

Kategori : Rekayasa teknologi dalam menghemat energi / penggunaan energi baru terbarukan

Judul : Peningkatan efisiensi penyerapan SO₂ di sistem FGD dengan injeksi NaOH untuk menaikkan pH air laut guna mengurangi penggunaan pompa Absorbent.

A. Latar Belakang Program

PLTU beroperasi untuk memproduksi energi listrik dengan bahan bakar batubara. Dalam prosesnya batubara dibakar didalam boiler untuk memanaskan air bertekanan tinggi menjadi uap yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin uap dan generator.

FGD merupakan bagian dari draft system yang berfungsi untuk menurunkan emisi SO₂ yang dihasilkan akibat pembakaran batu-bara hingga 95%. Emisi SO₂ diturunkan untuk memenuhi persyaratan dalam PPA (*Power Purchase Agreement*) sebesar maksimum 5,266 kg/hari atau setara 110 mg/m³. Hal ini dapat dicapai dengan menyemprotkan (*spray*) air laut ke gas buang menggunakan 4 buah pompa *Absorbent* sehingga emisi SO₂ didalam gas buang akan berkurang akibat reaksi kimia yang terjadi antara air laut dan gas buang. Kemudian air dari proses FGD akan di netralisasi di kolam *After Reaction Basin* sehingga aman untuk dialirkan ke laut.



Gambar 1. Sistem FGD di PLTU paition Unit 5 & 6 PT. Jawa Power

Terdapat 4 pompa absorbent yang digunakan pada sistem FGD, **tabel 1** menunjukkan spesifikasi dan penggunaan energi tahunannya.

Pada kondisi operasi normal, 2 atau 3 pompa akan dioperasikan untuk melarutkan kadar SO₂ dalam gas buang. Selain itu juga tergantung dari komposisi batu-bara yang digunakan, mengingat masing-masing jenis batubara memiliki kadar sulphur (S) yang berbeda. Pompa yang dioperasikan mengkonsumsi energi listrik yang besar, Pada tahun 2020, Unit 5 mengkonsumsi 7,627 MWh/tahun sedangkan Unit 6 mengkonsumsi 11,508 MWh/tahun.

Description	Size	Units	Period Hours	Load Factor	Service Hours	Duty Factor	MWh	
Absorbent Pump Unit 5	5a	1000	kW	8760	0.830	5	0.00	4.5
	5b	900	kW	8760	0.744	2482	0.28	1,662.8
	5c	900	kW	8760	0.744	2761	0.32	1,849.7
	5d	1000	kW	8760	0.830	4951	0.57	4,110.6
Absorbent Pump Unit 6	6a	1000	kW	8760	0.853	9	0.00	7.5
	6b	900	kW	8760	0.886	2466	0.28	1,966.4
	6c	900	kW	8760	0.819	5376	0.61	3,961.6
	6d	1000	kW	8760	0.853	6534	0.75	5,572.6

Tabel 1. Spesifikasi pompa absorbent

Melalui program ini, akan dilakukan penambahan bahan kimia NaOH pada outlet pompa absorbent sebagai pengganti NaOH alami di air laut. diharapkan penyerapan SO₂ tetap tinggi tetapi penggunaan air laut sebagai media pelarut SO₂ dapat dikurangi. Sehingga pompa absorbent yang beroperasi dapat dikurangi untuk menghemat penggunaan energi listrik

B. Tujuan Program

Tujuan pelaksanaan program ini adalah sebagai berikut:

1. Utamanya untuk mengurangi konsumsi energi listrik motor Absorbent sebesar 30% - 50%.
 - a. Pada penggunaan 3 pompa, maka 1 pompa dapat dimatikan sehingga menghemat 30% energi listrik.
 - b. Pada penggunaan 2 pompa, salah 1 pompa dapat dimatikan untuk menghemat 50% listrik. Disisi lain, diharapkan dapat mengurangi emisi CO₂ akibat pembakaran bahan bakar fosil.
2. Mempertahankan dan memperbaiki penyerapan emisi SO₂ dari gas buang agar emisi SO₂ semakin rendah.
3. Sebagai komitmen perusahaan untuk selalu berupaya beroperasi se-efisien mungkin serta mendukung upaya pemerintah dalam upaya penghematan energi.

