

ANALISIS PENGGUNAAN LIMBAH B3 SPENT BLEACHING EARTH SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DI PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK

ANALYSIS OF THE USE OF HAZARDOUS WASTE SPENT BLEACHING EARTH AS AN ALTERNATIVE FUEL IN PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK

Robiansyah*¹, Mustain¹, Martha Aznury¹, Safaruddin*²

¹Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya

²PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk

Jalan Srijaya Negara, Bukit Lama, Bukit Besar, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139, Telp 0711353414

e-mail : obiyakhi@gmail.com

ABSTRACT

Hazardous waste of Spent Bleaching Earth (SBE) which is processed by PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk is used as an alternative fuel to replace coal, whose price continues to rise, because SBE still contains oil in it. However, the use of hazardous waste of SBE can affect the specific heat consumption needed in the operation of the rotary kiln machine and the ash content in it can affect the quality of the clinker produced. With the percentage of SBE alternative fuel mixture to coal fuel of 0%, 1,12%, 2,07%, 3,13%, 4,09%, 4,93%, 6,13% and 6,88%, the analysis carried out on of specific heat consumption, fuel cost efficiency, rotary kiln machine operation and its effect on the quality of the clinker product produced. From the results of this case study, with an increase in the percentage of the SBE mixture, the ash value of the mixed fuel trend to increase but is not significant, while the calorific value of this fuel mixture trend to decrease. The conclusion that can be drawn from the use of hazardous waste of SBE as an alternative fuel with a mixture percentage of 0% to 6.88% is that as the fuel mixture ratio increases, specific heat consumption decreases, fuel cost efficiency increases, fuel requirements become lower, compared to not using hazardous waste of SBE alternative fuel and has no significant effect on the quality of the clinker product produced.

Key words: Hazardous waste, Spent Bleaching Earth (SBE), Alternative fuel, Rotary kiln, Clinker

1. PENDAHULUAN

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memproduksi semen sebagai produk akhir menggunakan bahan setengah jadi berupa *clinker* yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan mentah *raw meal* di dalam mesin *rotary kiln* dengan menggunakan batubara sebagai bahan bakar.

Kebutuhan batubara sebagai bahan bakar saat ini mencapai 0,14-0,16 ton untuk setiap ton produk *clinker* yang dihasilkan setiap harinya dan menyumbang sekitar 30% dari biaya operasional produksi dengan kebutuhan panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption (SFC)* sebesar 783 kkal/kg *clinker*.

Kenaikan harga batubara yang terjadi saat ini mendorong PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk untuk mencari bahan bakar alternatif. Penggunaan bahan bakar alternatif diperlukan untuk menurunkan biaya produksi dan ketergantungan batubara sebagai bahan bakar utama dapat dikurangi.

PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk, selain sebagai produsen semen juga sebagai industri yang mampu melakukan pengolahan limbah B3 yang berasal dari industri lain atau dikenal dengan istilah teknologi *co-processing* seperti *fly ash* dan *bottom ash* dari industri PLTU, dan *Spent Bleaching Earth (SBE)* yang berasal dari pemurnian *Crude Palm Oil (CPO)* di industri *refinery* minyak goreng sawit.

Tabel 1. Harga Batubara Acuan Tahun 2021 - 2022

Bulan	Harga (USD/ton)
Januari 2021	75,84
Februari 2021	87,79
Maret 2021	84,47
April 2021	86,68
Mei 2021	89,74
Juni 2021	100,33
Juli 2021	115,35
Agustus 2021	130,99
September 2021	150,03
Oktober 2021	161,63
November 2021	215,01
Desember 2021	159,79
Januari 2022	158,50
Februari 2022	188,38
Maret 2022	203,69
April 2022	288,40

(Minerba ESDM, 2022)

Co-processing adalah suatu metode pemusnahan limbah melalui pembakaran terkendali yang sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah, dalam bentuk *recovery* energi dan material untuk bahan baku proses produksi. Limbah yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan baku disebut *mineral waste*, dan limbah yang dapat digunakan untuk menggantikan

bahan bakar disebut *caloric waste* (Mardiana & Mahardika, 2010).

Limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang diolah oleh PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk selama ini digunakan sebagai substitusi bahan baku mentah yaitu pada tahap penggilingan awal produksi *raw meal*. Akan tetapi limbah ini masih mengandung 20-30% minyak sawit, dan limbah ini merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku sumber energi alternatif (Yusnimar, dkk. 2012).

Penggunaan bahan bakar alternatif adalah bagian dari hierarki pengolahan limbah yang terintegrasi dengan program pengelolaan limbah. Penggunaan bahan bakar alternatif menjadi hal yang penting karena penggunaan bahan bakar alternatif adalah jawaban atas besarnya volume limbah yang dihasilkan oleh industri yang belum mampu mengolah limbah sendiri dan merupakan langkah diversifikasi energi untuk menurunkan ketergantungan pada bahan bakar batubara (Pramesthi, 2009).

Spent Bleaching Earth (SBE) merupakan limbah padat yang dihasilkan dalam tahapan proses permurnian minyak sawit mentah dalam industri minyak nabati (Yusnimar, dkk., 2012). Untuk menjadi minyak jernih dalam pengolahan CPO memerlukan bahan tambahan *Bleaching Earth* (BE). Limbah dari pemakaian *Bleaching Earth* (BE) yang selanjutnya disebut *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang mengandung campuran antara tanah liat dan minyak memiliki sifat mudah terbakar (Siami, dkk., 2021).



Gambar 1. *Spent Bleaching Earth* (SBE)

Spent Bleaching Earth (SBE) mengandung campuran antara tanah liat dan minyak memiliki sifat mudah terbakar (Siami, dkk., 2021). Limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang diolah oleh PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk memiliki nilai kalori sebesar 2400 – 2600 kkal/kg yang cukup untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif sedangkan batubara yang digunakan memiliki nilai kalori sebesar 4500 kkal/kg (PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk, 2021).

Dengan kenaikan harga batubara yang semakin tinggi, limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk., namun nilai kalori sebesar 2400 – 2600 kkal/kg dan kandungan tanah liat didalamnya akan berdampak terhadap kebutuhan panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC), biaya serta pengaruhnya terhadap operasional mesin *rotary kiln* dan kualitas produk *clinker* yang dihasilkan.

Spent Bleaching Earth (SBE) jika digunakan sebagai bahan bakar alternatif akan meninggalkan abu (*ash*) dalam bentuk mineral anorganik yang akan bercampur dengan umpan pada proses pembakaran dalam mesin *rotary kiln*, hal ini bisa mempengaruhi kualitas *clinker* yang dihasilkan dikarenakan komposisi bahan baku umpan mesin *rotary kiln* sudah diatur pada tahap penggilingan bahan mentah produk *raw meal*.

Penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif tidak boleh mengganggu operasional mesin *rotary kiln* dan mengurangi kualitas *clinker* yang dihasilkan. Untuk itu perlu dilakukan analisis penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif untuk mengetahui pengaruhnya terhadap operasional mesin *rotary kiln* dan kualitas *clinker* yang dihasilkan.

Oleh karenanya pada studi kasus ini yang menjadi permasalahan adalah bagaimanakah *Specific Fuel Consumption* (SFC) dan efisiensi biaya yang didapatkan dari penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif serta bagaimanakah pengaruhnya terhadap operasional mesin *rotary kiln* dan kualitas produk *clinker* yang dihasilkan.

