

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI *PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE* (PCC) DARI LIMBAH EKSTRAKSI ASBUTON MENGGUNAKAN PELARUT ASAM ASETAT ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) DENGAN METODE *pH-SWING*

Devit Ardiyansyah<sup>1</sup>, A.P. Bayuseno<sup>2</sup>, Rifky Ismail<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: devitardiyansyah03@gmail.com

### Abstrak

Salah satu sumber kalsium yang banyak diaplikasikan dalam dunia industri adalah *precipitated calcium carbonate* (PCC). PCC dapat disintesis dari material yang mengandung kalsium, seperti limbah ekstraksi aspal buton. Limbah ekstraksi aspal buton mengandung sekitar 25,5 % Ca, sehingga mempunyai potensi besar sebagai bahan dasar pembuatan PCC. Sintesis PCC menggunakan metode karbonasi, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah dan polusi  $\text{CO}_2$ . Penelitian sintesis PCC ini menggunakan metode *pH-swing* dengan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) sebagai pelarut dan amonium bikarbonat ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) sebagai sumber  $\text{CO}_2$  dengan temperatur karbonasi  $30^\circ\text{C}$ . Produk sintesis PCC kemudian dilakukan uji XRD, FTIR, dan SEM dengan tujuan memperoleh persentase kristalinitas, struktur, ukuran, *wavenumber*, dan morfologi kristal PCC. Metodologi peneliti secara kuantitatif dengan metode eksperimen. Proses pembuatan PCC dengan mencampurkan limbah asbuton terkalsinasi dengan durasi 5 jam pada temperatur  $900^\circ\text{C}$  dengan asam asetat dan natrium hidroksida untuk menghasilkan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Selanjutnya,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dicampurkan dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dengan temperatur  $30^\circ\text{C}$ . Hasil karakterisasi XRD menunjukkan ukuran rata-rata sebesar 179, *density* sebesar  $2.54 \text{ g/cm}^3$ , serta persentase kristalinitas vaterit 97.3%, kalsit 1.7%, dan aragonit 1%. Pada pengujian FTIR menunjukkan adanya gugus CaO dan CO serta puncak *wavenumber* menunjukkan Puncak pada *wavenumber*  $1395.68 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu_3$ ) menunjukkan kandungan fase kalsit,  $872.23 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu_2$ ) dan  $744.38 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu_4$ ) menunjukkan kandungan fase vaterit, dan tidak terlihat adanya kandungan aragonit. Hasil pengujian SEM menunjukkan morfologi vaterite dan kalsit lebih dominan.

**Kata kunci:** limbah ekstraksi asbuton; *precipitated calcium carbonate*; *ph-swing*

### Abstract

*One source of calcium that is widely applied in the industrial world is precipitated calcium carbonate (PCC). PCC can be synthesized from calcium-containing materials, such as buton bitumen extraction waste. Buton bitumen extraction waste contains about 25.5% Ca, so it has great potential as a base material for PCC manufacture. PCC synthesis uses the carbonation method, so it can reduce environmental pollution due to waste and  $\text{CO}_2$  pollution. This PCC synthesis research used the pH-swing method with acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) as a solvent and ammonium bicarbonate ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) as a  $\text{CO}_2$  source with a carbonation temperature of  $30^\circ\text{C}$ . The PCC synthesis product was then subjected to XRD, FTIR, and SEM tests with the aim of obtaining the percentage of crystallinity, structure, size, wavenumber, and morphology of PCC crystals. The research methodology is quantitative with the experimental method. The process of making PCC is by mixing calcined asbuton waste with a duration of 5 hours at a temperature of  $900^\circ\text{C}$  with acetic acid and sodium hydroxide to produce calcium hydroxide ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Furthermore,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  is mixed with  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  at  $30^\circ\text{C}$ . The results of the XRD characterization showed an average size of 179, a density of  $2.54 \text{ g/cm}^3$ , and the percentage of crystallinity of vaterite was 97.3%, calcite was 1.7%, and aragonite was 1%. The FTIR test shows the presence of CaO and CO groups and the wavenumber peak shows the peak at wavenumber  $1395.68 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu_3$ ) indicates the content of the calcite phase,  $872.23 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu_2$ ) and  $744.38 \text{ cm}^{-1}$  ( $\nu_4$ ) indicates the content of the vaterite phase, and not the presence of aragonite was found. SEM test results showed that the morphology of vaterite and calcite was more dominant*

