

OPTIMASI PERHITUNGAN LIME SATURATED FACTOR PADA RAW MILL BERDASARKAN KADAR CAO DAN TOC

Angga Joshua Galenica

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jalan Kyai Tapa No.1, Tomang, Grogol Petamburan, Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 1440

Abstrak

PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk berlokasi di desa Palimanan Barat Kec. Gempol Cirebon, dalam memproduksi bahan baku semen batu gamping yang dijadikan standar acuan memiliki kadar rata-rata CaO minimal sebesar 45%-46%, namun pada pemakaiannya sebagai bahan baku pada proses penggilingan di raw mill (RM) batu gamping yang digunakan memiliki rata-rata kadar CaO sebesar 43% maka itu dibutuhkan kegiatan mixing untuk mendapatkan kadar yang diinginkan. Dalam penelitian ini besar nilai Total Organic Carbon (TOC) dari batu gamping juga diperhatikan, karna semakin tinggi nilai TOC dalam batu gamping maka semakin banyak jumlah debu dan panas yang dihasilkan dari batu gamping, maka dari itu diberikan batas maksimal nilai TOC sebesar 1,5. Data analisis yang digunakan adalah sampel bulan nopember hingga desember 2017. Hasil analisis kadar CaO batugamping pada quarry B 170 dan B 180=48.46%, pada storage plant-9 (P-9)=46.19% dan plant-10 (P-10)=46.21%. Hasil analisis kadar CaO pada RM P-9 dengan nilai Lime Saturated Factor (LSF) 100=42,25%, LSF 101=43,20%, dan LSF 102=44,40. Pada RM P-10 dengan nilai LSF 96=44,01%, LSF 97=43,16, dan LSF 98=44,54%. Hasil analisis nilai TOC pada batugamping storage P-9=1,10 dan pada P-10=0,95, pada RM P-9=1,12% P-10=1,03%. Banyaknya batugamping dan material tambahan lain yang digunakan dalam pembuatan RM, dikontrol oleh faktor Lime Saturated Factor (LSF), untuk RM P-9 sebesar 100-102% dan untuk RM P-10 sebesar 96-98%, setelah dilakukan optimasi perhitungan LSF didapatkan LSF optimal untuk RM P-9 sebesar 101 dan RM P-10 sebesar 97. Untuk mendapat kadar CaO rata-rata sebesar 43% didapatkan kadar campuran rata-rata untuk RM P-9=42,92%, dan untuk RM P-10=43,82%.

Kata kunci : Batugamping, Mixing, Total Organic Carbon, Raw meal, Lime Saturated Factor

Abstract

PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk is located in the village of west Palimanan, in producing limestone cement raw material which is used as the reference standard, has an average CaO level of at least 45% -46%, but in its use as raw material in the grinding process in the raw mill (RM) limestone used has an average the average CaO level is 43% so mixing activities are needed to get the desired levels. In this study the value of Total Organic Carbon (TOC) from limestone is also considered, because the higher the TOC value in limestone the more the amount of dust and heat produced from limestone, therefore given a maximum limit of TOC value of 1.5. The analytical data used were samples from November to December 2017. The results of the analysis of CaO limestone levels in quarry B 170 and B 180 = 48.46%, in plant-9 (P-9) storage = 46.19% and plant-10 (P-10) = 46.21%. The results of CaO level analysis at RM P-9 with Lime Saturated Factor (LSF) value 100 = 42.25%, LSF 101 = 43.20%, and LSF 102 = 44.40. At RM P-10 with LSF 96 = 44.01%, LSF 97 = 43.16, and LSF 98 = 44.54%. The results of the TOC value analysis on limestone storage P-9 = 1.10 and at P-10 = 0.95, at RM P-9 = 1.12% P-10 = 1.03%. Many limestones and other additional materials used in making RM, controlled by Lime Saturated Factor (LSF) factor, for RM P-9 by 100-102% and for RM P-10 by 96-98%, after optimization LSF calculation obtained optimal LSF for RM P-9 amounting to 101 and RM P-10 by 97. To get an average CaO level of 43%, the average mixed level for RM P-9 = 42.92%, and for RM P-10 = 43.82%.

