

ISSN : 0854 - 5405



Jurnal **KERAMIK DAN GELAS INDONESIA**

JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 26 No. 2 Desember 2017



KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI

BALAI BESAR KERAMIK

JKGI	VOL. 26	No. 2	Hal. 52 - 113	Bandung Desember 2017	ISSN 0854 - 5405
------	---------	-------	---------------	--------------------------	---------------------

Terakreditasi No: 658/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

Jurnal

KERAMIK DAN GELAS INDONESIA

JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 26 No. 1 Juni 2017

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia adalah majalah ilmiah yang diterbitkan dua kali dalam setahun untuk menyebarkan hasil-hasil penelitian dan pengembangan serta ulasan ilmiah tentang keramik dan gelas kepada lembaga penelitian dan pengembangan, ilmuwan, dan peminat lainnya. Tulisan dalam Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia dapat dikutip dengan menyebutkan sumbernya.

Penanggung Jawab
Kepala Balai Besar Keramik
Ir. Supomo, M.Sc

Editor in Chief
Ir. Hernawan, MT

Tim Penilai Kelayakan/Mitra Bestari
DR. Handoko Setyo Kuncoro, ST, MT, M.Eng, Ph.D
Dr. Eneng Maryani, S.Si, MT
Dra. Sri Cich Kurniasih, M.Si
Drs. Fanani Hamzah, MS
Dra. Naniek Sulistarihani, MS
DR. Ir. Aristianto Muslim M. Barus, MSCE
Dr. Diana Rakhmawaty E, M.Si
Prof. Dr. Ir. Tarzan Sembiring
Prof. DR. Ir. Bambang Sunendar Purwasasmita, M.Eng
DR. Aditya Ramelan
Drs. Suhandha
Ir. Subari

Alamat
Balau Besar Keramik
Jl. Ahmad Yani No. 392 Bandung 40272
Telp: (022) 7206221, 7207115, 7206296
Fax: (022) 7205322
e-mail: keramik@bbk.go.id

DAFTAR ISI

	Halaman
1. Studi Awal Pemanfaatan Limbah Lumpur Pengolahan Ilmenit Sebagai Bahan Magnet <i>Preliminary Study of Utilization of Ilmenite Processing Mud Waste as a Magnet Material</i> Eneng Maryani, Tiar Ramadhan, Herlina Damayanti	52-60
2. Perkembangan Film Tipis Zirkonia: Sifat, Sintesis dan Aplikasi <i>Progress in Zirconia Thin Films: Properties, Synthesis, and Application</i> Ratih Resti Astari dan Rifki Septawendar	61-79
3. Studi Sifat Elektronik Lapisan Nano Tunggal Sic 3c Dengan Metode Perhitungan Prinsip Pertama <i>Study of SiC 3C Single Nano Layer Electronic Properties with First Principle Calculation</i> Muhammad Syaifun Nizar dan Ayu Ratnasari	80-86
4. Sintesis Precipitated Calcium Carbonated Dengan Asam Stearat Sebagai Pengubah Permukaan <i>Synthesis of Precipitated Calcium Carbonated With Acid Stearat As A Surface Modifier</i> Citra Fitriani K, Dede Taufik, Kristanto Wahyudi, dan Hernawan	87-95
5. Pembuatan dan Karakterisasi Material <i>Cutting Tools</i> Alumina Aditif Titania <i>Fabrication and Characterization Cutting Tools Alumina Aditif Titania</i> Maulid Purnawan, Soewanto Rahardjo, dan M. Sobron Lubis	96-102
6. Kesesuaian Sni Dengan Standar Internasional Pada Produk Kloset Duduk Keramik <i>Compatibility of Indonesian National Standard (SNI) to Internastional Standards on WC</i> Nurhidayati, Ratih Resti Astari, Hendra Kustiawan	103-113

KATA PENGANTAR

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia Vol.26 No.2 Desember 2017 ini menyajikan 6 (enam) makalah yang ditulis oleh peneliti Balai Besar Keramik dan instansi litbang lainnya. Makalah-makalah tersebut membahas pemanfaatan limbah ilmenite sebagai bahan magnet, kajian film tipis zirconia, simulasi dan perhitungan lebar pita energi lapisan nano tunggal SiC 3C, sintesis *precipitated calcium carbonated* dengan asam stearat sebagai pengubah permukaan, pembuatan material cutting tools alumina aditif titania dan kesesuaian sni dengan standar internasional pada produk kloset duduk keramik.

