



PENGARUH WAKTU KONTAK DAN PENAMBAHAN SILIKA TERHADAP %REDUKSI Ca(OH)_2 PADA SEMEN

Nurul Fatwa Islamia^{a,*}, Andi Arninda^a, Gyan Prameswara^a

^aProgram Studi Teknik Kimia Mineral - Politeknik ATI Makassar

Jl. Sunu No. 220, Kota Makassar, 90211

*E-mail: lhulhu.jamal2002@gmail.com

Masuk Tanggal : 5 Oktober , revisi tanggal: 5 Desember, diterima untuk diterbitkan tanggal : 12 Desember 2022

Abstrak

Semen dapat bereaksi dengan air membentuk kalsium hidrosilikat (CSH) dan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang mempengaruhi kualitas pada semen. Ca(OH)_2 dapat menurunkan kekuatan pada bangunan yang mengakibatkan keretakan dan umur bangunan yang singkat. Salah satu cara mereduksi jumlah Ca(OH)_2 pada semen adalah dengan menambahkan material yang mengandung silika seperti *limestone* ($\text{SiO}_2 = 1.44\%$), *andesite* ($\text{SiO}_2 = 23.98\%$), *fly ash* ($\text{SiO}_2 = 39.67\%$) dan *trass* ($\text{SiO}_2 = 53.32\%$). Material tersebut dapat mengikat dan mereduksi Ca(OH)_2 hingga membentuk CSH pada semen sehingga meningkatkan kekuatan pada bangunan. Penentuan % reduksi Ca(OH)_2 dilakukan dengan proses ekstraksi dengan HCl. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, dengan parameter variasi material silika pada variasi waktu kontak 1, 3, 7, dan 14 hari diperoleh % reduksi Ca(OH)_2 pada *limestone* berturut-turut adalah 26.09 %, 44.29 %, 62.86 %, dan 81.05 %. Pada *Andesite* berturut-turut adalah 54.52 %, 62.48 %, 87.11 %, dan 90.14 %. Pada *fly ash* berturut-turut adalah 39.74 %, 63.61 %, 87.87 %, dan 89.00 %. Pada *trass* berturut-turut adalah 81.05 %, 90.52 %, 93.93 %, dan 96.21 %. Dari keempat material silika, yang paling berpengaruh dalam mereduksi Ca(OH)_2 dari waktu ke waktu pada semen yaitu pada penambahan *trass* dengan persentase penurunan optimal sebesar 96.21 %.

Kata Kunci: Silika, *Limestone*, *Andesite*, *Fly Ash*, *Trass*, Ca(OH)_2

Abstract

Cement can react with water to form calcium hydrosilicate (CSH) and calcium hydroxide (Ca(OH)_2) which affect the quality of cement. Ca(OH)_2 can reduce the strength of the building resulting in cracks and a short building life. One way to reduce the amount of Ca(OH)_2 in cement is to add silica-containing materials such as limestone, andesite, fly ash and trass. These materials can bind and reduce Ca(OH)_2 to form CSH in cement thereby increasing the strength of the building. Determination of % reduction of Ca(OH)_2 was carried out by extraction process with HCl. Based on the results of the experiments carried out, with the parameters of silica material variation at the contact time variation of 1, 3, 7, and 14 days, the % reduction of Ca(OH)_2 in limestone was 26.09%, 44.29%, 62.86%, and 81.05%, respectively. Andesite are 54.52%, 62.48%, 87.11%, and 90.14%, respectively. In fly ash are 39.74 %, 63.61%, 87.87 %, and 89.00 %, respectively. The trass are 81.05%, 90.52%, 93.93%, and 96.21%, respectively. Of the four silica materials, the most influential in reducing Ca(OH)_2 from time to time in cement is the addition of trass with an optimal percentage reduction of 96.21%.