Keywords: Limestone, Mixing, Total Organic Carbon, Raw meal, Lime Saturated Factor

Penulis untuk korespondensi (corresponding author):

E-mail: anggajoshuagalenica@yahoo.co.id

Tel: +628561733943

I. PENDAHULUAN

Saat ini di Indonesia telah banyak berdiri pabrik semen yang memproduksi berbagai jenis semen. Seperti halnya di PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. telah memproduksi berbagai macam semen yaitu jenis PCC (*Portland Composite Cement*), OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan PPC (*Portland Pozzoland Cement*). Bahan baku pembuatan semen terdiri dari bahan baku utama, bahan baku korektif, bahan baku tambahan (aditif). Bahan baku utamanya adalah *limestone* (CaCO_3).

Kandungan utama *limestone* yaitu CaO (Kalsium

Oksida) standar semen dari PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk adalah batugamping harus memiliki kadar CaO sebesar 45-48 % dan nilai *Total Organic Carbon* maksimal sebesar 1.5, untuk itu diperlukan analisa secara rutin terhadap batugamping yang ingin digunakan agar dapat diketahui kadar CaO dan nilai TOC dari batugamping yang telah melalui proses penambangan dan pengecilan ukuran.

Untuk menghasilkan semen yang baik diperlukan proporsi material yang tepat saat proses penggilingan dan pencampuran material didalam

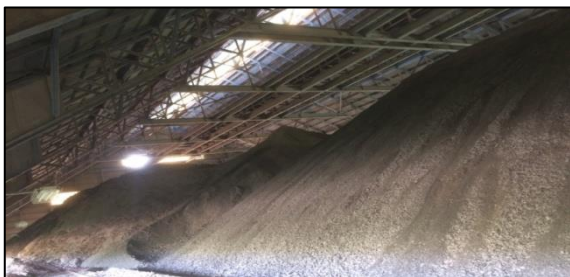
Raw Mill, yaitu memiliki kadar CaO sebesar 43% dan nilai TOC yang kurang dari 1.5 maka dari itu dalam pembuatan semen diperlukan adanya kegiatan *Blending* yang bertujuan untuk mencampurkan kadar CaO rendah dengan kadar CaO tinggi agar didapat kadar yang sesuai/homogen, sehingga nantinya dapat dicari besar *Lime Saturated Factor (LSF) optimal*. Hal ini yang melatar belakangi saya untuk melakukan Tugas akhir untuk memperoleh hasil LSF yang optimal.

II. TINJAUAN UMUM

I.1 Batugamping

Batugamping merupakan batuan sedimen yang utamanya tersusun oleh kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk mineral kalsit. Di Indonesia, batugamping sering disebut juga dengan istilah batu kapur, sedangkan istilah lainnya biasa disebut "*limestone*". Batugamping paling sering terbentuk di perairan laut dangkal.

Kandungan kalsium karbonat dari batugamping memberikan sifat fisik yang sering digunakan untuk mengidentifikasi batuan ini. Biasanya identifikasi batugamping dilakukan dengan meneteskan 5% asam klorida (HCl), jika bereaksi maka dapat dipastikan batuan tersebut adalah batugamping. Batu kapur hasil penambangan disimpan dalam *storage* seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Storage limestone

I.2 Besar *Total Organic Carbon* dalam batugamping

Total Organic Carbon (TOC) adalah jumlah carbon yang menempel/terkandung didalam senyawa organik dan digunakan sebagai salah satu indikator kualitas air (air bersih maupun air limbah). Sebenarnya, carbon yang terkandung pada media terdiri dari dua jenis, yaitu *Organic Carbon (OC)* dan *Inorganic Carbon (IC)*. Sistem pengukuran carbon yang ada hingga saat ini adalah dengan cara merubah carbon menjadi CO_2 , baru kemudian mengukur kadar CO_2 tersebut sebagai representasi dari kadar carbon yang ada. Yang diukur sebenarnya semua unsur carbon yang ada dalam sample (total carbon/TC) tanpa membedakan apakah itu OC atau IC.

Dalam hal ini, *Total Organic Carbon (TOC)* yang

terkandung dalam batugamping sangat mengganggu dalam setiap proses pembuatan semen, terutama pada saat batugamping berada di proses *pre-heater* dan *raw mill* sehingga dilakukan analisa terhadap TOC dalam batugamping agar besar TOC tidak melebihi 1.5% (*QC Departement*).