2. METODE

Bahan studi kasus berupa lingkup kerja yang akan dilakukan analisis penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif, yaitu:

a. Data kualitas bahan bakar

Data meliputi hasil pengujian kualitas bahan bakar yang digunakan sebagai bahan bakar campuran diantaranya adalah nilai kalor dan kandungan abu (*ash*)

b. Data operasional mesin *rotary kiln*

Data meliputi konsumsi bahan bakar, rasio pencampuran bahan bakar utama dan bahan bakar alternatif dan temperatur *preheater*

c. Data kualitas *clinker*

Data meliputi hasil pengujian kualitas produk *clinker* berupa mineralogi *clinker* yaitu *tricalcium silicate* (C_3S), *tricalcium aluminate* (C_3A), *free lime* ($FcaO$) dan *Liter Weight* (LW)

Peralatan studi kasus berupa lingkup kerja yang akan dilakukan analisis penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif, yaitu:

a. *XRF Spectrofotometer*

XRF Spectrofotometer adalah sebuah alat uji yang digunakan untuk mengidentifikasi serta menentukan konsentrasi elemen yang ada di dalam sampel padatan yang memanfaatkan sinar-X. Alat XRF yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

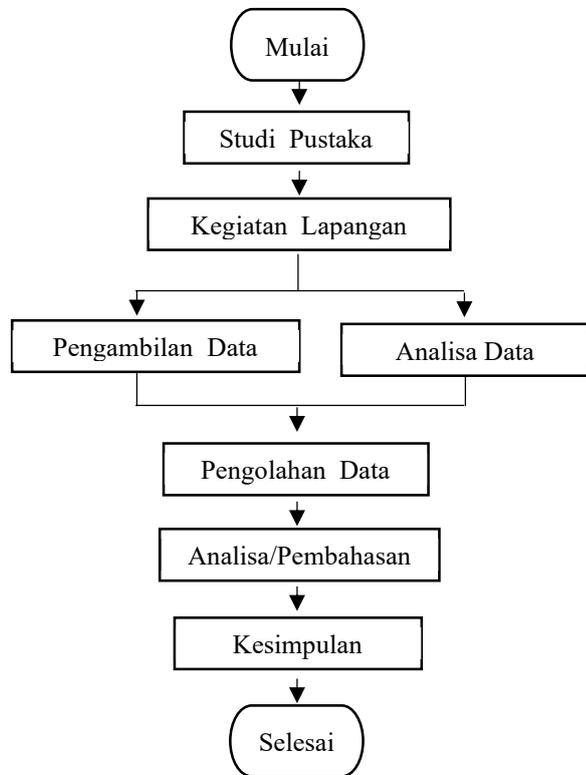
Merk	: Thermofisher Scientific
Model	: ARL 9900 Simultaneous
Buatan	: Switzerland

b. *Bomb Calorimeter*

Bomb calorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalor) yang dilepaskan dari pembakaran yang sempurna suatu bahan

bakar. Alat *bomb calorimeter* yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk : Parr
 Model : 6300
 Buatan : USA



Gambar 2. Diagram Alir Studi Kasus

Metode analisa data terdiri dari analisa deskriptif dan analisa matematis. Analisa deskriptif bertujuan menggambarkan kondisi riil yang dihadapi pabrik semen yang telah menerapkan penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan bagaimana penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif di pabrik semen ditinjau dari persentase campuran SBE dengan bahan bakar utama batubara dan pengaruhnya terhadap operasional mesin *rotary kiln* dan kualitas produk *clinker* yang dihasilkan.

Analisa matematis dilakukan untuk menghitung efisiensi biaya, konsumsi energi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) dan *Thermal Substitution Rate* (TSR). Analisa efisiensi biaya dilakukan dengan cara menghitung total biaya yang dikeluarkan dari pemakaian batubara sebagai bahan bakar utama dan biaya kompensasi dari penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif.

% efisiensi biaya =

$$\frac{\text{biaya batubara} - \text{kompensasi biaya limbah SBE}}{\text{biaya tanpa bahan bakar alternatif}} \times 100$$

(PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk, 2021)

Specific Fuel Consumption (SFC) dan *Thermal Substitution Rate* (TSR) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KE_{pS} = \frac{\sum(NHVi \times BBi)}{P}$$

Keterangan:

KE_{pS} = konsumsi energi panas spesifik (kkal/kg *clinker*)

$NHVi$ = kalor netto bahan bakar (kkal/kg bahan bakar)

BBi = jumlah konsumsi bahan bakar (kg)

