

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

4.1.1 Gambaran Umum PLTU 1 x 315 MW

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 1 x 315 MW yang berlokasi di Pulau Jawa merupakan bagian dari Proyek Percepatan Pembangunan Pembangkit 10.000 MW yang dibangun berdasarkan pada Perpres No. 71 tahun 2006. PLTU ini memiliki 1 unit pembangkit dengan kapasitas unit sebesar 315 megawatt. Daya listrik yang dihasilkan kemudian akan disalurkan melalui jaringan transmisi 150 kV (SUTT) ke Gardu Induk. Proyek Pembangunan PLTU ini bertujuan untuk memperbesar pasokan tenaga listrik di area Jakarta dan sekitarnya pada sistem kelistrikan Jawa-Bali.

PLTU ini beroperasi sejak Desember 2011. Untuk menghasilkan listrik selama operasinya, tentu saja bahan bakar batubara digunakan. Oleh karena itu, penggunaan bahan bakar batubara meningkat setiap tahunnya. Akibatnya, teknologi *co-firing* digunakan untuk mengurangi penggunaan batubara. Penelitian ini akan memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana *co-firing* berfungsi untuk mengurangi penggunaan batubara, dan akan memberikan informasi penting bagi pengambilan keputusan dalam merencanakan dan mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan.

4.1.2 Logo

Logo adalah elemen penting dari identitas perusahaan yang dirancang untuk mewakili perusahaan sehingga publik atau konsumen dapat mengenal dan mengingat perusahaan. Logo PT Indonesia Power PLTU 1 x 315 MW dapat dilihat pada **Gambar 10** di bawah ini.

