan *reservoir*, sumur, pipa, *valve* dan pompa
- Mengurangi aliran uap dan *brine*
- Membutuhkan pergantian atau pemeliharaan peralatan
- Penurunan produksi

2.2 Analisis Cost – Benefit

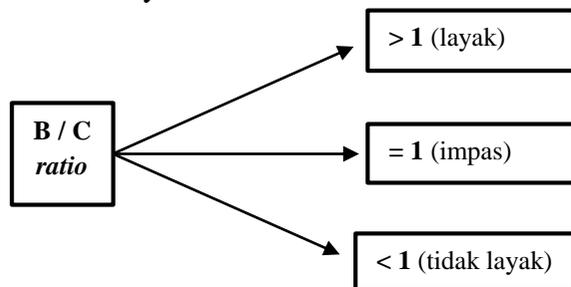
Analisis biaya manfaat atau lebih dikenal dengan singkatan bahasa Inggris CBA (*Cost-Benefit Analysis*) adalah pendekatan sistematis untuk mem-pertimbangkan kelemahan (biaya) dan kekuatan (manfaat) terhadap pilihan yang ada (Jules Dupuit, 1848). Analisis biaya manfaat membandingkan serangkaian biaya dan manfaat yang relevan dari sebuah aktivitas atau proyek. Tujuan akhir yang ingin dicapai adalah secara akurat membandingkan kedua nilai, manakah yang lebih besar. Selanjutnya dari hasil perbandingan ini, pengambil keputusan dapat mempertimbangkan untuk me-lanjutkan suatu rencana atau tidak dari sebuah aktivitas, produk, proyek, atau dalam konteks evaluasi atas sesuatu yang telah berjalan untuk menentukan keberlanjutannya.

Parameter analisis *cost-benefit* sebagai berikut:



Gambar 1. Parameter Analisis manfaat dan biaya, Kuiper (1971)

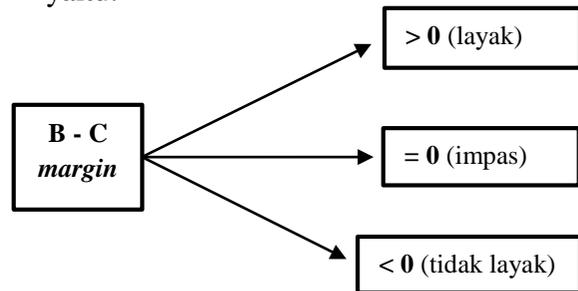
1. Perbandingan Manfaat dan Biaya (*Benefit Cost Ratio* atau B / C) merupakan cara untuk mengetahui apakah suatu usaha yang dijalankan menguntungkan atau tidak menguntungkan. B / C ratio adalah ukuran perbandingan antara manfaat (*benefit*) yang didapatkan dengan biaya (*cost*) yang dihabiskan untuk suatu aktivitas atau proyek. B berarti *Benefit*, sedangkan C berarti *Cost*. Rumus menghitung B / C ratio: B / C ratio = *Benefit* (B) : *Cost* (C). Metode ukuran penilaian kelayakan suatu proyek atau aktivitas yaitu:



Gambar 2. Parameter B / C ratio, Kuiper (1971)

2. Selisih Manfaat dan Biaya (*Net Benefit Margin* atau $B - C$) untuk mengetahui selisih atau *margin* antara manfaat dengan biaya. Suatu kebijakan dikatakan efisien jika manfaat bersih (total manfaat dikurangi total biaya) lebih besar dari nol dan lebih tinggi dari manfaat bersih yang mungkin dihasilkan dari sejumlah alternatif penggunaan sumber daya (investasi) lainnya di sektor swasta ataupun publik. Metode ukuran penilaian

kelayakan suatu proyek atau aktivitas yaitu:



Gambar 3. Parameter $B - C$ margin, Kuiper (1971)

2.3 NaOH

Natrium hidroksida sering disebut *sodium hidroksida* digunakan untuk meningkatkan nilai pH pada suatu larutan. Pada PLTP Lahendong unit 5&6, NaOH digunakan sebagai pH *booster* air hasil kondensasi. Injeksi NaOH bertujuan untuk menjaga kondisi peralatan pendingin agar tidak mudah korosi dan *scale*. Sifat fisika dan kimia NaOH yaitu:

