

SKRIPSI

**PENGARUH PERSENTASE TRIKALSIUM SILIKAT (C₃S)
KLINKER TERHADAP KUALITAS SEMEN**



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana (S-1) Pada Program
Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Oleh :

Kurnia Aini 12 2017 049P

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2020**


LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PERSENTASE TRIKALSIMUM SILIKAT (C₃S) KLINKER
TERHADAP KUALITAS SEMEN**

Nama : Kurnia Aini
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Marhaini, M.T.
2. Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini, M.T.

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Dr. Ir. Marhaini, M.T.
NIDN : 0005096804

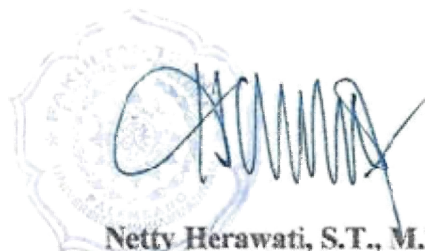
Pembimbing II



Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini, M. T.
NIDN : 0004046101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia FT-UMP



Netty Herawati, S.T., M.T.
NIDN : 0225017601

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PERSENTASE TRIKALSIMUM SILIKAT (C₃S) KLINKER
TERHADAP KUALITAS SEMEN**

Oleh :

Kurnia Aini 122017049P

Telah diuji dihadapan tim penguji pada tanggal 15 Februari 2020 di
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Tim Penguji :

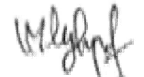
1. Dr. Ir. Marhaini, M.T.

()

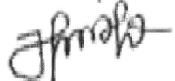
2. Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini, M.T.

()

3. Dr. Mardwita, S.T., M.T.

()

4. Heni Juniar, S.T., M.T.

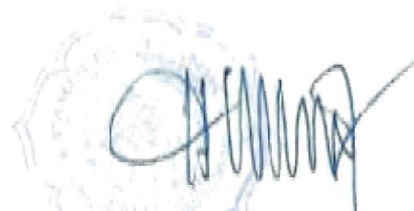
()

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik UMP



Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T.
NIDN : 0227077004

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Kimia



Netty Herawati, S.T., M.T.
NIDN : 0225017601



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623. Telp. (0711) 518764, Fax (0711) 519408
Terakreditasi B dengan SK Nomor : 396/BAN-PT/Akred/S/X/2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nama : Kurnia Aini
NRP : 122017049P
Judul Tugas : "Pengaruh Persentase Trikalsium Silikat (C_3S) Klinker Terhadap Kualitas Semen"

Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Prodi Teknik Kimia Pada Tanggal Lima Belas Dulan Februari Tahun Dua Ribu Dua Puluh.
Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Palembang, 15 Februari 2020

Ketua Tim Penguji

Dr. Ir. Marhaini, M.T.
NIDN : 0005096804

Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir
Prodi Teknik Kimia

Netty Herawati, S.T., M.T.
NIDN : 0225017601

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Ir. Marhaini, M.T.
NIDN : 0005096804

Pembimbing II

Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini, M.T.
NIDN : 0004046101

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UMP



Dr. Ir. Kgs. A. Rani, MT
NIDN : 0227077004

Ketua Prodi Teknik Kimia UMP



Netty Herawati, S.T., M.T.
NIDN : 0225017601

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Kurnia Aini
Tempat/Tanggal Lahir : Palembang, 21 Agustus 1995
NIM : 122017049P
Program Studi : Teknik Kimia
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh-sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukum yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara fulltest untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Februari 2020


Kurnia Aini

ABSTRAK

PENGARUH PERSENTASE TRIKALSIMUM SILIKAT (C_3S) KLINKER TERHADAP KUALITAS SEMEN

(Kurnia Aini, 2019, 49 Halaman, 7 Tabel, 7 Gambar, 3 Lampiran)