**Keywords:** asbuton extraction waste; calcium carbonate deposit; *ph-swing*

## 1. Pendahuluan

Kepentingan dalam negeri terhadap aspal untuk mendukung pembangunan jalan di Indonesia sebenarnya harus mengimpor minyak aspal dalam jumlah yang sangat besar secara konsisten dari berbagai negara [1]. Sekitar 1.8 miliar ton kebutuhan aspal Indonesia saat ini, akan tetapi produsen lokal hanya mampu memenuhi 344 juta ton dan sisanya diimpor dari Singapura [2]. Untuk mengatasi masalah ini, penting untuk menggunakan bahan berbeda yang dapat diakses secara lokal, misalnya asbuton (aspal buton). Asbuton adalah aspal alami dari kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara, Indonesia. Asbuton tersimpan dalam jumlah 700 juta ton atau sekitar 80% total cadangan aspal alam dunia. Tetapi saat ini asbuton masih minim dimanfaatkan, padahal memiliki potensi dan peluang yang sangat besar. Oleh sebab itu, pemerintahan sekarang ini sedang meningkatkan pemanfaatan asbuton agar bisa memanfaatkan sumber daya alam secara optimal [3]. Aspal buton diproses dengan cara pemurnian batuan yang berasal dari pulau Buton untuk memisahkan kandungan mineral dan meningkatkan kadar bitumen dari sebesar 13-20% menjadi sekitar 55-60% [4]. Sehingga limbah padat asbuton mengandung sumber mineral karbonat dan masih jarang dimanfaatkan [5].

Pemerintah Indonesia terus berupaya dan berkomitmen dalam pengelolaan limbah hasil industri yang menjadi salah satu persoalan cukup serius di era industrialisasi saat ini. Pertumbuhan populasi manusia dan industrialisasi yang signifikan menyebabkan limbah yang dihasilkan akan terus meningkat. Oleh karena itu pengolahan limbah menjadi solusi yang tepat untuk mengurangi limbah industri dan mengubah menjadi produk yang mempunyai nilai tambah. Industri aspal merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah berbahaya. Aspal adalah campuran kompleks yang tersusun dari berbagai macam senyawa organik serta mengandung bahan beracun seperti *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), dimana PAHs mengandung zat karsinogen yang tinggi [6]. Oleh karena itu pembuangan dan pengolahan limbah aspal yang kurang tepat dapat membahayakan lingkungan dan ekosistem disekitarnya. Limbah asbuton mengandung  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  yang cukup tinggi. sehingga, limbah asbuton berpotensi bisa digunakan menjadi produk bernilai lebih seperti *precipitated calcium carbonate* (PCC). Endapan kalsium karbonat (PCC) adalah bahan baku di industri kimia, karet, plastik, pembuatan kertas, pelapis, obat-obatan, pestisida *filler* pada cat dan kertas, agregat pada semen dan sebagai *acid reducer* [7].

