

Analisa Klinker Berdasarkan Lime Saturation Factor (LSF), Silica Modulus (SM) dan Alumina Modulus (AM) Untuk Menjaga Kualitas Produk Di PT Cemindo Gemilang Desa Darmasari Kecamatan Bayah Kabupaten Lebak Provinsi Banten

Clinker Analysis Based On Lime Saturation Factor (LSF), Silica Modulus (SM) and Modulus Alumina (AM) To Maintain Quality Product In PT Cemindo Gemilang Country Darmasari District Bayah Regency Of Lebak Banten Province

¹Intan Andhini Puspita Sari, ²Pramusanto, ³Sriwidayati
^{1,2}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116
email: ¹intanandhinips@gmail.com

Abstract. Minerals are widely used as industrial materials. One of the industries that use mining as raw material is cement industry. Raw materials used in this industry include limestone, clay, quartz sand and iron sand. The main products produced by PT Cemindo Gemilang are Ordinary Portland Cement (OPC), Portland Composite Cement (PCC) and clinker. To maintain product quality, strict controlling of all raw materials used in cement production process. Controlling the quality of raw materials is done periodically from raw materials, materials in the process to the finished material in the form of clinker. From the initial process to becoming clinker there are 4 locations of sampling that is belt conveyor premix, raw mill, kiln feed and kiln which then done analysis based on three test criteria that is LSF, SM and AM. The value of Al_2O_3 oxide on raw materials analyzed with PGNAA dated July 14, 2017 was 0.5. Given the unavailability of Al_2O_3 corrective material, it will result in the addition of other corrective materials such as CaO , SiO_2 and Fe_2O_3 to be increased in percentage so that LSF, SM and AM values will be achieved. Factors that cause LSF values to deviate due to the level of kiln feed burning, free lime levels, temperature burning zone and potency levels of C_3S . Factors causing the SM value to be deviated are due to burning rate and clinker properties, fuel requirements, free lime rate, coating properties, thermal shock and cement compressive strength levels. Factors that affect the value of AM experiencing irregularities are the level of liquid phase, setting time, heat hydration, cement resistance to sulfate and the initial compressive strength of cement. Prevention repair and evaluation efforts to obtain LSF, SM and AM values for the company's targets are carried out in stages in accordance with clinker process and location. At those located in the kiln feeds, remedial work is done by homogenizing the homogeneous silos and the addition of kiln dust. While in the process located in kiln, improvement effort is done by adding fly ash and temperature adjustment when burning clinker.

Keywords: Industrial, Raw Material, Cement, Quality Control, XRF, LSF, SM, AM

Abstrak. Bahan tambang banyak digunakan sebagai bahan galian industri. Salah satu industri yang menggunakan bahan tambang sebagai bahan baku yaitu industri semen. Bahan baku yang digunakan pada industri ini diantaranya batugamping, tanah liat, pasir kuarsa dan pasir besi. Produk utama yang dihasilkan oleh PT Cemindo Gemilang adalah Ordinary Portland Cement (OPC), Portland Composite Cement (PCC) dan terak semen (klinker). Untuk menjaga kualitas produk maka dilakukan pengontrolan secara ketat terhadap seluruh bahan baku yang digunakan dalam proses produksi semen. Pengontrolan kualitas bahan baku dilakukan secara periodik mulai dari bahan baku, bahan dalam proses hingga bahan jadi berupa klinker. Dari proses awal hingga menjadi klinker terdapat 4 lokasi pengambilan percontohan yaitu belt conveyor premix, raw mill, kiln feed dan kiln yang selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan tiga kriteria pengujian yaitu LSF, SM dan AM. Nilai oksida Al_2O_3 pada bahan baku yang dianalisis dengan PGNAA tanggal 14 Juli 2017 sebesar 0,5. Mengingat tidak tersedianya bahan korektif Al_2O_3 , akan berakibat pada penambahan bahan korektif lainnya seperti CaO , SiO_2 dan Fe_2O_3 harus diperbanyak persentasenya sehingga nilai LSF, SM dan AM akan tercapai. Faktor yang menyebabkan nilai LSF mengalami penyimpangan disebabkan oleh tingkat pembakaran kiln feed, kadar free lime, temperature burning zone dan potensi kadar C_3S . Faktor yang menyebabkan nilai SM mengalami penyimpangan disebabkan oleh tingkat pembakaran dan sifat klinker, kebutuhan bahan bakar, tingkat free lime, sifat coating, thermal shock dan tingkat kuat tekan semen. Faktor yang mempengaruhi nilai AM mengalami penyimpangan yaitu oleh tingkat liquid phase, setting time, panas hidrasi, ketahanan semen terhadap sulfat dan kuat tekan awal

semen. Upaya pencegahan dan perbaikan serta evaluasi untuk mendapatkan nilai LSF, SM dan AM agar dengan target perusahaan dilakukan secara bertahap sesuai dengan proses dan lokasi pembuatan klinker. Pada yang berlokasi di kiln feed, upaya perbaikan dilakukan dengan melakukan homogenisasi pada homogenizing silo dan penambahan kiln dust. Sedangkan pada proses yang berlokasi di kiln, upaya perbaikan dilakukan dengan melakukan penambahan fly ash dan penyesuaian suhu saat pembakaran klinker.