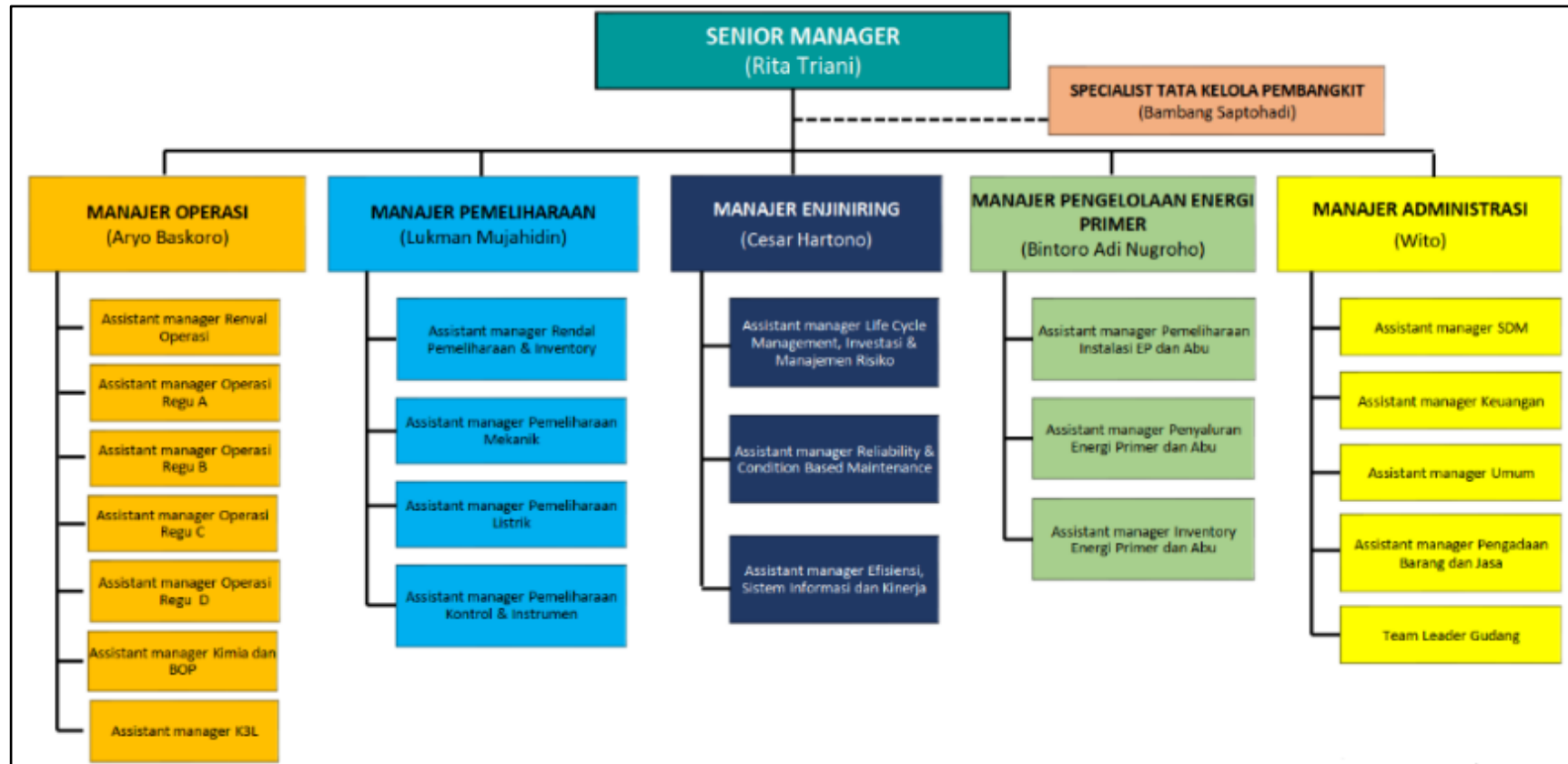


(Sumber: PLTU 1 x 315 MW)

Gambar 11. Logo PLTU 1 x 315 MW

4.1.3 Struktur Organisasi

Berikut merupakan struktur organisasi pada PLTU 1 x 315 MW:



(Sumber: PLTU 1 x 315 MW)

Gambar 12. Struktur Organisasi PLTU 1 x 315 MW

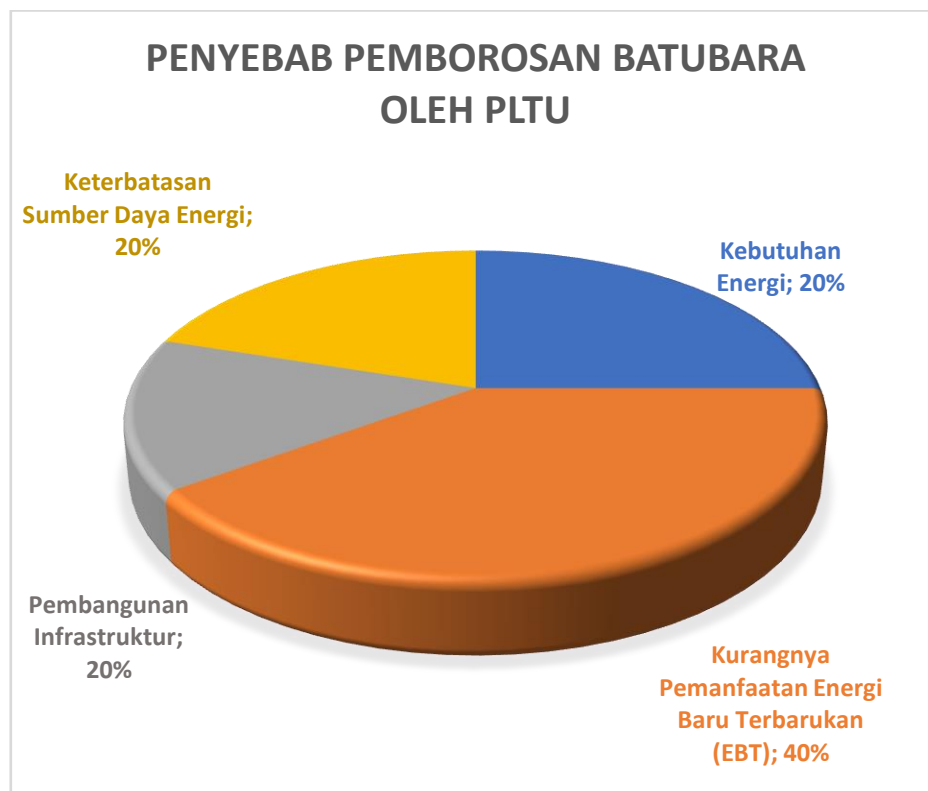
4.2 Pembahasan

Pelajaran ini membahas bagaimana metode *Quality Control Circle* (QCC) diterapkan bersama dengan pendekatan *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), yang merupakan singkatan dari *Plan-Do-Check-Act*. PDCA adalah siklus manajemen yang digunakan untuk menerapkan perbaikan terus-menerus dalam proses atau sistem.