Pada makalah pertama barium ferri oksida yang dihasilkan termasuk jenis magnet keras karena memiliki nilai koersivitas (H_c) = 0,638-0,711 kOe. Karakteristik magnet lainnya yaitu nilai induksi remanen (B_r) = 0,16-0,22 kG, energi maksimal (B_h) = 0,001-0,01 MGOe dan densitas = 3,43-3,50 g/cm³.

Pada makalah kedua mengkaji lapisan film tipis zirconia yang memiliki prospek sangat potensial untuk keramik, seperti konduktor ion oksigen dan sensor oksigen, sebagai lapisan pembatas termal, untuk lapisan penyangga dalam perangkat superkonduktor, laser, bidang katalis, sebagai bahan dielektrik, dan untuk penggunaan di bidang biomedis seperti untuk implan dalam tubuh manusia

Pada makalah ketiga dengan menggunakan prinsip pertama, sifat listrik suatu bahan pada ukuran skala nano dapat diprediksi dengan simulasi komputasi, sifat elektronik lapisan tunggal nano SiC 3C dihitung *density of state* dan struktur pita energi. Hasil komputasi SiC 3C lapisan nano tunggal dengan ukuran 1,3 x 1,3 nm ukuran sel kristal 3x3x1 didapatkan celah pita energi sebesar -1.7 eV mirip dengan semikonduktor tipe p dengan pita konduksi minimum berada 8 eV diatas pita valensi.

Pada makalah keempat menunjukkan persen CaCO₃ meningkat seiring dengan penambahan asam stearat dengan persen tertinggi 99,387 %. dalam bubuk menentukan ukuran butir kapur yang dapat dicapai. Selain itu derajat putih (*whiteness*) dan derajat kecerahan (*brightness*) meningkat secara signifikan seiring dengan penambahan asam stearat, nilai yang tertinggi adalah *whiteness* 84,61 dan *brightness* 90,93 dengan konsentrasi asam stearat 2,5%.

Pada makalah kelima menunjukkan hasil pembakaran pada suhu 1700°C dengan metode substitusi karbon yang bersumber dari sagar silikon karbida yang bertujuan mengubah TiO₂ menjadi TiC, bahan dengan komposisi 97% Al₂O₃, 3% TiO₂ mempunyai sifat yang lebih baik untuk dijadikan sebagai bahan *cutting tools* dengan kekerasan (*vickers hardness*) 25,21GPa.

Pada makalah keenam hasil analisis gap dengan JIS dan EN, SNI kloset duduk perlu perlu menambahkan pasal klasifikasi dan mengkaji pengujian serta syarat lulus uji khususnya uji pembilasan (Bowl Surface Flush Test). Sesuai perkembangan teknologi, SNI Kloset Duduk juga diharapkan dapat mengakomodir isu penghematan air (*water saving efficiency*).

Hasil penelitian dan kajian di atas diharapkan dapat menyumbangkan kemajuan teknologi keramik di Indonesia, sehingga tidak terlalu tertinggal dengan kemajuan teknologi keramik di negara lain.

Redaksi

SINTESIS PRECIPITATED CALCIUM CARBONATED DENGAN ASAM STEARAT SEBAGAI PENGUBAH PERMUKAAN

*Synthesis of Precipitated Calcium Carbonated With Acid Stearat As A
Surface Modifier*

Citra Fitriani K^a, Dede Taufik^b, Kristanto Wahyudi^b, dan Hernawan^b

^aJurusan Kimia, Fakultas Sains, UIN Sunan Gunung Jati

^bBalai Besar Keramik, Jl. Jendral Ahmad Yani No.392 Bandung 40272

Naskah masuk: 16 November 2017, Revisi: 10 Desember 2017, Diterima: 28 Desember 2017