Produk semen komposit yang dihasilkan dari pabrik semen nasional yang ada di Indonesia pasti memiliki acuan untuk standar kualitasnya. Standar kualitas semen komposit mengacu pada SNI 7064:2014. Beberapa parameter fisik standar kualitas yang ditetapkan yaitu kuat tekan mortar dan pemuaiian dengan autoclave. Kuat tekan dipengaruhi oleh C_3S , C_2S yang ada di dalam klinker. Karena reaksi pembentukan senyawa mineralogi terjadi pada saat pembentukan klinker. Sedangkan pemuaiian dengan autoclave dipengaruhi dari kadar free lime yang ada di dalam semen. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase trikalsium silikat (C_3S) terhadap kualitas semen dengan Free lime <2% dan free lime >2% dengan variasi C_3S yang ada pada klinker yaitu : 55%, 57%, 59%, 61%, 63%, 65%, dan 67%. Parameter fisik yang di ujikan dalam penelitian ini yaitu : kuat tekan mortar, blaine, dan pemuaiian dengan autoclave. Sedangkan parameter kimia yang diujikan dalam penelitian ini yaitu : free lime pada semen dan SO_3 . Berdasarkan penelitian yang dilakukandidapatkan jika persentase C_3S yang sama kualitas semen yang memiliki $FCaO$ <2%, hasil kuat tekan awal lebih besar dibandingkan $FCaO$ >2%, Kondisi ideal perkembangan kuat tekan untuk $FCaO$ >2%, 3 ke 7 hari ada pada persentase C_3S klinker sebesar 63,48%. Sedangkan perkembangan kuat tekan yang ideal untuk 7 ke 28 hari ada pada persentase C_3S klinker sebesar 64,85%. Untuk $FCaO$ <2% kondisi ideal 3 hari ke 7 hari ada pada persentase C_3S klinker sebesar 62,79% dan perkembangan kuat tekan 7 ke 28 hari ada pada persentase C_3S klinker sebesar 54,77%, Pemuaiian dengan *autoclave* yang mengalami ekspansi yang tidak memenuhi syarat minimal SNI 7064:2014 yaitu sampel dengan persentase C_3S 54,86% dan 61% dengan $FCaO$ >2%.

Kata Kunci : Klinker, C_3S , *Free lime*, Semen, Kuat Tekan, Pemuaiian dengan *Autoclave*, Kualitas Semen

ABSTRACT

THE EFFECT OF TRICALCIUM SILICATE (C₃S) IN CLINKER TO QUALITY OF CEMENT

(Kurnia Aini, 2019, 49 Pages, 7 Tables, 7 Pictures, 3 Attachments)

Composite cement products produced from national cement factories in Indonesia must have a reference to their quality standards. The quality standard of composite cement refers to SNI 7064: 2014. Some physical parameters of the quality standard set are mortar compressive strength and autoclave expansion. Compressive strength is influenced by C₃S, C₂S which is in the clinker. Because the reaction of the formation of mineralogical compounds occurs when clinker formation. Whereas the expansion with autoclave is influenced by the levels of free lime in the cement. This research was conducted to determine the effect of the percentage of tricalcium silicate (C₃S) on the quality of cement with Free lime <2% and free lime > 2% with variations of C₃S in clinkers, namely: 55%, 57%, 59%, 61%, 63% , 65% and 67%. Physical parameters tested in this study are: compressive strength of mortar, blaine, and autoclave expansion. While the chemical parameters tested in this study are: free lime in cement and SO₃. Based on the research conducted, it is found that if the same percentage of C₃S quality of cement having FCaO <2%, the initial compressive strength results are greater than FCaO > 2%, the ideal condition of the development of compressive strength for FCaO > 2%, 3 to 7 days is at the percentage of C₃S clinker at 63.48%. While the development of an ideal compressive strength for 7 to 28 days is at the percentage of clinker C₃S of 64.85%. For FCaO <2% ideal conditions 3 days to 7 days were at the percentage of C₃S clinker at 62.79% and the compressive strength development 7 to 28 days were at the percentage of clinker C₃S at 54.77%, Expansion with autoclave that experienced expansion that did not meet Minimum requirements of SNI 7064: 2014 are samples with a percentage of C₃S 54.86% and 61% with FCaO > 2%.

Keywords : *Clinker, C₃S, Free lime, Cement, Compressive Strength, Autoclave Expansion, Quality of Cement*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur selalu dipanjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Persentase Trikalsium Silikat (C₃S) Klinker Terhadap Kualitas Semen”**.

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat memberikan bantuan selama pengerjaan, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Ibu Netty Herawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Ibu Dr. Mardwita, S.T., M.T., selaku sekretaris Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Ibu Dr. Ir. Marhaini, M.T., selaku dosen pembimbing 1
5. Ibu Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini, M.T., selaku dosen pembimbing 2
6. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat
7. Orang tua, keluarga, teman – teman ampulan 2017, dan semua pihak yang telah terlibat dan turut membantu dalam penyelesaian tugas ini.

Semoga ini dapat bermanfaat bagi rekan mahasiswa dan untuk semua pihak yang berkepentingan.