P = jumlah produk (kg)

$$\text{Thermal Substitution Rate (TSR)} = \frac{En_{AF}}{En_F + En_{AF}} \times 100\%$$

En_F = $\sum(Fi \times NHV_{Fi})$

En_{AF} = $\sum(AFi \times NHV_{AFi})$

Keterangan:

En_F = total energi *fossil fuel* (kkal)

En_{AF} = total energi *alternative fuel* (kkal)

Fi = jumlah *fossil fuel* (kg)

AFi = jumlah *alternative fuel* (kg)

NHV_{Fi} = *net heating value fossil fuel* (kkal/kg)

NHV_{AFi} = *net heating value alternative fuel* (kkal/kg)

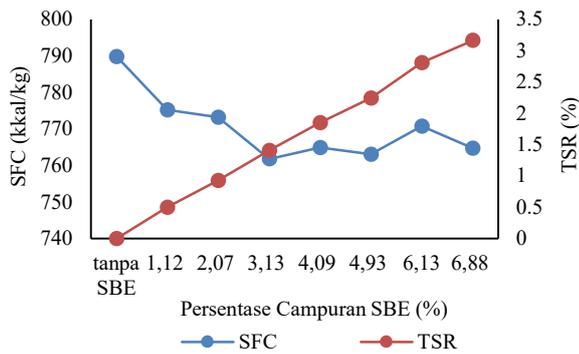
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsumsi Panas Spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC)

Pada proses pembakaran bahan baku menjadi produk *clinker* di dalam mesin *rotary kiln*, besarnya konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) merupakan hal yang sangat penting. Hal ini karena akan sangat berpengaruh terhadap besarnya biaya produksi dikarenakan sekitar 30% biaya yang dibutuhkan dalam produksi berasal dari kebutuhan bahan bakar.

Konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) didapatkan dengan menghitung banyaknya pemakaian bahan bakar campuran serta nilai kalori dari bahan bakar campuran tersebut untuk setiap produk *clinker* yang dihasilkan dalam satuan kkal/kg *clinker*. Nilai konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk ditetapkan sebesar 783 kkal/kg *clinker*.

Disamping menghitung konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC), dengan mengetahui nilai kalori dari batubara yang digunakan yaitu sebesar 4915 kkal/kg dan nilai kalori dari limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebesar 2175 kkal/kg, penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif juga dapat dihitung nilai *Thermal Substitution Rate* (TSR). TSR menyatakan tingkat persentase panas dari bahan bakar alternatif yang digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil.



Gambar 3. Grafik *Specific Fuel Consumption* (SFC) dan *Thermal Substitution Rate* (TSR)

Berdasarkan pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada pembakaran di mesin *rotary kiln* dengan menggunakan campuran bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) lebih rendah dibandingkan pada saat mesin *rotary kiln* tidak menggunakan bahan bakar alternatif dan mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase campuran SBE.

Penggunaan bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) dapat menurunkan konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada operasional mesin *rotary kiln* dalam proses pembuatan *clinker* di pabrik semen. Ayu (2016) menyatakan bahwa konsumsi panas spesifik pada produksi semen akan semakin mengecil apabila semakin banyak menggunakan bahan bakar alternatif, hal tersebut dikarenakan penggunaan bahan bakar alternatif akan menurunkan emisi gas karbon monoksida. Hal ini sesuai dengan data yang didapat hingga campuran bahan bakar alternatif mencapai 3,13%.

Akan tetapi pada saat persentase campuran bahan bakar alternatif meningkat hingga mencapai rasio 6,88%, konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) cenderung bersifat fluktuatif, hal ini dikarenakan nilai kalori bahan bakar campuran yang juga bersifat fluktuatif sehingga mempengaruhi konsumsi panasnya.

