

IDENTIFIKASI DAN ANALISIS RISIKO PADA PROSES PEMBAKARAN BATUBARA DI PLTU MENGGUNAKAN METODE HAZOP

Muhammad Krisna Caraka¹, Agung Nugroho^{1*}, Aslikha Amalia¹

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail: agung.nugroho@ppns.ac.id

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan batubara sebagai bahan bakar utama. Perubahan penggunaan batubara dari nilai kalor menengah menjadi batubara berkalori rendah meningkatkan potensi penyimpangan proses pada *Coal Handling System* dan *Air Combustion System*, yang dapat menyebabkan gangguan operasional, kerusakan peralatan, serta risiko terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyimpangan (*deviation*), menganalisis penyebab (*possible causes*) dan konsekuensi (*consequences*), serta memberikan rekomendasi pengendalian risiko pada proses pembakaran batubara di PLTU menggunakan metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP). Analisis dilakukan pada dua *study node*, yaitu *Coal Handling System* mulai dari *jetty unloading* hingga *burner (furnace)* dan *Air Combustion System*. Identifikasi dilakukan dengan mengombinasikan parameter *flow, level, pressure, temperature, composition, operation*, dan *corrosion/erosion* dengan *guide word* HAZOP. Penilaian risiko menggunakan matriks risiko perusahaan berdasarkan nilai *likelihood* dan *severity* yang divalidasi melalui *expert judgement*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar risiko berada pada kategori rendah hingga sedang, namun ditemukan beberapa risiko yang tidak dapat diterima, yaitu *self-combustion* pada *stockpile* dan *coal bunker*, *plugging/bridging* akibat batubara basah pada *coal bunker*, serta penggumpalan batubara pada *ship unloader*. Rekomendasi pengendalian disusun berdasarkan hierarki pengendalian untuk menurunkan tingkat risiko hingga berada pada kategori yang dapat diterima.

Kata Kunci: *Air Combustion System*, Analisis Risiko, *Coal Handling System Hazard and Operability Study* (HAZOP), PLTU.

Abstract

Coal-fired Power Plants (CFPPs) are among the primary sources of electricity generation that utilize coal as their main fuel. The transition from medium-calorific coal to low-calorific coal has increased the potential for process deviations in the Coal Handling System and Air Combustion System, leading to operational disruptions, equipment damage, and occupational safety and health risks. This study aims to identify process deviations, analyze their possible causes and consequences, and propose risk control recommendations for the coal combustion process in a coal-fired power plant using the Hazard and Operability Study (HAZOP) method. The analysis was conducted on two study nodes, namely the Coal Handling System, covering the process from jetty unloading to the burner (furnace), and the Air Combustion System. Hazard identification was performed by combining HAZOP guide words with process parameters, including flow, level, pressure, temperature, composition, operation, and corrosion/erosion. Risk assessment was carried out using the company's risk matrix based on likelihood and severity values, validated through expert judgment. The results indicate that most identified risks fall into the low and medium risk categories. However, several unacceptable risks were identified, including self-combustion in the stockpile and coal bunker, plugging or bridging caused by wet coal in the coal bunker, and coal agglomeration in the ship unloader. Risk control recommendations were developed based on the hierarchy of controls to reduce the identified risks to an acceptable level.

Keywords: *Air Combustion System, Coal-Fired Power Plant, Coal Handling System, Hazard and Operability Study (HAZOP), Occupational Safety and Health, Risk Analysis.*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu pilar utama dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia, yang sangat mengandalkan batubara sebagai sumber energi utamanya. Proses pembangkitan listrik melibatkan mekanisme pembakaran yang kompleks, yaitu reaksi antara bahan bakar batubara dengan udara dan panas untuk menghasilkan uap yang memutar turbin. Mengingat skalanya yang besar dan perannya yang vital bagi pembangunan ekonomi dan teknologi, menjaga keandalan sistem pendukung seperti Coal Handling System (CHS) dan Air Combustion System menjadi hal yang sangat krusial guna menjamin kontinuitas operasional dan mencegah kerugian akibat kerusakan peralatan maupun kecelakaan kerja (Rahmawati et al., 2024).