Palembang, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT..... | vi |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Klinker..... | 4 |
| 2.2 Sifat Kimia Klinker..... | 5 |
| 2.3 Pembentukan Reaksi Klinkerisasi..... | 5 |
| 2.4 Reaksi Hidrasi..... | 7 |
| 2.5 Unjuk Kerja Trikalسيوم Silikat (C ₃ S) dan Dikalسيوم Silikat (C ₂ S) pada Mortar..... | 10 |
| 2.6 <i>Free Lime</i> (FCaO)..... | 11 |
| 2.7 Mortar..... | 12 |
| 2.8 Kuat Tekan Mortar..... | 12 |
| 2.9 SNI 7064:2014 Semen Komposit..... | 12 |
| 2.10 Semen..... | 13 |
| 2.11 <i>Fly Ash</i> | 15 |
| 2.12 <i>Limestone</i> | 16 |
| 2.13 <i>Gypsum</i> | 16 |

| | |
|---|----|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 18 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 18 |
| 3.2 Bahan dan Alat yang digunakan..... | 14 |
| 3.3 Perlakuan dan Rancangan Penelitian..... | 18 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 19 |
| 3.5 Analisa Penelitian..... | 22 |
| | |
| BAB IV HASIL & PEMBAHASAN..... | 25 |
| 4.1 Hasil Penelitian..... | 25 |
| 4.2 Pembahasan..... | 29 |
| | |
| BAB V KESIMPULAN & SARAN..... | 35 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 35 |
| 5.2 Saran..... | 35 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 36 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.9 Syarat Fisika..... | 13 |
| Tabel 4.1.1. Data Hasil Analisa Klinker..... | 26 |
| Tabel 4.1.1-2 Data Hasil Analisa Bahan Ketiga..... | 27 |
| Tabel 4.1.2-1 Data Pengujian Fisika Produk (Semen)..... | 28 |
| Tabel 4.1.2-2 Data Pengujian Kimia Produk (Semen)..... | 28 |
| Tabel 4.2-1 Perkembangan Kuat Tekan dengan FCaO > 2%..... | 33 |
| Tabel 4.2-2 Perkembangan Kuat Tekan dengan FCaO < 2%..... | 33 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Klinker..... | 4 |
| Gambar 2.3 Urutan reaksi yang terjadi selama pembentukan klinker semen portland..... | 7 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pembuatan Semen..... | 21 |
| Gambar 4.2-1 Persentase C_3S terhadap Kuat Tekan dengan $FCaO >2\%$ | 29 |
| Gambar 4.2-2 Persentase C_3S terhadap Kuat Tekan dengan $FCaO <2\%$ | 31 |
| Gambar 4.2-3 Persentase C_3S terhadap Kuat Tekan..... | 32 |
| Gambar 4.2-4 Hubungan $FCaO$ dengan % pemuaiian dengan autoclave. | 34 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri semen nasional pasti memiliki acuan sebagai standar kualitas semen, sehingga memiliki nilai jual di dalam menghadapi persaingan bisnis. Sebagai acuan dalam standar penetapan kualitas semen, industri semen nasional menggunakan SNI 2049:2015 untuk semen portland dan SNI 7064:2014 untuk semen komposit (BSN, 2015).

Di dalam standar yang telah ditetapkan sebagai acuan kualitas semen terdapat nilai minimum kuat tekan mortar dan nilai maksimum ekspansi dengan *autoclave* pasta semen yang harus dicapai, tergantung tipe semen yang akan diproduksi (BSN, 2015). Dengan harapan jika semen digunakan untuk proyek-proyek pembangunan jalan, gedung dan jembatan tidak mengalami keretakan ataupun ambruk ketika digunakan dengan beban yang berat. Kuat tekan merupakan salah satu tolak ukur untuk melihat kemampuan mortar atau beton yang terbuat dari semen yang diuji terhadap beban yang di terimanya. Kuat tekan semen dipengaruhi oleh proses hidrasi semen (Eka, 2010). Kuat tekan pada semen dipengaruhi oleh kualitas klinker yang digunakan, dimana mineralogi yang ada di dalam klinker berperan penting untuk menentukan kuat tekan. Sedangkan pemuaiian dengan *autoclave* dipengaruhi dengan adanya *free lime* dan kadar magnesium oksida yang ada pada semen. Untuk mendapatkan kualitas kuat tekan semen yang di inginkan perlulah diatur beberapa modulus oksida – oksida penyusun semen. Kuat tekan mortar memiliki umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Dimana di umur 3 hari senyawa yang berperan penting yaitu trikalsium silikat (C_3S), umur 7 hari dan 28 hari yang berperan adalah dikalsium silikat (C_2S) (Nugraha, 2007).