4.2.1 Tahap *Plan*

Pada tahap ini dilakukan beberapa tahapan lagi antara lain:

1. Menetapkan tema/persoalan/permasalahan



(Sumber: PLTU 1 x 315 MW dan Pengolahan Pribadi, 2023)

Gambar 13. Penyebab Kenaikan Penggunaan Batubara

Dibawah ini merupakan perhitungan persentase pengaruh permasalahan yang dilakukan dengan wawancara langsung antara peneliti dengan para karyawan yang ada pada pertemuan di PLTU 1 x 315 MW. Berikut perhitungannya:

N = Jumlah Total Narasumber = 5 Narasumber

I = Jumlah Pendapat

Diketahui pengaruh permasalahan :

- Kurangnya pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) = 2 Pendapat
- Kebutuhan energi = 1 Pendapat
- Keterbatasan sumber daya energi = 1 Pendapat
- pembangunan infrastruktur = 1 Pendapat

Jadi, dapat dihitung persentasenya:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Kurangnya pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT)} &= I/N \times 100\% \\
 &= 2/5 \times 100\% \\
 &= 0,2 \times 100\% \\
 &= 40\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Kebutuhan energi} &= I/N \times 100\% \\
 &= 1/5 \times 100\% \\
 &= 0,2 \times 100\% \\
 &= 20\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Keterbatasan sumber daya energi} &= I/N \times 100\% \\
 &= 1/5 \times 100\% \\
 &= 0,2 \times 100\% \\
 &= 20\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pembangunan infrastruktur} &= I/N \times 100\% \\
 &= 1/5 \times 100\% \\
 &= 0,2 \times 100\% \\
 &= 20\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan empat akar masalah yang ditunjukkan pada **Gambar 5**, dianalisis untuk menentukan prioritas akar masalah dengan mengumpulkan data pendukung terkait akar masalah. Urutan persentase dari yang tertinggi hingga yang terendah dapat dilihat pada **Tabel 8** di bawah ini:

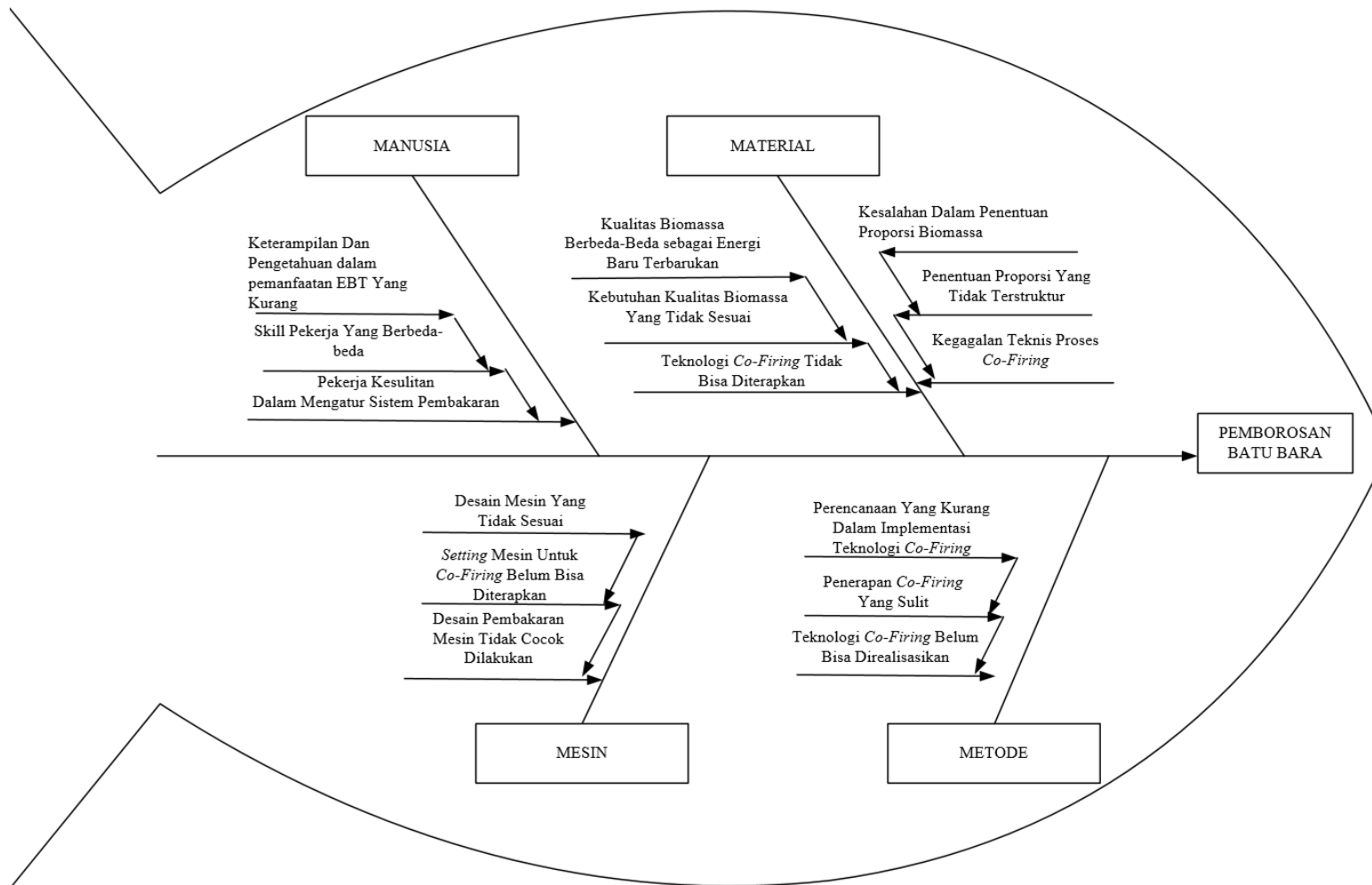
Tabel 8. Penyebab Kenaikan Penggunaan Batubara oleh PLTU