Emisi karbon adalah gas hasil pembakaran suatu senyawa yang mengandung  $\text{CO}_2$ , solar, dan LPG yang dilepaskan ke atmosfer bumi [8]. Emisi gas  $\text{CO}_2$  yang berlebihan bisa mengakibatkan permasalahan iklim global yang serius. Oleh karena itu diperlukan beberapa cara untuk mengurangi emisi  $\text{CO}_2$  tersebut. Salah satu cara adalah dengan penangkapan dan penyimpanan  $\text{CO}_2$  atau *carbon capture storage* (CCS). CCS masih menjadi strategi utama pengurangan emisi  $\text{CO}_2$  pada periode saat ini. Diperkirakan teknologi ini akan diterapkan secara luas dalam pembangkit listrik maupun lainnya industri di seluruh dunia dan dapat menyerap lebih dari 7 miliar ton  $\text{CO}_2$  setiap tahun pada tahun 2050 [9]. Metode CCS terdiri dari tiga cara yaitu penyimpanan geologis, kelautan dan mineral. Penyimpanan secara geologis dan kelautan cukup berbahaya terhadap lingkungan dan ekosistem. Penyimpanan mineral  $\text{CO}_2$  juga dikenal sebagai mineralisasi  $\text{CO}_2$  atau karbonasi mineral, yaitu di mana  $\text{CO}_2$  direaksikan dengan kalsium atau mineral yang mengandung magnesium sehingga  $\text{CO}_2$  dapat tersimpan secara permanen di dalam karbonat stabil ( $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ ) [10]. Salah satu langkah untuk memperlambat perubahan iklim yaitu dengan mengurangi pencemaran tropogenik emisi gas karbon dioksida dari industri yang ada [11]. Mereka juga menjelaskan dalam mengurangi sisa karbon dioksida diperlukan konseptualisasi multi-cabang seperti penangkapan dan pemanfaatan  $\text{CO}_2$ , simbiosis antar industri, *heat integration*, serta penggunaan sumber daya terbarukan. Berdasarkan solusi tersebut, Metode baru yang dikembangkan berupa sintesis  $\text{CaCO}_3$  dan *trimethyl borate* dengan memanfaatkan dan menangkap gas  $\text{CO}_2$  dalam reaktor tekanan tinggi [12]. Sehingga pembuatan PCC dengan bahan dasar aspal buton menggunakan metode karbonasi tidak langsung dapat dikembangkan.

Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dapat diperoleh dari dua sumber yaitu *ground calcium carbonate* (GCC) dan *Precipitated calcium carbonate* (PCC). GCC berasal dari ekstraksi dari bumi, dan terdapat dalam berbagai kuantitas dan bentuk seperti *calcite*, *aragonite*, *vaterite*, batu kapur, kapur, marmer atau *travertine* [13]. Disisi lain, PCC dapat diperoleh dalam tiga kristal yang berbeda bentuk yaitu *calcite* (rhombohedral), *aragonite* (orthorombik), dan *vaterite* (heksagonal) dan terdapat di alam dalam bentuk kapur, batu gamping, marmer, cangkang siput dan cangkang kerang [14]. PCC bisa disintesis dari bahan yang mengandung kalsium karbonat dengan tiga metode yaitu metode karbonasi, kaustik soda, dan *solva* [15]. Metode karbonasi mineral dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu karbonasi langsung (*direct carbonation*) dan karbonasi tidak langsung (*indirect carbonation*) atau *pH-swing* [16]. Pada karbonasi langsung (*direct carbonation*) melibatkan reaksi langsung  $\text{CO}_2$  dengan mineral Ca atau Mg-silikat dengan menggunakan tekanan/suhu tinggi, menggunakan partikel yang sangat kecil, dan keterbatasan difusi, sehingga karbonasi langsung membutuhkan biaya yang sangat tinggi serta efisiensi karbonasi yang relatif rendah [17]. Selain itu karbonasi langsung juga mengalami kinetika reaksi yang lambat dan konversi yang rendah serta membutuhkan waktu yang sangat lama. Dibandingkan dengan jalur karbonasi tidak langsung terdiri dari dua reaksi berturut-turut, yaitu ekstraksi Ca atau Mg dari mineral dengan menggunakan berbagai bahan kimia dalam suasana asam, dan dilanjutkan dengan karbonasi Ca dan Mg yang diekstraksi dalam kondisi basa. Metode tidak langsung telah menarik banyak perhatian karena sifat kondisi karbonasi yang ringan (menghindari operasi suhu dan tekanan tinggi dalam karbonasi langsung), efisiensi karbonasi yang lebih tinggi, dan produk sampingan yang lebih murni [16].

Berdasarkan uraian diatas, limbah padat asbuton yang memiliki kandungan mineral kalsium (Ca) akan diteliti sebagai bahan dasar baru dalam sintesis *precipitated calcium carbonate* (PCC) menggunakan metode *pH-swing*. Diharapkan dari

penelitian ini, limbah asbuton dapat dimanfaatkan sehingga memiliki nilai komersial tinggi dan mampu membantu pemerintah Indonesia dalam mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah industri dan CO<sub>2</sub>.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Proses sintesis *precipitated calcium carbonate* (PCC) menggunakan beberapa bahan antara lain limbah ekstraksi asbuton, asam asetat 2M, NaOH 2M, NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 2M, aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mesh ukuran 100, *magnetic stirrer*, pompa vakum, *furnance*, gelas *beaker*, tabung *erlenmeyer*, *pH meter digital*, kertas saring whatman no. 42, termometer, mortar, oven, *software Highscore*, *software Originlab*, alat uji XRD, alat uji FTIR, dan alat uji SEM.