Kata Kunci: Industri, Bahan Baku, Semen, Kontrol Kualitas, XRF, LSF, SM, AM.

A. Pendahuluan

PT Cemindo Gemilang (selanjutnya akan disebut perusahaan) merupakan salah satu produsen semen dengan merek dagang “Semen Merah Putih” yang berlokasi di Desa Darmasari, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten dengan jumlah produksi sebesar 10.000 ton per hari atau setara 4 juta ton semen per tahun. Jenis semen yang di produksi adalah semen Portland tipe I. Untuk menjaga kualitas produksi semen tersebut semua bahan baku yang dimasukkan ke pabrik semen harus dilakukan pengontrolan yang ketat.

Pengontrolan kualitas bahan baku dilakukan secara periodik dari mulai bahan baku, bahan dalam proses hingga bahan jadi berupa klinker. Selanjutnya pengontrolan kualitas dilakukan untuk penyesuaian menjadi semen. Dari bahan baku sampai menjadi klinker terdapat 4 lokasi pengambilan percontoh yaitu belt conveyor premix, raw mill 1, raw mill 2 kiln feed dan kiln yang selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan tiga kriteria pengujian yaitu LSF, SM dan AM.

Penulisan ini dilatarbelakangi dengan adanya permasalahan pada beberapa hasil pengamatan dari setiap proses tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan target perusahaan. Dalam pengontrolan kualitas diperlukan target agar bahan baku dan hasil akhir tidak mengalami penyimpangan yang terlalu jauh mengacu pada standar yang digunakan. Apabila pada bahan baku atau bahan dalam proses tidak sesuai dengan persyaratan maka dapat dipastikan jika terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penyimpangan tersebut. Sehingga untuk menghasilkan klinker yang sesuai dengan persyaratan perlu dilakukannya upaya perbaikan proporsi dan pengontrolan kualitas secara periodik di mulai dari bahan baku hingga menjadi klinker.

B. Landasan Teori

1. Terak Semen

Terak semen portland merupakan bahan hidrolik yang sebaiknya mengandung $\frac{2}{3}$ kalsium silikat dalam bentuk (CaCO_3) , SiO_2 dan $(\text{CaO})_2.\text{SiO}_2$ dan selebihnya berisi aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3) dan oksida-oksida lainnya. Terak semen Portland jenis I adalah terak semen yang dapat digunakan untuk pembuatan semen Portland jenis I, semen Portland pozolan (PPC), semen aduk pasangan, semen Portland campur dan jenis semen lain yang sesuai. (SNI 15-6514-2001, Terak Semen Portland)

2. Semen Portland Komposit

Semen Portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat dan batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen Portland komposit. (SNI 7064:2014, Semen Portland Komposit)

3. Unsur Kimia dalam Klinker

Umumnya terdapat empat kandungan senyawa utama pembentuk klinker yaitu C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF . Keempat komponen tersebut memiliki peranannya masing-masing dalam klinker. Di dalam klinker terdapat kandungan senyawa yaitu diantaranya :

1. Trikalsium Silikat ($3CaO.SiO_2$) atau disingkat dengan C_3S .
2. Dikalsium Silikat ($2CaO.SiO_2$) atau disingkat dengan C_2S .
3. Trikalsium Aluminat ($3CaO.Al_2O_3$) atau disingkat dengan C_3A .
4. Tetra Kalsium Aluminat ($4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$) atau disingkat dengan C_4AF .

4. Bahan Baku Klinker

1. Bahan baku utama klinker terdiri dari:
2. Batu kapur, yang mengandung 50% $CaCO_3$ atau lebih sering disebut dengan lime stone. Batu kapur yang digunakan sebanyak $\pm 81\%$.
3. Tanah liat (clay). Tanah liat yang digunakan sebanyak $\pm 9\%$.
4. Bahan aditif klinker terdiri dari:
5. Pasir besi (Fe_3O_4) atau Copper Slag ($Fe.SiO_3$, Ca_2Fe , CuO). Pasir besi yang digunakan sebanyak $\pm 1\%$.
6. Pasir silika (SiO_2). Pasir silika digunakan sebanyak $\pm 9\%$.
7. Gypsum ($CaSO_4. 2H_2O$) Pada penggilingan akhir digunakan gipsum sebanyak 3-5% total pembuatan semen.