Sementara itu, untuk *Thermal Substitution Rate* (TSR) pada pembakaran di mesin *rotary kiln* dengan menggunakan campuran bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) mengalami kenaikan seiring bertambahnya persentase campuran. Perbandingan yang linier antara kenaikan persentase campuran bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) dengan nilai *Thermal Substitution Rate* (TSR) dikarenakan teradinya substitusi dari nilai kalor bahan bakar alternatif terhadap nilai kalor dari bahan bakar batubara untuk setiap persentase campuran bahan bakar.

3.2. Analisa Efisiensi Biaya

Penggunaan bahan bakar alternatif merupakan langkah diversifikasi untuk mengantisipasi naiknya harga bahan bakar batubara yang terjadi sepanjang tahun

2021 hingga tahun 2022. PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk Pabrik Baturaja II menggunakan batubara yang dibeli dari *supplier* batubara seharga Rp. 683.182 per ton.

Limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang dikelola oleh PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk yang berasal dari industri *refinery* minyak goreng sawit memberikan manfaat ekonomi bagi perusahaan yaitu setiap ton limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang dikirim ke pabrik akan mendapatkan kompensasi senilai Rp. 200.000 per ton. Nilai kompensasi ini merupakan biaya yang diberikan oleh penghasil limbah sebagai biaya atas pengelolaan limbah B3 yang dihasilkan oleh industri tersebut.

Perhitungan efisiensi biaya yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) untuk masing-masing persentase campuran bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Efisiensi Biaya Bahan Bakar

Persentase Campuran Bahan Bakar (%)	% Efisiensi Biaya Bahan Bakar (%)
tanpa SBE	0
1,12	1,45
2,07	2,68
3,13	4,05
4,09	5,29
4,93	6,37
6,13	7,92
6,88	8,89

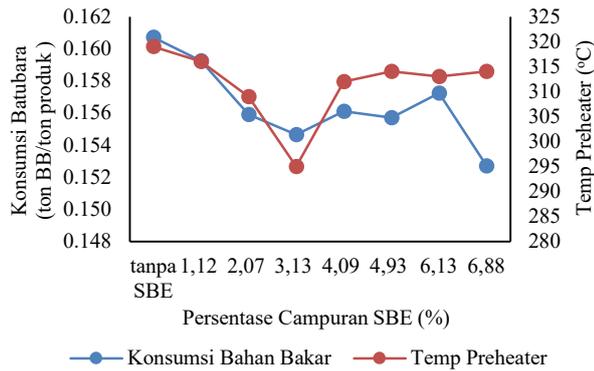
Bersasarkan data pada Tabel 2, efisiensi biaya terlihat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya persentase campuran bahan bakar batubara dengan bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembuatan *clinker* di mesin *rotary kiln*.

Pada saat penggunaan bahan bakar dengan persentase campuran sebesar 0% biaya yang dikeluarkan adalah biaya total dari harga batubara, sedangkan pada saat penggunaan bahan bakar alternatif SBE biaya yang timbul merupakan biaya batubara yang dikurangi dengan biaya kompensasi dari pengolahan limbah SBE. Sehingga semakin bertambahnya persentase campuran bahan bakar alternatif akan meningkatkan efisiensi dari biaya penggunaan bahan bakar, pada saat penggunaan bahan bakar alternatif mencapai 6,88% efisiensi penggunaan biaya bahan bakar mencapai 8,89%.

3.3. Analisa Data Operasional Rotary Kiln

Rotary kiln merupakan sebuah perangkat *pyroprocessing* yang merupakan jantung pabrik pada proses pembuatan semen yang digunakan untuk proses klinkerisasi dengan menaikkan temperatur material dalam proses yang berkelanjutan.

Penggunaan bahan bakar campuran masing-masing persentase campuran untuk setiap ton produk *clinker* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Campuran Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Per ton Produk Clinker

Berdasarkan pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa penggunaan bahan bakar alternatif dapat menurunkan jumlah konsumsi bahan bakar jika dibandingkan tidak menggunakan bahan bakar alternatif, dimana diperlukan sebesar 0,161 ton bahan bakar untuk setiap ton produk *clinker* yang dihasilkan dan semakin menurun seiring meningkatnya persentase campuran bahan bakar alternatif.