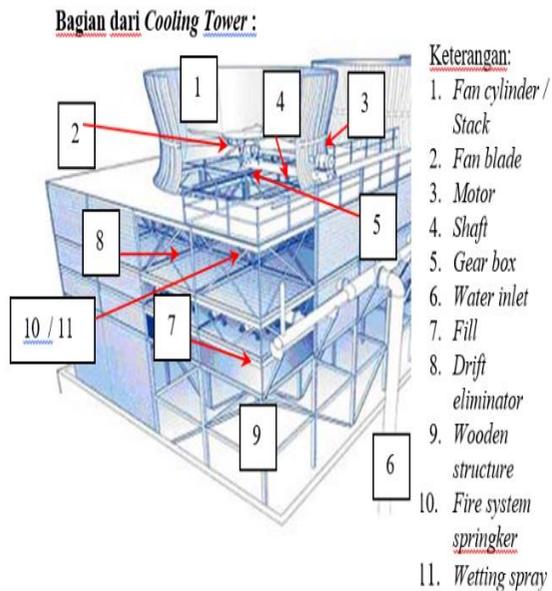
Keadaan fisik	Cair
Penampilan	Tidak berwarna
Bau	Tidak ada
pH (100%)	14
Berat jenis	1.3277 (200 °C)
<i>Solubilitas</i> dalam air	Lengkap
<i>Viskositas</i>	40cst (20 °C)
Titik beku	8 °C
Titik didih	148 °C
Titik nyala	tidak mudah terbakar

2.4 Cooling Tower

Cooling tower merupakan peralatan untuk membuang panas ke *atmosfir* guna mendapatkan temperatur air yang lebih dingin untuk disirkulasikan kembali ke *main cooling water system*.

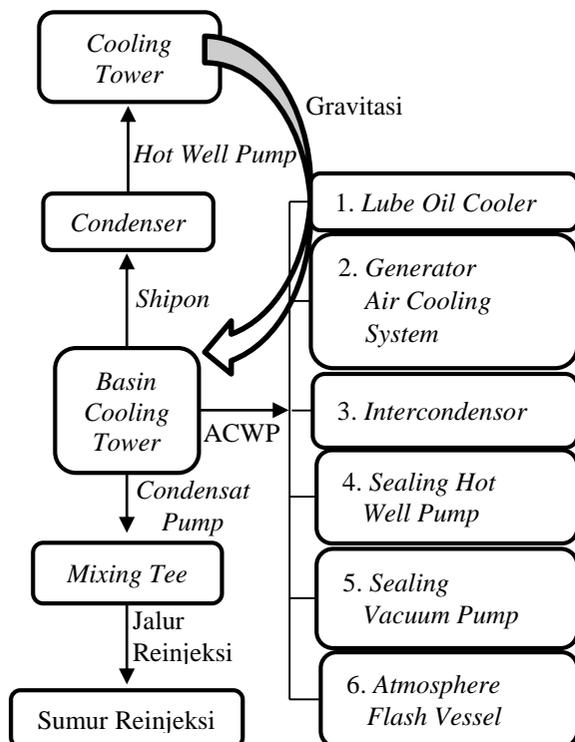
Pada dasarnya tipe cooling tower dibagi menjadi 2 yaitu:

1. *Natural* (tanpa *fan*)
Biasanya dipakai pada daerah *sub tropis*.
2. *Force Draff* (*fan, blower* dan lain-lain)
Menggunakan *mechanical equipment*.



Gambar 3. Skema Air Basin Cooling Tower PLTP (Sumber: Buku Pintar Operasi PLTP Lahendong Unit 5&6, 2018)

Basin cooling tower terletak pada bagian bawah cooling tower dan menampung air hasil kondensasi yang mengalir turun karena gravitasi setelah didinginkan pada cooling tower. Proses pendinginan pada cooling tower menggunakan fan yang beroperasi.



Gambar 4. Bagian Cooling Tower PLTP Unit 5&6 (Sumber: Buku Pintar Operasi PLTP Lahendong Unit 5&6, 2018)

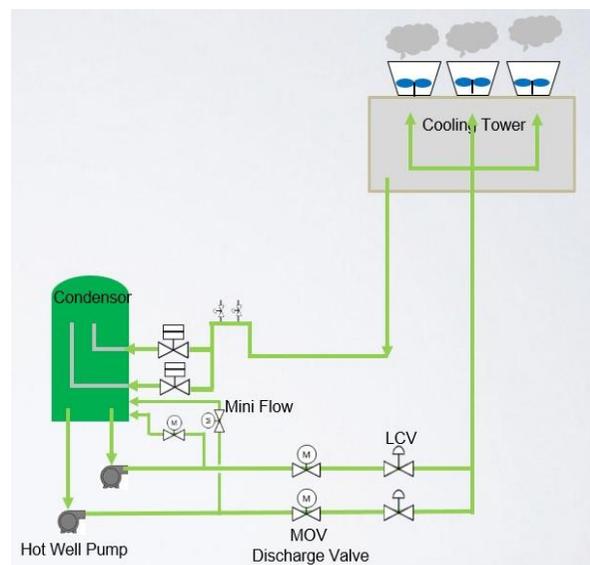
2.5 Main Cooling Water System

Main cooling water system adalah sistem dalam PLTP yang bertujuan untuk memproses sirkulasi air pendingin utama yang berasal dari condenser, kemudian didinginkan pada cooling tower untuk disirkulasikan kembali ke condenser. Adapun komponen utama yang berperan dalam hal ini:

1. Condenser
2. HWP (Hot Well Pumps)
3. Cooling tower
4. GRS (Gas Removal System)

Schematic sirkulasi air pendingin sebagai berikut:

- Condenser sebagai tempat terjadinya kondensasi
- HWP mengalirkan air panas dari dalam condenser menuju ke cooling tower
- Cooling tower tempat pendinginan air dari hasil kondensasi
- GRS menarik NCG (Non Condensable Gas) yang terkandung dalam steam



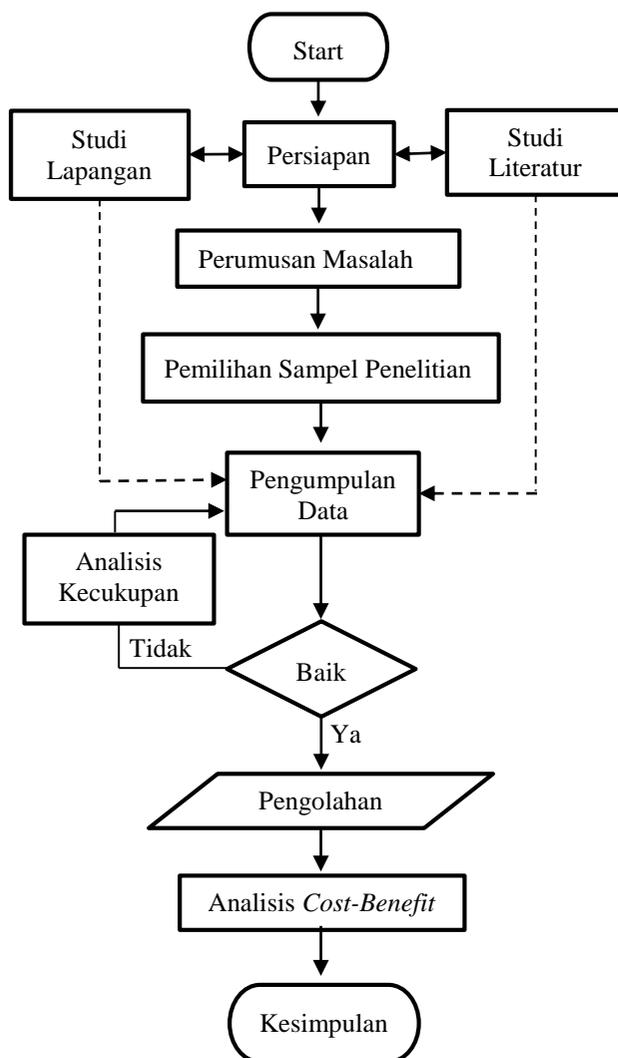
Gambar 5. Main Cooling System Diagram PLTP (Sumber: Buku Pintar Operasi PLTP Lahendong Unit 5&6, 2018)

Sisa steam yang digunakan untuk memutar turbin dikondensasikan dalam condenser melalui spray nozzle yang menyemburkan air hasil pendinginan yang berasal dari cooling tower dimana air yang telah terkondensasi dipompakan kembali ke cooling tower oleh HWP untuk didinginkan.

NCG dari *condenser* ditarik menuju *intercondenser* melalui *ejector* dimana uap yang dipakai untuk menarik NCG berasal dari *main steam*, kemudian di dalam *intercondenser* terjadi proses pendinginan uap yang berasal dari *ejector* menggunakan air pendingin yang disalurkan oleh ACWP melalui CW (*Cooling Water*) *inlet intercondenser*. Setelah didinginkan, air sisa hasil pendinginan di salurkan kembali ke *condenser* melalui *drain intercondenser* dan NCG dari *intercondenser* ditarik oleh *vacuum pump* kemudian dibuang ke *atmosfer* melalui jalur SWDS (*Seal Water Discharge Separator*) ke NCG *discharge SOV cooling tower*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah pada *basin cooling tower* PLTP Unit 5 dan 6 di area *geothermal* Lahendong. Penelitian untuk skripsi ini dilaksanakan setelah proposal disetujui yaitu terhitung dari tanggal 28 Februari 2019 selama 3 bulan.