I.3 Unit Pengeringan dan Penggilingan Bahan Baku (*Raw Mill Unit*)

Raw mill merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk menghaluskan dan mengeringkan material produk dari *crusher*. Peralatan ini memakai aliran udara panas untuk pengeringan yang berasal dari *suspension pre-heater*. *Raw mill* mempunyai kapasitas 600 ton/jam.

Pada unit ini terjadi proses pengeringan dan penggilingan bahan baku. Pengeringan bahan baku (*limestone, sandy clay, clay corrective, pyrite cynder*) bertujuan agar kadar airnya berkurang dari 9,5% menjadi kurang dari 1%. Sedangkan pengecilan ukuran bahan baku dari 30 mm menjadi ukuran 170 *mesh* (90 mikron) dengan residu kurang dari 12% sehingga diperoleh material yang lebih halus dengan luas permukaan besar yang berpengaruh pada keefektifan reaksi di *kiln*.



Gambar 2. Raw mill

I.4 *Lime Saturated Factor (LSF)*

LSF merupakan kadar CaO yang terkandung dalam *meal*. LSF dalam *meal* harus berada diantara rentang 96 – 102 & dan diambil sampel di *air slide raw mill product* setiap jam. LSF dicari berdasarkan perhitungan persamaan (1) :

$$LSF = \frac{CaO}{2,8 SiO_2 + 1,18 Al_2O_3 + 0,65 Fe_2O_3} \times 100\% \quad (1)$$

Penetapan standar LSF dibuat agar pemakaian bahan bakar menjadi lebih efisien, karna semakin tinggi nilai LSF maka semakin sulit material tersebut untuk dibakar sehingga pemakaian bahan bakar pun semakin banyak dan tidak efisien, penetapan standar LSF juga didasari agar tercapainya C_3S sebesar 60% dalam *klinker*. Selain nilai LSF, *Raw meal* yang dihasilkan akan diambil sampel dan dilihat kualitasnya berdasarkan nilai silika modulus dan *iron* modulus.

I.5 Pencampuran (*Mixing*)

Pencampuran (*Mixing*) adalah proses pencampuran bahan sehingga dapat bergabung menjadi suatu homogen yang bersifat seragam dan memiliki penyebaran yang merata. Proses *mixing* terdiri dari dua atau lebih material yang dianggap mempunyai komposisi yang konstan dan terkontrol proporsinya sehingga diharapkan batugamping sebagai produk pencampuran memiliki kadar yang sesuai dan yang dikehendaki. Kadar campuran dapat dicari menggunakan persamaan (2):

$$KC = \frac{K_1.X_1 + K_2.X_2 + \dots + K_n.X_n}{X_c} \quad (2)$$

Keterangan:

KC. = Kualitas batugamping campuran
 K_1, K_2, K_n = Kualitas dari masing-masing batugamping
 X_1, X_2, X_n = Berat dari masing-masing batugamping
 X_c = Berat total batugamping

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen karena penelitian ini sebagian besar dilakukan di laboratorium *Quality Control* untuk mendapatkan data yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif adalah metode yang menggunakan gambar/grafik dalam menjelaskan suatu data, sedangkan metode kuantitatif adalah metode yang didalamnya berbentuk angka (bilangan) atau data kualitatif yang diangkakan (anonim).

Dalam melaksanakan penelitian ini terdapat langkah-langkah dan tahapan penelitian, mulai dari awal hingga akhir penelitian ini. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Studi Literatur, Kegiatan ini bertujuan untuk mencari referensi dari perpustakaan, internet, maupun data perusahaan sebagai landasan teori.
2. Observasi Lapangan, Dilakukan pengamatan langsung ke wilayah penambangan (*front kerja*) dan laboratorium *quality control*.
3. Pengumpulan Data, terdiri dari data primer (Kadar komposisi kimia dari batugamping *quarry* b elevasi 170 dan elevasi 180, Besar TC, TIC, dan TOC dari batugamping *quarry* b elevasi 170 dan elevasi 180, Besar TC, TIC, dan TOC dari *Raw Meal* P-9 dan P-10, Perhitungan nilai LSF, SM dan IM) dan data sekunder (Peta Topografi dan Peta Geologi, Data komposisi kimia Batugamping dalam *storage* bulan November-Desember, Data berat tonase Batugamping dalam *storage* bulan November-Desember, Data kadar komposisi kimia *raw meal* P-9 dan P-10, Parameter kualitas batugamping untuk kebutuhan plant, Standar LSF, SM, dan IM yang dibutuhkan).