5. Sifat Kimia Klinker

Parameter kualitas produk (*Lime Saturation Factor* = LSF, *Hydraulic Modulus* = HM, *Silica Modulus* = SM, *Alumina Modulus* = AM, kehalusan, kadar air dan homogenitas) perlu dikontrol untuk menjaga agar kualitas hasil produk yang diperoleh sesuai dengan target raw meal desain yang telah ditetapkan sebelumnya.

- a. *Lime Saturation Factor* (LSF). LSF menunjukkan jumlah maksimum CaO yang diperlukan untuk bereaksi dengan oksida lain sehingga tidak terjadi *free lime* berlebihan di klinker.

$$LSF = \frac{100 \text{ CaO}}{2,8 \text{ SiO}_2 + 1,18 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,65 \text{ Fe}}$$

- b. *Silica Modulus* (SM). Silica modulus merupakan indikator tingkat kesulitan pembakaran raw material. Silica Ratio juga memberikan gambaran tentang mutu klinker yang akan dihasilkan dan banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan.

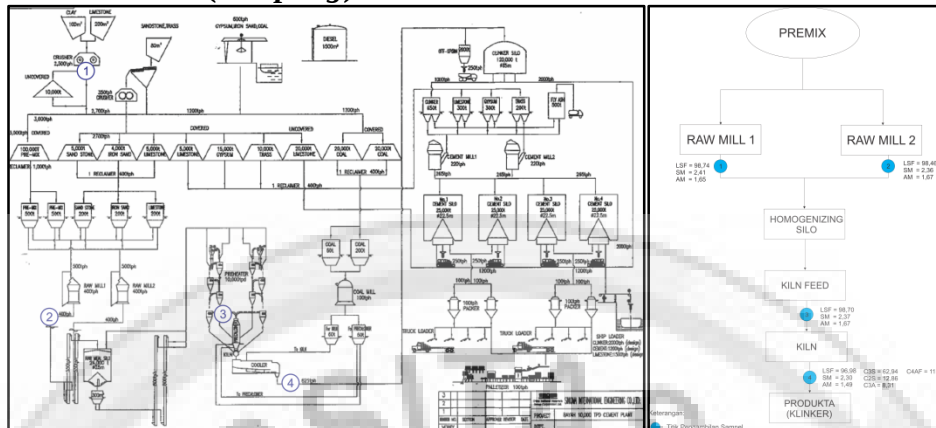
$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

- c. *Alumina Modulus* (AM). Nilai AM yang lebih rendah dijumpai pada jenis semen yang tahan terhadap sulfat, sedangkan nilai AM yang lebih tinggi dijumpai pada semen putih.

$$AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengambilan Contoh (*Sampling*)



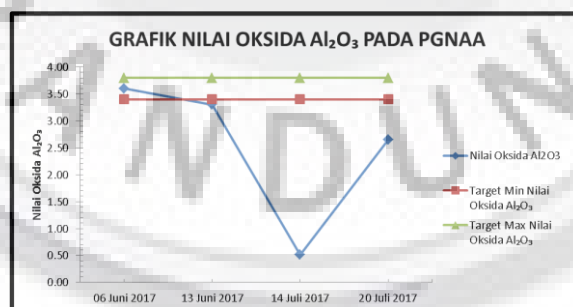
Gambar 1. Contoh Sampling

Pengambilan contoh yang bertujuan untuk mengontrol kualitas semen dilakukan pada tiga lokasi berbeda yaitu pada *crusher quarry* (1), *raw mill* (2), *kiln feed* (3) dan *kiln* (4). Umumnya pada setiap lokasi pengambilan sampel yang akan dilakukan pengujian diambil sebanyak 5 kilogram. Kemudian dari jumlah tersebut di reduksi menjadi 2 gram untuk dijadikan *pellet* agar dapat dilakukan analisis dengan alat XRF.

Tabel 1. Nilai Oksida Bahan Baku Umpan *Premix*

BAHAN BAKU DALAM PREMIX													
TANGGAL	TPH	NILAI OKSIDA (%)								LOI	LSF	SM	AM
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃				
06 Juni 2017	1428	11.55	3.60	1.68	44.84	0.22	2.25	0.69	-0.02	43.72	145.04	1.81	2.13
13 Juni 2017	2643	9.59	3.30	1.57	44.40	0.14	1.49	0.22	-0.29	34.34	131.91	1.90	2.06
14 Juli 2017	1097	1.79	0.51	0.57	30.13	0.72	4.41	1.22	-0.55	19.28	278.01	3.96	1.04
20 Juli 2017	2704	8.02	2.65	1.24	47.14	1.40	0.18	0.35	-0.22	42.33	209.51	1.86	2.09

