



Studi Pengaruh Komposisi Umpan Kiln Terhadap Kualitas Klinker di PT. Semen Tonasa

Aldiyansyah^{1*}, Aqsal Ramadhan Shaddad², La Ode Dzakir³.

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Kendari, Indonesia

³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November, Kolaka, Indonesia

Info Artikel

Diajukan: 10/09/2024

Diterima: 30/09/2024

Diterbitkan: 30/10/2024

Keywords:

Bait Composition; Kiln;
Clinker Quality; Raw
Material.

Kata Kunci:

Komposisi Umpan; Kiln;
Kualitas Klinker; Bahan
Baku.



Lisensi: cc-by-sa

ABSTRACT

The processes of combustion and clinker cooling have a major impact on the production plan to be achieved so that the kiln bait composition affects the quality of the clinker. The research aimed to determine the process of clinker processing and to discover the structure of kiln bait. It used direct research where the data collection stage includes observation and interview. The research data includes data of kiln bait composition and the data of burning temperature in the kiln. The results showed that the kiln bait composition and combustion temperature were essential parameters in controlling the clinker combustion operation. The average number of limestone. LSF calculations has met the standards, but the quality of SM and AM does not meet the standards caused by the high amount of Al_2O_3 compositions. A kiln bait meeting the standard will result in a quality clinker marked with a brownish clinker. Conversely, a non-qualified clinker will be white. Based on the result of research, it can be concluded that the clinker processing includes raw material mill in the raw mill, raw material burning in the kiln, and cooling of raw material in grate cooler, and kiln bait composition which affect the quality of clinker are SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , and CaO .

ABSTRAK

Proses pembakaran dan pendinginan klinker berdampak besar terhadap rencana produksi yang ingin dicapai sehingga komposisi umpan kiln mempengaruhi kualitas dari klinker. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui proses dari pengolahan klinker dan mengetahui komposisi umpan kiln. Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian secara langsung, tahap pengambilan data meliputi pengamatan, observasi dan wawancara, data penelitian meliputi data komposisi umpan kiln dan data temperatur pembakaran dalam kiln, Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi umpan kiln serta temperatur pembakaran merupakan parameter yang penting pada pengendalian operasi pembakaran klinker, jumlah rata-rata perhitungan LSF batugamping telah memenuhi standar, kualitas SM dan AM tidak memenuhi standar disebabkan jumlah komposisi Al_2O_3 yang tinggi, umpan kiln yang memenuhi standar akan menghasilkan klinker yang berkualitas ditandai dengan klinker berwarna kecoklatan, Sebaliknya klinker yang tidak berkualitas akan berwarna putih. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa pengolahan klinker meliputi penggilingan bahan baku di raw mill, pembakaran bahan baku di dalam kiln, dan pendinginan bahan baku di grate cooler, serta komposisi umpan kiln yang mempengaruhi kualitas klinker adalah SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO .

Corresponding Author:

Aldiyansyah

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Kendari, Indonesia.

Aldiyansyah@umkendari.ac.id

PENDAHULUAN

Semen adalah bahan perekat hidraulik yang menyatukan bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh, berfungsi sebagai pengikat antara dua atau lebih material menjadi bagian kompak. Dalam arti luas, semen adalah material plastis yang memberikan sifat rekat antara batuan-batuan konstruksi (Budiman & Hadi, 1994).

Industri semen termasuk industri padat energi karena memerlukan penggunaan energi listrik dan energi panas (bahan bakar) secara intensif dalam proses produksinya (Fatimah *et al.*, 2020). Beberapa studi telah menyoroti bahwa intensitas energi di sektor semen sangat tinggi, memicu penelitian tentang efisiensi energi dan alternatif bahan bakar (Agustina, 2025; Auditor Energi, 2021).

Proses produksi semen biasanya melalui tahapan: penambangan, penggilingan bahan baku, pembakaran di kiln, pendinginan klinker, penggilingan akhir dan pengemasan. Proses ini juga berlaku pada pabrik semen Indonesia seperti PT Semen Baturaja yang menerapkan proses kering (*dry process*) sebagai metode produksinya (Riskiah & Safaruddin, 2022).

Kualitas bahan baku sangat penting dalam menentukan mutu semen akhir. Menurut Sukandarrumidi (1998), bahan baku seperti batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi, dan gipsum harus memenuhi spesifikasi tertentu agar siklus proses berjalan optimal. Kajian mutakhir juga menegaskan bahwa proporsi dan homogenitas bahan baku sangat mempengaruhi stabilitas operasi kiln dan kualitas klinker (Hakim, 2023).