ABSTRAK

*J*umlah permintaan material PCC yang mencapai 108,5 juta ton pada tahun 2016 dan akan terus meningkat pada tahun-tahun berikutnya. Hampir semua industri membutuhkan material PCC baik sebagai filler maupun material utama seperti kertas, tekstil, karet, cat, ban, bahan adesif, farmasi, kosmetik, sealant, keramik, pasta gigi, makanan, plastik, deterjen, perekam magnetik, sistem transport obat-obatan dan sebagainya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan sumber daya kapur alam Indonesia. Penelitian sintesis PCC ini menggunakan bahan baku dari Padalarang. Proses pembuatan PCC dilakukan dengan metoda karbonasi dan asam stearate sebagai pengubah. Hasil penelitian menunjukkan persen CaCO_3 meningkat seiring dengan penambahan asam stearat dengan persen tertinggi 99,387 %. dalam bubuk menentukan ukuran butir kapur yang dapat dicapai. Selain itu derajat putih (*whiteness*) dan derajat kecerahan (*brightness*) meningkat secara signifikan seiring dengan penambahan asam stearat, nilai yang tertinggi adalah *whiteness* 84,61 dan *brightness* 90,93 dengan konsentrasi asam stearat 2,5%.

Kata Kunci: PCC, Kapur Padalarang, Karbonasi, Asam Stearat

ABSTRACT

*P*CC material demand reaching 108.5 million tonnes by 2016 and will continue to increase in the following years. Almost all industries require PCC material either as filler or main material such as paper, textile, rubber, paint, tire, adhesive, pharmaceutical, cosmetic, sealant, ceramic, toothpaste, food, plastic, detergent, magnetic recorder, medicines and so on. Therefore this research is conducted to utilize the natural lime resources of Indonesia. This PCC synthesis study uses raw materials from Padalarang. The PCC manufacturing process is carried out by carbonation and stearate acids as modifiers. The results showed that CaCO_3 percent increased along with the addition of stearic

acid with the highest percentage of 99.387%. in the slurry determines the limestone grain size that can be achieved. Besides the degree of white (whiteness) and the degree of brightness (brightness) increased significantly along with the addition of stearic acid, the highest value is whiteness 84.61 and 90.93 brightness with 2.5% stearic acid concentration.

Kata Kunci: PCC, Kapur Padalarang, Karbonasi, Asam Stearat

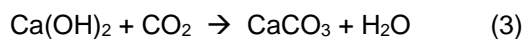
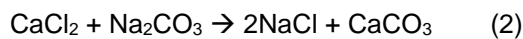
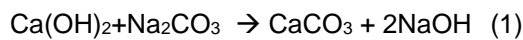
I. PENDAHULUAN

Terdapat dua jenis kalsium karbonat yang dijual dipasaran untuk keperluan berbagai jenis produk, yaitu *ground calcium carbonate* (GCC) dan *precipitated calcium carbonated* (PCC). GCC adalah batuan kapur yang diekstraksi dari bumi, digiling langsung dan berada dalam jumlah bervariasi dalam bentuk kalsit, aragonit, vaterit, batu kapur (limestone), kapur tulis, marmer atau travertin. Sedangkan PCC merupakan kalsium karbonat yang disintesa dari kapur padam melalui proses karbonasi terkontrol sehingga karakteristiknya meningkat dibanding GCC dari sisi kemurniannya, distribusi ukuran partikel, bentuk serta area permukaan, derajat putih, sifat reologi dan lain-lain [1][2][3].