Jenis Permasalahan	Persentase Pengaruh Permasalahan %	Ranking Prioritas
Kurangnya Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT)	40	1
Kebutuhan Energi	25	2
Keterbatasan Sumber Daya Energi	20	3
Pembangunan Infrastruktur	15	4
Total	100	

Tabel di atas menunjukkan bahwa masalah pemborosan batubara pada PLTU adalah kurangnya pemanfaatan EBT (Energi Baru Terbarukan). Oleh karena itu, masalah utama yang akan dibahas adalah kurangnya pemanfaatan EBT.

2. Analisa Sebab Akibat

Pada tahapan Analisa Sebab Akibat penulis menggunakan salah satu *tools* dari *seven tools* yaitu diagram sebab akibat atau biasa disebut diagram ikan (*Fishbone diagram*). Peneliti menggunakan aplikasi Visio dalam membuat diagram ikan (*Fish bone diagram*). Variable yang ada pada diagram ikan (*Fishbone diagram*) diperoleh dari hasil observasi langsung sehingga peneliti dapat mengetahui sebab akibat masalah yang terjadi di PLTU 1 x 315 MW.



(Sumber: Pengolahan Pribadi, 2023)

Gambar 14. Diagram *Fishbone*

3. Stratifikasi Penyebab Masalah

Dalam stratifikasi penyebab masalah ini, proses pengelompokan dan analisis data dilakukan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi pemborosan batubara. Tujuan stratifikasi adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemborosan batubara sehingga peneliti dapat berkonsentrasi pada faktor-faktor yang paling penting. Dimana penyebab yang paling signifikan yaitu kurangnya pemanfaatan EBT, dalam PLTU kurangnya pemanfaatan EBT yaitu tidak menggunakan bahan bakar selain batubara atau tidak melakukan *co-firing*. Berikut stratifikasi penyebab masalah yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Stratifikasi Penyebab Masalah

Varibel Penyebab	Penyebab
Manusia	Keterampilan dan pengetahuan yang kurang
Material	Kualitas biomassa berbeda-beda
	Kesalahan dalam penentuan proporsi biomassa
Metode	Perencanaan yang kurang dalam implementasi teknologi <i>co-firing</i>
Mesin	Desain mesin yang tidak sesuai

Untuk uraian hasil wawancara terkait stratifikasi penyebab masalah dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran.