Produk hasil pembakaran bahan baku umumnya terdiri dari senyawa seperti C_3S , C_2S , C_4AF , dan C_3A , ditambah gipsum ($CaSO_4 \cdot H_2O$) sebagai regulator waktu pengerasan (Nawy, 1985). Dalam praktik industri modern, kandungan CaO bebas dan faktor saturasi kapur (LSF) menjadi parameter penting dalam evaluasi kualitas klinker (Rahim *et al.*, 2023).

Proses pembuatan semen dapat dibedakan menjadi proses kering, semi-kering/semi-basah, dan basah (Deolalker, 2009). Pemilihan jenis proses mempengaruhi kebutuhan energi dan karakteristik klinker yang dihasilkan. Di samping itu, efisiensi pendinginan di alat seperti *grate cooler* juga sangat berpengaruh terhadap kemudahan penggilingan dan kualitas akhir semen (Saputra *et al.*, 2022).

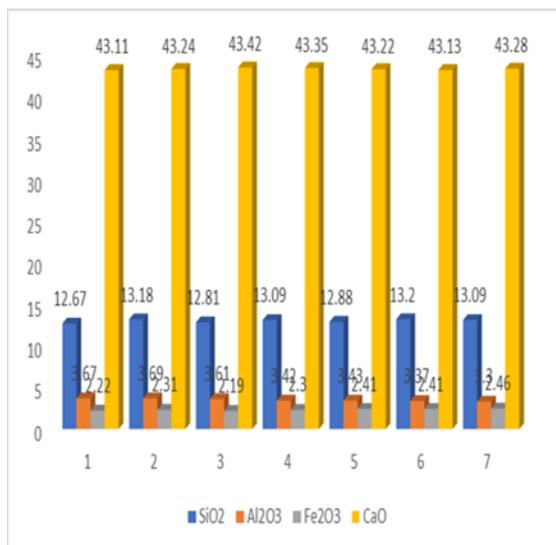
Model simulasi dinamis untuk kiln pun telah dikembangkan untuk menganalisis evolusi senyawa klinker dan proses pembakaran secara lebih terperinci (Svensen *et al.*, 2024). Model ini membantu dalam merancang sistem kontrol proses untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil produksi.

METODE

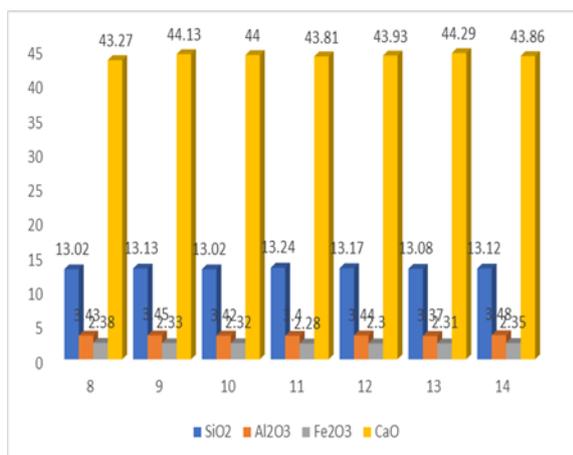
Data dalam penelitian ini diperoleh melalui pengumpulan langsung di lapangan dan literatur yang relevan. Data primer dikumpulkan melalui observasi dengan mengamati kondisi di area pengolahan klinker, khususnya di *Central Control Room* (CCR), menggunakan alat tulis untuk mencatat hasil temuan dan kamera sebagai dokumentasi serta bukti kegiatan penelitian. Informasi yang diperoleh berupa komposisi umpan kiln dan proses pembakaran. Sementara itu, data sekunder didapatkan dari perusahaan dan studi pustaka yang terkait. Seluruh data yang terkumpul, baik primer maupun sekunder, kemudian diolah untuk menghasilkan informasi mengenai kualitas klinker dan komposisi umpan kiln.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batugamping didapatkan dalam bentuk campuran dengan tanah liat dan oksida-oksida lain sehingga warnanya menjadi abu-abu sampai kuning. Batugamping tersusun atas Kristal halus dan kasar yang umurnya dipengaruhi umur geologinya. Nilai kekerasan batugamping berkisar antara 1,8–3,0 skala *Mosh*. Mineral utama dalam batuan ini adalah *calsite*, berbentuk *Kristal heksagonal* dengan *specific gravity* 2,7 dan aragonite yang berbentuk *Kristal rhombic* dengan *specific gravity* 2,95 dengan mineral pengotor yang mengikutinya antara lain *quartz*, *chalcedony*, *opal* untuk oksida silika, *dolomite* dan *magnesite* untuk oksida murni batugamping berwarna putih. Proses pembuatan semen, senyawa *dolomite* ini dapat berubah menjadi *kristal magnesium oksida* bebas yang dapat menurunkan mutu semen yang dihasilkan. Menurut SNI 15-2049-1994 kadar *MgO* bebas ini tidak boleh melebihi 5%.