Precipitated calcium carbonated (PCC) adalah material berfungsi sebagai filler yang digunakan di berbagai industri, seperti

kertas [4], tekstil, karet, cat, ban, bahan adesif, farmasi, kosmetik, sealant, keramik, pasta gigi, makanan, plastik [5][6], deterjen, perekam magnetik, sistem transport obat-obatan [7] dan sebagainya [2][8][9][10][11][12][13][14][15]. Konsumsi PCC di dunia sampai tahun 2016 mencapai 108,5 juta ton [16]. Industri kertas merupakan konsumen terbesar sebanyak 6 juta ton [10][16]. Konsumsi terbesar adalah Amerika Utara, Asia dan Eropa Barat, sedangkan negara pengonsumsi terbesar secara berurutan Amerika Serikat, Jepang, Perancis, China dan Finlandia [10]. Dengan kriteria produk PCC yang umum dibutuhkan adalah sebagai berikut : kemurnian lebih dari 99%, densitas 2,7 g/cm³, ukuran partikelnya 70 % di antara 0,4 sampai 2 µm, specific surface area (BET) sebesar 4-11 m²/g, derajat brightness > 93%, pH dari 1 mol PCC dalam 1 dm³ larutan harus mendekati 9, indeks refraksi 1.49–1.67 [2][10].

Untuk memproduksi PCC dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara, yaitu : proses lime soda (*Kraft pulping method*), proses kalsium klorida dan proses karbonasi [2][16].



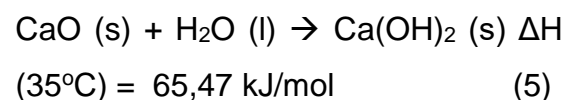
Pada proses lime soda, kalsium hidroksida direaksikan dengan sodium karbonat untuk menghasilkan larutan sodium hidroksida dan kalsium karbonat dalam bentuk PCC. Proses ini biasanya digunakan oleh produsen alkali dengan daur ulang sodium hidroksida namun PCC yang dihasilkan masih kasar. Pada proses kalsium klorida, kalsium hidroksida direaksikan dengan ammonium klorida, membentuk gas dan larutan kalsium klorida. Setelah pemurnian, larutan ini direaksikan dengan sodium karbonat untuk membentuk PCC dan larutan sodium klorida. Proses ini termasuk mudah namun membutuhkan kalsium klorida yang cukup tinggi harganya. Biasanya merupakan plant satellite dalam pabrik yang menggunakan proses Solvay untuk produksi abu soda [14]. Metoda ketiga merupakan proses yang paling

banyak digunakan yaitu karbonasi karena bisa menggunakan bahan baku yang lebih murah. Pada proses ini, limestone halus dibakar dalam tungku lime sekitar 1000°C, yang akan terkalsinasi menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida.



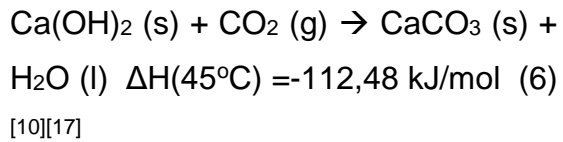
$$\Delta H(1000^\circ\text{C}) = 165,54 \text{ kJ/mol} \quad (4)$$

CaO kering dihidrasi atau dipadamkan (slaked) dengan air pada suhu 30°C – 50°C menghasilkan lumpur Ca(OH)₂ [10][17]. Lalu lumpur CaO diaduk oleh agitator dalam tanki pemadam sehingga membentuk :



Lumpur terdiri dari kalsium hidroksida tidak terlarut dan ion-ion kalsium (Ca²⁺) dan hidroksida (OH⁻). Konsentrasi ion kalsium bergantung pada batas solubilitas pelarut yang akan menurun seiring dengan kenaikan suhu. Sebelum proses karbonasi dilakukan, lumpur disaring untuk menghilangkan pengotor dari batu kapur. Setelah disaring lumpur diaduk dalam tangki reaktor, direaksikan dengan CO₂, di mana Ca(OH)₂ terlarut menjadi ion Ca²⁺ dan OH⁻, lalu CO₂ diserap dalam air untuk membentuk H₂CO₃ dan dikonversi menjadi ion-ion H⁺, HCO₃⁻ dan CO₃²⁻. Kemudian Ca²⁺ berkombinasi dengan

CO_3^{2-} untuk membentuk CaCO_3 , sedangkan H^+ dan OH^- bersatu menjadi H_2O [8][18]. Persamaan reaksinya sebagai berikut :



Ukuran partikel, distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan perubahan sifat permukaan partikel kalsium karbonat ditentukan oleh suhu reaksi [10], tekanan parsial CO_2 , laju alir CO_2 , konsentrasi lumpur lime, waktu proses [18] dan kecepatan agitator [17].