4. Pengolahan data, terdiri dari Analisa kadar komposisi kimia dan TOC batugamping dan *raw meal*, perhitungan *Lime Saturated Factor*, perhitungan kadar campuran yang dibutuhkan.
5. Analisis dan pembahasan, Analisa dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari studi pustaka, data di lapangan, pengujian di laboratorium, untuk dilakukan pembahasan sehingga diperoleh suatu penyelesaian masalah
6. Kesimpulan, Setelah dilakukan analisis dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan dari penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyimpanan dan Pengangkutan Batugamping

Batugamping yang telah dihancurkan oleh *Crusher* diangkut dengan menggunakan *Belt Conveyor* menuju *Roofed Storage*. *Roofed storage* yang digunakan berukuran 40 x 270 m dengan kapasitas 50.000 ton (2 *pile* x 25.000 ton). Di dalam *Roofed Storage* ini, batu kapur ditimbun dalam bentuk *pile* atau gundukan. *Belt Conveyor* yang digunakan dilengkapi dengan *Tripper* yang berfungsi sebagai alat untuk menimbun batu kapur dalam bentuk *pile* atau gundukan. *Tripper Conveyor* ini dapat bergerak maju mundur dalam pengisiannya dimana pengisian dilakukan selapis demi selapis agar kadar CaO merata (homogen), Kemudian batu kapur dalam *roofed storage* yang berbentuk *pile* diambil dengan menggunakan *Reclaimer Brigde Scrapper Type*.

Tabel 1. Rata-rata *Storage Plant-9 dan Plant-10*

Date	P-9 (Ton)	P-10 (Ton)
Nopember	405175	361687
Desember	335343	334894

4.2 Analisis Kadar CaO pada *Storage P-9 dan P-10*

Agar batugamping dapat digunakan dengan efektif, maka ditetapkan kadar CaO ideal sebesar 46-48%, dibawah ini adalah analisis kadar CaO dari kedua *storage*, yaitu *storage P-9 dan P-10* di bulan november 2017 dan desember 2017.

Tabel 2. Kadar rata-rata CaO pada *Storage P-9 dan P-10*

Date	CaO (%) Limestone	
	P-9	P-10
November	46.36	46.06
Desember	46.00	46.37

Dari analisis diatas didapat kadar rata-rata untuk batugamping bulan november untuk P-9 sebesar 46.36% dan untuk P-10 sebesar 46.10, lalu untuk batugamping bulan desember untuk P-9 sebesar 46% dan untuk P-10 sebesar 46.37%. Menurut data yang didapat kadar CaO untuk P-9 dan P-10 dibulan November-Desember masih sesuai dengan syarat untuk dilanjutkan menuju proses berikutnya.

4.3 Hasil Analisis kadar CaO beserta TOC dari batugamping quarry B

Pengujian dilakukan terhadap 2 titik yaitu, *quarry B* elevasi 170 dan *quarry B* elevasi 180.

Tabel 3. Hasil analisis kadar CaO dan TOC pada *quarry B* pada elevasi 170 dan 180

Sampel	Date	CaO(%)	TOC
QB 170	Nopember	46.31	1.57
QB 180	Nopember	50.61	0.82

Dari data diatas didapatkan rata-rata kadar CaO untuk elevasi 170 dan 180 *quarry B* sudah melebihi standar yang ditetapkan oleh perusahaan, namun untuk besar nilai TOC pada elevasi 170 besar TOC dari batugamping adalah sebesar 1.57% yang berarti melebihi standar yang telah ditetapkan perusahaan yaitu hanya sebesar 1.5%, TOC tidak boleh melebihi standar yang ditetapkan karna dapat mengganggu proses pembuatan semen diantaranya, pertama apabila batugamping memiliki nilai TOC yang lebih besar dari 1.5% batugamping tersebut memiliki nilai panas juga yang berasal dari ikatan carbon didalam TOC sehingga dapat mengganggu proses *pre-heater* (Temperatur 700°C) yang dapat menyebabkan nilai panas dalam proses *pre-heater* menjadi tidak stabil karna seharusnya batugamping tidak memiliki nilai panas namun karna besarnya nilai TOC maka nilai panas menjadi bertambah dan membuat pengendalian terhadap proses *pre-heater* harus sangat diperhatikan karena nilai panas yang tidak stabil dapat merusak mutu dari material pembuat semen, kedua besar TOC yang melewati standar yang ditetapkan dapat menyebabkan batugamping mengeluarkan asap dan debu yang berlebihan saat proses pemanasan dalam *pre-heater* dan membuat pembuangan asap dan debu berlebihan dan membuat pencemaran lingkungan, bila ini terus terjadi maka PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. dapat menerima sanksi dan fatalnya proses pembuatan semen dapat dihentikan karna tidak mengikuti SOP dari pemerintah setempat dan mencemarkan lingkungan.