Gambar 1. Grafik Komposisi Umpan Kiln Unit 2 Semen Tonasa Pada Minggu Pertama.



Gambar 2. Grafik Komposisi Umpan Kiln Unit 2 Semen Tonasa Pada Minggu Kedua.

Besaran Mutu *LSF* (*Lime Saturation Factor*)

Perbandingan seluruh *CaO* di *raw meal* (*kiln feed*) dengan *CaO* standar yang mengikat oksida-oksida lain membentuk mineral potensial semen.

$$LSF = \frac{100 \cdot CaO}{2,8SiO_2 + 1,18Al_2O_3 + 0,65Fe_2O_3}$$

Besaran Mutu *SM* (*Silika modulus*)

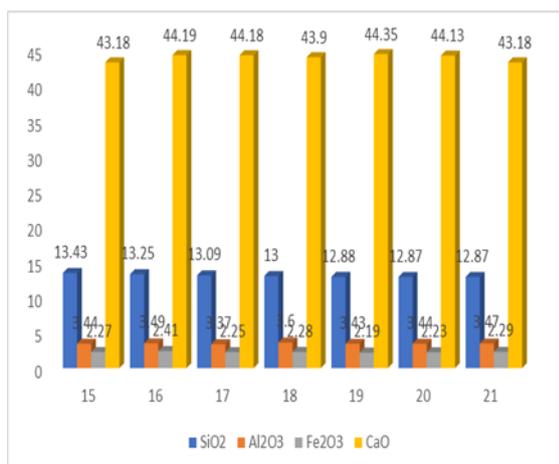
Perbandingan antara oksida silika dengan oksida alumina dan besi.

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

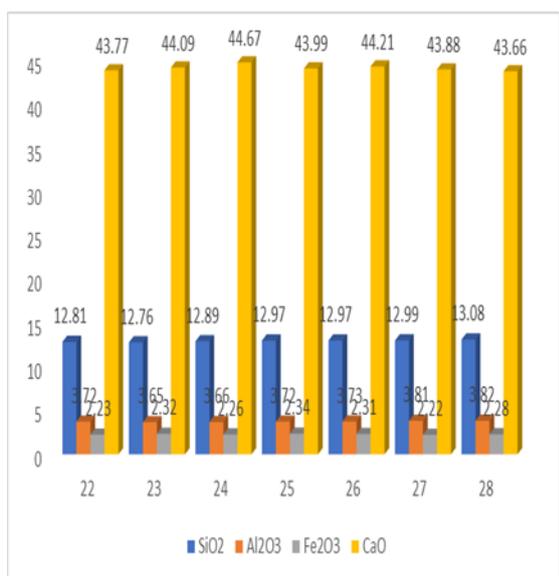
Besaran Mutu *AM* (*Alumina Modulus*).

Perbandingan antara oksida alumina dengan oksida besi. Besaran *AM* akan berpengaruh pada warna dari klinker dan semen. Semakin tinggi besaran *AM* maka semakin terang pula warna dari semen tersebut.

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



Gambar 3. Grafik Komposisi Umpan Kiln Unit 2 Semen Tonasa Pada Minggu Ketiga.



Gambar 4. Grafik Komposisi Umpan Kiln Unit 2 Semen Tonasa Pada Minggu Keempat.