PCC memiliki tiga kristal polimorf dengan sifat dan karakteristik yang berbeda ketika disintesis dengan media air. Tiga kristal polimorf tersebut adalah kalsit, vaterit dan aragonit. Secara termodinamika, kalsit merupakan polimorf yang paling stabil dan disintesis pada suhu ruang. Vaterit secara termodinamika paling tidak stabil sedangkan aragonit hanya terbentuk pada suhu tinggi. Polimorf ini bersifat metastabil dan secara perlahan berubah menjadi kalsit [18][19]. Perbedaan tersebut diakibatkan distribusi ion karbonat terhadap kation kalsium di dalam sel unit yang tidak merata [19]. Dengan banyaknya parameter proses untuk pembentukan

PCC, antara lain suhu, supersaturasi, aliran gas, kecepatan aduk dan konsentrasi massa dari larutan Ca(OH)_2 , akan mengakibatkan kristal kalsit memiliki morfologi yang berbeda (rhombohedral, prismatic, skalenohedral atau rantai)[20]. Selain itu karena proses fisika-kimia yang terjadi secara simultan selama proses karbonasi CO_2 dan Ca(OH)_2 , nukleasi heterogen dan homogen dari CaCO_3 dan epitaksi pertumbuhan kristal secara spontan akan menyebabkan prediksi yang kurang tepat untuk sifat-sifat PCC [20].

Pada penelitian ini, proses yang digunakan untuk mensintesa material PCC adalah proses karbonasi dengan variasi penambahan asam stearat. Lalu akan ditinjau seberapa besar kadar PCC yang dihasilkan dengan menggunakan EDX dan derajat putihnya dengan uji Whiteness meter.

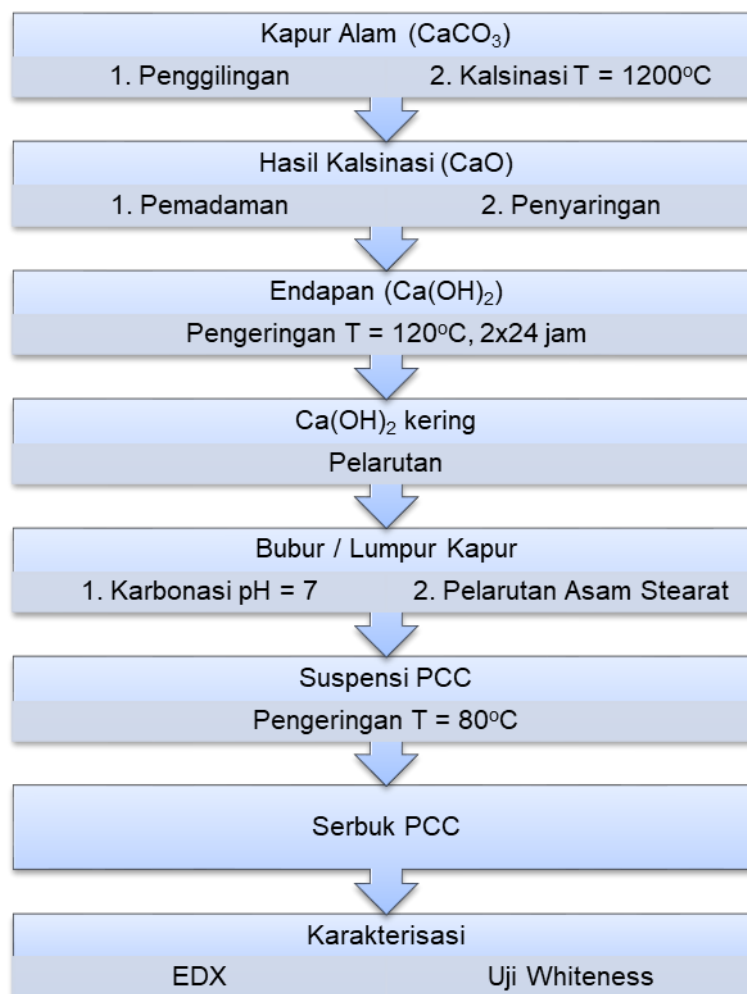
II. METODOLOGI

Bahan yang digunakan adalah kapur Padalarang, asam stearat, dan gas CO_2 . Sampel kapur alam dikalsinasi pada suhu 1200°C untuk memperoleh material CaO . Kemudian material CaO dipadatkan dalam tangki pemadam. Pada proses