3.3 Jenis Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu:

1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan pada saat kegiatan observasi dan penelitian, diantaranya:

- Mengenai konsumsi pemakaian NaOH dalam 1 tahun terakhir.
- Mengenai komponen peralatan sistem injeksi NaOH pada PLTP unit 5&6.
- Mengenai kerusakan peralatan terkait nilai pH.

2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan pada kegiatan survei lapangan. Dalam pengumpulan data sekunder digunakan metode dokumentasi, yakni menggunakan dokumen atau catatan yang terkait dengan penelitian. Data-data tersebut diperoleh dari; (1)Pekerja PGE (PLTP), (2)Mitra kerja PGE, (3)Manajemen PGE.Data sekunder yang diperoleh berupa data:

- Biaya pembelian bahan kimia NaOH.
- Biaya umum dan administrasi terkait injeksi NaOH..
- Data nilai pH tercapai dengan adanya injeksi NaOH.

3.4 Prosedur Penelitian

Proses penelitian dimulai dengan persiapan terkait penelitian. Proses selanjutnya adalah studi lapangan dan studi literatur mengenai energi panas bumi, PLTP, analisis *cost-benefit*, korosi dan *scale* kemudian pemilihan sampel penelitian. Data

diperoleh melalui observasi, wawancara dan dokumentasi. Setelah data dikumpulkan, selanjutnya data diolah untuk menentukan nilai kelayakan aktivitas operasional. Tahap selanjutnya adalah pembahasan dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

3.5 Pengolahan Data

Dalam analisis biaya-manfaat ada beberapa metode yang digunakan untuk mengetahui kelayakan dari suatu aktivitas atau proyek. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai *cost-benefit* injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5 dan 6 di area *geothermal* Lahendong. Pengolahan data penelitian ini menggunakan 2 metode analisis *cost-benefit*, yaitu:

1. *Benefit Cost Ratio (B / C)*

$$BCR = \frac{\sum B_t}{\sum C_t}$$

Dimana:

$BCR = \text{Benefit Cost Ratio}$

$\sum B_t = \text{Total Benefit (Manfaat Tahunan)}$

$\sum C_t = \text{Total Cost (Biaya Tahunan)}$

2. *Net Benefit Margin (B - C)*

$$NBM = \sum B_t - \sum C_t$$

Dimana:

$NBM = \text{Net Benefit Margin}$

$\sum B_t = \text{Total Benefit (Manfaat Tahunan)}$

$\sum C_t = \text{Total Cost (Biaya Tahunan)}$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Visualisasi Dampak Korosi dan Scale

a. Dampak Langsung

Dampak langsung korosi dan *scale* terhadap fasilitas PLTP bisa dilihat dari fasilitas yang tidak diinjeksi NaOH dan tidak ada monitor terhadap pH yaitu:

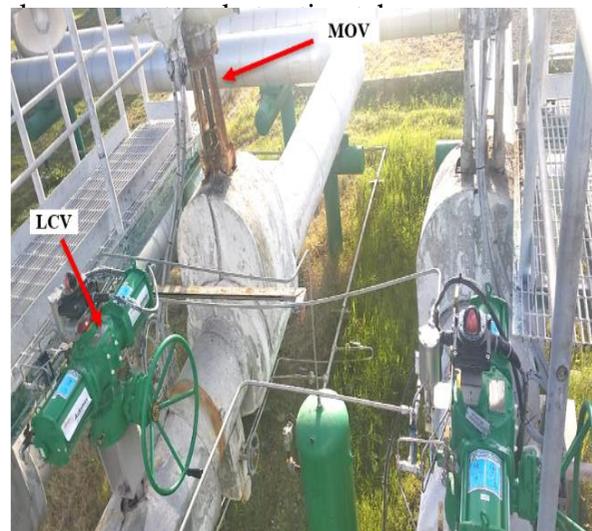
1. *EDV Separator (Emergency Dump Valve)* EDV akan bekerja jika *brine* pada *separator* mencapai *level high-high (HH)* (3200mm), maka *Level Control Valve (LCV)* akan membuka otomatis dan *brine* dialirkan menuju *Atmospheric Flash Tank (AFT)*. EDV yang digunakan PLTP unit 5&6 terbagi atas 2 macam, yaitu EDV pada *scrubber* dan EDV pada *separator*. Kedua EDV tersebut bertujuan untuk mengamankan *turbin* dari *carry over brine* yang berada pada *scrubbing line*. EDV PLTP unit 5&6 Lahendong terdiri atas dua *valve* utama yaitu:

▪ *Motorised Of Valve (MOV)*

MOV EDV *separator* pada PLTP Lahendong unit 5&6 ditemukan korosi pada komponen tersebut menyebabkan *chanel failure* atau MOV EDV tidak bisa dioperasikan dari DCS *control room* sehingga menambah biaya perbaikan secara berkala.