4. Menentukan penyebab dominan

Langkah penting dalam proses *Quality Control Circle* (QCC) adalah menentukan penyebab dominan setelah menentukan dan menganalisis berbagai komponen yang dapat menyebabkan masalah. Berikut adalah tabel penyebab dominan yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 10. Penyebab Dominan

No	Penyebab	Nama Anggota					Total	Rangking
		Lucky	Firdaus	Rosmeika	Utari	Arief		
1	Keterampilan dan pengetahuan dalam pemanfaatan EBT yang kurang	2	2	1	1	3	9	5
2	Kualitas biomassa berbeda-beda sebagai Energi Baru Terbarukan	4	4	4	4	3	19	2
3	Kesalahan dalam penentuan proporsi biomassa	5	5	5	5	5	25	1
²	Perencanaan yang kurang dalam implementasi teknologi <i>co-firing</i>	3	2	2	3	2	12	3
5	Desain mesin yang tidak sesuai	3	2	2	1	2	10	4

(Sumber: Pengolahan Pribadi)

Untuk rumus pemberian skor pada tabel penyebab dominan dalam penelitian ini dapat dilihat pada lampiran. Penilaian berdasarkan jumlah masalah (N) dengan nilai 5 paling tertinggi dan nilai 1 terendah. Berikut ini merupakan perhitungan NGT (*Nominal Group Technique*).

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan NGT (Nominal Group Technique)} &= \frac{1}{2} \times N + 1 \\
 &= \frac{1}{2} \times 25 + 1 \\
 &= 13,5
 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Ada 2 Penyebab yang nilainya di atas dari perhitungan NGT yaitu:

1. Kesalahan Dalam Penentuan Proporsi Biomassa
2. Kualitas Biomassa Berbeda-Beda

4.2.2 Tahap *Do*

Pada tahap ini penulis memberikan rekomendasi perbaikan. Rekomendasi perbaikan diberikan berdasarkan permasalahan yang ada dan sudah diketahui penyebabnya. Penulis menggunakan salah satu *tools* dari *seven tools* yaitu 5W+1H. Berikut merupakan pelaksanaan perbaikan menggunakan 5W+1H:

Tabel 11. Pelaksanaan Perbaikan Menggunakan 5W+1H

NO	PENYEBAB	WHY	WHAT	WHERE	WHEN	WHO	HOW
1.	Kesalahan dalam penentuan proporsi biomassa	Untuk memastikan pasokan sawdust yang konsisten dan berkualitas untuk PLTU, serta meningkatkan keterampilan operator dalam mengelola biomassa sesuai SOP, sehingga efisiensi dan kinerja PLTU dapat meningkat secara keseluruhan. Ini akan membantu delving lebih dalam ke dalam pengoptimalan sumber daya energi terbarukan.	Menjalin kontrak kerjasama dengan pemasok yang dapat menyediakan sawdust sesuai dengan kebutuhan. Mengadakan program pelatihan bagi operator tentang proporsi biomassa dengan kualitas tertentu sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP) yang tepat	Ruang pembakaran	Waktu yang tepat untuk melakukan perbaikan dalam PLTU terkait kontrak pemasok sawdust dan pelatihan operator adalah sebelum musim operasional puncak, setelah evaluasi kinerja, saat perawatan terjadwal, dan segera setelah menjalin kontrak dengan pemasok baru. Dengan perencanaan yang matang, perbaikan ini dapat memastikan pasokan biomassa yang konsisten dan berkualitas, serta meningkatkan keterampilan operator dalam mengelola sumber daya, sehingga efisiensi dan kinerja PLTU dapat terjaga dengan baik.	Para Karyawan PLTU	Langkah perbaikan meliputi identifikasi kebutuhan sawdust, riset dan negosiasi dengan pemasok untuk kontrak yang tepat, serta penyusunan dan pelaksanaan program pelatihan bagi operator tentang proporsi biomassa sesuai SOP. Setelah pelatihan, lakukan evaluasi dan pemantauan berkala untuk memastikan efektivitas dan penyesuaian yang diperlukan.