C. Penerima Manfaat Program

C.1 Perusahaan

Manfaat yang diperoleh perusahaan adalah meningkatnya kehandalan sistem dan berkurangnya beban biaya energi. Pompa Absorbent mengkonsumsi banyak energi listrik hingga mencapai 19,000 MWh/tahun untuk 8 pompa di 2 unit PLTU. Sumber energi ini diambil dari keluaran / *output* generator yang digunakan pemakaian sendiri (*house load*) dengan prosentase sekitar 5% dari daya listrik *gross* yang diproduksi oleh generator. Sedangkan 95% lainnya di kirimkan ke jaringan listrik PLN.

Daya *house load* digunakan untuk operasional motor-motor berkapasitas besar seperti ID Fan, FD Fan, PA Fan, Mill, dan Absorbent pump. Apabila penggunaan energi *house load* dapat dikurangi, maka porsi energi listrik yang dikirim ke jaringan PLN menjadi lebih besar. Atau energi *gross* total yang diproduksi generator dapat dikurangi sehingga beban kerja generator menjadi berkurang.

C.2 Lingkungan

Pengendalian emisi tetap menjadi prioritas utama dari program ini. Efisiensi penyisihan gas SO₂ akan meningkat pesat karena program ini akan meningkatkan efisiensi reasi penyerapan SO₂ secara drastis sehingga beban pencemaran SO₂ yang dibuang ke lingkungan juga akan berkurang. Hal ini akan berdampak langsung pada lingkungan dan utamanya daerah-daerah disekitar pembangkit listrik.

Selain itu, air limbah FGD yang terbentuk akan berkurang drastis (menjadi setengah dari jumlah air limbah biasanya). Hal ini akan sangat mendukung kegiatan pemenuhan izin pembuangan air limbah yang baru yang membatasi debit air limbah FGD yang hanya setara dengan kapasitas 2 x pompa FGD yang terpasang di unit.

C.3 Konsumen/PLN

Meningkatnya kehandalan pembangkit dan terjaminnya pasokan listrik akan meningkatkan kehandalan jaringan Jawa Bali. Dengan hanya 1 pompa absorbent yang bekerja, maka hambatan aliran gas di FGD akan berkurang hingga 50%, sehingga beban ID FAN akan berkurang. Permintaan daya dari PLN akan bisa dipenuhi pembangkit sehingga menjamin amannya pasokan listrik dan kesetabilan frekuensi di jaringan PLN.

D. Permulaan Program dan Perencanaan Waktu

Program ini merupakan inovasi dari karyawan yang diperoleh melalui penjarangan / lomba inovasi efisiensi energi yang dilaksanakan tahun 2018 sebagai bagian dari kampanye energi tahunan oleh tim Manajemen Energi.

Program diimplementasikan pada tahun 2021 sebagai program Efisiensi Energi No 2.

PT. YTL JAWA TIMUR Energy Management System Energy Objectives and Targets		Year	2021	
		Revision No.	00	
		Date	26-February-2021	
Objectives: To reduce one or more of the following primary energy consumptions: 1. Coal 2. Electricity 3. Fuel oil				
Program No.	EnMS Policy Elements	Programs	Department / Section Responsible	EnM Team in Charge
01 / 2021	5.2.e	Optimization of Mill outlet temperature by controlling mill inlet temperature	Operations / DOC	Mukti Wahyudi
02 / 2021	5.2.e	Enhancing SO2 absorption in FGD Unit 5&6	CEQA / Chemist	Erry Nabil
03 / 2021	5.2.f	Replace Sentry Post light with LED	Commercial / OHC	Beni Effendi

Tabel 2. Daftar Program Manajemen Energi tahun 2021

Berikut adalah tabel perencanaan pelaksanaan program berikut dengan penanggung jawab, tenggat waktu (*dead line*), dan juga status dari masing-masing item aksi.