Keywords: Silica, *Limestone*, *Andesite*, *Fly Ash*, *Trass*, Ca(OH)_2

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi infrastruktur memegang peranan penting dalam pembangunan nasional. Dalam industri, berbagai macam teknologi yang digunakan manusia dalam mengelola sumber daya yang dapat menghasilkan

kemajuan yang besar bagi Indonesia dalam pembangunan infrastruktur berupa sarana dan prasarana. Hal ini tidak lepas dari peranan material-material penunjang pada konstruksi bangunan. Salah satunya adalah semen sebagai bahan baku penting dalam menunjang kekokohan

konstruksi. Untuk mendukung peningkatan bangunan ini, Indonesia sedikitnya membutuhkan 70 juta ton semen per tahun [1]. Infrastruktur berupa bangunan dapat memiliki ketahanan dan kekuatan yang tinggi dengan adanya peranan dari material berupa semen.

Semen merupakan material yang sangat dibutuhkan dalam pembangunan baik pembangunan jalan, gedung-gedung, dan konstruksi lainnya. Pada umumnya, semen yang sering digunakan adalah semen *portland* dimana hasil pembakaran antara bahan baku semen yang komponen utamanya adalah kalsium karbonat dan bahan yang memiliki kandungan aluminium silikat. Namun dalam peningkatan kualitas semen dan memperoleh sifat semen yang diinginkan, digunakan penambahan aditif lainnya contohnya material yang mengandung silika [2]. Kandungan dari material-material dapat diketahui dengan alat *X-Ray Fluorescence*. Analisis menggunakan *X-Ray Fluorescence* dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efekfotolistrik. Efekfotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi *gamma*, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian, atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X [3].

Penggunaan material yang mengandung silika memiliki peranan penting terhadap semen, terutama dalam meningkatkan properti fisik seperti kuat tekan. Salah satu hal yang mempengaruhi mutu pada semen adalah kadar Ca(OH)_2 . Semen dapat bereaksi dengan air dan mengalami proses hidrasi membentuk kalsium hidrosilikat dan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Ca(OH)_2 pada kadar yang tinggi dapat menimbulkan keretakan yang dapat mengurangi kekuatan pada bangunan. Material-material yang mengandung silika yaitu *limestone*, *andesite*, *fly ash*, dan *trass*.

Limestone atau batu kapur adalah komponen yang banyak mengandung CaCO_3 , sedikit magnesium karbonat, alumina silikat dan senyawa oksida lainnya. Senyawa besi dan organik menyebabkan batu kapur berwarna abu-abu hingga kuning. Batu kapur dengan kadar CaCO_3 antara 80% – 85% sangat baik sebagai bahan baku semen karena lebih mudah digiling untuk menjadi homogen [4]. *Andesite* adalah jenis batuan yang memiliki kandungan silika yang besar. Dengan adanya sifat silika yang terdapat dalam batuan

andesite tersebut, dapat mengurangi pemakaian terak atau klinker. Diketahui bahwa kadar optimum penggunaan *andesite* sebagai bahan tambahan hanya sebesar 20% saja karena dengan penambahan lebih dari 20% dapat menurunkan kuat tekan semen [5]. *Fly ash* (Abu terbang) yang merupakan hasil dari pembakaran bitumen batu bara atau *Anthracite*. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%, *fly ash* tidak mempunyai sifat *cementitious* dan hanya bersifat *pozzolanic* [6]. *Trass* merupakan batuan yang mengandung silika yang umumnya berasal dari batuan piroklastik dengan komposisi *andesite* yang telah mengalami pelapukan secara intensif sampai dengan derajat tertentu. Proses pelapukan berlangsung disebabkan oleh adanya air yang mengakibatkan terjadinya pelolosan pada sebagian besar komponen seperti: CaO , MgO , NaO , dan K_2O yang dikandung oleh mineral-mineral batuan asal [7].

Salah satu cara menghindari keretakan dan turunnya kekuatan pada material dapat diperoleh dengan mereduksi kalsium hidroksida pada semen. Fungsi penambahan material ini ditujukan untuk menambah ikatan kalsium silika hidrat (CSH) dengan mengikat Ca(OH)_2 sehingga kekuatan bangunan yang dihasilkan dapat meningkat dari waktu ke waktu [5].

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh waktu kontak dan penambahan silika terhadap %reduksi Ca(OH)_2 pada semen dengan metode titrasi asam-basa.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

2.1. Penentuan Kadar Silika

Penelitian ini diawali dengan penentuan kandungan silika pada keempat material silika, yaitu *limestone*, *andesite*, *fly ash*, dan *trass*. Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence*.