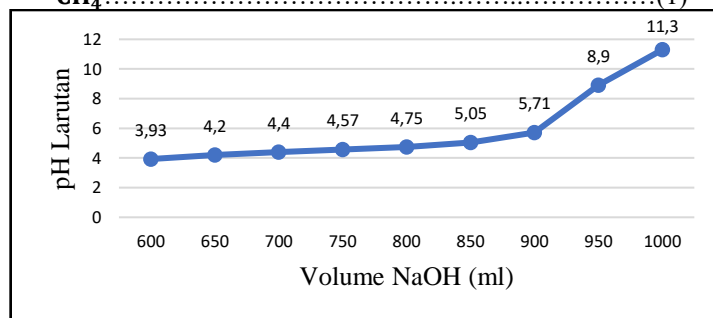
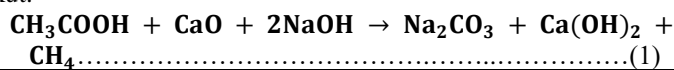
### 2.2 Metode Penelitian

Limbah ekstraksi asbuton dihaluskan, selanjutnya disaring dengan *mesh* 100. Limbah asbuton dengan diameter *mesh* 100 dikalsinasi pada suhu 900°C, dengan laju pemanasan dan pendinginan 7,2°C/menit dan durasi *holding* 5 jam. Metode sintesis diawali dengan mereaksikan hasil kalsinasi dengan 600 ml larutan asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH), kemudian diaduk dengan durasi 30 menit pada kecepatan 1200 rpm pada temperatur 60°C menggunakan pengaduk magnet. kemudian tambahkan dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) hingga mencapai pH 11,2. kemudian diaduk dengan pengaduk magnet dengan pada 1200 rpm, 30 °C, dan durasi 10 menit. Filtrat kemudian disaring dengan vakum menggunakan tabung erlenmeyer. Cairan yang telah disaring (kalsium hidroksida) dikarbonasi selama 30 menit dengan menuangkan amonium bikarbonat (NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>) pada suhu karbonasi 30°C. Larutan endapan disaring menggunakan pompa vakum, dan diperoleh endapan bubuk kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) berwarna putih susu. Setelah itu serbuk dibilas dengan akuades hingga mencapai pH larutan yang stabil. Kemudian dikeringkan di dalam oven pada temperatur 110°C dengan durasi 2 jam untuk menghilangkan kandungan airnya. PCC diuji dengan XRD, SEM, dan FTIR.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Ekstraksi Asbuton

Tahap ekstraksi asbuton merupakan tahap awal dalam sintesis *precipitated calcium carbonate* (PCC) dengan metode *pH-Swing*. Tujuan dari ekstraksi asbuton adalah untuk melarutkan kalsium (Ca) dalam asbuton terkalsinasi dan menurunkan pH, karena proses ekstraksi asbuton harus dalam kondisi asam. Pada penelitian ini proses ekstraksi asbuton menggunakan asam asetat yang tergolong asam lemah. Proses ekstraksi asbuton dengan mencampurkan asbuton terkalsinasi sebanyak 17 gram dengan CH<sub>3</sub>COOH 2M sebanyak 600 ml. Selanjutnya, campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1200 rpm, suhu 60°C, dan selama 30 menit. Setelah proses pengadukan dilakukan pengukuran pH larutan sebesar 3,93. Setelah selesai pengadukan, langkah selanjutnya adalah penambahan NaOH 2M hingga pH mencapai 11,3. Tujuan penambahan NaOH 2M adalah untuk meningkatkan derajat karbonasi dan pengendapan kalsium karbonat. Penambahan NaOH 2M dilakukan secara bertahap setiap 50 ml sambil diukur pH nya agar memudahkan mengontrol nilai pH yang diinginkan. Penambahan NaOH membutuhkan 400 ml untuk mencapai pH 11,3. Persamaan reaksi untuk proses ekstraksi asbuton dapat dilihat pada persamaan (1) dan Grafik penambahan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 1. berikut.