Keterangan: * = Batas nilai Al₂O₃ dari 3,4 – 3,8



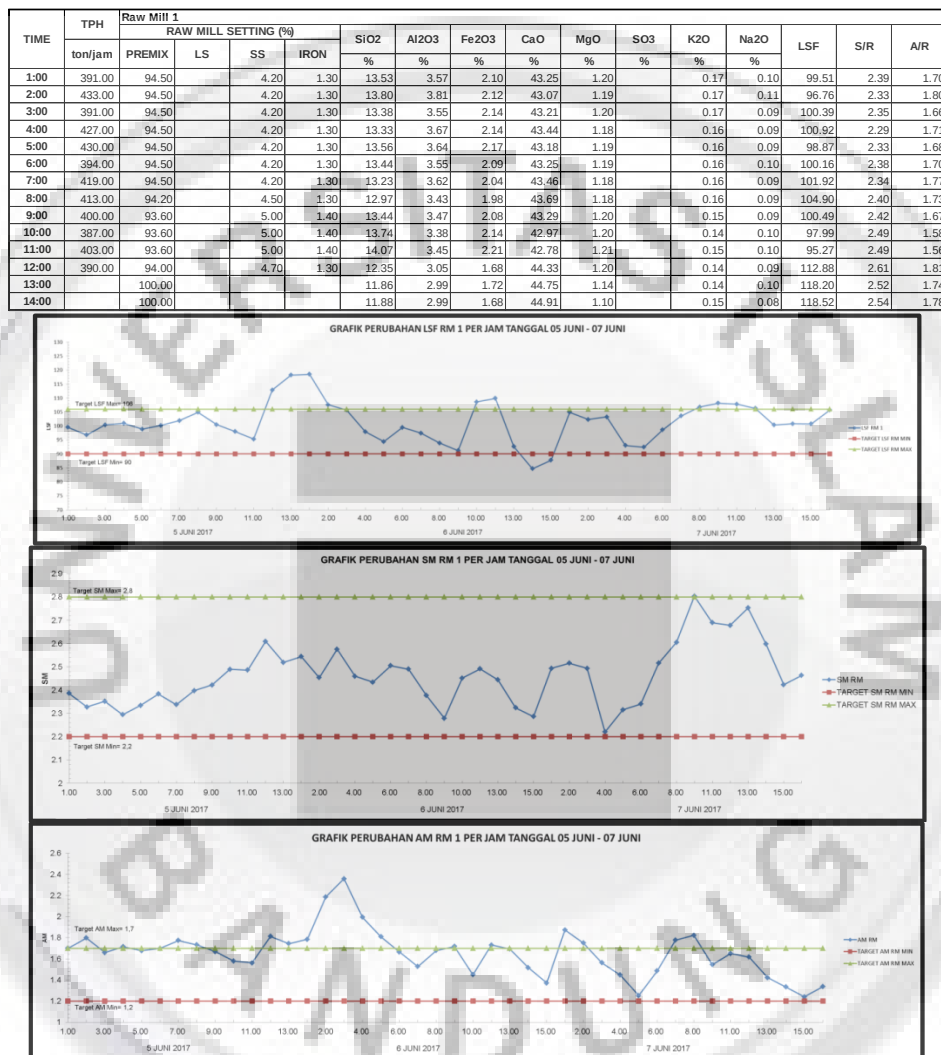
Gambar 2. Nilai Oksidasi

Grafik diatas merupakan salah satu contoh data yang diambil dari bahan baku umpan premix diatas belt conveyor menggunakan alat PGNAA dimana pada tanggal 14 Juli 2017 terjadi penurunan nilai Al₂O₃ sebesar 0,5 hingga berada dibawah target perusahaan yaitu 3,4. Dengan adanya penurunan nilai ini, maka pihak dari *quality control* yang berlokasi di pabrik dapat dengan segera memberikan informasi pada pihak *quarry* untuk meningkatkan kembali nilai Al₂O₃ dengan cara mensuplai bahan baku tanah liat (*clay*) yang menuju premix dengan kualitas baik (sesuai target).

Pengontrolan menggunakan alat PGNAA dapat dilakukan setiap saat dengan sistem komputer sehingga bila terjadi penurunan nilai Al_2O_3 dapat dengan segera diinformasikan ke *quarry*.

Raw Mill 1

Data yang diambil dalam analisa sampel menggunakan alat XRF yaitu nilai oksida dari masing-masing unsur kemudian diolah untuk mendapatkan nilai LSF, SM dan AM.