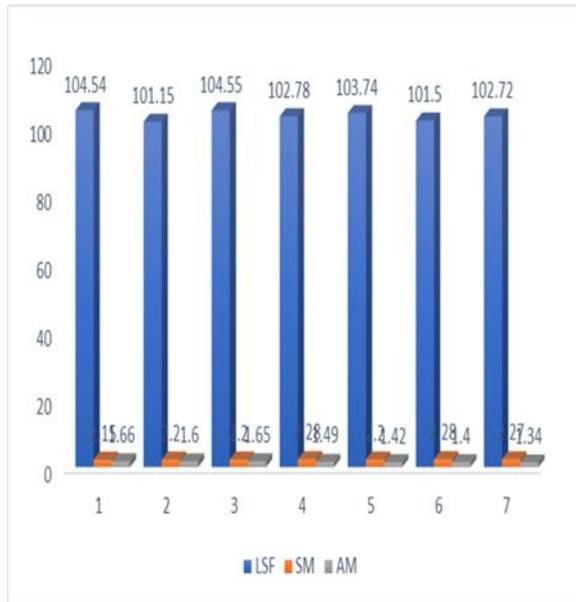
Tabel 1. Temperatur pembakaran umpan kiln

Zona pembakaran	Suhu pembakaran
Suspension preheater	349 ^o C
Kalsinasi	900 ^o C sampai 1000 ^o C
Transisi	1000 ^o C sampai 1250 ^o C
Pembakaran	1250 ^o C sampai 1500 ^o C
Pendinginan	1500 ^o C sampai 1300 ^o C

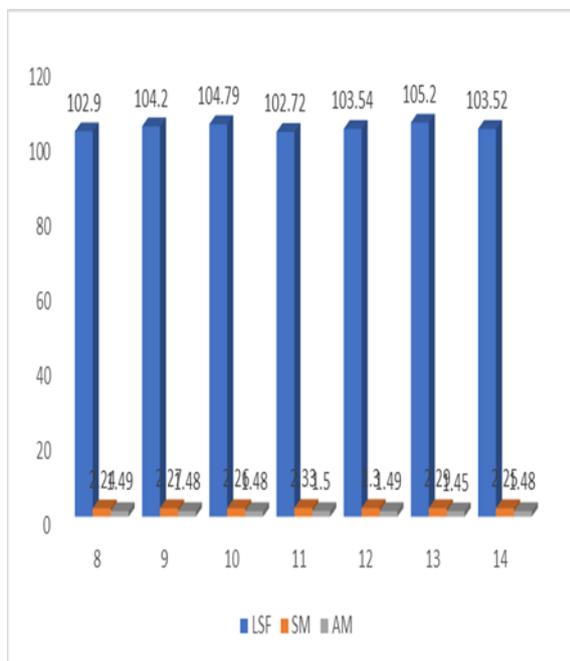
Umpan kiln yang digunakan pada pengolahan klinker adalah batukapur yang merupakan oksida yang mempunyai rumus kimia $CaCO_3$ (*Calcium Karbonat*). Pasir silika memiliki rumus kimia SiO_2 (*Silicon Oksida*) dan terdapat pada oksida logam lainnya, semakin berwarna merah atau coklat pasir silika akan semakin mudah menggumpal karena kadar airnya yang tinggi. Tanah liat memiliki rumus kimia Al_2O_3 (*Aluminium Oksida*) yang merupakan sumber utama dari senyawa aluminat dan senyawa besi. Pasir besi memiliki rumus kimia Fe_2O_3 (*Ferri Oksida*) yang selalu tercampur dengan SiO_2 dan memiliki fungsi sebagai penghantar panas dalam pembakaran pada kiln.

Perhitungan kadar CaO dalam $CaCO_3$, jumlah standar kadar CaO yang ditetapkan perusahaan yaitu (50,00% - 56,00%). Selain itu untuk pembuatan semen diperlukan beberapa modulus sebagai standar kualitas pada PT Semen Tonasa. Jumlah standar masing-masing modulus yang ditetapkan perusahaan yaitu untuk LSF (>100%), SM (2,20-2,85%), dan AM (1,50-1,85%).

Berdasarkan hasil perhitungan dari data (Grafik 1 sampai 4), maka di dapatkan nilai kualitas sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Nilai LSF, SM, AM Minggu Pertama.

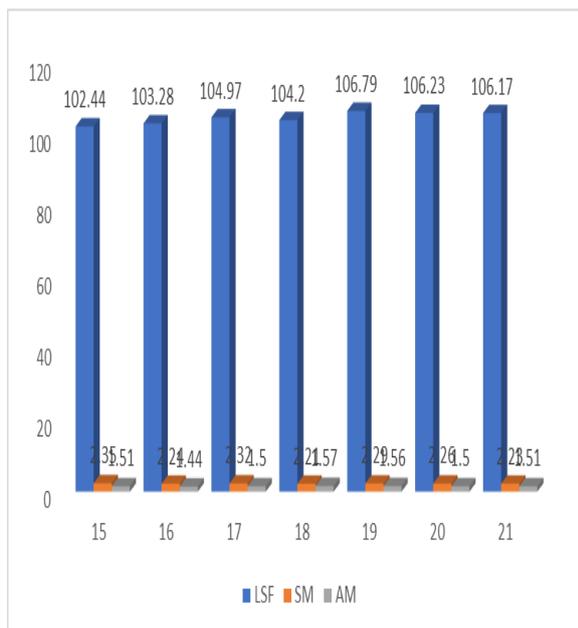


Gambar 6. Grafik Nilai LSF, SM, AM Minggu Kedua.