2.2. Pembuatan Larutan Ca(OH)_2

Pembuatan larutan Ca(OH)_2 dilakukan dengan mereaksikan semen dan air dengan perbandingan berat (wt./wt.) 1:2, kemudian diaduk hingga homogen. Larutan ini di diamkan dalam media kedap udara. Hasil reaksi antara semen dan air akan membentuk Kalsium Hidrosilikat dan Kalsium Hidroksida.

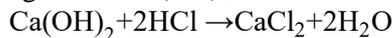
2.3. Penentuan %reduksi Ca(OH)_2

Material silika yang mengandung silika direaksikan dengan Ca(OH)_2 yang terbentuk dari hasil reaksi semen dan air. *Limestone*, *andesite*, *fly ash*, dan *trass* masing-masing ditambahkan pada media yang berisi Ca(OH)_2 dengan perbandingan

berat (wt./wt.) 1:3. Analisa ini dilakukan dengan variasi waktu kontak Ca(OH)₂ dan material silika selama 1, 3, 7, dan 14 hari dengan proses titrasi produk CSH menggunakan larutan HCl.

Hasil dari volume titrasi HCl dan Ca(OH)₂ menentukan %reduksi Ca(OH)₂ pada semen, dimana dapat diketahui dengan persamaan (1)-(4):

a. Perhitungan mol Ca(OH)₂



1 mol Ca(OH)₂ ~ 2 mol HCl

$$\text{Ca(OH)}_2 = \frac{\text{mol HCl}}{2} \dots\dots\dots(1)$$

b. Konsentrasi larutan

$$M \text{ Ca(OH)}_2 = \frac{\text{Mol Ca(OH)}_2}{\text{Vol Ca(OH)}_2} \dots\dots\dots(2)$$

c. Persen Ca(OH)₂

$$\% \text{Ca(OH)}_2 = \frac{M \text{ Ca(OH)}_2 \times \text{Mr Ca(OH)}_2}{B_j \text{ Ca(OH)}_2 \times 1000} \times 100\% \dots(3)$$

d. %Reduksi

$$\% \text{Reduksi} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Dimana : A: Konsentrasi awal Ca(OH)₂ dan B: Konsentrasi Akhir Ca(OH)₂

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

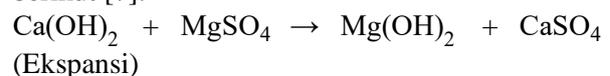
Pada Tabel 1 di bawah ini menunjukkan data hasil pengujian konsentrasi Ca(OH)₂ pada material dengan konsentrasi awal Ca(OH)₂ sebesar 0.19 % dengan variasi waktu 1, 3, 7, dan 14 hari.

Tabel 1. Hasil analisa pengujian %reduksi Ca(OH)₂ pada material pada konsentrasi awal 0.19%.

Material	Kadar SiO ₂ (%)	Hari	%Ca(OH) ₂	% Reduksi
Sampel Awal (OPC)		-	0.19	-
<i>Limestone</i>	1.44	1	0.14	26.09
		3	0.10	44.29
		7	0.07	62.86
		14	0.03	81.05
<i>Andesite</i>	23.98	1	0.08	54.52
		3	0.07	62.48
		7	0.02	87.11
		14	0.01	90.14
<i>Fly Ash</i>	39.67	1	0.11	39.74
		3	0.06	63.61
		7	0.02	87.87
		14	0.02	89.01
<i>Trass</i>	53.32	1	0.03	81.05
		3	0.01	90.52
		7	0.01	93.93
		14	0.007	96.21

Pada penelitian kali ini, dilakukan pengukuran konsentrasi Ca(OH)₂ pada semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) tipe 1 dengan penambahan material yaitu *limestone, andesite, fly ash*, dan *trass*. Adapun fungsi dari material tersebut pada semen untuk menambah ketahanan dan kekuatan bangunan dengan mengikat Ca(OH)₂ membentuk kalsium hidrosilikat (CSH). Semen dapat bereaksi dengan air membentuk kalsium hidrosilikat (CSH) dan kalsium hidroksida (Ca(OH)₂). Ca(OH)₂ dapat bereaksi dengan sulfat dan akan membentuk kalsium sulfat

