

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kalsium karbonat atau CaCO_3 adalah mineral yang melimpah di alam, menyumbang sekitar 5% kerak bumi dalam bentuk batu kapur, kapur, dan marmer. Kalsium karbonat dengan kemurnian tinggi, yang dikenal sebagai *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC), dihasilkan melalui pengolahan batu kapur atau bebatuan yang mengandung kadar CaO tinggi melalui serangkaian reaksi kimia. PCC memiliki keistimewaan seperti ukuran partikel yang kecil (skala mikro) dan homogen, yang menjadikannya sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri (Abeywardena *et al.*, 2020). PCC digunakan dalam berbagai sektor seperti pelapis pada kertas, plastik, karet, dan perekat; bahan pengisi dalam industri kaca, keramik, kosmetik, farmasi, polimer, plastik, tinta, makanan, dan minuman; penstabil warna pada beton, serta untuk pengolahan air. PCC juga digunakan sebagai sumber kalsium dalam pupuk dan pakan ternak. (Carella *et al.*, 2019; de Beer *et al.*, 2014; Hann & Kortnik, 2015; Ozyhar *et al.*, 2022; Ye *et al.*, 2023; Zhai *et al.*, 2017). Produksi PCC dipengaruhi oleh ukuran partikel, luas permukaan spesifik, kemurnian kimia, morfologi, dan struktur (Akinola *et al.*, 2022).

PCC memiliki tiga polimorf kristal utama, yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit. Pembentukan setiap polimorf dipengaruhi oleh variabel seperti pH, suhu, konsentrasi, aditif, pengadukan, rasio ion karbonat dan kalsium serta waktu reaksi (Hu *et al.*, 2015; Kogo *et al.*, 2019). Metode sintesis PCC melalui metode kaustik soda, metode solvay, dan metode karbonasi. Metode karbonasi menjadi yang paling banyak digunakan secara komersial. Dalam metode ini, kapur terhidrasi direaksikan dengan gas CO_2 . Perubahan iklim disebabkan oleh peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer yang dihasilkan oleh industri sebagai sisa dari proses pembakaran. Salah satu solusi untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dari kegiatan industri adalah dengan memanfaatkan gas CO_2 sebagai bahan baku untuk produksi PCC (Lee *et al.*, 2020; Owais *et al.*, 2019).

Pengembangan metode karbonasi untuk sintesis PCC menghadapi tantangan dalam mengontrol fase, bentuk, dan rasio aspek kristal secara presisi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan asam anorganik selama

proses *slaking* batu kapur dapat meningkatkan rendemen PCC (Arief & Jamarun, 2009). Penggunaan ammonium klorida (NH_4Cl) sebagai larutan telah terbukti meningkatkan kelarutan CaO dalam air dan meningkatkan jumlah PCC yang dihasilkan tanpa memerlukan suhu tinggi. Selain itu, larutan NH_4Cl dapat digunakan kembali dan senyawa ini sudah dipatenkan dengan no. 000057061 (Arief, 2018). Namun, produk PCC yang mengandung klorida (Cl^-) tidak dapat bersaing dengan produk murni yang tersedia di pasaran (Teir *et al.*, 2016).

Selain NH_4Cl , berbagai penelitian telah mengeksplorasi penggunaan aditif lain dalam sintesis PCC. Misalnya, *cetyltrimethylammonium bromide* (CTAB) menghasilkan PCC dengan morfologi rhombohedral dan scalenohedral pada suhu 80°C (El-Sheikh *et al.*, 2014), sedangkan *polyacrylic acid* (PAA) menghasilkan partikel kubik pada suhu $60\text{--}80^\circ\text{C}$ (Huang *et al.*, 2007). Penggunaan *terpineol* juga untuk mempengaruhi morfologi dan ukuran partikel PCC dari 150 nm menjadi 90-120 nm setelah penambahan 0,1-1,0% v/v (Xiang *et al.*, 2004). Namun, aditif seperti CTAB, PAA dan terpeniol dapat meninggalkan residu toksik pada PCC, yang berpotensi membatasi aplikasi medis dan farmasi. Untuk mengatasi tantangan ini, bahan alami seperti ekstrak lidah buaya telah digunakan sebagai aditif dalam sintesis PCC. Ekstrak ini tidak hanya mampu mengendalikan morfologi PCC, tetapi juga menghilangkan efek racun pada produk akhir. Penelitian yang dilakukan oleh Jimoh *et al.* (2019), menunjukkan bahwa ekstrak lidah buaya dapat meningkatkan kelarutan CaO dalam air dan menghasilkan kristal PCC berupa kalsit dan aragonit (Jimoh *et al.*, 2019).

Protein dan biopolimer dalam ekstrak tumbuhan bertindak sebagai zat aditif yang efektif dalam memodifikasi morfologi kristal (Sangeetha *et al.*, 2011). Beberapa larutan sakarida seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, dan trehalosa juga telah digunakan dalam sintesis PCC (Konopacka-Lyskawa *et al.*, 2019). Namun, kristal vaterit yang dihasilkan cenderung kurang stabil dibandingkan dengan aragonit dan kalsit (Jimoh, Otitoju, *et al.*, 2017). Selain itu, penambahan asam stearat ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$) juga dapat digunakan sebagai pengubah permukaan dan meningkatkan kemurnian PCC hingga 99,39%. PCC yang dihasilkan memiliki derajat putih (*whiteness*) dan kecerahan (*brightness*) sebesar 84,61 dan 90,93 dengan konsentrasi asam stearat 2,5% (Fitriani *et al.*, 2017).