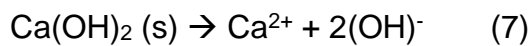
pemadaman ini, CaO tidak terpadamkan seluruhnya karena masih terdapat CaCO₃ yang belum pecah menjadi CaO. Dari hasil pemadaman didapatkan lumpur Ca(OH)₂ kemudian disaring sampai lolos ayakan 325 mesh. Lalu didekantasi, untuk memisahkan supernatan dan endapan Ca(OH)₂. Endapan Ca(OH)₂ dikeringkan pada suhu 120°C selama 2 x 24 jam untuk mendapat material Ca(OH)₂ kering.

Material Ca(OH)₂ ini dihaluskan dan ditimbang sebesar 100 gram untuk dilarutkan dengan air hingga 4000 mL. penambahan asam stearate, sebesar 1,5 % dan 2,5 % pada suhu < 80°C yang dilakukan sebelum proses karbonasi. Diharapkan penambahan asam stearate ini akan mempengaruhi tingkat aglomerasi partikel PCC.

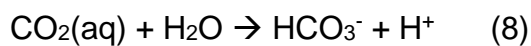
Diagram alir proses sintesa adalah sebagai berikut:



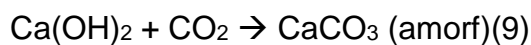
Proses karbonasi dilakukan pada suhu 35°C - 40°C dengan laju alir ± 5 L/menit, sampai pH terukur adalah pH 7. Proses karbonasi ini adalah eksotermis yang secara simultan mengurai Ca(OH)₂ dengan persamaan reaksi di bawah ini^[16] :



Dan disosiasi CO₂ dalam air :



Kemudian terjadi proses presipitasi CaCO₃ dari amorphous menjadi kalsit, dengan persamaan reaksi ^[16] :



lalu



Untuk mengetahui karakteristiknya dibuat sampel pada table 1.

Tabel 1. Kode Sampel

No	Sampel	Keterangan
1	Kapur Alam	Sumber Padalarang
2	CaO	Hasil kalsinasi kapur alam
3	PCC1	Lumpur Ca(OH) ₂ tanpa asam stearat
4	PCC2	Lumpur Ca(OH) ₂ dengan asam stearat 1,5 %
5	PCC3	Lumpur Ca(OH) ₂ dengan asam stearat 1,5 %
6	PCC4	Lumpur Ca(OH) ₂ dengan asam stearat 2,5 %
7	PCC5	Lumpur Ca(OH) ₂ dengan asam stearat 2,5 %

Hasil sintesa kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui kandungan CaCO₃ dengan EDX dan mengukur derajat putihnya dengan whiteness tester.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil EDX adalah sebagai berikut :

No	Sampel	Kandungan CaCO ₃ (%)
1	Kapur Alam	98,72
2	CaO	98,01
3	PC C 1	97,97
4	PC C 2	99,37
5	PC C 3	99,38
6	PC C 4	98,38
7	PC C 5	99,25