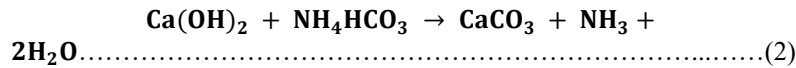


Gambar 1. Grafik Penambahan pH Ekstraksi Asbuton.

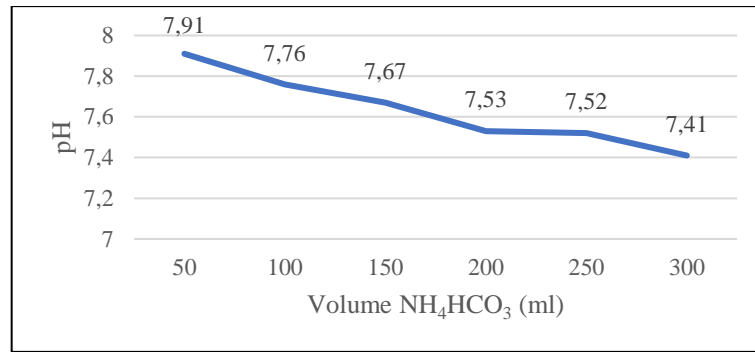
### 3.2 Karbonasi

Pada penelitian ini menggunakan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> sebagai sumber karbondioksida untuk proses karbonasi. Penggunaan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> mampu meningkatkan efisiensi karbonasi dan kemurnian *precipitated calcium carbonate* (PCC) [18]. Proses karbonasi dilakukan dengan mencampurkan larutan Ca(OH)<sub>2</sub> dengan NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> sebanyak 300 ml. Proses pencampuran dilakukan secara bertahap dengan mencampurkan per 50 ml, maka larutan akan terlihat berubah menjadi putih susu. Waktu yang dibutuhkan untuk karbonasi adalah 30 menit atau hingga larutan berubah menjadi jernih lagi dikarenakan kalsium karbonat telah mengalami pengendapan. Selanjutnya adalah proses penyaringan menggunakan kertas saring

whatman no.42 untuk memisahkan *precipitated calcium carbonate* dengan air. Proses karbonasi dapat disederhanakan dengan reaksi kimia antara  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . Persamaan reaksi kimia  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dapat dilihat pada persamaan kimia 4.8 berikut.



Pada penelitian ini menggunakan temperatur karbonasi yaitu 30°C. Proses karbonasi dilakukan ketika larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dipanaskan dan mencapai temperatur 30°C kemudian larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ditambah  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  dan temperatur ditahan selama waktu karbonasi yaitu 30 menit. Pada saat karbonasi perubahan pH perlu dicatat untuk mengetahui pengaruh suhu karbonasi terhadap perubahan pH. Perubahan pH karbonasi pada temperatur karbonasi 30°C dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



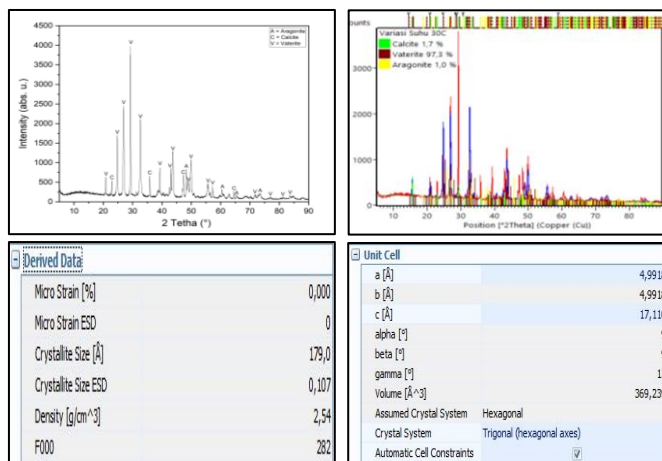
Gambar 2. Perubahan pH Temperatur Karbonasi 30°C.