Namun, dinamika harga batubara global sering kali memaksa manajemen pembangkit untuk beralih dari penggunaan batubara *sub-bituminous* berkalori menengah (5000 kcal/kg) ke batubara berkalori rendah (*low rank coal*) sebesar 4200 kcal/kg (Yurismono & Cahyadi, 2009). Perubahan spesifikasi bahan bakar yang berbeda dari rancangan awal ini menimbulkan berbagai kendala operasional, seperti penurunan efisiensi boiler dan peningkatan risiko penyimpangan proses. Beberapa masalah signifikan yang sering terjadi meliputi gejala self-combustion (kebakaran spontan) pada *stockpile* dan silo, penyumbatan (*plugging*) pada *coal bunker* akibat karakteristik batubara yang cenderung basah dan menggumpal, hingga penurunan kinerja sistem kipas udara pembakaran yang mengganggu stabilitas api di furnace (Xaverius et al., 2024).

Setiap tempat kerja memiliki risiko dengan besar kecilnya risiko dengan besar kecilnya risiko terjadi kecelakaan tergantung dari jenis industri, teknologi, serta Upaya pengendalian risiko yang dilakukan oleh Perusahaan. Kecelakaan kerja dapat terjadi akibat adanya risiko dan bahaya ditempat kerja sehingga diperlukan pengelolaan terhadap risiko yang ada (Anugrah et al., 2021)

The Hazard and Operability Study, yang dikenal sebagai HAZOP merupakan adalah teknik untuk mengidentifikasi potensi bahaya di tempat kerja dengan mendeskripsikan bahaya yang mungkin terjadi dan menilai risiko yang dapat timbul menggunakan matriks penilaian risiko. Pendekatan analisis HAZOP merupakan salah satu teknik penilaian keselamatan untuk mengidentifikasi bahaya proses, menganalisis konsekuensinya, dan mengusulkan langkah-langka penanggulangan (Chen & Jia, 2015). Pendekatan HAZOP juga menganalisis aliran operasional mesin. Dengan melakukan interview dengan operator lapangan/*Expert Judgement* yang menggunakan mesin, diyakini bahwa bahaya potensial yang lebih spesifik dapat ditemukan untuk mengurangi dan mencegah kecelakaan. Teknik ini, yang merupakan bagian dari manajemen risiko, dapat mendefinisikan bagaimana keselamatan dan kesehatan kerja akan diterapkan dalam bisnis (Rahma & Hasanudin, 2023)

Untuk mengatasi berbagai risiko tersebut, diperlukan upaya pengelolaan risiko yang sistematis dan terstruktur menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP). Metode ini merupakan teknik identifikasi bahaya yang teruji dalam meninjau suatu proses secara logis untuk menemukan kemungkinan penyimpangan dari tujuan desain awal yang dapat memicu kecelakaan besar atau gangguan operabilitas. Fokus penelitian ini adalah melakukan analisis mendalam terhadap dua simpul utama, yaitu *Coal Handling System* dan *Air Combustion System*, guna mengidentifikasi penyebab dan konsekuensi dari setiap potensi deviasi proses. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat dirumuskan rekomendasi pengendalian risiko yang efektif berdasarkan hierarki pengendalian untuk meningkatkan keselamatan kerja dan keandalan sistem pembangkit secara keseluruhan.

2. METODE

Pada tahapan awal penelitian ini dilakukan studi lapangan serta perumusan masalah berdasarkan permasalahan keselamatan kerja yang terjadi pada *Coal Handling System* dan *Air Combustion System* di perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Kemudian dilanjutkan dengan studi literatur terhadap penelitian terdahulu untuk memperoleh referensi dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Studi lapangan dilakukan dengan observasi langsung serta diskusi teknis terhadap 1 personel *engineering*, 1 personel *Health Safety Environment (HSE)*, 2 personel operasi, dan 1 personel pemeliharaan kontrol & instrumen terhadap kondisi aktual *Coal Handling System* dan *Air Combustion System* yang menjadi objek penelitian. Melalui studi lapangan tersebut, peneliti dapat mengidentifikasi berbagai potensi penyimpangan proses serta kelemahan *safeguard* yang diterapkan pada komponen-komponen sistem tersebut. Studi literatur merupakan tahap pengumpulan teori yang relevan dengan dasar manajemen risiko, identifikasi bahaya, metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP), serta prinsip kerja *Coal Handling System* dan *Air Combustion System* pada PLTU. Model ini digunakan untuk mempertimbangkan skenario berbahaya, berbagi dimensi konsekuensi, serta preferensi pengambilan keputusan. Hasilnya, disusunlah peringkat bahaya potensial, sehingga memungkinkan tindakan respons yang terkait dengan proses manajemen risiko dilaksanakan secara terstruktur guna menghilangkan atau memitigasi risiko yang ada (Garcez & Alencar, 2022).