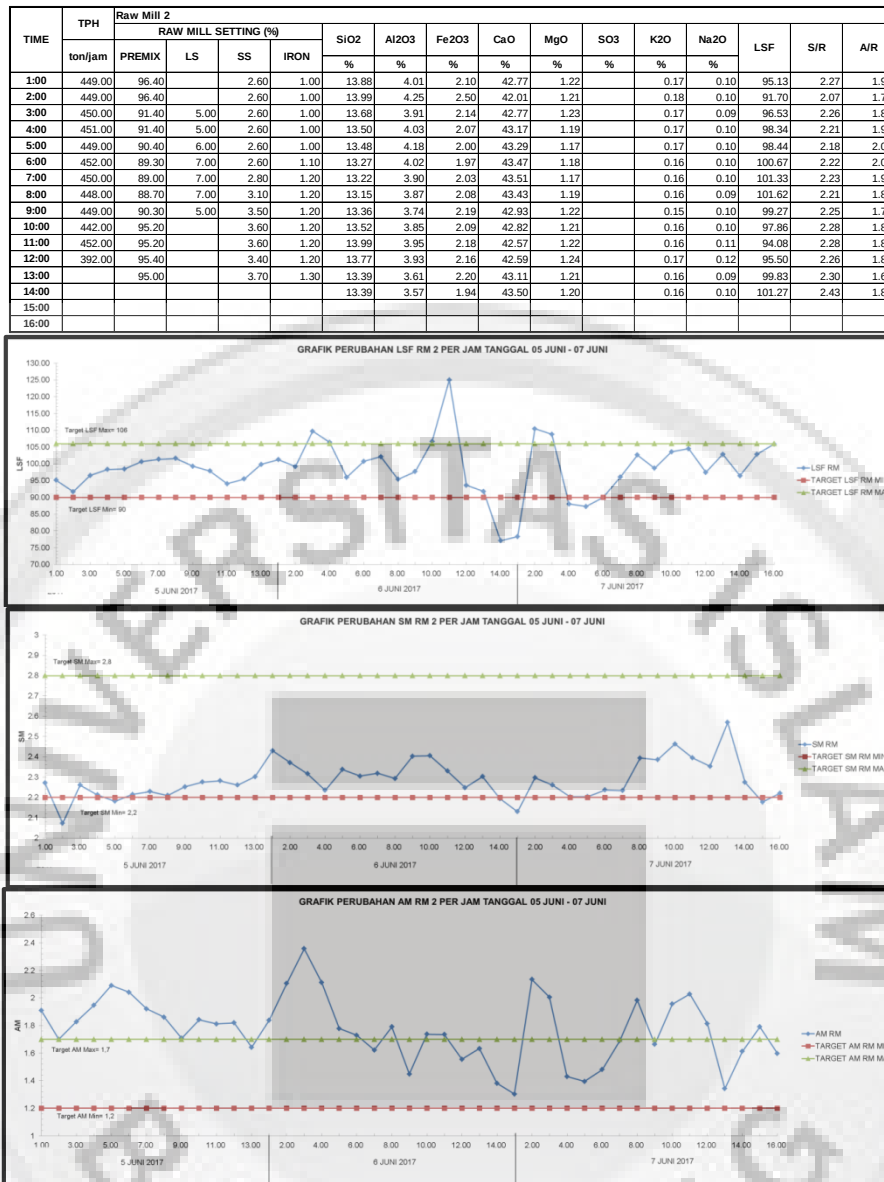
Gambar 3. Raw Mill 1

Nilai LSF yang melebihi target akan menyebabkan *kiln feed* sulit di bakar, kadar *free lime* yang tinggi, temperatur *burning zone* tinggi dan kadar C_3S yang tinggi.

Nilai AM yang melebihi target akan menyebabkan *liquid phase* yang tinggi, setting time semen yang pendek, panas hidrasi semen tinggi dan ketahanan semen terhadap sulfat yang rendah.

Raw Mill 2

Data yang diambil dalam analisa sampel menggunakan alat XRF yaitu nilai oksida dari masing-masing unsur kemudian diolah untuk mendapatkan nilai LSF, SM dan AM.



Gambar 4. Raw Mill 1

Nilai LSF yang melebihi target akan menyebabkan *kiln feed* sulit di bakar, kadar *free lime* yang tinggi, temperatur *burning zone* tinggi dan kadar C_3S yang tinggi. Sedangkan nilai LSF yang kurang dari target akan menyebabkan kiln feed mudah di bakar, kadar *free lime* rendah, *liquid phase* berlebihan, cenderung membentuk *ring & coating* pada kiln dan potensi kadar C_3S rendah dan C_2S tinggi.