▪ *Level Control Valve (LCV)*

LCV EDV *separator* pada PLTP Lahendong unit 5&6 ditemukan *scale* sehingga perusahaan harus mengganti

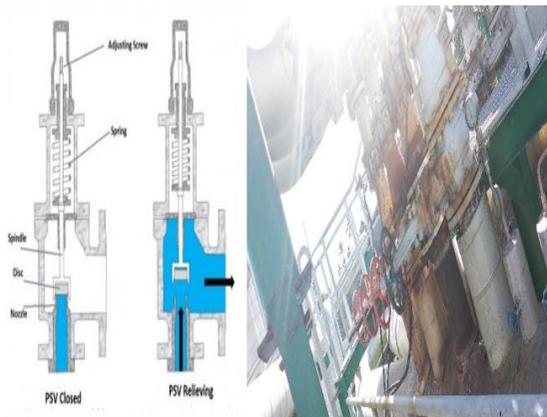


Gambar 7. *Emergency Dump Valve*

2. *PSV Separator (Pressure Safety Valve)*

PSV adalah sebuah *valve* yang bekerja ketika terjadi kelebihan tekanan. PSV biasa digunakan pada aplikasi pengolahan gas

dimana ketika tekanan *vessel* terjadi kelebihan tekanan maka *valve* ini akan aktif dan mengalirkan gas tersebut ke *atmosfer*. PSV pada dasarnya memiliki 5 bagian utama, yaitu: *adjusting screw*, *spring*, *spindle*, *disc* dan *nozzle*. Prinsip kerja PSV cukup sederhana dimana *spring* diatur untuk menahan *disc* yang duduk pada *seating surface*. Tekanan yang datang dari sistem bertekanan akan ditahan oleh *disc*, sedangkan *disc* mempunyai kemampuan untuk menahan tekanan dari sistem bertekanan tergantung dari pengaturan *spring* dan kekuatan *spring* ini diatur oleh *adjuster screw*. Jika tekanan yang datang dari sistem melebihi kemampuan *spring* maka *disc* akan membuka dan membuang tekanan berlebih tersebut. Jika tekanan berlebih tersebut sudah terbuang maka *disc* akan menutup kembali.



Gambar 8. Pressure Safety Valve

PSV *separator* PLTP Lahendong unit 5&6 mengalami korosi yang mengakibatkan kebocoran sehingga perusahaan harus mengganti PSV yang bocor setiap tahun.

b. Dampak Tidak Langsung

Berikut dampak tidak langsung setelah terjadi korosi dan *scale* dari PLTP:

1. Mati Lampu

Terjadi pemadaman listrik terhadap 80.000 keluarga di Sulawesi Utara (Kompas.com, 27 Desember 2016). Pemadaman listrik terjadi karena unit pembangkit listrik berhenti beroperasi. Hal ini disebabkan

terganggunya sistem pendingin utama pada PLTP, contoh:

- *Auxiliary Cooling Water Pump (ACWP) trip* atau mati dan tersumbat karena korosi maupun *scale* menyebabkan unit pembangkit berhenti beroperasi karena *supply* air pendingin berhenti.
- *Hot Well Pump (HWP) trip* dan tersumbat karena korosi maupun *scale* menyebabkan turun beban hingga unit pembangkit berhenti beroperasi.
- *Vacuum Pump trip* dan tersumbat karena korosi maupun *scale* menyebabkan *vacuum condenser* naik sehingga turun beban hingga unit pembangkit berhenti beroperasi.