Pengelolaan data pada penelitian ini diawali dengan penentuan *study node*. *Study node* adalah poin spesifik dari suatu proses atau operasi yang menjadi fokus dalam analisis HAZOP. *Study Node* berfungsi untuk membagi sistem *Coal Handling System* dan *Air Combustion System* menjadi beberapa bagian proses dengan karakteristik operasional yang berbeda, sehingga analisis dapat dilakukan secara lebih sistematis. Pada tahap ini ditentukan 2 *studi node*, yaitu *Node 1* yang mencakup alur penanganan batubara dari *jetty unloading* hingga *burner/furnace* (*Coal Handling System*), dan *Node 2* yang mencakup sistem udara pembakaran (*air combustion system*). Tahapan berikutnya adalah penetapan parameter proses dan *guideword* yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan kemungkinan penyimpangan (*deviation*) pada masing-masing *study node*. Tahap selanjutnya dilakukan dengan identifikasi *deviation* pada setiap bagian sistem, serta penentuan *possible causes* dan *consequences* dari setiap penyimpangan yang ditemukan, yang menggunakan pendekatan *expert judgement*.

Tabel 1. Parameter pada HAZOP

No.	Parameter
1	Flow
2	Level
3	Pressure
4	Temperature
5	Composition
6	Operation
7	Corrosion/Erosion

Tabel 2. Guide Words pada HAZOP

Guideword	Deskripsi
No.	Tujuan desain tidak terjadi atau aspek operasional tidak dapat dicapai
More	Peningkatan kuantitatif dalam maksud desain terjadi
Less (less of, lower)	Penurunan kuantitatif dalam tujuan desain terjadi
Other Than	kondisi proses atau material yang terjadi berbeda dari yang dirancang
High	Proses atau sistem beroperasi pada tekanan, suhu

Tahap penilaian dan evaluasi dilakukan pada seluruh hasil identifikasi HAZOP yang telah disusun. Penilaian risiko dilakukan dengan menentukan dua indikator utama, yaitu *likelihood* dan *severity*, yang dikombinasikan berdasarkan *risk matrix* standar perusahaan untuk memperoleh tingkat risiko dari setiap penyimpangan yang teridentifikasi. Suatu risiko dikategorikan dapat diterima apabila berada pada tingkat ringan hingga sedang berdasarkan kombinasi *likelihood* dan *severity* tersebut, sedangkan risiko dengan nilai di atas ambang batas dikategorikan tidak dapat diterima dan memerlukan tindakan pengendalian tambahan. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah menyusun rekomendasi pengendalian risiko berdasarkan hierarki pengendalian, yang meliputi eliminasi, substitusi, pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan alat pelindung diri (APD), guna menurunkan tingkat risiko ke kategori yang dapat diterima.

Tabel 3. Likelihood

Rating		Kualitatif		Kuantitatif
Kategori	Deskripsi	Frekuensi	Probabilitas	
A	Sangat Jarang Terjadi	Peristiwa dimungkinkan terjadi hanya pada situasi yang sangat luar biasa	kurang dari sekaali dalam 10 tahun	<10%
B	Jarang Terjadi	Peristiwa dimungkinkan terjadi hanya pada situasi khusus	sedikitnya sekali dalam 10 tahun	10-39%
C	Bisa Terjadi	Kejadian yang dimungkinkan terjadi pada kebanyakan situasi	sedikitnya sekali dalam 5 tahun	40-69%
D	Sangat Mungkin Terjadi	Kejadian yang dimungkinkan terjadi pada berbagai situasi	sedikitnya sekali dalam setahun	70-89%
E	Hampir Pasti Terjadi	Kejadian yang dimungkinkan terjadi pada berbagai situasi	sedikitnya sekali setiap triwulan	>90%