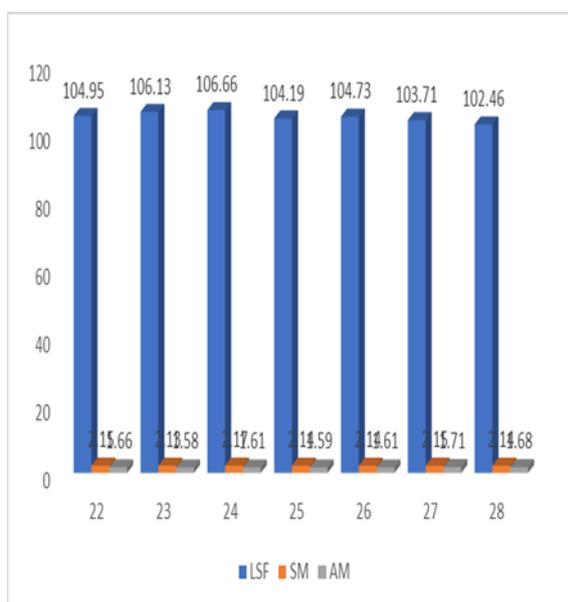
Berdasarkan hasil perhitungan (Grafik 5,6,7,8) dapat di ketahui jumlah rata-rata perhitungan LSF batugamping adalah 104,09% telah memenuhi standar kualitas bahan baku pembuatan semen, Hasil perhitungan tersebut diperoleh dari data (Grafik 1 sampai 4), Meskipun demikian terdapat juga lokasi pemboran yang jumlah CaO nya tidak memenuhi standar, sehingga mempengaruhi jumlah nilai LSF. Hal ini dapat diatasi dengan cara mencampur batugamping yang memiliki nilai CaO yang tinggi dengan batugamping yang memiliki nilai kadar CaO rendah, pencampuran ini dilakukan dilokasi penambangan. Jumlah nilai analisisnya berbeda-beda dikarenakan oleh tinggi-rendahnya kandungan kadar CaO.

Berdasarkan hasil perhitungan pada (grafik 5 sampai 8) jumlah nilai SM tidak memenuhi nilai standar, seperti kita lihat pada tanggal (1,22,23,24,25,26,27, dan 28) nilai SM nya rendah dan tidak

memenuhi standar dikarenakan jumlah komposisi Al_2O_3 nya tinggi (Grafik 1 sampai 4), sehingga mempengaruhi nilai dari *SM*. Dalam pembuatan semen, yang menjadi bahan baku utama adalah batugamping dan *clay*, *clay* inilah yang nantinya akan menutupi kekurangan dari *SM* tersebut.



Gambar 7. Nilai LSF, SM, AM Minggu Ketiga.



Gambar 8. Nilai LSF, SM, AM Minggu Keempat.

Dari hasil perhitungan (Grafik 5 sampai 8) hasil tersebut tidak memenuhi nilai standar, seperti kita lihat pada tanggal (4 sampai 10 dan 12 sampai 14) karena di pengaruhi oleh komposisi Fe_2O_3 yang tinggi seperti kita lihat pada (Grafik 1 sampai 4). Jadi ketika *AM* tidak mencukupi ditambahkan dengan pasir besi sebagai bahan koreksi.