Hal ini dikarenakan menurunnya konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada saat penggunaan bahan bakar alternatif. Sehingga dalam operasional mesin *rotary kiln* panas yang dibutuhkan oleh mesin *rotary kiln* sudah terpenuhi untuk menghasilkan produk *clinker* yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan bagian Department Quality Control.

Hal ini berarti penggunaan bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) memberikan dampak yang positif dari sisi penggunaan bahan bakar, dimana bahan bakar yang dibutuhkan dalam proses pembakaran di mesin *rotary kiln* dalam menghasilkan produk *clinker* lebih rendah dibandingkan ketika tidak menggunakan bahan bakar alternatif.

Sementara itu, untuk pengaruh pencampuran bahan bakar alternatif terhadap temperatur *preheater* untuk masing-masing persentase campuran bahan bakar berdasarkan pada Gambar 4 terlihat bahwa pada saat penggunaan bahan bakar alternatif limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) temperatur *preheater* lebih rendah bila dibandingkan tidak menggunakan bahan bakar alternatif. Temperatur *preheater* mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase campuran bahan bakar alternatif mencapai 3,13%, namun ketika persentase pencampuran bertambah temperatur *preheater* bersifat fluktuatif hingga persentase campuran bahan bakar alternatif mencapai 6,88%.

Fluktuatifnya temperatur *preheater* ketika persentase campuran SBE meningkat dari 3,13% hingga 6,88% dikarenakan fluktuatifnya konsumsi panas spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC), konsumsi panas spesifik ini sangat berpengaruh terhadap panas pada mesin *rotary kiln*.

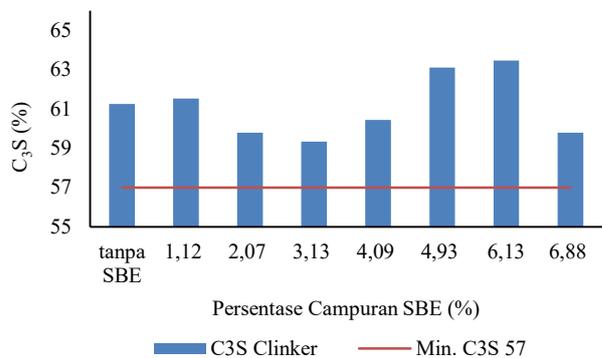
Secara keseluruhan temperatur *preheater* ketika menggunakan campuran bahan bakar alternatif masih

berada di bawah temperatur ketika tidak menggunakan bahan bakar alternatif, ini menandakan penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai campuran bahan bakar alternatif pada proses pembuatan *clinker* di mesin *rotary kiln* dapat menurunkan panas pada gas buang mesin *rotary kiln*.

3.4. Analisa Data Kualitas Produk Clinker

Clinker yang dihasilkan dari proses pembakaran mesin *rotary kiln* dipengaruhi oleh kualitas umpan bahan baku dan dari proses pembakaran itu sendiri. Umpan bahan baku kualitas ditetapkan dengan membuat target berupa modulus *Lime Saturation Factor* (LSF), *Silika Modulus* (SM), dan *Alumina Modulus* (AM). Sedangkan dari proses pembakaran dipengaruhi oleh penggunaan bahan bakar dan dari panas (temperatur) pembakaran di mesin *rotary kiln*.

Umpan yang baik sesuai target dan proses pembakaran yang sesuai akan menghasilkan produk *clinker* yang berkualitas, diantaranya yaitu terbentuknya mineralogi *clinker tricalcium silicate* (C_3S), *tricalcium aluminate* (C_3A), *free lime* (FCaO) dan *Liter Weight* (LW). Standar kualitas *clinker* yang ditetapkan oleh PT. Semen Baturaja (Pesero) Tbk merujuk kepada dokumen Manual Operasional Department Quality Control yaitu C_3S minimal 57 %, C_3A maksimal 12%, FCaO maksimal 1,5% dan LW dengan range 1100-1300 gr/liter.