PMI-OPS-308
Attachment 1: Energy Management Action Plan (EnMAP) Form
Rev. 00

PT. YTL Jawa Timur Energy Management Action Plan Program No. 02 / 2021			
Objective : To reduce electricity consumption by reducing the number of absorber pump in service		Original Issue Date : 02-March-2021	
Target : To reduce electricity consumption by 50%		Revision Date :	
Energy Management Project / Program : Enhancing SO2 absorption in FGD Unit 5&6			
Project Planning			
Action Items	Person Responsible	Due Date	Required Resources / Comments
1. Assign team leader	Station Director	02-Mar-2021	For all EnMS programs 2021
2. Pick up data & determine energy consumption before implementing the program	Erry Nabil	Jul 21	Calculate from running hour of Absorbent pumps
3. Implementation of program (inject NaOH to suction of FGD absorber pump)	Erry Nabil	Jul - Aug 21	Install NaOH injection line and accessories
4. Pick up data & determine energy consumption after implementing the program	Erry Nabil	Sept 21	Calculate from running hour of Absorbent pumps
5. Compile and calculate the data to verify the energy saving	Erry Nabil	Oct 21	
Target Verification Plan			
Item	Information / Resource Requirements		
1. Collecting energy consumption data before the program commence	Record data running hour of Absorbent pump		
2. Collecting energy consumption data after implementation of program	Record data running hour of Absorbent pump		
3. Comparing energy consumption data before and after program to determine energy saving	Calculating annual saving and percent reduction of electricity consumption		
Actual Results / Comments :			

Tabel 3. Action Plan / Rencana kegiatan program

Program dimulai pada tanggal 2 Maret 2021 dengan menetapkan penanggung jawab program dan ditargetkan selesai pada 31 Oktober 2021.

E. Implementasi Program

No	Action Items	Responsible Person	Due Date	Completion	
				Status	Actual Date
02-2021 Enhancing SO2 absorption in FGD Unit 5&6					
1	Assign team leader	Station Director	2-Mar-2021	Done	2-Mar-2021
2	Pick up data & determine energy consumption before implementing the program	Erry Nabil	31-Jul-2021	Done	31-Jul-2021
3	Implementation of program (inject NaOH to suction of FGD absorber pump)	Erry Nabil	31-Aug-2021	In Progress	
4	Pick up data & determine energy consumption after implementing the program	Erry Nabil	30-Sep-2021		
5	Compile and calculate the data to verify the energy saving	Erry Nabil	31-Oct-2021		

Tabel 4. Monitoring status kegiatan program



Pemberitahuan Kegiatan Trail Injeksi NaOH ke FGD Unit 6 (Rabu / 2 & 9 Maret 2022)

Abu Bakar to: Wahyu Hikmawan, Arief Wibisono...

Cc: Environment

03/01/2022 08:41 AM

[Show Details](#)

Dear Bapak-bapak,

Dalam rangka pelaksanaan Program EnMS No. 02/2022 dengan tema: Peningkatan Absorbansi Gas SO₂ di FGD dengan penambahan NaOH untuk mengurangi kebutuhan pompa dalam sistim FGD, maka kami (Tim QA, C&E) akan melakukan trial kegiatan tersebut di Unit 6 dengan detail sebagai berikut

Trial 1
 Kegiatan : Trial Injeksi NaOH ke Absorbent Pump FGD Unit 6 untuk meningkatkan Absorbansi Gas SO₂
 Detail keg. : Sampling air laut Inlet & Outlet FGD, analisis komponen kimia air laut, record data operasional boiler & data CEMS selama kegiatan
 Lokasi : Absorbent Pump House **Unit 6**
 Hari/Tgl : **Rabu / 2 Maret 2022**
 Jam : 07:00 s/d 17:00 (atau sampai selesai)
 Requirements:
 - Simulasi pompa Absorbent yang running karena line pressure switch pompa tersebut akan digunakan sebagai jalur sampling