pH temperatur karbonasi terus turun seiring dengan naiknya temperatur karbonasi. Hal ini karena, ketika perubahan dilakukan pada sistem kimia dalam keadaan setimbang, sistem merespons dengan menggeser kesetimbangan untuk menangkalkan perubahan. Temperatur merupakan satu dari banyak faktor yang dapat mengakibatkan perubahan semacam itu dalam sistem kimia, yang memengaruhi keadaan kesetimbangan dan tingkat pH. Peningkatan suhu menyebabkan kesetimbangan sistem bergeser, menyerap kelebihan panas, dan menyebabkan pembentukan ion  $\text{H}^+$ , yang mengakibatkan penurunan pH larutan. *Precipitated calcium carbonate* (PCC) yang dihasilkan dari penyaringan harus terlebih dahulu dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan kotoran dan menurunkan pH karena masih dalam kondisi basa. Setelah dicuci *precipitated calcium carbonate* (PCC) harus dioven dengan suhu 110°C selama 2 jam dengan tujuan mengeringkan dan menghilangkan kandungan air dalam PCC. Selanjutnya PCC ditimbang untuk mengetahui pengaruh suhu karbonasi terhadap massa PCC yang dihasilkan. PCC dengan temperatur karbonasi 30°C menghasilkan 8,7 gram, Berdasarkan jumlah produk yang dihasilkan dari sintesis PCC maka dapat dihitung rendemen yang dihasilkan oleh temperatur karbonasi 30°C. Perhitungan % Rendemen dapat dilakukan dengan membandingkan massa CaO yang digunakan dengan hasil PCC yang dihasilkan. Persamaan % Rendemen dapat dilihat pada persamaan 3 berikut.

$$\begin{aligned} \% \text{Rendemen} &= \frac{\text{Massa CaCO}_3}{\text{Massa CaO}} \times 100\% \dots\dots\dots(3) \\ &= \frac{8,7 \text{ gr}}{17 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 51,17\% \end{aligned}$$

### 3.3 Karakterisasi XRD

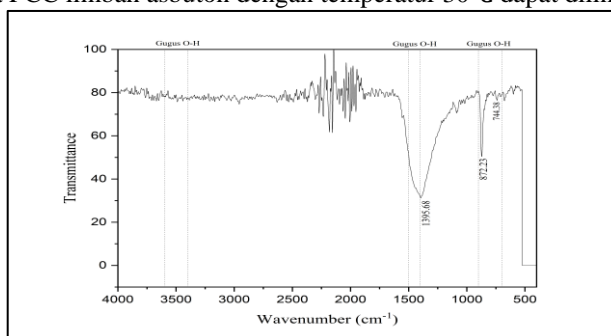
Pengujian XRD dilakukan dengan sudut awal ( $2\theta$ ) dimulai dari 10° dan sudut akhir 90° dengan kecepatan baca 2°/menit menggunakan alat bermerk Aeris. Hasil pengujian XRD pada PCC dengan temperatur karbonasi 30°C menunjukkan *peaks* dominan terletak pada  $2\theta = 26.9423424^\circ$ ,  $29.2677605^\circ$ , dan  $32.6363569^\circ$  dengan intensitas relatif sebesar 2459, 3976, dan 2117. Data hasil dari pengujian XRD *precipitated calcium carbonate* (PCC) berbahan utama limbah asbuton, selanjutnya dikomparasikan dengan *peak*  $2\theta$  dan intensitas relatif *Joint Committee for Powder Diffraction Data Standards* (JCPDS) dengan kode 96-150-8972, JCPDS kode 96-901-3802, dan JCPDS kode 96-900-0969. Hasil komparasi menunjukkan bahwa kristal vaterit mendominasi di antara kristal endapan kalsium karbonat (PCC) yang terbentuk dari limbah asbuton, kristal kalsit dan aragonit dalam jumlah sedikit. Berdasarkan analisis *Rietveld*, bisa diketahui persentase kristalinitas yang terdapat dalam *precipitated calcium carbonate* (PCC) limbah asbuton dengan temperatur karbonasi 30°C adalah 97.3% kristal vaterit, 1.7% kristal kalsit, dan 1% kristal aragonit. Selain itu, informasi rata-rata ukuran kristal dapat diketahui yaitu 179 Å atau 17,9 nm, *density* sebesar 2,54 g/cm<sup>3</sup>, dan volume kristal sebesar 369,2392 Å<sup>3</sup>. Difraktogram XRD dan analisis *Rietveld* PCC limbah asbuton pada temperatur 30°C dilihat pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3. Difraktogram XRD Dan Analisis *Rietveld* PCC Limbah Asbuton Dengan Temperatur 30°C.