Sumber: Data Perusahaan, 2025

Tabel 4. Severity

Tingkat Dampak Risiko	Parameter	Deskripsi
Sangat Rendah	$x \leq 20\%$ Dari Batasan Risiko	Melibatkan kelalaian umum
Rendah	$20\% < x \leq 40\%$ Dari Batasan Risiko	Melibatkan kelalaian umum, dapat melemahkan reputasi dan tidak ada indikasi potenssi disrupsi operasi dan kerugian jiwa
Moderat	$40\% < x \leq 60\%$ Dari Batasan Risiko	Melibatkan Tindakan salah Kelola umum, cacat tidak teap/ketidakhadiran kerja yang terbatas, dapat merusak reputasi Perusahaan dan ada potensi disrupsi operasional minor
Tinggi	$60\% < x \leq 80\%$ Dari Batasan Risiko	Melibatkan <i>gross negligence</i> , keselamatan perorangan dan melibatkan penurunan reputasi dan kepercayaan <i>public</i> pada Perusahaan, terjadi disrupsi operasional untuk periode dibawah 1 (satu) bulan
Sangat Tinggi	$x > 80\%$ Dari Batasan Risiko	Melibatkan <i>fraud</i> , melibatkan pelanggaran peraturan perundang undangan, disrupsi operasi 1 (satu) bulan, melibatkan kerugian jiwa, atau melibatkan penurunan reputasi signifikan yang berdampak sistemik dan sektor

Sumber: Data Perusahaan, 2025

Tabel 5. Risk Matriks

Likelihood	Hampir Pasti Terjadi E	7 Rendah ke sedang	12 Sedang	17 Sedang ke tinggi	22 Tinggi	25 Tinggi	Sumber: Data
	Sangat Mungkin Terjadi D	4 Rendah	9 Rendah ke sedang	14 Sedang	19 Sedang ke tinggi	24 Tinggi	
	Bisa Terjadi C	3 Rendah	8 Rendah ke sedang	13 Sedang	18 Sedang ke tinggi	23 Tinggi	
	Jarang Terjadi B	2 Rendah	6 Rendah ke sedang	11 Rendah ke sedang	16 Sedang ke tinggi	21 Tinggi	
	Sangat Jarang Terjadi A	1 Rendah	5 Rendah	10 Rendah ke sedang	12 Sedang	20 Tinggi	
		Sangat Rendah 1	Rendah 2	Moderate 3	Tinggi 4	Sangat Tinggi 5	
Severity							

Perusahaan,2025

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian ini didapatkan hasil identifikasi bahaya dengan Penentuan study node dilakukan untuk membagi sistem yang diteliti menjadi beberapa bagian proses yang memiliki karakteristik operasional berbeda sehingga analisis dapat dilakukan secara lebih sistematis. Pada penelitian ini ditetapkan 2 study node, yaitu Coal Handling System dan Air Combustion System.

a. Coal Handling System

Node pertama mencakup seluruh proses penanganan batubara mulai dari kegiatan pembongkaran batubara di jetty, pengangkutan menggunakan conveyor, penyimpanan di stockpile, proses reclaiming melalui hooper dibantu dengan bulldozer, hingga pengiriman batubara menuju pulverizer dan burner pada furnace. Pada node ini terdapat berbagai peralatan utama seperti Ship-Unloader, conveyor belt, Silo bunker, Coal feeder, dan pulverizer. Pada node 1, penentuan parameter hazop nya yaitu Flow, Level, Temperature, Composition, Operation, dan Corrosion. Pada node ini didapatkan hasil penyimpangan tidak bisa diterima dengan nilai risiko diatas 14. Hasil identifikasi bahaya menggunakan HAZOP dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.