Tabel 2. Kandungan CaCO₃ berdasarkan hasil uji EDX

Dari hasil yang ditunjukkan tabel 2. Kemurnian CaCO₃ berada di

antara 98 % - 99,3 % untuk sampel dengan penambahan asam stearat sedangkan tanpa asam stearat memberikan hasil 97,974 %. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh asam stearat terhadap pembentukan PCC, karena semakin banyak Ca^{2+} terlarut sehingga makin banyak yang bereaksi dengan CO_3^{2-} [18]. Selain itu dengan menambahkan asam sebelum proses karbonasi, pada pH sekitar 7,5 – 7,7 ion ferri teroksidasi menjadi ion ferro dan berikatan dengan hidroksida membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang mengendap^[21]. Karena pH memiliki pengaruh pada disosiasi asam stearate dan kelarutan kalsit serta mendorong reaksi antara asam yang terdisosiasi dan ion kalsium [22]. Disosiasi kalsit dalam air dinyatakan dengan persamaan (7). dan hasilnya adalah peningkatan alkalitas larutan. Penurunan pH selama proses modifikasi menunjukkan disosiasi asam stearat yang mengakibatkan pelepasan proton dari asam. Proses yang terjadi selain disosiasi kalsit dalam air, ionisasi asam stearat terjadi dengan persamaan :



[22]

Jadi, bila larutan pH meningkat, ionisasi asam stearat terjadi, sehingga kelompok anionik untuk larut dalam air

akan meningkat dan mencapai permukaan kalsit [22]. Sehingga sifat permukaan CaCO_3 akan berubah dari yang mudah beraglomerasi dalam air menjadi terdispersi dalam bentuk partikel yang lebih kecil

Hasil Whiteness tester

Tabel 3. Hasil Uji Whiteness Tester

No	Sampel	Whiteness	Brightness
1	Kapur Alam	61,17	77,77
2	CaO	71,09	82,26
3	PCC 1	75,82	86,59
4	PCC 2	79,05	87,18
5	PCC 4	84,61	90,93

Derajat putih dan kecerahan ini sangat dipengaruhi oleh kandungan CaO yang terdapat pada PCC. Berdasarkan tabel 3. derajat putih dan kecerahan meningkat seiring dengan proses yang terjadi dari mulai pemadaman dalam bentuk CaO, lalu pembentukan PCC1 (tanpa asam stearat), dan makin meningkat sesuai dengan penambahan asam stearat pada proses karbonasi, dengan nilai tertinggi derajat putih 84,61 dan derajat kecerahan 90,93.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan asam stearat pada proses pembuatan PCC metoda karbonasi dengan kontrol pH = 7,

akan meningkatkan kadar CaCO_3 dari 97,974 % menjadi 98 % - 99 %. Selain itu derajat putih (*whiteness*) dan derajat kecerahan (*brightness*) meningkat secara signifikan seiring dengan penambahan asam stearat, nilai yang tertinggi adalah *whiteness* 84,61 dan *brightness* 90,93 dengan konsentrasi asam stearat 2,5 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Naniek Sulistarihani, Hernawan, Suropto, Abdul Rachman dan Ria Julyana, Penelitian Pembuatan Nano-Precipitated Calcium Carbonate (Nano-PCC) dan Rencana Pengembangannya Ke Skala Pilot, JKGI Vol 21 (2) 2011.
2. Necmetin Erdogan, Hacı Ali Eken, Precipitated Calcium Carbonate Production, Synthesis and Properties, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 53(1), 2017, 57-68.
3. Mick Stovin, Calcium Carbonate - The world's most versatile mineral, British Calcium Carbonate Federation, August 2014.
4. A.F. Loureno J.A.F. Gamelas P.J. Ferreira, Precipitated Calcium Carbonate Modified By The Layer-By-Layer Deposition Method - Its Potential As Papermaking Filler, Journal Chemical Engineering Research and Design, 2015
5. N. A. S. Fernando and N. L. Thomas, Investigation of Precipitated Calcium Carbonate as a Processing Aid and Impact Modifier in Poly(vinyl chloride), 11th International PVC Conference, IoM3, Brighton, UK, April, 2011
6. Marijan Vucak, Hein-Dieter Stover, Precipitated Calcium Carbonate in PVC, Kunststoffe plast europe 2/2005, pp. 97-100
7. Ligia Maria Manzine Costa, Gabriel Molina de Olyveira and Rafael Salommao, Precipitated Calcium Carbonate Nano-Microparticles: Applications in Drug Delivery, Advances in Tissue Engineering and Regenerative Medicine, Volume 3 Issue 2 - 2017
8. Onimisi A. Jimoh, Tunmise A. Otitoju, Hashim Hussin, Kamar Shah Ariffin, and Norlia Baharun, Understanding the Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Production Mechanism and Its Characteristics in the Liquid-Gas System Using Milk of Lime (MOL) Suspension, S. Afr. J. Chem., 2017, 70, 1-7
9. A.Decelet, E. Reyes and O. M. Suarez, Calcium Carbonate