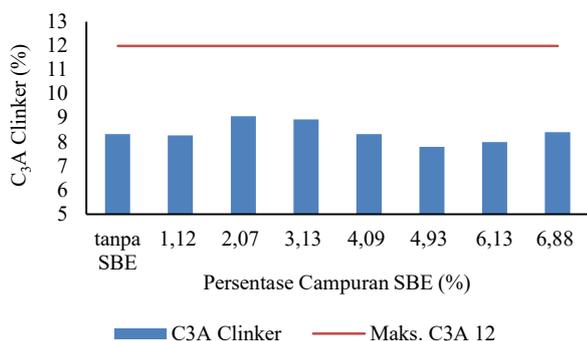


Gambar 5. Kualitas C₃S Clinker

Berdasarkan pada Gambar 5 terlihat kualitas C_3S *clinker* yang dihasilkan dari proses produksi *clinker* menggunakan bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE 0% hingga mencapai 6,88%. Standar kualitas C_3S *clinker* yang ditetapkan oleh perusahaan melalui bagian Department Quality Control yaitu C_3S *clinker* dengan nilai minimal 57%. Terlihat bahwa kualitas C_3S *clinker* bersifat fluktuatif dengan range 59,33% sampai dengan 63,46%. Kualitas C_3S *clinker* yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh kadar *ash* bahan bakar yang juga bersifat fluktuatif.

Penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE mencapai 6,88% tidak berpengaruh pada kualitas C_3S *clinker* yang dihasilkan dari proses pembakaran di mesin *rotary kiln* bila dilihat dari

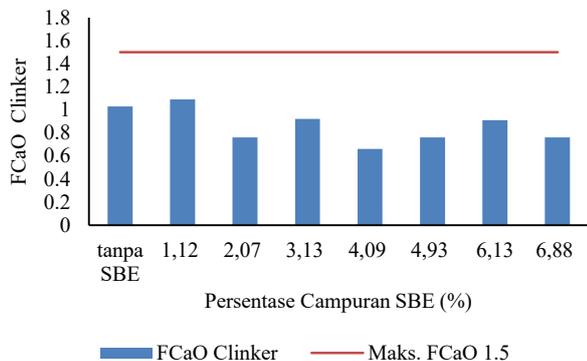
Gambar 5, dimana secara keseluruhan kualitas C_3S *clinker* masih sesuai standar yang telah ditetapkan.



Gambar 6. Grafik Kualitas C_3A *Clinker*

Berdasarkan pada Gambar 6 terlihat kualitas C_3A *clinker* yang dihasilkan dari proses produksi *clinker* menggunakan bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE 0% hingga mencapai 6,88%. Standar kualitas C_3A *clinker* yang ditetapkan oleh perusahaan melalui bagian Department Quality Control yaitu C_3A *clinker* dengan nilai maksimal 12%. Terlihat bahwa kualitas C_3A *clinker* bersifat fluktuatif dengan range 7,79% sampai dengan 9,07%.

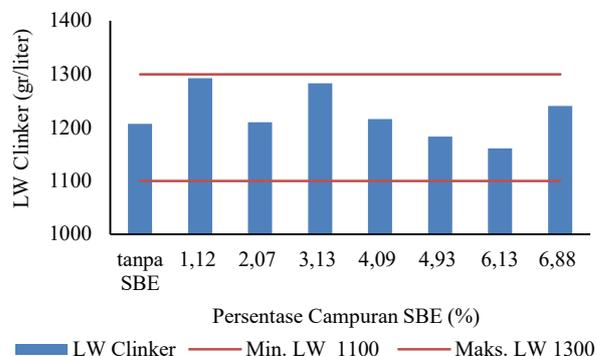
Dari data tersebut semua kualitas C_3A *clinker* masuk standar yang telah ditetapkan, hal ini berarti penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE mencapai 6,88% tidak berpengaruh pada kualitas C_3A *clinker* yang dihasilkan dari proses pembakaran di mesin *rotary kiln*.