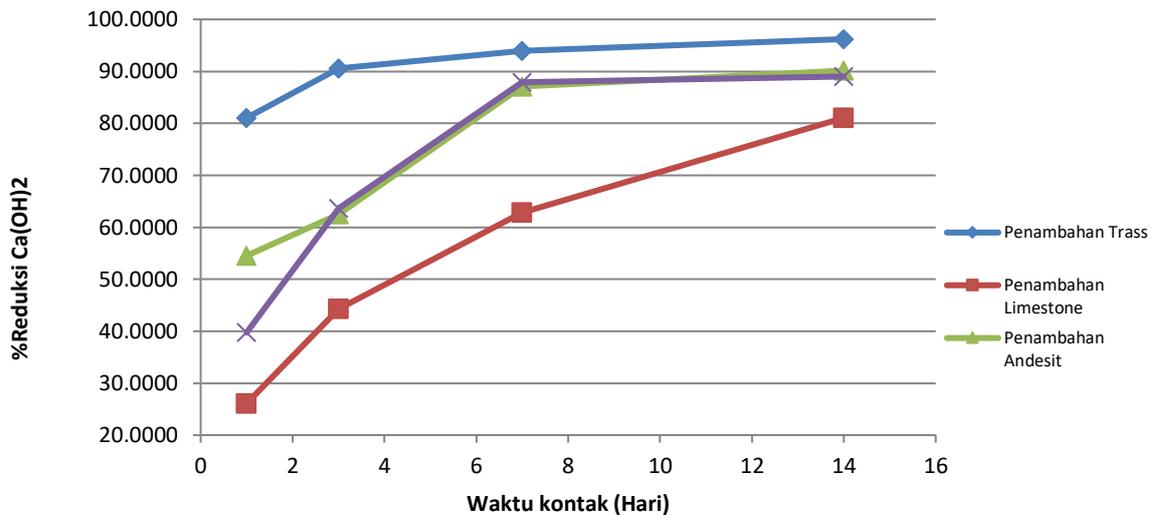
(Ca(SO₄)) yang bersifat ekspansif, dimana dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan keretakan yang mengurangi kuat tekan semen pada bangunan. Adapun reaksi yang terbentuk sebagai berikut [7]:



Tahap awal penelitian adalah dengan melakukan preparasi sampel, yaitu Semen OPC, *limestone, andesite, fly ash* dan *trass*. Adapun hasil analisa XRF menunjukkan kandungan silika tertinggi ada pada material *trass* sebesar 53.32 %. Semen dapat bereaksi dengan air membentuk

kalsium silika hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ direaksikan dengan sampel *limestone*, *andesit*, *fly ash*, dan

trass. Adapun hasil yang diperoleh dengan penambahan material (*limestone*, *andesit*, *fly ash*, dan *trass*) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengaruh waktu kontak dengan penambahan material terhadap %reduksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (200 gram pada 600 mL $\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Dari Gambar 1, diperoleh hasil %reduksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan penambahan *limestone* dengan waktu kontak 1, 3, 7, dan 14 hari terlihat kenaikan %reduksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi awal 0.19%. Pada penambahan *limestone* mengalami kenaikan %reduksi yang artinya pada penambahan *limestone*, kadar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ berkurang akibat pengikatan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi CSH. *Limestone* memiliki kandungan silika sehingga mampu mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada semen. Hal ini telah sesuai dengan penelitian Purnawan dan Prabowo yaitu semen portland komposit mengalami kenaikan kuat tekan dengan penambahan *limestone* pada komposisi optimal sebesar 5% [8].

Selanjutnya, diperoleh hasil %reduksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan penambahan *andesite* mengalami kenaikan dari waktu ke waktu dengan konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ awal 0.19%. Pada penambahan material *andesite* terjadi persentase penurunan kadar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hingga 90.14%. Batuan *andesite* memiliki kandungan silika sebesar 23.98 % sehingga dapat mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ secara maksimal. Data penurunan konsentrasi diperoleh pada sampel *andesite* lebih baik dibandingkan pada sampel *limestone* dengan kandungan silika yang kecil. Data yang diperoleh telah sesuai dengan penelitian Herullah dan Karo, yaitu kuat tekan pada mortar mengalami kenaikan dengan adanya penambahan *andesite* dengan komposisi optimal 10% [5].