- Precipitation : A Review Of The Carbonate Crystallization Process And Applications In Bioinspired Composites, *Advanced, Material Science*. 44 (2016) 87-10
10. Sebastian Teir, Sanni Eloneva, Ron Zevenhoven, Production Of Precipitated Calcium Carbonate From Calcium Silicates And Carbon Dioxide, *Energy Conversion and Management* 46 (2005) 2954–2979
 11. Anuar Othman, Rohaya Othman, Siti Noorzidah Mohd Sabri, Producing Precipitated Calcium Carbonate with and without Terpeneol, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 56, 2017
 12. M.M.M.G.P.G. Mantilaka, D.G.G.P. Karunaratne, R.M.G. Rajapakse and H.M.T.G.A. Pitawala, Precipitated Calcium Carbonate/Poly(Methyl Methacrylate) Nanocomposite Using Dolomite: Synthesis, Characterization And Properties, *Powder Technology* 235 (2013) 628–632.
 13. Semra Kirboga, Mualla Oner, Effect of the Experimental Parameters on Calcium Carbonate Precipitation, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 32, 2013.
 14. G. Montes-Hernandez, F. Renard, N. Geoffroy, L. Charlet, J. Pironon, Calcite Precipitation From CO₂-H₂O-Ca(OH)₂ Slurry Under High Pressure Of CO₂, *Journal of Crystal Growth* 308 (2007) 228–236
 15. Abdullahi Shafiu Kamba, Maznah Ismail, Tengku Azmi Tengku Ibrahim, and Zuki Abu Bakar Zakaria, Synthesis and Characterisation of Calcium Carbonate Aragonite Nanocrystals from Cockle Shell Powder (*Anadara granosa*), *Journal of Nanomaterials* Volume 2013, Article ID 398357
 16. Thriveni Thenepalli, Ahn Young Jun, Choon Han, Chilakala Ramakrishna, and Ji Whan Ahn, A Strategy Of Precipitated Calcium Carbonate (CaCO₃) Fillers For Enhancing The Mechanical Properties Of Polypropylene Polymers, *Korean Journal of Chemical Engineering*, June 2015.
 17. Nurettin Sezer, Production Of Precipitated Calcium Carbonate From marble Wastes, A Thesis master Of Science In Mining Engineering, Middle East Technical University, 2013.
 18. Fanny Prasetia, Noor Isnaini Azkiya, Elsa Desyta Putri, Anggita

- Rosiana Putri dan Sri Wardhani, Sintesis Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Batuan Kapur Alam Dengan Metode Karbonasi (Kajian Laju Alir Gas CO₂), Prosiding Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya, 3-4 Oktober 2015.
19. Gareth J. Price, Mary F. Mahon, James Shannon, and Crispin Cooper, Composition of Calcium Carbonate Polymorphs Precipitated Using Ultrasound, *Crystal growth & Design Article* 2011, Vol. 11.
20. Marko Ukrainczyk, Jasminka Kontrec, Vesna Babić-Ivančić, Ljerka Brečević, Damir Kralj, Experimental Design Approach To Calcium Carbonate Precipitation In A Semicontinuous Process, *Powder Technology* 171 (2007) 192–199.
21. Noor Isnaini Azkiya, Fanny Prasetia, Elsa Desyta Putri, Anggita Rosiana, Sri Wardhani, Sintesis Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari Batuan Kapur Alam dengan Metode Kaustik Soda (Kajian Konsentrasi HNO₃), *Jurnal ILMU DASAR* Vol. 17 No. 1, Januari 2016 : 31 – 34.
22. Slavica Mihajlović, Živko Sekulić, Aleksandra Daković, Dušica Vučinić, Vladimir Jovanović, Jovica Stojanović, Surface Properties Of Natural Calcite Filler Treated With Stearic Acid, *Ceramics – Silikáty* 53 (4) 268-275 (2009).