Gambar 7. Grafik Kualitas FCaO *Clinker*

Berdasarkan pada Gambar 7 terlihat kualitas FCaO *clinker* yang dihasilkan dari proses produksi *clinker* menggunakan bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE 0% hingga mencapai 6,88%. Standar kualitas FCaO *clinker* yang ditetapkan oleh perusahaan melalui bagian Department Quality Control yaitu FCaO *clinker* dengan nilai maksimal 1,5%. Terlihat bahwa kualitas FCaO *clinker* bersifat fluktuatif dengan range 0,66 sampai dengan 1,09.

Dari data tersebut semua kualitas FCaO *clinker* masuk standar yang telah ditetapkan, hal ini berarti penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE mencapai 6,88% tidak berpengaruh pada kualitas FCaO *clinker* yang dihasilkan dari proses pembakaran di mesin *rotary kiln*.



Gambar 8. Grafik Kualitas LW *Clinker*

Berdasarkan pada Gambar 8 terlihat kualitas LW *clinker* yang dihasilkan dari proses produksi *clinker* menggunakan bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE 0% hingga mencapai 6,88%. Standar kualitas LW *clinker* yang ditetapkan oleh perusahaan melalui bagian Department Quality Control yaitu LW *clinker* dengan nilai minimal 1100 gr/liter dan maksimal 1300 gr/liter. Terlihat bahwa kualitas LW *clinker* bersifat fluktuatif dengan range 1161 gr/liter sampai dengan 1292 gr/liter.

Dari data tersebut semua kualitas LW *clinker* masuk standar yang telah ditetapkan, hal ini berarti penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE mencapai 6,88% tidak berpengaruh pada kualitas LW *clinker* yang dihasilkan dari proses pembakaran di mesin *rotary kiln*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pada hasil studi kasus yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Specific Fuel Consumption* (SFC) dari penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) dengan persentase campuran SBE sebesar 1,12%, 2,07%, 3,13%, 4,09%, 4,93%, 6,13% dan 6,88% masing-masing sebesar 775,19, 773,25, 761,84, 764,92, 763,10, 770,80 dan 746,74 kkal/kg *clinker*
2. Efisiensi biaya yang didapatkan dari penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) dengan persentase campuran SBE sebesar 1,12%, 2,07%, 3,13%, 4,09%, 4,93%, 6,13% dan 6,88% masing-masing sebesar 1,45%, 2,68%, 4,05%, 5,29%, 6,37%, 7,92% dan 8,89%
3. Penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif menurunkan konsumsi bahan bakar dan menurunkan panas pada

gas buang mesin *rotary kiln*

4. Penggunaan limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai bahan bakar alternatif dengan persentase campuran SBE sebesar 1,12%, 2,07%, 3,13%, 4,09%, 4,93%, 6,13% dan 6,88% tidak menurunkan kualitas produk *clinker* yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu, Riska. 2016. Audit Energi pada *Dry Process Rotary Kiln System* di Pabrik Semen. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Mardiana, G., dan Mahardika, R. 2010. Pemanfaatan Limbah Biomass Sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Kegiatan Co-processing di Semen Gresik. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010*, Semarang, 4-5 Agustus 2010. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, 1-6.
- Minerba.esdm.go.id. (2022, 15 April). Tabel Harga Mineral dan Batubara Acuan. Diakses pada 15 April 2022, dari https://www.minerba.esdm.go.id/harga_acuan
- Pramesthi, F.D. 2009. Penggunaan Bahan Bakar Alternatif di Industri Semen. *Tesis*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Siami, L, Indrawati, D., Tazkiaturrizki, Dewi, R.A.K., dan Dwiana, A. 2021. Potensi Limbah B3 *Spent Bleaching Earth* Sebagai Bahan Bakar Pada Industri Minyak Goreng PT. ABC. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti Vol. 6 No. 1*.
- Yusnimar, Zahrina, I., dan Heltina, D. 2012. Sumber Bahan Bakar Alternatif Dari *Spent Bleaching Earth* Asal Industry Refinery Minyak Sawit. Laporan Hibah Kompetitif Penelitian Strategis Nasional. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.