PT Semen Tonasa menggunakan *preheater double string* dengan 4 *storage* atau *cyclone* yang dipasang seri, pemberian nama *storage* di mulai dari atas sampai bawah. *Storage* I samapai III berfungsi sebagai pemanasan awal umpan kiln, sedangkan *storage* IV berfungsi sebagai pemisah material yang telah *terkalsinasi*. Proses pemanasan umpan pada *storage* I sampai III terjadi kerana adanya perpindahan panas antara gas panas yang keluar dari kiln. Umpan kiln kemudian dimasukan kedalam *storage* I yang tercampur dengan gas panas ikut masuk ke dalam *cyclone*, dalam *cyclone* atau *storage*

umpun kiln dipisahkan antara campuran gas dengan material, material kemudian dimasukan *rise duck storage* II dan mengalami proses seperti pada *storage* I demikian pula pada *storage* III. Material yang keluar dari *storage* III masuk ke dalam ILC dan SLC akan mengalami *kalsinasi* pada kedua *kalsiner* tersebut yang kemudian terbawah oleh aliran gas masuk kedalam *cyclone storage* IV, kemudian diumpunkan kedalam kiln dimana material tersebut telah mengalami kalsinasi sampai 91%. Selama proses pembakaran dalam kiln, material umpun kiln mengalami proses kimia dan fisika, dan melalui beberapa zona pembakaran.

Zona kalsinasi, pada zona ini material dari preheater mengalami pemanasan hingga 1200⁰ C dan akan mengalami penguraian dari unsur-unsur reaktif yang terkandung dalam material yang masih berbentuk bubuk. Zona transisi, pada zona ini material mengalami perubahan fase dari padat ke cair dengan temperature sekitar 1250⁰ C. Zona pembakaran, pada zona ini pembakaran terjadi hingga 1500⁰ C, dimana proses yang terjadi adalah pelelehan dari semua material dan reaksi antara *CaO* dengan senyawa *SiO₂*, *Al₂O₃*, dan *Fe₂O₃*. Zona pendinginan, material yang berbentuk cair di zona pembakaran akan mengalir ke zona pendinginan dan mengalami perubahan fase material, karena adanya gerakan rotasi kiln maka sebagian besar material akan berbentuk *granular* atau butiran.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan klinker meliputi penggilingan bahan baku di *raw mill*, hasil dari *raw mill* ini kemudian diumpunkan ke dalam kiln, setelah mengalami pembakaran di kiln, umpun tersebut di dinginkan kemudian di simpan di *blending silo* untuk tahap pengolahan selanjutnya. *LSF* memiliki pengaruh mencapai sekitar 100%, *AM* berkisar antara 1,55-1,85, *SM* berkisar antara 2,20-2,85. Serta temperatur dari pembakaran mempengaruhi kualitas dari klinker semen. Komposisi umpun kiln yang akan mempengaruhi kualitas klinker sebelum dilakukannya proses klinkerisasi adalah *SiO₂*, *Al₂O₃*, *Fe₂O₃*, *CaO*. Komposisi umpun kiln yang akan mempengaruhi kualitas klinker setelah dilakukannya proses klinkerisasi adalah *LSF*, *AM*, *SM*.

REFERENSI

- Agustina, N. F. (2025). Kajian penggunaan limbah K3 sebagai bahan bakar alternatif dalam industri semen. *Jurnal Distilat*, 11(1), 45–52.
- Auditor Energi. (2021). Audit energi di rotary kiln pada pabrik semen. *Laporan Industri Energi dan Lingkungan*, 5(2), 33–41.
- Budiman, A., & Hadi, S. (1994). *Teknologi bahan bangunan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Deolalker, R. P. (2009). Dry and wet process in cement manufacturing. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 16(4), 311–316.
- Fatimah, R., Wijayanti, A., & Nugroho, A. (2020). Kajian pengaruh penggunaan lumpur minyak sebagai bahan substitusi dalam produksi semen. *Jurnal Manajemen Lingkungan Indonesia*, 7(2), 87–96.
- Hakim, M. H. (2023). Analisis perbaikan permasalahan ukuran pada klinker di PT Semen Tonasa. *Journal Mine-Tech*, 7(2), 55–63.
- Nawy, E. G. (1985). *Concrete construction engineering handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Rahim, H., Basir, M. M., & Diana, S. (2023). Analisis kadar CaO bebas dan lime saturation factor (LSF) pada klinker di PT Semen Tonasa. *Jurnal Teknik Kimia dan Material*, 12(1), 22–29.
- Riskiah, D. A., & Safaruddin. (2022). Proses produksi semen Portland PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, 1(1), 15–24.
- Saputra, M. A., Yulianto, R., & Hartono, B. (2022). Menghitung nilai efisiensi thermal pada alat grate cooler pabrik semen. *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, 2(2), 77–85.
- Sukandarrumidi. (1998). *Bahan galian industri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Svensen, J. L., Silva, W. R. L. da, Merino, J. P., Sampath, D., & Jørgensen, J. B. (2024). A dynamical simulation model of a cement clinker rotary kiln. *arXiv Preprint arXiv:2401.12345*.