2.	Kualitas biomassa berbeda-beda	Pencampuran untuk memastikan efisiensi pembakaran, mengurangi emisi, dan memaksimalkan output energi. Dengan memperhatikan parameter seperti kandungan kelembaban, ukuran partikel, dan kandungan abu, proses ini bertujuan untuk meningkatkan performa keseluruhan PLTU serta menjaga keberlanjutan operasional dan kepatuhan terhadap standar lingkungan.	Pencampuran bahan bakar harus sesuai prosedur dan kualitas yang ditetapkan serta parameter seperti kandungan kelembaban, ukuran partikel, dan kandungan abu sesuai dengan kebutuhan	Ruang pembakaran	Waktu yang tepat untuk melakukan perbaikan pencampuran bahan bakar adalah sebelum musim operasional puncak, setelah evaluasi kinerja, saat ada pengadaan bahan bakar baru, dan saat perawatan terjadwal. Dengan langkah-langkah ini, proses pencampuran dapat dioptimalkan untuk memastikan efisiensi pembakaran dan kualitas yang sesuai.	Pemasok sawdust dan karyawan PLTU	Melakukan penambahan pemasok dan seleksi yang ketat untuk mendapatkan sawdust yang sesuai dengan kebutuhan PLTU. Dan dilakukan percobaan dengan proporsi biomassa ² .441,163 kcal/kg 3%, batubara 4200 kcal/kg 97%.
----	--------------------------------	---	---	------------------	--	-----------------------------------	--

4.2.3 Tahap *Check*

Pada tahap ini, penulis memeriksa atau menyelidiki hasil yang dicapai pada tahap *Do* sebelumnya. Dengan menggunakan perhitungan dan analisis perbaikan di atas, mereka dapat mengetahui cara melakukan perbaikan dan mendapatkan hasil yang diharapkan untuk pengurangan batubara. Dalam sistem pembakaran *co-firing* saat ini, tingkat penggantian bahan bakar alternatif berkisar antara tiga hingga sepuluh persen biomassa. Semakin banyak campuran bahan bakar alternatif yang digunakan, semakin sedikit gas rumah kaca yang dihasilkan (Cahyo, 2021).

1. Penerapan *Co-firing* dengan Proporsi Biomassa 3% dan Batubara 97%

Untuk menghitung proporsi biomassa dan batubara, yaitu dengan mengetahui jumlah kalori dari masing-masing bahan bakar, kami telah menemukan bahwa kalori yang terkandung dalam masing-masing bahan bakar adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Kebutuhan Bahan Bakar dan Nilai Kalori

Bahan Bakar	Nilai Kalori (kcal/kg)
Batubara	4200
Biomassa <i>Sawdust</i>	4.441,163

(Sumber: PLTU 1 x 315 MW dan Permatasari et al. 2023)

Berikut adalah perhitungan jumlah 3% biomassa *sawdust* dan 97% batubara yang dibutuhkan untuk melakukan *co-firing*:

Menghitung kebutuhan kalori batubara tanpa *co-firing*

$$E_{\text{total}} = 1.500.000 \text{ ton} \times 4200 \text{ kcal/kg}$$

$$E_{\text{total}} = 1.500.000 \text{ ton} \times 4200 \text{ kcal/kg}$$

$$E_{\text{total}} = 6.300.000.000 \text{ kcal} \dots\dots\dots(1)$$

Menghitung kebutuhan kalori batubara dengan *co-firing*

$$E_{\text{batubara}} = 0.97 \times 6.300.000.000 \text{ kcal}$$

$$E_{\text{batubara}} = 0.97 \times 6.300.000.000 \text{ kcal}$$

$$E_{\text{batubara}} = 6.111.000.000 \text{ kcal} \dots\dots\dots(2)$$

Menghitung kebutuhan kalori biomassa dengan *co-firing*

$$E_{\text{biomassa}} = 0.03 \times 6.300.000.000 \text{ kcal}$$

$$E_{\text{biomassa}} = 0.03 \times 6.300.000.000 \text{ kcal}$$

$$E_{\text{biomassa}} = 189.000.000 \text{ kcal} \dots\dots\dots(3)$$

Menghitung kebutuhan biomassa dengan *co-firing*

Kebutuhan biomassa = 42.553,50 kg

Kebutuhan biomassa = 42, 554 ton

Kebutuhan biomassa = 42,554 ton(2)