Trial 2
 Kegiatan : Trial Injeksi NaOH ke Absorbent Pump FGD Unit 6 untuk meningkatkan Absorbansi Gas SO₂
 Detail keg. : Sampling air laut Inlet & Outlet FGD, analisis komponen kimia air laut, record data operasional boiler & data CEMS selama kegiatan
 Lokasi : Absorbent Pump House **Unit 6**
 Hari/Tgl : **Rabu / 9 Maret 2022**
 Jam : 07:00 s/d 17:00 (atau sampai selesai)
 Requirements:
 - Simulasi pompa Absorbent yang running karena line pressure switch pompa tersebut akan digunakan sebagai jalur sampling
 - Jika memungkinkan komposisi batubara dijaga konstant pada waktu tersebut di atas
 - Jika memungkinkan load dijaga konstant di full load

Atas bantuan dan kerjasamanya dalam melancarkan program ini kami ucapkan banyak terima kasih.

Salam,
 Abu Bakar



Let's start living our lives in a more environmentally friendly way

Gambar 2. Perencanaan implementasi injeksi NaOH pada FGD Unit 6

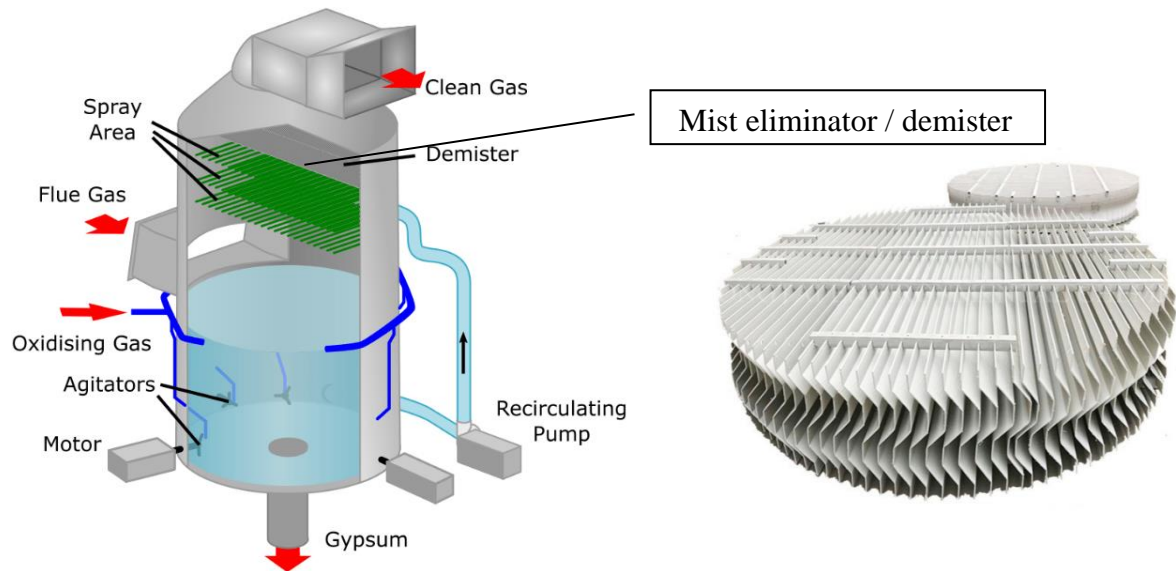
Berdasarkan tabel rencana kerja, pelaksanaan program sampai pada tahap nomor 3 yakni implementasi program dengan melakukan percobaan injeksi NaOH pada *discharge / outlet* pompa *absorbent*. Tahap ini dilaksanakan pada tanggal 2 dan 9 Maret 2022. Mundurnya jadwal pelaksanaan dikarenakan adanya pandemic covid-19 dan kesibukan tim melaksanakan outage/perbaikan besar pada 2021 sehingga mundur hingga 2022.

Tangki berisi NaOH sementara (*temporarily*) akan dihubungkan ke pipa keluaran masing-masing pompa absorbent melalui selang. Tangki ini yang akan memasok NaOH sekitar 3kg/jam sebagai salah satu komponen kimia dalam proses penangkapan emisi SO₂.