2. Opportunity Loss

Opportunity loss adalah sebuah kondisi merugi yang berasal dari hilangnya kesempatan memperoleh keuntungan di masa depan, karena terabaikannya waktu atau momen tertentu. Berkaitan dengan PLTP Lahendong unit 5&6 berpotensi mengalami *opportunity loss* yang berdampak pada penurunan *revenue* perusahaan terhadap kontrak kerja yang sudah disepakati dengan PLN dalam hal ini jual beli listrik. *Opportunity loss* bisa terjadi karena terganggunya sistem pendingin pada PLTP sehingga me-nyebabkan pembangkit listrik *trip* atau berhenti beroperasi. Berikut merupakan data pendapatan PGE hasil penjualan listrik khusus dari PLTP unit 5&6 yang diambil dari laporan realisasi pembangkit hari sabtu, 11 Mei 2019 (24 jam):

Tabel 1. Realisasi Pembangkitan PLTP Unit 5&6 (Sabtu, 11 Mei 2019)

PLTP (24 JAM)	Rata-Rata (MW)	Rata-Rata Flow Uap (Ton)	Data MWh	Hasil kWh (Rp.)
UNIT 5	20,7	141,3	497.165	743.423.789
UNIT 6	19,6	133,1	471.094	704.440.422
Total	40,3	274,5	968.259	1.447.864.211

Sumber: Daily Report PLTP Unit 5&6

3. Pencemaran Lingkungan

Dampak tidak langsung dari air *basin cooling tower* yang bersifat asam karena nilai pH tidak tercapai adalah pencemaran pada lingkungan. Hal ini sebaliknya berlawanan dengan tujuan dikembangkannya energi terbarukan panas bumi di Indonesia yang bersifat *sustainable* dan ramah lingkungan.

4.2 Identifikasi Komponen Manfaat (*Benefit*)

a. Manfaat Langsung

Berikut diagram batang data rata-rata pemakaian harian NaOH PLTP Lahendong unit 5&6 tahun 2018.

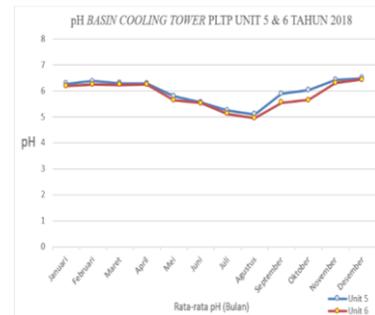


Gambar 9. Rata-Rata Pemakaian Harian NaOH Bulan Januari - Desember 2018
(Sumber: PT Pertamina Geothermal Energy AG Lahendong, Sulawesi Utara)

Pemakaian NaOH setiap hari tidak sama tergantung nilai pH (belum atau sudah tercapai 5,5 - 7) karena dipengaruhi beberapa faktor seperti: *level basin*, *setting* operasi, *shutdown* unit PLTP, naik dan turun beban pembangkitan.

Manfaat langsung berkaitan dengan apa yang menjadi tujuan dari suatu proyek atau program yang dijalankan. Manfaat yang langsung didapatkan dari kegiatan operasional injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 sebagai berikut:

1. Nilai pH tercapai sesuai standar HSSE dengan tingkat nilai keasaman pH *basin cooling tower* 5,5 – 7 (Bulan Juli dan Agustus 2018 injeksi terganggu karena pompa *dosing* NaOH rusak dan *shutdown unit*).



2. Memperpanjang umur fasilitas produksi PLTP Lahendong unit 5&6, terutama pada sistem pendingin PLTP. Hal ini terbukti tidak ada masalah pada sistem pendingin PLTP ketika pH operasi dijaga sesuai standar HSSE dengan nilai pH booster yaitu injeksi NaOH. Sebaliknya ketika standar pH tidak tercapai banyak ditemui masalah pada sistem pendingin PLTP seperti *vacuum condenser* naik, *vacuum pump trip*, temperatur *lube oil* dan *generator cooler high*, HWP *trip* mengakibatkan turun beban hingga unit harus *shutdown*.

b. Manfaat Tidak Langsung

Karena fasilitas produksi yang dilalui oleh air dari *basin cooling tower* tidak cepat rusak oleh korosi maupun *scale*, secara tidak langsung memberikan manfaat bagi perusahaan yaitu berkurangnya beban atau biaya tahunan untuk mengganti komponen fasilitas produksi PLTP. Dalam hal ini *lube oil cooler*, *generator air cooling system*, *condenser*, *intercondenser* dan beberapa komponen *cooling tower* kecuali *basin* tidak diperhitungkan karena memakai material anti korosi, kuat, tahan lama dan tidak berkarat yaitu *fibreglass reinforced plastic* (FRP).