ITEM	PARAMETER	DEVIATION	POSSIBLE CAUSES	INITIAL RISK RANKING		
				S	L	RISK
EQUIPMENT: Coal Feeder						
1.1.1	Flow	No Flow	Coal feeder trip, motor feeder rusak	2	B	6
1.1.2	Level	More Level	penumpukan batubara pada belt conveyor coal feeder	3	B	11
EQUIPMENT: Conveyor						
1.2.1	Flow	Less Flow	batubara basah menempel pada belt conveyor	2	D	9
1.2.2	Composition	Other Than Composition	Beban Batubara meningkat akibat kadar air yang tinggi	2	C	8
EQUIPMENT: Pulverizer						
1.3.1	Pressure	High Pressure	Outlet pulverizer tersumbat karena classifier plugging	3	B	11
1.3.2	Temperature	High Temperature	Combustion pada pulverizer dikarenakan temperature yang terlalu tinggi	2	A	5
EQUIPMENT: <i>Stockpile</i>						
1.4.1	Temperature	High Temperature	<i>Self Combustion Coal di Stockpile</i>	4	D	19
1.4.2	Composition	Other Than Composition	Batubara basah yang menumpuk pada griting reclaimer hopper	3	B	11
EQUIPMENT: <i>Coal Bunker</i>						
1.5.1	Temperature	High Temperature	<i>Self Combustion Coal di Silo Bunker</i>	4	D	19
1.5.2	Composition	Other Than Composition	Batubara basah menyebabkan plugging, Pembentukan rongga (bridging/ratholing) pada silo	3	D	14
EQUIPMENT: <i>Ship-Unloader</i>						
1.6.1	Flow	Less Flow	Batubara basah menggumpal pada gritting Ship-Unloader	3	E	17
1.6.2	Operations	No Operations	Wire Rope Ship Unloading putus	3	A	10

Pada *Node 1* terdapat possible causes self Combustion Coal di Stockpile dan batubara basah yang disebabkan karena jenis batubara *Low Rank Coal* (LRC). Menurut (Aziz et al., 2015) rekomendasi yang diberikan pada penyimpangan ini yaitu dengan pembuatan coal Shelter untuk menghindari adanya self combustion karena paparan sinar matahari dan batubara basah karena paparan hujan. Untuk possible causes self combustion pada coal bunker dapat dilakukan mitigasi dengan melakukan patrol check operator dan melakukan monitoring suhu melalui sensor temperature di coal bunker. Rekomendasi juga diberikan pada possible causes batubara basah menggumpal pada gritting Ship-Unloader yaitu dengan melakukan preventive maintenance yang dilakukan pihak engineering PLTU.

b. Air Combustion System

Node kedua meliputi sistem udara pembakaran yang berfungsi sebagai udara bakar di furnace dan udara yang mengangkut batubara dari pulverizer ke furnace. Sistem ini terdiri atas Primary Air Fan (PA Fan), Forced Draft Fan (FD Fan), Induced Draft Fan (FD Fan).

Tabel 7.

ITEM	PARAMETER	DEVIATION	POSSIBLE CAUSES	INITIAL RISK RANKING		
				S	L	RISK
EQUIPMENT: Primary Air Fan						
2.1.1	Temperature	High Temperature	Bearing motor overheating dikarenakan pelumasan tidak maksimal pada PA Fan	2	B	6
2.1.2	Level	Low Level	Low level oil cooling sistem	2	B	6
EQUIPMENT: Forced Draft Fan						
2.2.1	Flow	Less Flow	FD Fan Trip	2	D	9
2.2.2	Level	Low Level	Low level oil cooling sistem	2	C	8
EQUIPMENT: Induced Draft Fan						
2.3.1	Flow	Less Flow	Tekanan udara ash transporter rendah	3	C	13
2.3.2	Composition	High Particulate Concentration	ESP trip akibat hopper ESP penuh yang disebabkan oleh blocking pada line ash transporter	3	C	13