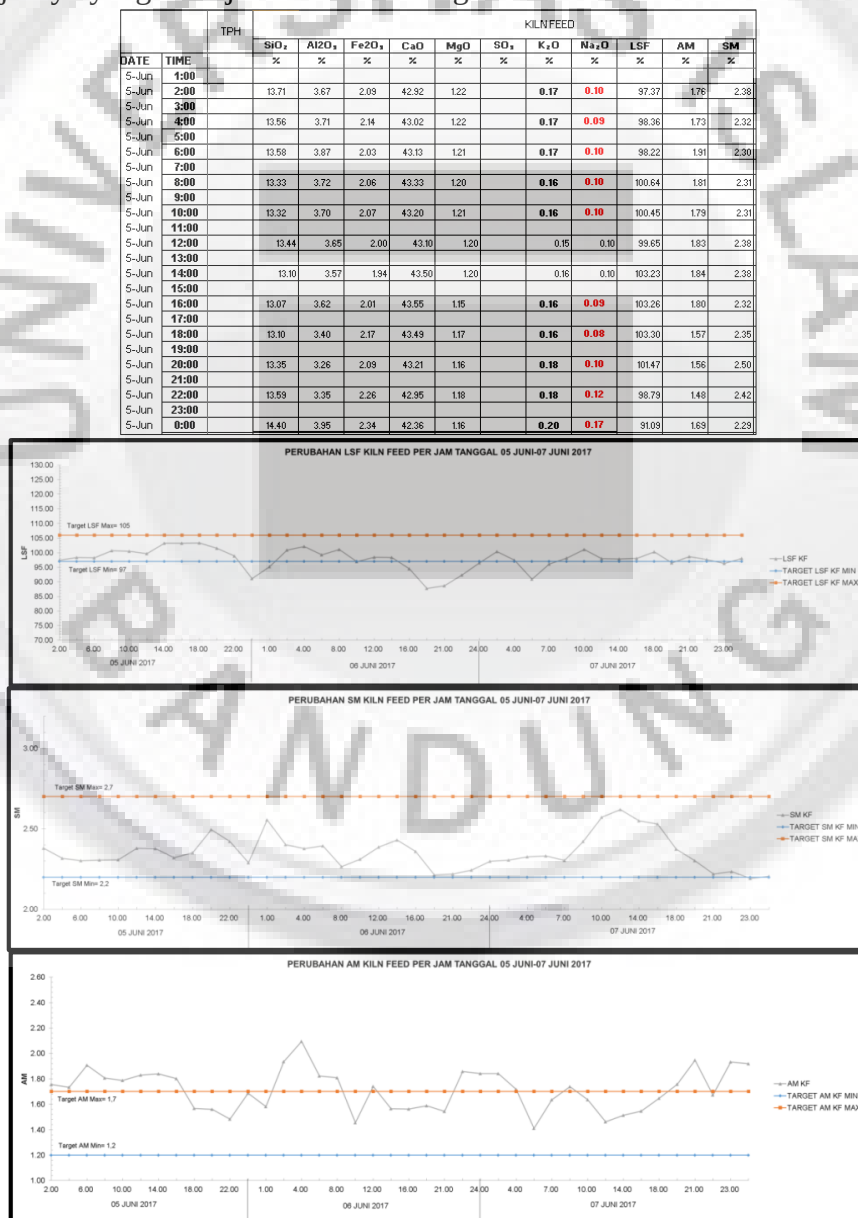
Nilai SM yang kurang dari target akan menyebabkan bahan baku menjadi mudah dibakar, kebutuhan bahan bakar yang rendah, klinker akan berbentuk seperti bola dan susah untuk digiling, kekuatan awal semen yang rendah dan menghasilkan *setting time* semen yang tinggi.

Nilai AM yang melebihi target akan mengakibatkan *liquid phase* yang cenderung rendah, *setting time* yang lama dan kuat tekan awal semen yang rendah.

Kiln Feed (Preheater)

Kiln feed merupakan tahapan ketiga bahan baku dalam proses. Sebelum bahan baku masuk ke dalam proses *kiln feed*, bahan baku ditampung terlebih dahulu pada *homogenizing silo*. Tujuan dari penampungan ini agar bahan baku dengan kualitas yang berada dibawah atau atas dari target perusahaan akan tercampur (*blending*) dengan bantuan uap panas yang ditiupkan dari dasar *silo* sehingga material didalam *silo* akan berputar sebelum masuk ke dalam *kiln feed*.

Material yang masuk ke dalam *kiln feed* akan dipisahkan antara bahan baku dan gas sehingga terjadi proses pengurangan kadar air (pengeringan). Pengambilan contoh dalam proses *kiln feed* dilakukan setiap dua jam selama 24 jam yaitu setiap angka genap. Pada tahap ini dilakukan pengontrolan terhadap kualitas bahan baku meliputi nilai LSF, SM dan AM. Apabila nilai LSF yang di analisa belum memenuhi target maka dapat ditambah menggunakan *kiln dust* yang berasal dari sisa-sisa material *kiln feed* selanjutnya yang bertujuan untuk meningkatkan nilai LSF.