Proses sintesis PCC melalui metode karbonasi melibatkan reaksi pelarutan CaO dalam pelarut, diikuti dengan reaksi antara larutan CaO dan gas CO₂ di dalam reaktor. Desain reaktor yang optimal menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas PCC yang dihasilkan. Berbagai paten telah diajukan untuk mengembangkan reaktor yang lebih efisien. Misalnya, paten US No. 4.888.160 mengklaim bahwa reaktor *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan pengaduk *paddle* dapat menghasilkan PCC. Penelitian lain menggunakan reaktor *tubular column* dengan metode karbonasi untuk sintesis PCC juga dikembangkan (Jimoh, Otitoju, *et al.*, 2017). Paten WO 0/63118 mengusulkan desain reaktor dengan sistem ruang chamber untuk homogenisasi (Konopacka-Lyskawa *et al.*, 2019). Proses pembuatan PCC di industri kertas menggunakan reaktor tunggal dengan distributor gas di dinding tangki. Kelemahan dari desain reaktor ini belum menghasilkan PCC sesuai dengan standar. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi PCC adalah desain reaktor, konfigurasi distributor gas CO₂, waktu reaksi, laju alir gas CO₂, suhu, jenis, dan konsentrasi pelarut (Czaplicka, 2019).

Pengembangan teknologi proses dalam penelitian ini menggunakan dua jenis reaktor, yaitu reaktor CSTR untuk pelarutan CaO dan *Plug Flow Bubble Reactor* (PFBR) untuk reaksi antara larutan CaO dan CO₂. Penelitian ini difokuskan pada optimasi penggunaan NH₄Cl sebagai larutan dalam reaktor CSTR dan PFBR, serta penggunaan aditif ekstrak lidah buaya untuk meningkatkan kualitas PCC dengan meminimalkan kandungan klorida. Meskipun proses ini mampu memberikan konversi yang tinggi, penggunaannya memerlukan peralatan yang kompleks dan perlu dievaluasi efektivitas serta efisiensinya. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan 2 reaktor CSTR dan PFBR, perlu dilakukan modifikasi reaktor yang menggabungkan CSTR dan PFBR menjadi satu, yaitu *Continuous Stirred Bubble Reactor* (CSBR). Pengembangan teknologi proses di reaktor CSBR untuk mengefisiensikan pembentukan PCC. Selain itu, penambahan aditif juga diperlukan untuk meminimalkan kandungan klorida dalam produk PCC yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan beberapa perma-

salahan akan pengembangan teknologi proses antara lain :

1. Bagaimana kondisi operasi proses suhu dan konsentrasi larutan NH_4Cl pada reaktor CSTR dan PFBR dalam menghasilkan PCC yang berkualitas dari kemurnian dan bentuk morfologinya?
2. Bagaimana pengembangan proses sintesis PCC dengan penambahan bahan aditif ekstrak lidah buaya pada reaktor CSTR dan PFBR dapat meminimalisasi kandungan klorida sebagai zat toksik dan morfologinya?
3. Apakah dengan pengembangan teknologi proses pada reaktor yang dimodifikasi dari 2 reaktor menjadi satu reaktor yaitu CSBR dapat menghasilkan PCC yang sesuai dengan standar yang dibutuhkan oleh industri kertas dengan peralatan yang efektif dan efisien?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan kondisi operasi proses yaitu suhu dan konsentrasi larutan NH_4Cl pada Reaktor CSTR dan PFBR dalam menghasilkan PCC yang berkualitas dari kemurnian dan bentuk morfologinya.
2. Mengembangkan proses sintesis PCC dengan penambahan bahan aditif ekstrak lidah buaya pada proses menggunakan reaktor CSTR dan PFBR dan meminimalisasi kandungan klorida sebagai zat toksik pada produk PCC.
3. Mengoptimasi kondisi operasi pada pengembangan teknologi proses pada reaktor yang dimodifikasi dari 2 reaktor menjadi satu reaktor (CSBR) untuk menghasilkan PCC yang berkualitas tinggi sesuai dengan standar yang dibutuhkan oleh industri kertas dengan peralatan yang efektif dan efisien.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi pengembangan teknologi proses yang efisien dan efektif dengan adanya reaktor modifikasi dari gabungan CSTR dan PFBR menjadi CSBR. Memberikan informasi pengembangan proses penggunaan pelarut dan zat aditif ekstrak lidah buaya atau asam stearat dalam sintesis PCC. Serta penelitian ini dapat bermanfaat bagi industri yang menggunakan PCC.

1.5 Hipotesis Penelitian

1. Kuantitas dan kualitas PCC dipengaruhi oleh suhu dan konsentrasi larutan NH_4Cl dengan menggunakan reaktor CSTR dan PFBR
2. Penambahan ekstrak lidah buaya dapat mempengaruhi morfologi kualitas dan kuantitas PCC pada reaktor CSTR dan PFBR.
3. Rancangan reaktor yang dimodifikasi dengan menggabungkan proses di CSTR dan PFBR menjadi 1 reaktor (CSBR) untuk mengefisiensikan rangkaian alat proses
4. Jenis distributor gas pada reaktor CSBR akan mempengaruhi kuantitas PCC (*yield*)
5. Penambahan ekstrak lidah buaya atau asam stearat dapat mempengaruhi morfologi dan menurunkan kandungan klorida pada produk PCC

1.6 Kebaharuan Penelitian

Penggunaan pelarut yang berbeda dan aditif baru akan diperoleh morfologi PCC yang berbeda. Disamping itu ada juga rancangan CSBR (*Continuous Stirred Bubble Reactor*) dengan memvariasikan jenis distributor gas untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas PCC sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh industri kertas.