### 3.4 Karakterisasi FTIR

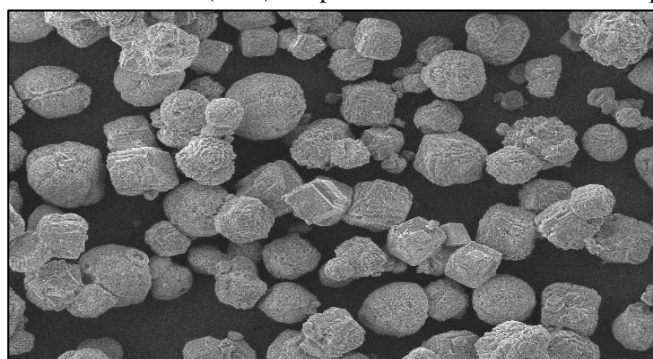
Pengujian FTIR menggunakan alat *spectrometer* dengan daerah analisa pada *wavenumber* antara 4000-400 cm<sup>-1</sup>. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, sampel uji PCC limbah asbuton pada temperatur karbonasi 30°C menunjukkan puncak pada *wavenumber* 1395.68 cm<sup>-1</sup> (v3), 872.23 cm<sup>-1</sup> (v2), dan 744.38 cm<sup>-1</sup> (v4). Puncak pada *wavenumber* 1395.68 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan adanya getaran gugus C–O pada CaCO<sub>3</sub>, dan pada *wavenumber* 872.23 cm<sup>-1</sup> dan 744.38 cm<sup>-1</sup> (v4) mengindikasikan adanya getaran gugus Ca–O pada CaCO<sub>3</sub>. Hasil karakterisasi FTIR PCC limbah asbuton pada temperatur karbonasi 30°C tidak mengindikasikan terdapat puncak getaran pada gugus O–H yang mengindikasikan bahwa PCC limbah asbuton tersebut, telah dicuci dan dikeringkan dengan baik, oleh karena itu tidak mengandung air (H<sub>2</sub>O) maupun sisa kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>). Puncak pada *wavenumber* 1395.68 cm<sup>-1</sup> (v3) mengindikasikan kandungan fase kalsit, 872.23 cm<sup>-1</sup> (v2) dan 744.38 cm<sup>-1</sup> (v4) mengindikasikan kandungan fase vaterit, dan tidak terlihat adanya kadar aragonit. Spektra PCC limbah asbuton dengan temperatur 30°C dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4. Spektra PCC Limbah Asbuton Dengan Temperatur 30°C.

### 3.5 Karakterisasi SEM

Pengujian SEM menggunakan alat HITACHI FLEXSEM 1000 yang dilengkapi *ultra variable pressure detector* untuk menghasilkan gambar yang lebih jelas. Hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa morfologi PCC pada temperatur karbonasi 30°C Sebagian besar adalah vaterit berbentuk bulat dengan sedikit kalsit dan belum terlihat aragonit. Morfologi pengujian SEM *precipitated calcium carbonate* (PCC) temperatur karbonasi 30°C dilihat pada Gambar 5. berikut.