Gambar 5. Kiln Feed (Preheater)

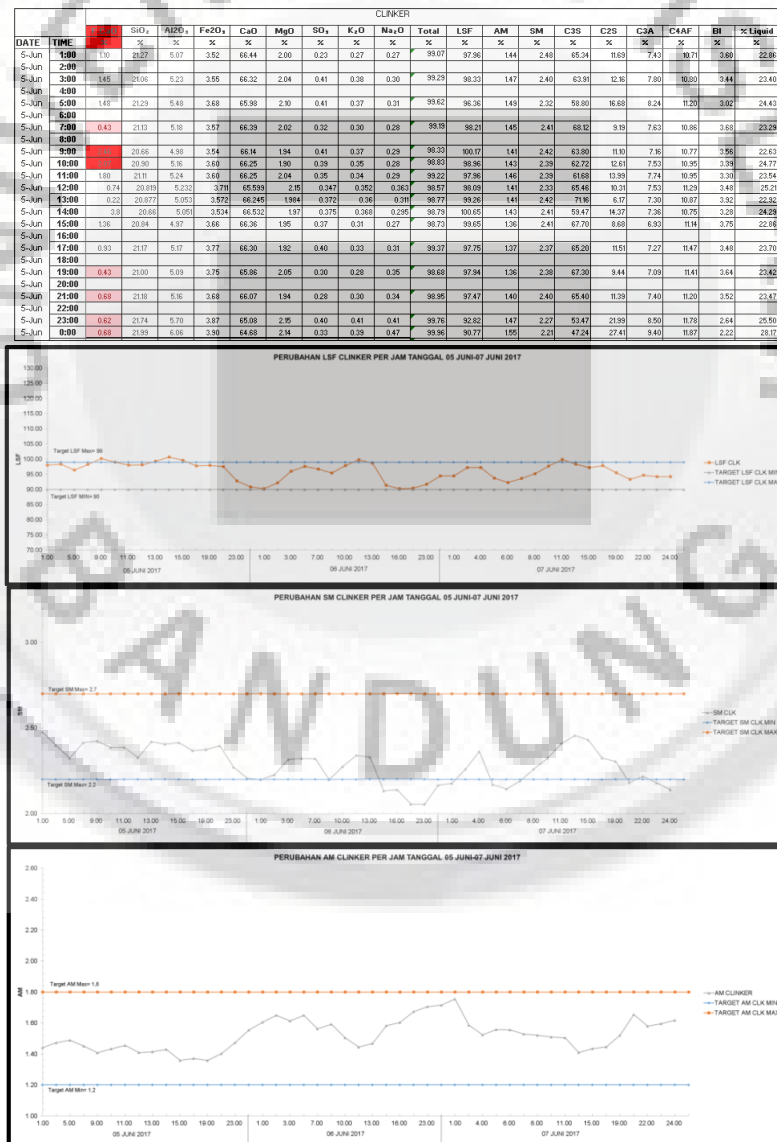
Nilai LSF yang kurang dari target akan menyebabkan *kiln feed* mudah di bakar, kadar *free lime* rendah, *liquid phase* berlebihan, cenderung membentuk *ring & coating* pada *kiln* dan potensi kadar C_3S rendah dan C_2S tinggi.

Perubahan nilai AM didominasi oleh peningkatan nilai AM sehingga dapat menyebabkan *liquid phase* yang tinggi, setting time semen yang pendek, panas hidrasi semen tinggi dan kethanan semen terhadap sulfat yang rendah.

Kiln

Data yang diambil dalam analisa sampel menggunakan alat XRF yaitu nilai oksida dari masing-masing unsur kemudian diolah untuk mendapatkan nilai LSF, SM dan AM.

Kiln merupakan tahapan keempat bahan baku dalam proses. Setelah bahan baku masuk ke dalam *kiln feed* selanjutnya disalurkan menggunakan *air slide* menuju *kiln*. Di dalam *kiln* terjadi proses pembentukan senyawa C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF . Senyawa-senyawa ini akan berpengaruh terhadap sifat fisika dan sifat kimia klinker dan semen.



Gambar 6. Kiln

Nilai LSF yang melebihi target akan menyebabkan *kiln feed* sulit di bakar, kadar *free lime* yang tinggi, temperatur *burning zone* tinggi dan kadar C_3S yang tinggi.