Gambar 3. Foto-foto implementasi injeksi NaOH pada FGD Unit 6

Hambatan yang sempat menjadi perdebatan adalah adanya kekhawatiran akan buntunya *mist eliminator* pada FGD. *Mist eliminator* merupakan bagian dari FGD yang terletak di bagian atas spray air laut yang berfungsi untuk mengeliminasi sisa-sisa air laut (*droplet/particulate*) yang terbawa bersama gas buang saat dilakukan penyemprotan sehingga tidak akan terbawa sampai ke GGH / stack.



Gambar 4. Penampang Mist eliminator

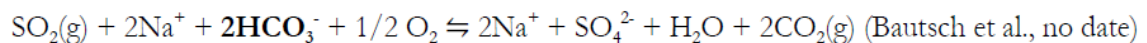
Mengurangi jumlah pompa absorbent yang beroperasi dikhawatirkan dapat mengakibatkan sebagian partikel debu tidak terbang sehingga akan menempel di *mist eliminator*. Jika terjadi penumpukan debu maka dikhawatirkan akan terjadi hambatan aliran gas buang dan membebani kerja ID Fan. Sedangkan kerja ID Fan mencapai > 80% saat PLTU beroperasi pada beban penuh 610 MW. Sehingga dikhawatirkan Fan dapat *trip*/mati karena *overload* dan PLTU akan berhenti beroperasi.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini, indikator DP (*differential pressure*) *mist eliminator* akan dipantau pada percobaan yang dilakukan pada tanggal 2 dan 9 Maret 2022. Apabila ditemukan indikasi kenaikan nilai DP *mist eliminator*, maka dapat dipastikan terjadi hambatan aliran gas buang / ada akumulasi *particulate* disana. Jika hal ini terjadi maka program tidak dapat diteruskan mengingat bahayanya pada keandalan dan *availability* unit PLTU. Pemantauan DP *mist eliminator* harus terus dilakukan apabila program ini dilanjutkan.

F. Hasil dan Dampak Implementasi Program

F.1 Prinsip kerja program

Salah satu komponen reaksi penyerapan gas SO₂ di sistem FGD adalah kadar HCO₃⁻ di dalam air laut yang disemprotkan ke gas buang dalam sistem FGD, seperti ditunjukkan pada reaksi di bawah ini:

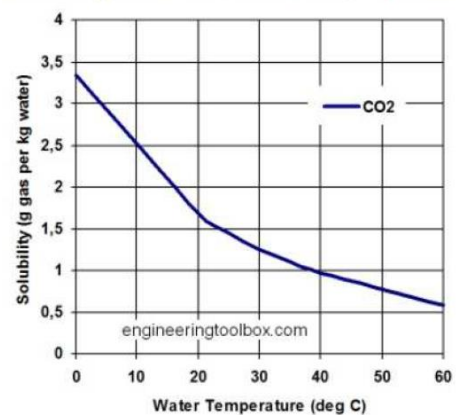


Komponen HCO_3^- ini berasal dari gas CO_2 yang terlarut di air laut. Besarnya kelarutan CO_2 di dalam air laut untuk menjadi ion HCO_3^- dipengaruhi beberapa hal:

- Temperatur air laut di dalam sistim FGD
- Tekanan di dalam sistim FGD
- Ketersediaan gas CO_2 atau partial pressure gas CO_2 di dalam sistim FGD
- pH air laut (akan menentukan porsi)

Temperatur gas buang sudah cukup rendah karena pembangkit memiliki penukar panas GGH (Gas Gas Heater) yang berfungsi menurunkan temperatur gas buang sebelum memasuki sistem FGD, sehingga temperatur gas buang turub di kisaran $40\text{ }^\circ\text{C}$. Di dalam sistim tertutup FGD, air laut diasumsikan mengalami kesetimbangan temperature dengan gas buang dengan suhu di kisaran $40\text{ }^\circ\text{C}$. Pada suhu $40\text{ }^\circ\text{C}$ ini gas CO_2 memiliki kelarutan sampai dengan 1000 ppm di dalam air seperti di tunjukkan pada gambar grafik disamping.