Gambar 11. Generator Air Cooler PLTP Unit 5&6

Berikut merupakan rekapitulasi manfaat tidak langsung injeksi NaOH:

Tabel 2. Rekapitulasi Manfaat Tidak Langsung Injeksi NaOH Pada Basin Cooling Tower PLTP 2016-2018

Biaya	Jumlah	Nilai (Rp)
Hot Well Pump	4 unit	1.017.300.000
ACWP	2 unit	174.600.000
MCW Inlet CV Condenser	4 unit	102.200.000
MOV HWP	4 unit	128.800.000
LCV HWP	4 unit	104.800.000
Condensat Pump	2 unit	74.600.000
Basin Cooling Tower	2 unit	193.000.000
Vacuum Pump	2 unit	93.000.000
Min Flow MOV HWP	4 unit	118.000.000
Total		2.006.300.000

Sumber: Fungsi Finance PT. PGE Area Lahendong

4.3 Identifikasi Komponen Biaya (Cost)

a. Biaya Langsung (Direct Cost)

Berikut merupakan data pemakaian NaOH yang diinjeksi ke basin cooling tower PLTP unit 5&6 tahun 2018.

Tabel 3. Rekapitulasi Pemakaian Injeksi NaOH PLTP Unit 5&6 Tahun 2018

Bulan	Hari	(Liter)	Nilai (Rp)
Januari	31	1.792	30.290.605
Februari	28	1.707	28.844.900

Maret	31	2.049	34.625.824
April	30	2.185	36.933.260
Mei	31	2.087	35.277.587
Juni	30	1.885	31.859.875
Juli	31	1.788	30.216.414
Agustus	31	2.032	34.344.569
September	30	2.249	38.008.969
Oktober	31	2.635	44.523.895
November	30	2.719	45.957.184
Desember	31	2.233	37.730.969
Total	365	25.362	428.614.050

Sumber: Fungsi Operasi PLTP Unit 5&6

Biaya langsung merupakan biaya yang dapat diukur dan dialokasikan ke suatu pengeluaran atau kegiatan kerja tertentu. Berikut yang termasuk biaya langsung dalam injeksi NaOH pada basin cooling tower PLTP unit 5&6:

Tabel 4. Rekapitulasi Biaya Langsung Injeksi NaOH Pada Basin Cooling Tower PLTP 2016-2018

Biaya	Keterangan	Jumlah (Rp)
Pompa Dosing NaOH	4 unit	92.700.000
NaOH Dilution Tank	1 unit kapasitas 1000 Liter material FRP	102.700.000
NaOH Storage Tank	1 unit kapasitas 6.200 Liter material ASTM A240	206.250.000
SOV NaOH	1 unit	23.450.000
NaOH Konsentrasi 48%	25.362 Liter	428.614.050
Perawatan sistem injeksi NaOH	1 tahun	10.000.000
Man Power Operasi	1 tahun	403.200.000
Man Power Maintenance	1 tahun	216.000.000
Total		1.482.914.050

Sumber: Fungsi Finance PT. PGE Area Lahendong

**b. Biaya Tidak Langsung
(Indirect Cost)**

Berikut biaya tidak langsung dari injeksi NaOH pada *basin coling tower* PLTP unit 5&6:

Tabel 5. Rekapitulasi Biaya Tidak Langsung Injeksi NaOH Pada *Basin Cooling Tower* PLTP 2016-2018

Biaya	Keterangan	Jumlah (Rp)
Coating Basin	1 tahun	15.200.000
Chemical Dosing Building	1 unit	85.000.000
Biaya Pengiriman NaOH	1 tahun	20.230.000
Civil Construction NaOH Storage Tank	1 unit	65.000.000
Total		185.430.000

Sumber: Fungsi Finance PT. PGE Area Lahendong

4.4 Pembahasan Hasil Penelitian

Berikut merupakan tabel rekapitulasi total biaya dan total manfaat injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP.

Tabel 6. Rekapitulasi Total Biaya dan Total Manfaat Injeksi NaOH Pada *Basin Cooling Tower* PLTP 2016-2018

No.	Jenis Biaya	Nilai
1	Manfaat Langsung	-
	Manfaat Tidak Langsung	Rp. 2.006.300.000
Total Manfaat		Rp. 2.006.300.000
2	Biaya Langsung	Rp. 1.482.914.050
	Biaya Tidak Langsung	Rp. 185.430.000
Total Biaya		Rp. 1.668.344.050

1. Benefit Cost Ratio (BCR)

Analisis *benefit cost ratio* memperhitungkan perbandingan antara nilai manfaat dengan biaya.

$$BCR = \frac{\sum B_t}{\sum C_t}$$

$$BCR = \frac{Total\ Benefit\ (Manfaat\ Tahunan)}{Total\ Cost\ (Biaya\ Tahunan)}$$

$$BCR = \frac{2.006.300.000}{1.668.344.050}$$

$$BCR = 1,2025697$$

Nilai *benefit cost ratio* dari injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 adalah 1,2025697. Jika dilihat dari *benefit cost ratio* maka operasional injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 di area *geothermal* Lahendong dinyatakan layak karena memiliki nilai $BCR > 1$. Hal ini sesuai dengan aturan dalam penilaian kelayakan menggunakan BCR.