Penurunan nilai SM akan mempengaruhi pada material yang mudah terbakar, kebutuhan panas (bahan bakar) panas, klinker berbentuk bola dan sulit digiling, kekuatan awal semen yang rendah dan menghasilkan *setting time* semen yang pendek.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan di PT Cemindo Gemilang, Desa Darmasari, Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten tanggal 05 Juni 2017 hingga 31 Juni 2017, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai oksida Al_2O_3 pada bahan baku yang dianalisis dengan PGNAA tanggal 14 Juli 2017 sebesar 0,5 di luar target. Mengingat tidak tersedianya bahan korektif Al_2O_3 , akan berakibat pada penambahan bahan korektif lainnya seperti CaO , SiO_2 dan Fe_2O_3 harus diperbanyak persentasenya sehingga nilai LSF, SM dan AM akan tercapai. Komposisi *limestone* yang dapat mencapai target sebesar 0 hingga 6%. Komposisi silika yang dapat mencapai target sebesar 5 hingga 7%, sedangkan komposisi *iron* yang dapat mencapai target sebesar 1 hingga 1,7% dan sisanya berupa premix.
2. Faktor yang menyebabkan nilai LSF mengalami penyimpangan disebabkan oleh tingkat pembakaran *kiln feed*, kadar *free lime*, *temperature burning zone* dan potensi kadar C_3S . Faktor yang menyebabkan nilai SM mengalami penyimpangan disebabkan oleh tingkat pembakaran dan sifat klinker, kebutuhan bahan bakar, tingkat *free lime*, sifat *coating*, *thermal shock* dan tingkat kuat tekan semen.
3. Faktor yang mempengaruhi nilai AM mengalami penyimpangan yaitu oleh tingkat *liquid phase*, *setting time*, panas hidrasi, ketahanan semen terhadap sulfat dan kuat tekan awal semen. Nilai LSF, SM dan AM yang sesuai dengan target perusahaan dapat dicapai dengan cara evaluasi, perbaikan dan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan tahap proses pembuatan klinker. Evaluasi dilakukan pada setiap yaitu pada *raw mill*, *kiln feed* dan *clinker*. Sedangkan perbaikan dan pencegahan dilakukan pada setiap tahap proses kecuali proses *raw mill*. Hal ini disebabkan RM hanya bertujuan sebagai reduksi ukuran berupa bahan baku yang berasal dari *bin premix*, *bin silica* dan *bin iron sand*. Selanjutnya pada proses yang berlokasi di *kiln feed*, upaya perbaikan dilakukan dengan melakukan homogenisasi pada *homogenizing silo* dan penambahan *kiln dust*. *Kiln dust* yang ditambahkan sebanyak 10% dari umpan kiln. Sedangkan pada proses yang berlokasi di kiln, upaya perbaikan dilakukan dengan melakukan penambahan *fly ash* dan *trass* sebanyak $\pm 10\%$ serta penyesuaian suhu saat pembakaran klinker.

E. Saran

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan di PT Cemindo Gemilang, Desa Darmasari, Kecamatan Bayah, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten tanggal 05 Juni 2017 hingga 05 Juli 2017, terdapat beberapa saran diantaranya:

1. Dalam pengambilan sampel yang dilakukan oleh sample man diusahakan harus sesuai dengan pengambilan standar sampel yang telah ditentukan hal ini harus dilakukan demi meminimalisir kesalahan dalam analisa yang dilakukan.
2. Pengontrolan terhadap kadar alumina melalui alat PGNAA harus dilakukan secara berkala, hal ini dilakukan agar kadar nilai oksida dalam bahan baku tidak melampaui dari batas yang telah ditentukan. Untuk meminimalisir kesalahan

dapat dilihat nilai standar deviasi pada raw mill, semakin kecil nilai standar deviasi maka semakin sedikit kesalahan sedangkan semakin besar nilai standar deviasi maka akan semakin besar kesalahan yang terjadi.

3. Periode pengkoreksian terhadap bahan baku yang masuk ke dalam premix harus dilakukan setiap shift sehingga kuantitas bahan baku tidak terlalu jauh dari target setiap proses pengolahan untuk menghasilkan produk berupa klinker.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2013. "Industri Pembuatan Semen". Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- Anonim. 2014. "Bahan Semen dan Persyaratannya". Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- H.N.Baner. 1982. "Technology Of Portland Cement Blended Cement". Bombay: India.
- Lefond. J. Stanley. 1983. "Industrial Minerals and Rocks (Nonmetallics other than Fuels)". Society of Mining Engineers. New York.
- Pramanda, Ryan. 2011. "Teknologi Semen". Fakultas Teknik. Universitas Samudera Langsa.
- Pramusanto, 2016, "Bahan Ajar Buku Pengetahuan Tentang Bahan", Universitas Islam Bandung
- Ratnasari, Dewi. 2016. "Teknologi Semen". Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Malikussaleh Lhokseumawe.
- Santoso, Arya, Ichsan, et.al. 2012. "Industri Semen". Program Studi Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya.
- Suhala, Supriatna, et.al. 1997. "Bahan Galian Industri". Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.
- SNI 15-6514-2001. "Terak Semen Portland".
- SNI 7064:2014. "Semen Portland Komposit".