Pada *node 2* didapatkan adanya 2 penyimpangan yang menunjukkan kategori sedang. Pada penyimpangan ini diberikan rekomendasi dengan melakukan preventive maintenance pada line ash transporter dan hooper esp.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP), teridentifikasi beberapa penyimpangan proses pada sistem pembakaran batubara di PLTU dengan 3 risiko tinggi, Temuan utama menunjukkan bahwa transisi penggunaan batubara ke kalori rendah (*low rank coal*) memicu penyimpangan kritis berupa kebakaran spontan (*self-combustion*) pada area *stockpile* dan silo, serta masalah penyumbatan (*plugging*) aliran batubara akibat kadar air yang tinggi. Jika tidak dikendalikan, deviasi ini berpotensi menyebabkan kerusakan aset peralatan, gangguan pada kontinuitas pasokan bahan bakar ke *furnace*, hingga penurunan efisiensi pembakaran secara signifikan. Sebagai langkah mitigasi, direkomendasikan pembangunan *coal shelter* di area *stockpile* untuk melindungi batubara dari cuaca serta pemasangan perangkat *rotarian anti-plugging* pada silo untuk memastikan kelancaran aliran material. Selain itu, penerapan sistem pemantauan suhu kontinu dan pemeliharaan rutin pada instrumen pengaman sangat krusial untuk menurunkan tingkat risiko ke level yang dapat diterima demi menjaga keandalan serta keselamatan operasional pembangkit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, M. F., Patras, L. S., & Tumaliang, H. (2021). *Optimization Primary Air Fan System to Enhance Combustion Efficiency Boiler*. 1–8.
- Badrun, A., & Katharina, O. (2019). *ANALISIS RISIKO DENGAN METODE HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOPS) DALAM PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL) BERBASIS RISK GRAPH DAN QUANTITATIVE METHOD PADA UNIT BOILER PT X RISK ANALYSIS USING HAZARD OPERABILITY STUDY (HAZOPS) PENDAHULUAN* pros. 25, 53–66.
- Firdian Mardiansyah, R., Kusrini, E., & Rm, F. (2017). *DAN PENDEKATAN ANALISA BIAYA SIKLUS HIDUP (Studi Kasus: PLTU X)*. 275–288.
- Juniani, A. I., Handoko, L., & Firmansyah, C. A. (2008). *Implementasi Metode HazOp (Hazard and Operability Study) Dalam Proses Identifikasi Bahaya Dan Analisa Resiko Pada Feedwater System Di Unit*.
- Rahma, R. A. A., & Hasanudin, A. (2023). *Risk Assessment Analysis in Boiler System with Hazard and Operability Study (HAZOP)* | Rahma | *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 6869, 213–220. <https://doi.org/10.23917/jiti.v22i2.22875>
- Rahmawati, A. U., Wikendi, L., Maryanty, Y., & Yusuf, N. K. (2024). *ANALISIS PROSES KIMIA DALAM SIKLUS UAP AIR DI PLTU PAITON UNIT 1 DAN 2*. 10(9), 562–571.
- Roudhomi, A. F., Nugroho, A., & Dhani, M. R. (2018). *Analisa Risiko Untuk Penentuan Prioritas Perbaikan Pada Pulverizer Di Perusahaan Pltu. Seminar K3*, (2581), 663–668. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/view/783%0Ahttps://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/download/783/633>
- Xaverius, F., Febriant, A. A., Adriansyah, W., & Soleh, M. (2024). *Coal Blending Effect in Coal Fired Power Plant Performance*. 1–14. <https://doi.org/10.5614/xxxx>
- Yin, J., Liu, M., Zhao, Y., Wang, C., & Yan, J. (2021). *Energi Modifikasi strategi pengendalian dan kinerja dinamis unit pembangkit listrik berbahan bakar batu bara dalam variasi kualitas batu bara*. 223.
- Yurismono, H., & Cahyadi. (2009). *Impacts of Low Rank Coal Utilization in the Coal Fired Power Plant*
- Aziz, A., Hasan, A. R., Konversi, P. T., Energi, K., Pengkajian, B., Teknologi, P., Heat, E., Amiral, R., Andi, A., & Hasan, R. (2015). *EVALUASI HEAT RATE DAN EFISIENSI SUATU PLTU DENGAN MENGGUNAKAN BATUBARA YANG BERBEDA DARI SPESIFIKASI DESIGN Evaluation of Heat Rate and Efficiencies of a Steam Power Plant Using the Different Coal Spesification From the Design Spesification 1,2) 2)*. 1–6.