Menghitung kebutuhan massa batubara

Kebutuhan massa batubara:

Massa batubara = $E_{\text{batubara}} / \text{kalori batubara}$

Dimana:

$E_{\text{batubara}} = 6.111.000.000 \text{ kcal}$

Kalori batubara = 4200 kcal/kg

Maka:

Massa batubara = $6.111.000.000 \text{ kcal} / 4200 \text{ kcal/kg}$

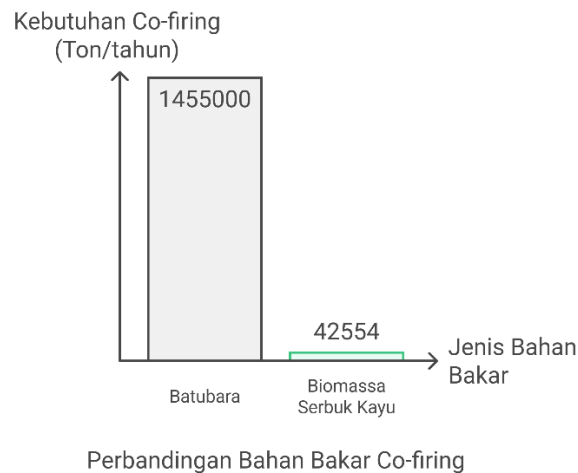
Massa batubara = 1.455.000 ton(5)

Jadi, jumlah batubara dan biomassa yang diperlukan untuk *co-firing* dengan 3% biomassa sebanyak 42,554 ton dan 97% batubara sebanyak 1.455.000 ton.

Tabel 13. Hasil Perhitungan 3% Biomassa Dan 97% Batubara

Bahan Bakar	Nilai Kalori (kcal/kg)	Proporsi (%)	Kebutuhan <i>co-firing</i> (Ton/Tahun)
Batubara	4.200	97	1.455.000
Biomassa <i>Sawdust</i>	4.441,163	3	42,554

Berikut merupakan Proporsi *Co-firing* 97% Batubara dan 3% *Biomassa Sawdust* dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



(Sumber: PLTU 1 x 315 MW dan Pengolahan Pribadi, 2023)

Gambar 15. Proporsi *Co-firing* 97% Batubara dan 3% *Biomassa Sawdust*

Jika proporsi biomassa adalah 10%, maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

Menghitung total kebutuhan energi

$$E_{total} = 1.500.000 \text{ ton} \times 4200 \text{ kcal/kg}$$

$$E_{total} = 6.300.000.000 \text{ kcal} \dots\dots\dots(1)$$

Menghitung kebutuhan energi yang dipenuhi oleh batubara (90%)

$$E_{batubara} = 0.90 \times E_{total}$$

$$E_{batubara} = 0.90 \times 6.300.000.000 \text{ kcal}$$

$$E_{batubara} = 5.670.000.000 \text{ kcal} \dots\dots\dots(2)$$

Menghitung kebutuhan energi yang dipenuhi oleh biomassa (10%)

$$E_{biomassa} = 0.10 \times E_{total}$$

$$E_{biomassa} = 0.10 \times 6.300.000.000 \text{ kcal}$$

$$E_{biomassa} = 630.000.000 \text{ kcal} \dots\dots\dots(3)$$

Mengkonversikan kebutuhan energi biomassa ke dalam ton

$$\text{Kebutuhan biomassa} = 630.000.000 \text{ kcal}$$

$$\text{Kebutuhan biomassa} = \frac{630.000.000 \text{ kcal}}{2.441.163 \text{ kcal/kg}}$$

Kebutuhan biomassa = 141.865,78 kg

Kebutuhan biomassa = 141.865,78 kg

Kebutuhan biomassa = 141,866 ton(2)

Menghitung kebutuhan massa batubara.