4.4 Pemakaian batugamping untuk proses grinding

Batugamping digunakan dalam proses pengeringan dan penggilingan sebagai campuran yaitu antara *clay*, *silica* dan *iron sand*, hasil campuran tersebut disebut *raw meal*. Banyaknya batugamping dan material lainnya adalah berdasarkan besar *Lime Saturated Factor* (LSF), *Silica Modulus* (SM), dan *Iron Modulus* (IM). Untuk *raw mill* P-9 (Horizontal mill) LSF yang dibutuhkan sebesar 100-102 %, sedangkan untuk *raw mill* P-10 (Vertikal mill) LSF yang dibutuhkan sebesar 96-98 %, penetapan standar LSF dibuat agar pemakaian bahan bakar menjadi lebih efisien, karna semakin tinggi nilai LSF maka semakin sulit material tersebut untuk dibakar sehingga pemakaian bahan bakar pun

semakin banyak dan tidak efisien, penetapan standar LSF juga didasari agar tercapainya C_3S sebesar 60% dalam *klinker*, sedangkan untuk besar SM antara 2-2.5 dan IM antara 1.5-2

Tabel 4. Analisis perhitungan LSF, SM, dan IM dalam pembuatan *raw meal* P-9

Date	RATA RATA DI RM P-9			
	CaO	LSF	SM	IM
Nopember Lsf 100	42.10	100.30	2.4	1.6
Desember Lsf 100	42.40	100.60	2.3	1.7
Nopember Lsf 101	43.00	101.30	2.3	1.7
Desember Lsf 101	43.40	101.10	2.3	1.8
Nopember Lsf 102	44.30	102.00	2.3	1.8
Desember Lsf 102	44.50	102.20	2.3	1.8

Tabel 5. Analisis perhitungan LSF, SM, dan IM dalam pembuatan *raw meal* P-10

Date	RATA RATA DI RM P-10			
	CaO	LSF	SM	IM
November Lsf 96	44.01	96.11	2.4	1.76
Desember Lsf 96	44.02	96.15	2.4	1.82
November Lsf 97	43.11	97.15	2.3	1.76
Desember Lsf 97	43.21	97.07	2.3	1.82
November Lsf 98	44.53	98.18	2.4	1.76
Desember Lsf 98	44.54	98.22	2.3	1.86

Dari data perhitungan yang didapat, hasil SM dan IM untuk *raw mill* P-9 dan P-10 di bulan november-desember sudah sesuai standar namun sesuai dengan standar CaO yang dibutuhkan dalam *Raw meal* yaitu 43% dapat ditarik kesimpulan bahwa LSF Optimal untuk LSF P-9 sebesar 101 dan untuk LSF P-10 sebesar 97 penetapan standar LSF ini didasari agar tercapainya C_3S sebesar 60% dalam *klinker*.

4.5 Pencampuran (Mixing) sebelum proses grinding

Pencampuran (*mixing*) antara dua material batugamping dilakukan dengan tujuan agar didapatkan kadar Batugamping yang diinginkan pada proses *grinding* yaitu sebesar 43% agar proses *pre-heater* dapat berjalan efektif dan tercapainya C_3S sebesar 60% dalam *klinker*.