2. Net Benefit Margin (NBM)

Analisis *net benefit margin* memperhitungkan selisih atau *margin* antara nilai manfaat dengan biaya.

$$NBM = \sum B_t - \sum C_t$$

$$NBM = Total\ Benefit - Total\ Cost$$

$$NBM = 2.006.300.000 - 1.668.344.050$$

$$NBM = Rp. 337.955.950,-$$

Nilai *net benefit margin* dari injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 adalah Rp. 337.955.950,-. Jika dilihat dari *net benefit margin* maka operasional injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 di area *geothermal* Lahendong dinyatakan layak karena memiliki nilai $NBM > 0$. Hal ini sesuai dengan aturan dalam penilaian kelayakan menggunakan NBM.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5 dan 6 di area *geothermal* Lahendong mempunyai dampak berupa biaya rutin yang dikeluarkan perusahaan

untuk pembelian NaOH, karena injeksi dilakukan setiap hari untuk menjaga nilai pH *basin cooling tower* PLTP sesuai standar HSSE 5,5-7. Biaya tidak langsung yang didapatkan adalah pendirian bangunan tempat persediaan cadangan NaOH *coating basin*, dan biaya pengiriman.

2. Dari hasil analisis *cost-benefit* injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP Lahendong unit 5&6 telah memberikan manfaat dalam perhitungan 3 tahun umur investasi. Nilai kelayakan tersebut sebagai berikut:

- a. *Benefit Cost Ratio* (BCR) yang diperoleh adalah sebesar 1,2025697 atau > 1 sehingga injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 di area *geothermal* Lahendong dinyatakan layak menurut penilaian BCR.
- b. *Net Benefit Margin* (NBM) yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah sebesar Rp. 337.955.950,- atau > 0 sehingga injeksi NaOH pada *basin cooling tower* PLTP unit 5&6 di area *geothermal* Lahendong dinyatakan layak dilihat dari kriteria NBM.

DAFTAR PUSTAKA

- Ciptadi, S & S. Patangke. (2001). *Evaluasi Potensi Silica Scaling Pada Pipa Produksi Lapangan Panas Bumi Lahendong - Sulawesi Utara*. Inaga Annual Scientific Conference & Exhibitions, Yogyakarta.
- Dirgantara, Mazda, dkk. (2016). Pemeliharaan Cooling Tower dan Membandingkan Sisa Umur Bearing Gear Box Cooling Tower Unit 2 dan 3 PLTP Kamojang. *Jurnal, Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Jember*.
- Kinanthi, R. A., Sholiq, H. M. Astuti (2017). Analisis Kelayakan Investasi Sistem Informasi Pendistribusian Produk Menggunakan Metode Cost Benefit Analysis pada PT.Guna Atmaja Jaya, *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6, No. 2, 2017.
- Kodoatie, Robert J. (2005). *Analisis Ekonomi Teknik*. Andi. Yogyakarta.
- Labu, FT-PROVE. (2017). *Risalah Continuous Improvement Program*. PT Pertamina Geothermal Energy AG Lahendong. Tomohon.
- PT. Pertamina Geothermal Energy. 2019. Laporan Statistik.
- Produksi, Fungsi Operasi. (2018). *Buku Pintar Operasi PLTP Lahendong Unit 5&6*. Tomohon.
- Purnawaningsih, Murni R. (2012). Analisa Biaya Manfaat Sosial Keberadaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Gedebage Bagi Masyarakat Sekitar, *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, Vol. 23 No. 3, 2012: 225-240.
- Saptadji, Nenny. (2005). *Sekilas Tentang Panas Bumi*. FTTM, ITB. Bandung.
- Sentana, A. Hadinata, A. Taufik. (2005). Sistem Operasi dan Analisa Menara Pendingin (Cooling Tower) PLTP Kamojang. *Jurnal, Fakultas Teknik. Universitas Pasundan Bandung, Infomatek*, Vol. 7 No. 2, 2005.
- Suharyanti, Desi. (2018). Analisis Cost-Benefit Pengembangan Pantai Ngedan Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta, *Skripsi*, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sutrisno, Agung, dkk. (2016). Integrating SWOT Analysis Into The FMEA Methodology to Improve Corrective Action Decision Making, *International Journal of Productivity and Quality Management*, Scopus. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- UDIKLAT, PLN Corporate University. (2016). *Materi Pendidikan PLTP*. Suralaya.