Menurut Widojoko (2010), C_3S mengeras dalam beberapa jam dan berpengaruh terhadap kekuatan beton pada umur awal, terutama pada 14

hari pertama. Sedangkan formasi senyawa C_2S berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari,

Untuk menaikkan nilai kuat tekan di awal perlulah di kaji pengaruh persentase C_3S terhadap kualitas semen. Trikalsium silikat ini dipengaruhi oleh kandungan free lime yang ada pada semen karena reaksi pembentukan C_3S yaitu ketika mineral C_2S yang sudah terbentuk terlebih dahulu dengan sejumlah free lime yang juga terbentuk kemudian pada suhu $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ C_2S akan bereaksi dengan free lime sehingga membentuk C_3S . Karena adanya pengaruh free lime terhadap persentase C_3S maka dilakukan penelitian mengenai **“Pengaruh Persentase Trikalsium Silikat (C_3S) pada Klinker terhadap Kualitas Semen Komposit”**, sehingga diharapkan dengan mengetahui pengaruh persentase C_3S pada klinker dengan variasi *free lime* yang inlier standar internal dan yang outlier standar internal dan diharapkan dapat menekan indeks klinker yang digunakan sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas semen memenuhi standar 7064:2014 untuk semen komposit.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh persentase C_3S (trikalsium silikat) yang sama dengan kandungan $FCaO <2\%$ dan $FCaO >2\%$ pada klinker terhadap kualitas semen (kuat tekan) ?
2. Bagaimana kondisi ideal persentase C_3S pada perkembangan kuat tekan 3 hari, 7 hari, dan 28 hari ?
3. Bagaimana pengaruh $FCaO$ pada semen terhadap pemuaiian dengan *autoclave* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh persentase C_3S (trikalsium silikat) yang sama dengan kandungan $FCaO <2\%$ dan $FCaO >2\%$ pada klinker terhadap kualitas semen (kuat tekan)
2. Untuk mengetahui kondisi ideal persentase C_3S pada perkembangan kuat tekan 3 hari, 7 hari, dan 28 hari
3. Untuk mengetahui pengaruh $FCaO$ pada semen terhadap pemuaian dengan *autoclave*

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mendapatkan pengetahuan mengenai pengaruh C_3S terhadap kuat tekan mortar, pengaruh $FCaO$ terhadap pemuaian sehingga dapat mengatur proporsi indeks klinker yang digunakan agar memenuhi standar yang digunakan.
2. Diharapkan pembaca mendapatkan pengetahuan tentang pengaruh C_3S yang ada pada industri semen.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C618 (Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete).
- Baner H.N., 1982. "Technology Of Portland Cement Blended Cement". Bombay: India.
- BSN.2015. *Standar Nasional Indonesia Semen Komposit*. Bandung : Badan Standarisasi Nasional
- Eka, Pertama. 2010. *Studi Pengaruh Penambahan Slag dan Fly Ash sebagai Bahan Aditif di Finish Mill Pabrik Semen Komposit*". Laporan Akhir, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Farhan, Muhammad. 2016. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang Sebagai Bahan Campuran Untuk Proses Pembuatan Semen*. Jurnal : Politeknik Negeri Sriwijaya
- KHD Humbolt Wedag AG . 2003. Dalam *Graeme Moir*. Cement
- Kole Segel P, Gideon Kusuma, 1991. *Pedoman Pengerjaan Beton*. SK SNI T- 15 - 1991 - 03) Seri Beton 2, Erlangga, Jakarta.
- LiZongjin, 2011. *Advanced Concrete Technology*. John Wiley & Sons
- Moir, Graeme. 2003. *Cement*.
- Mulyono, T. 2003. "Teknologi Beton". Andi. Yogyakarta
- Nemas, Dian Pratiwi. 2014. *Teknologi Bahan Bangunan : Semen*. Diakses : 06 Desember 2019. https://www.academia.edu/29438915/Teknologi_Bahan_Bangunan_Semen
- Nugraha P, 2007. *Teknologi Beton*, C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Semen Baturaja. 2019. Foto Klinker Produksi PBR I. Baturaja
- Semen Indonesia. *Tipe-Tipe Semen Portland dan Kegunaannya*. Diakses: 06 Desember 2019 : semenindonesia.co.id
- Taufik. Dede. 2010. *Fly Ash Dalam Semen*. [http:// industriesoffun.blogspot.com/http://industriesoffun.blogspot.com/](http://industriesoffun.blogspot.com/http://industriesoffun.blogspot.com/)
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 1992. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik UGM: Yogyakarta.

UUSS.2016. *Kiln Proses Pembuatan Semen:*
<http://duniagalery.blogspot.com/2015/06/kiln-proses-pembuatan-semen.html>

Widjoko. 2010. *Pengaruh Sifat Kinia Terhadap Unjuk Kerja Mortar*. Jurnal Volume 1 Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung

Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto (2001), *Teknologi Beton*, Kanisius, Yogyakarta.

Yulianti. *Laporan PKL PT Semen Tonasa*. https://www.academia.edu/38252930/LAPORAN_PKL_SEMEN_TONASA.docx: Academia EDU