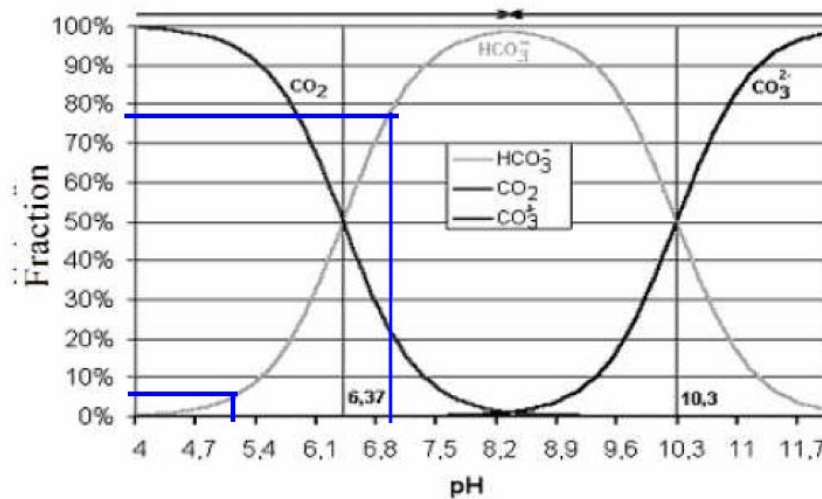
Solubility of Carbon Dioxide - CO_2 - in Water



Gambar 5. Grafik kelarutan gas CO_2 dalam air terhadap suhu (Chemistry, 2015).

Ketersediaan gas CO_2 yang terkandung dalam gas buang juga sudah sangat melimpah sebagai hasil pembakaran batubara yang umumnya memiliki rentang konsentrasi CO_2 di kisaran 13 - 15% volume. Dengan penjelasan tersebut maka dapat disaumsikan bahwa kadar gas CO_2 yang telarut di dalam air laut di sistim FGD sudah sangat melimpah (diasumsikan mencapai 1000 ppm).

Sekarang yang perlu diperhatikan adalah seberapa besar gas CO_2 yang terlarut tersebut yang membentuk ion HCO_3^- , karena ion inilah yang berperan dalam reaksi absorpsi gas SO_2 seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi di atas. Dalam suatu larutan, gas CO_2 akan mengalami kesetimbangan untuk membentuk ion carbonat dan bicarbonat, dimana komposisi dari ion-ion ini dipengaruhi pH larutan seperti ditunjukkan pada grafik berikut ini:



Gambar 6. Grafik Ekuilibrium ion karbonat dan bicarbonat di dalam air laut (Lafuente & Edwardson, no date).

Pada tahap awal penyerapan gas SO₂ yang bersifat asam di dalam air laut, pH air laut akan turun drastis dari pH ±8 menjadi di kisaran 5. Dengan pH 5, maka porsi gas CO₂ yang terlarut lebih dominan berbentuk H₂CO₃. **Dengan menaikkan pH dari 5 menjadi 7 dengan menambahkan NaOH ke dalam air laut umpan sebanyak 3 Kg per jam (dengan asumsi 1 pompa FGD running), maka jumlah gas CO₂ yang berubah menjadi HCO₃⁻ akan meningkat sebesar ±70% (lihat grafik di atas).**

Dengan mengasumsikan konsentrasi gas CO₂ yang terlarut di dalam air laut di dalam sistim FGD adalah 1000 ppm (seperti dijelaskan sebelumnya), maka kenaikan 70% porsi HCO₃⁻ yang terbentuk di dalam air laut setara dengan kenaikan konsentrasi sebesar 700 ppm atau 5,3 ton/jam. Kenaikan suplai ion HCO₃⁻ tersebut sudah melebihi jumlah HCO₃⁻ yang disuplai dari 1 pompa FGD (1.5 ton HCO₃⁻ per jam dengan asumsi air laut memiliki pH 5).

Dengan begitu kita cukup menjalankan 1 pompa FGD sehingga menghemat penggunaan listrik untuk menjalankan pompa FGD. Selain itu kapasitas penangkapan gas SO₂ juga akan meningkat pesat karena ketersediaan ion HCO₃⁻ yang melimpah.