Kebutuhan massa batubara:

Massa batubara = $E_{\text{batubara}} / \text{Kalori batubara}$

Dimana:

$E_{\text{batubara}} = 5.670.000.000 \text{ kcal}$

Kalorifikasi batubara = 4200 kcal/kg

Maka:

Massa batubara = $5.670.000.000 \text{ kcal} / 4200 \text{ kcal}$

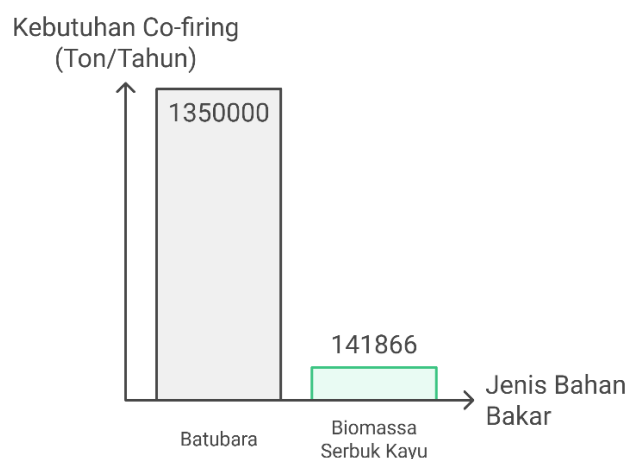
Massa batubara = 1.350.000 ton(5)

Jadi, 10% biomassa sebanyak 141,866 ton dan 90% batubara sebanyak 1.350.000 ton diperlukan untuk *co-firing*.

Tabel 14. Hasil perhitungan 10% Biomassa dan 90% Batubara

Bahan Bakar	Nilai Kalori (kcal/kg)	Proporsi (%)	Kebutuhan <i>co-firing</i> (Ton/Tahun)
Batubara	4200	90	1.350.000
Biomassa <i>Sawdust</i>	4.441,163	10	141,866

Berikut merupakan Proporsi *Co-firing* 90% Batubara dan 10% *Biomassa Sawdust* dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Perbandingan Bahan Bakar Co-firing

(Sumber: PLTU 1 x 315 MW dan Pengolahan Pribadi, 2023)

Gambar 16. Proporsi *Co-firing* 90% Batubara dan 10% *Biomassa Sawdust*

4.2.4 Tahap Action

Pada tahap selanjutnya dari tindakan, karena penulis hanya menganalisis penyebabnya saja, penulis memberikan saran atau rekomendasi untuk standarisasi berdasarkan masalah yang mungkin terjadi berdasarkan faktor-faktor yang menyebabkan pemborosan batubara oleh PLTU. Standarisasi yang disarankan diuraikan dalam tabel berikut:

Tabel 15. Standarisasi Potensi Masalah

Faktor	Potensi Masalah	Standarisasi
Manusia	Karyawan/pekerja tidak memiliki skill dalam mengatur pembakaran.	Dibuatkannya pelatihan untuk karyawan/pekerja dalam mengatur pembakaran proses teknologi <i>co-firing</i> . Adapun pelatihannya yaitu dengan perusahaan merekrut atau mencari orang yang sudah berpengalaman dalam proses <i>co-firing</i> , sehingga karyawan yang tidak punya keterampilan dan pengetahuan tentang <i>co-firing</i> dapat mempelajari secara langsung langkah-langkah dan <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP) proses <i>co-firing</i> kepada ahlinya, yang nantinya bisa diterapkan pada PLTU <i>non co-firing</i> .
Material	Kualitas biomassa dan proporsi yang tidak sesuai dengan kebutuhan.	Dibuatkannya SOP kualitas dan proporsi biomassa untuk penerapan teknologi <i>co-firing</i> . Adapun SOP saat ini yang ada di Indonesia yaitu biomassa berkalori $2.441,163 \text{ kcal/kg}$ dan proporsi biomasanya berkisar 1%-10% secara bertahap.

Metode	Kurangnya rencana dalam penerapan <i>co-firing</i> .	Dibuatkannya jadwal perencanaan dalam penerapan <i>co-firing</i> . Adapun rencana penerapan sistem <i>co-firing</i> dapat dilakukan setelah dari segi manusia, material, dan mesin sudah sesuai dengan SOP implementasi teknologi <i>co-firingg</i>
Mesin	Desain mesin pembakaran belum cocok untuk penerapan <i>co-firing</i> .	Dibuatkannya SOP desain mesin untuk proses <i>co-firing</i> . Adapun desain mesin yang sesuai dengan penelitian ini yaitu ada 2 antara lain <i>direct co-firing</i> dengan <i>mill</i> yang sama dan <i>direct co-firing</i> dengan <i>mill</i> terpisah.