Menurut hasil perhitungan *mixing* yang telah dilakukan dimana kadar campuran (KC), kadar batugamping 1 (K1), berat batugamping 1 (X1), berat nbatugamping 2 (X2), dan berat campuran (Xc) dijadikan sebagai variabel tetap didapati bahwa besar kadar batugamping 2 (K2) rata-rata yang diperlukan pada *raw mill* P-9 di bulan November sebesar 42.7% dan untuk bulan desember sebesar 43.2%, dan untuk besar rata-rata kadar campuran CaO yang diperlukan pada *raw mill* P-10 di bulan November sebesar 43.7% dan untuk bulan desember sebesar 44%. Kadar campuran ini dibutuhkan untuk mendapatkan kadar batugamping ideal didalam *raw mill* yaitu sebesar 43%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Jumlah batugamping dalam *storage* yang terdiri dari 2 *pile* di plant 9 dan plant 10 dari bulan nopember hingga desember sebesar 1.437.100 ton.
2. Hasil analisis pada *quarry* B didapat rata-rata kadar CaO 46.31% pada elevasi 170 dan kadar CaO 50.61% pada elevasi 180. Hasil analisis pada *quarry* B didapat rata-rata nilai *Total Of Carbon* (TOC) sebesar 1.57 pada elevasi 170 dan nilai TOC sebesar 0.82 pada elevasi 180.
3. Hasil analisis pada *raw meal plant*-9 untuk bulan nopember hingga desember didapat rata-rata kadar CaO sebesar 42.25% untuk LSF 100, 43.2% untuk LSF 101 dan 44.4% untuk LSF 102. Untuk nilai TOC sebesar 1.14 untuk LSF 100, 1.04 untuk LSF 101, dan 1.17 untuk LSF 102. Hasil analisis pada *raw meal plant*-10 untuk bulan nopember hingga desember didapat rata-rata kadar CaO sebesar 44.01% untuk LSF 96, 43.16% untuk LSF 97 dan 44.54% untuk LSF 98. Untuk nilai TOC sebesar 1.05 untuk LSF 96, 0.95 untuk LSF 97, dan 1.10 untuk LSF 98.
4. Hasil analisis pada *raw meal plant*-9 untuk bulan nopember didapat kadar CaO campuran sebesar 41.97% untuk LSF 100 dan 101, dan 44.05 untuk LSF 102. Untuk bulan desember didapat kadar CaO campuran sebesar 41.87% untuk LSF 100, 43.29% untuk LSF 101, dan 44.38 untuk LSF 102. Hasil analisis pada *raw meal plant*-10 untuk bulan nopember didapat kadar CaO campuran sebesar 43.76% untuk LSF 96, 42.93% untuk LSF 97, dan 44.3 untuk LSF 98. Untuk bulan desember didapat kadar CaO campuran sebesar 44.12% untuk LSF 96, 43.27% untuk LSF 97, dan 44.56 untuk LSF 98.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya Karya Ilmiah ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Tuhan YME atas anugerahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini.

2. Kedua Orang Tua atas kepercayaan, kasih sayang, dan dukungan yang diberikan.
3. Dr. Irfan Mawanza, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dalam penelitian ini.
4. Dra. Suliestyah, M.Si selaku pembimbing pendamping.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2003, Tinjauan Umum Perusahaan, PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Cirebon.
2. Bernard & Bernie B dkk, 2001, "Determination of Total Carbon, Total Organic Carbon and Inorganic Carbon in Sediment." B&B Laboratories Inc, College Station, Texas.
3. Boynton, Robert S, 1980, "Chemistry and technology of lime and limestone" New York, United States
4. Duda, W.H, 1985, "Cement Data Book" International Process Engineering in the Cement Industry, 3th edition, Bauverlag GmbH, Weisbaden and Berun.
5. Purwanto, 1998, Pengetahuan Dasar Teknologi Semen, PT.Holcim Tbk, Cilacap.
6. Schofield, Charles G. 1978. *Homogenization/Blending System Design and Control for Mineral Processing, 1st Edition.* Trans Tech Publication, Switzerland.
7. Schumacher, B. A, 2002. "Methods for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments" Ecological Risk Assessment Support Center. US. Environmental Protection Agency 23p.
8. SNI 15-2049-1994 : Standar Nasional Indonesia untuk Semen Portland.
9. SNI 15-0302-2014 : Standar Nasional Indonesia untuk Semen Portland Pozzolan.
10. SNI 15-7064-2014 : Standar Nasional Indonesia untuk Semen Portland komposit.
11. Sugimura and Suzuki, "A High Temperature Catalytic Oxidation Method for the Determination of Non-Volatile Dissolved Organic carbon in Seawater by Direct Injection of a Liquid Sample", *Marine Chemistry*, 24 (1988) pp. 105-131