Gambar 5. Morfologi PCC Limbah Ekstraksi Asbuton Temperatur Karbonasi 30°C.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, temperatur karbonasi mempengaruhi persentase rendemen, persentase kristalinitas, ukuran, *density*, dan morfologi PCC. Rendemen PCC yang dihasilkan mencapai 51,17%, Jumlah persentase kristalinitas vaterit sebesar 97,3% lebih dominan dari pada kalsit sebesar 1.7% dan aragonit sebesar 1%. Ukuran kristal dan *density* berturut turut adalah 17.9 nm dan 2,54 g/cm<sup>3</sup>.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Lubis, A. K., Kumalasari, D., & Nurdin, A. (2022). Pengaruh Variasi Jumlah Lintasan Pemadatan Terhadap Kepadatan Perkerasan Asphalt Concrete Binder Course. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 85-92.
- [2] Efendy, A., & Ahyudanari, E. (2019). Analisis Perbandingan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk Perbedaan Gradasi (BBA, FAA dan BM). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(1), 7-12.
- [3] Kafabihi, A., & Wedyantadji, B. (2020). Penggunaan aspal buton pada campuran AC-WC (asphalt concrete-wearing course). *STUDENT JOURNAL GELAGAR*, 2(2), 36-44.
- [4] Surlanti, S., & Agus, I. (2021). Ekstraksi Aspal BUTON dengan Menggunakan Asam Cuka. *Jurnal MEDIA INOVASI Teknik Sipil Unidayan*, 10(1).
- [5] Nuryanto, A. (2010). Aspal Buton (Asbuton) Sebagai Bahan Bakar Roket Padat. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 7(1)
- [6] Nagalli, A., Schneider, E. D., Porfírio, M. A. S., Schroh, M. R., Schamne, A. N., Martins, L. R. R., & Myrrine, V. (2015). Potential of environmental contamination associated with disposal of asphalt waste in soil. *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 20, 6041-6051.
- [7] Woodall, C. M., McQueen, N., Pilorgé, H., & Wilcox, J. (2019). *Utilization of mineral carbonation products: current state and potential. Greenhouse Gases: Science and Technology*, 9(6), 1096-1113. <https://doi:10.1002/ghg.1940>.
- [8] Nugroho, N. A., Umawiranda, G. S., dan Muljani, S. (2022b). Karakterisasi presipitasi kalsium karbonat dari limbah cangkang keong emas dengan metode presipitasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono XVIII*, 138-142. <http://snsb.upnjatim.ac.id/>;
- [9] Kramer, G. J., & Haigh, M. (2009). *No quick switch to low-carbon energy. Nature*, 462(7273), 568-569. <https://doi:10.1038/462568a>.
- [10] Pandey, S., Srivastava, V. C., & Kumar, V. (2020). Comparative thermodynamic analysis of CO<sub>2</sub> based dimethyl carbonate synthesis routes. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. <https://doi:10.1002/cjce.23893>.
- [11] John, J. M., Wan Alwi, S. R., Liew, P. Y., Omoregbe, D. I., dan Narsingh, U. (2022). A comprehensive carbon dioxide reduction framework for industrial site using pinch analysis tools with a fuel cell configuration. *Journal of Cleaner Production*, 362. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132497>.
- [12] Ozekmekci, M., dan Copur, M. (2020). Synthesis of CaCO<sub>3</sub> and trimethyl borate by reaction of ulexite and methanol in the presence of CO<sub>2</sub>. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 42, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2020.101321>
- [13] Kilic, O. (2015). Cycle of Limestone-lime and Precipitated Calcium Carbonates. *12th Mining and Geotechnology Scientific Conference at "44. jump over the leather"*, 1-5.
- [14] Liendo, F., Arduino, M., Deorsola, F. A., & Bensaid, S. (2022). Factors controlling and influencing polymorphism, morphology and size of calcium carbonate synthesized through the carbonation route: A review. *Powder Technology*, 398, 117050. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.117050>.
- [15] Jamarun, N., Yulfitrin, dan Arief, S. (2007). Pembuatan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Batu Kapur Dengan Metoda Kaustik Soda. *Jurnal Riset Kimia*, 1(1), 20-24.
- [16] Liu, W., Teng, L., Rohani, S., Qin, Z., Zhao, B., Xu, C. C., Ren, S., Liu, Q., dan Liang, B. (2021). CO<sub>2</sub> mineral carbonation using industrial solid wastes: A review of recent developments. *Chemical Engineering Journal*, 416. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129093>.
- [17] Gerdemann, S. J., O'Connor, W. K., Dahlin, D. C., Penner, L. R., & Rush, H. (2007). *Ex Situ Aqueous Mineral Carbonation. Environmental Science & Technology*, 41(7), 2587-2593. <https://doi:10.1021/es0619253>.
- [18] Azdarpour, A., Karaei, M. A., Hamidi, H., Mohammadian, E., Barati, M., & Honarvar, B. (2017). CO<sub>2</sub> sequestration using red gypsum via pH-swing process: Effect of carbonation temperature and NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> on the process efficiency. *International Journal of Mineral Processing*, 169, 27-34. <https://doi:10.1016/j.minpro.2017.09.014>.