F.2 Potensi penghematan energi (Perhitungan)

NaOH yang dibutuhkan = 3 kg/jam (NaOH murni)
= 6,3 kg/jam (NaOH bulk - 48%)

Harga NaOH bulk = Rp 5.850 / kg

Penambahan biaya = Rp 5.850 / kg x 6,3 kg
= Rp 36.678 / jam
= Rp 880.262 / hari

Daya motor pompa FGD 1000 kW (spec motor) dan dioperasikan pada beban 85%

Konsumsi listrik 1 pompa = $1000 \times 24 \times 0.85 = 20,400$ kWh / hari

Biaya listrik untuk 1 pompa = $20,400$ kWh x Rp. 501/kWh
= Rp. 10,220,400 / hari

(asumsi harga listrik plant Rp. 501/kWh)

Penghematan = Rp. 10,220,400 / hari - Rp 880.662 / hari
= Rp 9,339,738 / hari

Potensi Penghematan tahunan

= Penghematan harian x 365 hari x Availability Factor unit
= Rp 9,339,738 / hari x 365 x 0.83
= Rp. 2,829,473,627.1 / tahun (Dua koma delapan milyar pertahun)

F.3 Nilai Tambah (added value)

Dengan program ini, maka air limbah FGD yang terbentuk akan berkurang drastis (menjadi setengah dari jumlah air limbah biasanya). Hal ini akan sangat mendukung kegiatan pemenuhan izin pembuangan air limbah yang baru yang membatasi debit air limbah FGD yang hanya setara dengan kapasitas 2 x pompa FGD yang terpasang di unit.

Selain itu dengan hanya menjalankan 1 pompa FGD, hal tersebut akan mengurangi hambatan aliran gas buang di sitim FGD sebelum keluar melalui stack.

Efisiensi penyisihan gas SO₂ juga akan meningkat pesat karena program ini akan meningkatkan efisiensi reaksi penyerapan SO₂ secara drastis sehingga beban pencemaran SO₂ yang dibuang ke lingkungan juga akan berkurang.

G. EVALUASI

G.1 Evaluasi pelaksanaan Program

Evaluasi pelaksanaan program dilakukan rutin setiap 3 bulan sekali melalui pertemuan tim manajemen energi. Dalam setiap pertemuan, masing-masing penanggung jawab program akan memaparkan pelaksanaan program, meliputi progres, hambatan, dan sebagainya.



Gambar 7. Foto Rapat Tim Manajemen Energi

No	Action Items	Responsible Person	Due Date	Completion		Value	Item's Score	Actual Score	% Progres
				Status	Actual Date				
02-2021 Enhancing SO2 absorption in FGD Unit 5&6							11	5.1	46%
1	Assign team leader	Station Director	2-Mar-2021	Done	2-Mar-2021	100%	1	1	
2	Pick up data & determine energy consumption before implementing the program	Erry Nabil	31-Jul-2021	Done	31-Jul-2021	100%	2	2	
3	Implementation of program (inject NaOH to suction of FGD absorber pump)	Erry Nabil	31-Aug-2021	In Progress		70%	3	2.1	
4	Pick up data & determine energy consumption after implementing the program	Erry Nabil	30-Sep-2021				2	0	
5	Compile and calculate the data to verify the	Erry Nabil	31-Oct-2021				3	0	

Tabel 5. monitoring progres pelaksanaan program Energi

Evaluasi dilakukan berdasarkan target waktu penyelesaian setiap tahap. Apabila ditemukan pelaksanaan yang melebihi dari target waktu penyelesaian, maka akan dicari letak penyebab mundurnya dari jadwal dan akan dilakukan koreksi agar masalah tersebut segera teratasi.

G.2 Evaluasi Penghematan Energi

Evaluasi penghematan energi dilakukan setelah program selesai di implementasikan dan sudah berjalan, sehingga nilai penghematan aktual dapat dihitung. Evaluasi dilakukan setiap 6 bulan sekali bersamaan program lainnya. Beberapa parameter data akan diambil dan dikalkulasi untuk dibandingkan dengan baseline awal perhitungannya.