Selanjutnya, diperoleh %reduksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan penambahan *fly ash* mengalami kenaikan dari waktu ke waktu dengan konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ awal 0.19%. *Fly Ash* yang digunakan kali ini

merupakan kelas C dengan kandungan silika >50% sehingga persentase penurunannya tidak mencapai 90% namun *fly ash* sendiri mengandung silika sehingga memiliki kemampuan mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang tinggi sehingga terjadi penurunan konsentrasi dari konsentrasi awal secara signifikan. Data persentase penurunan konsentrasi yang diperoleh pada *fly ash* lebih baik dibandingkan *limestone*. Pada sampel *fly ash*, data yang diperoleh telah sesuai dengan penelitian Wenno, yaitu terjadi kenaikan kuat tekan pada mortar dengan adanya penambahan *fly ash* pada komposisi 5% [6].

Selanjutnya, diperoleh hasil %reduksi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan penambahan *trass* mengalami kenaikan yang maksimal dari waktu ke waktu. Hal ini menunjukkan kemampuan *trass* sebagai *pozzolan* alam yang dapat mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ karena mengandung banyak silika. Hal ini telah sesuai dengan penelitian Herdiansyah dan Pangaribuan, yaitu terjadi kenaikan kuat tekan pada beton dengan adanya penambahan *trass* pada komposisi optimal 5% [7].

Dari data yang didapatkan, terlihat bahwa semakin lama waktu kontak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan material maka semakin tinggi %reduksi pada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ karena silika secara maksimal mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ membentuk CSH. Dari keempat material yang digunakan, kemampuan mengikat konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lebih besar terdapat pada material *trass* dimana hal ini terjadi karena *trass* memiliki kandungan silika tertinggi sebesar 53,32% yang dimana dapat secara maksimal mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan persentase 96.21 % (Tabel 1) dan membentuk CSH yang dapat menambah kekuatan pada semen pada bangunan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Ca(OH)_2 mengalami penurunan dengan adanya penambahan material silika (*limestone*, *andesite*, *fly ash*, dan *trass*). Penambahan waktu kontak hingga 7 hari akan meningkatkan reduksi Ca(OH)_2 . Persentase penurunan yang paling tinggi terdapat pada penambahan *trass* dengan konsentrasi Ca(OH)_2 akhir sebesar 0.007 % dengan tingkat efektivitas sebesar 96.21 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat membantu proses penelitian terutama untuk Politeknik ATI Makassar dan PT. Semen Bosowa Maros

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Pasokan Semen Nasional 102 Juta Ton pada 2017," *Kemenperin*, 2015.
- [2] Semen Bosowa, *Proses Pembuatan Semen Bosowa Maros*. Makassar: PT. Semen Bosowa, 1999.
- [3] M. Munasir, T. Triwikantoro, M. Zainuri, and D. Darminto, "Uji xrd dan xrf pada bahan meneral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO_3 dan SiO_2)," *J. Penelit. Fis. dan Apl.*, vol. 2, no. 1, p. 20, Jun. 2012, doi: 10.26740/jpfa.v2n1.p20-29.
- [4] A. Nurwaskito, "Analisis kualitas batu gamping sebagai bahan baku utama semen portland pada PT. Semen Tonasa Provinsi Sulawesi Selatan," *J. Geomine*, vol. 2, no. 1, Aug. 2015, doi: 10.33536/jg.v2i1.33.
- [5] Herullah, P. Karo-Karo, Y. I. Supriyatna, and M. Amin, "Analisa Pengaruh Penambahan Variasi Bubuk Andesit Terhadap Karakteristik Kuat Tekan Mortar," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 06, no. 01, pp. 1–10, 2018.
- [6] R. Wenno, S. E. Wallah, and R. Pandaleke, "Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal Pltu Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 5, pp. 252–259, 2014.
- [7] hendrianyah, M. Ria Pangaribuan, S. Ratu, and A. Makmur, "Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) Sebagai Pembentuk Beton Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Inersia*, vol. 5, no. 2, pp. 11–19, 2013.
- [8] I. Purnawan and A. Prabowo, "Pengaruh Penambahan Limestone terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit," *J. Rekayasa Proses*, vol. 11, no. 2, p. 86, Jan. 2018, doi: 10.22146/jrekpros.31136.