



Laporan Hasil Penelitian

“Precipitate Calcium Carbonate (PCC) dari Limbah Acetylene dengan Metode Presipitasi Menggunakan Natrium Karbonat”

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu negara dengan pembangunan industri yang terus berkembang, Indonesia secara aktif mengembangkan berbagai sektor industri, termasuk industri gas yang meliputi industri gas asetilena. Proses produksi gas asetilena menggunakan bahan baku kalsium karbida (CaC_2) dan air (H_2O), yang menghasilkan gas asetilena (C_2H_2) dan limbah kalsium hidroksida [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Limbah ini berbentuk slurry dengan kandungan utama kalsium hidroksida [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] dan air, serta memiliki derajat keasaman (pH) yang sangat tinggi yaitu sekitar 12-12,5 sehingga bersifat sangat alkalin (Provito et al., 2024). Sifat basa yang tinggi ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan serius jika tidak dikelola dengan benar. Studi menunjukkan bahwa pH yang tinggi dari limbah ini dapat mengganggu keseimbangan mikrobiologis tanah dan menyebabkan pelindian (leaching) logam berat (Wang et al., 2020). Oleh karena sifatnya yang berbahaya, limbah ini tidak diperbolehkan untuk dibuang langsung ke lingkungan. Di sisi lain, konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang tinggi dalam limbah asetilena justru menawarkan peluang. Senyawa ini dapat diolah menjadi material yang lebih bernilai, sesuai dengan prinsip ekonomi sirkular yang berkelanjutan (Chen et al., 2019). Pemanfaatan ini tidak hanya mencegah pencemaran, tetapi juga mengubah limbah menjadi sumber daya yang memiliki nilai ekonomi.

Konversi limbah asetilena menjadi *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) merupakan salah satu strategi pengelolaan limbah. Proses pembuatan PCC umumnya dilakukan melalui metode presipitasi, dimana kalsium dari limbah direaksikan dengan natrium karbonat (Na_2CO_3). Natrium karbonat berfungsi sebagai agen pengendap dengan menyediakan ion karbonat (CO_3^{2-}), yang kemudian berikatan dengan ion kalsium (Ca^{2+}) dari limbah untuk membentuk endapan kalsium karbonat (CaCO_3) padat (He et al., 2019). Berbeda dengan *Ground Calcium Carbonate* (GCC) yang berasal dari penggilingan batuan alam, PCC merupakan produk sintetik yang karakteristiknya seperti ukuran partikel, bentuk



Laporan Hasil Penelitian

“Precipitate Calcium Carbonate (PCC) dari Limbah Acetylene dengan Metode Presipitasi Menggunakan Natrium Karbonat”

kristal, dan tingkat kemurnian dapat dikendalikan selama proses pembuatannya (Wang et al., 2022). Pengaturan terhadap parameter-parameter ini sangat penting karena sifat-sifat PCC tersebut menentukan kualitasnya untuk berbagai aplikasi industri. PCC dengan bentuk kristal tertentu dapat meningkatkan kecerahan dan opasitas pada kertas, sedangkan ukuran partikel yang terkontrol dapat berfungsi sebagai bahan penguat dalam produk polimer atau kosmetik, sehingga menjadikannya aditif yang lebih unggul dibandingkan GCC (Prastuti et al., 2017; Hanifah et al., 2020).

Karakteristik PCC yang dapat diatur menjadikannya material yang banyak digunakan di berbagai industri. Morfologi kristal PCC merupakan salah satu aspek penting yang menentukan fungsionalitasnya. Sebagai contoh, kalsit dengan bentuk rhombohedral pada ukuran mikro umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dalam industri kertas dan cat, karena memiliki kemampuan dispersi dan sifat optik yang baik (Zhou et al., 2019). Di sisi lain, bentuk kristal yang lebih kompleks seperti kalsit scalenohedral (sering disebut aragonit) atau vaterit memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi. Karakteristik ini membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan kemampuan adsorpsi atau reaktivitas permukaan yang baik, seperti dalam bidang biomedis dan katalis (Su et al., 2018; Kim et al., 2015). Dari segi stabilitas, ketiga polimorf ini menunjukkan karakteristik yang berbeda. Kalsit merupakan fase yang paling stabil secara termodinamika, sedangkan aragonit stabil pada kondisi suhu dan tekanan tinggi. Sementara itu, vaterit dikenal sebagai fase metastabil yang cenderung bertransformasi menjadi kalsit atau aragonit setelah periode tertentu (Wang & Hu, 2020).

Optimalisasi sintesis Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari limbah asetilena sangat dipengaruhi oleh variasi konsentrasi natrium karbonat (Na_2CO_3). Berdasarkan penelitian Andi Laksono (2021), peningkatan konsentrasi Na_2CO_3 secara signifikan meningkatkan kemurnian PCC yang dihasilkan karena ketersediaan ion karbonat yang lebih optimal untuk berikatan dengan ion kalsium. Hasil penelitian Prastyo, A., & Maulia, G. (2020) juga mengonfirmasi bahwa konsentrasi Na_2CO_3 yang lebih besar menghasilkan kristal PCC dengan karakteristik yang lebih terkontrol. Secara mekanistik, konsentrasi Na_2CO_3 yang



Laporan Hasil Penelitian

“Precipitate Calcium Carbonate (PCC) dari Limbah Acetylene dengan Metode Presipitasi Menggunakan Natrium Karbonat”

tinggi menciptakan kondisi supersaturasi yang tepat untuk pembentukan inti kristal dan pertumbuhan kristal PCC. Namun, konsentrasi yang terlalu tinggi justru dapat memicu aglomerasi partikel dimana partikel-partikel primer saling menempel dan membentuk gumpalan yang tidak diinginkan. Fenomena aglomerasi ini terutama disebabkan oleh tingginya laju nukleasi yang menghasilkan banyak partikel kecil dengan energi permukaan tinggi, sehingga cenderung tidak stabil dan saling berikatan melalui gaya van der Waals maupun ikatan hidrogen (Zou et al., 2019). Dampak dari aglomerasi ini adalah menurunnya kualitas PCC karena distribusi ukuran partikel menjadi tidak seragam, luas permukaan efektif berkurang, dan performa PCC dalam aplikasi akhir seperti pada industri kertas, cat, atau plastik menjadi tidak optimal.

Waktu reaksi merupakan parameter kritis dalam sintesis Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari limbah asetilena. Studi Nuryoto et al. (2024) dan Andre Puji Laksono (2020) menunjukkan bahwa peningkatan waktu reaksi hingga 60 menit dapat meningkatkan hasil produk secara signifikan karena meningkatnya peluang tumbukan antar partikel reaktan. Namun, penelitian Gina (2020) mengungkapkan bahwa waktu reaksi yang terlalu lama, yaitu melebihi 15 menit, justru dapat menurunkan hasil akibat terjadinya reaksi bolak-balik dan penguapan. Dalam konteks kualitas kristal, waktu reaksi yang terlalu singkat berpotensi menghasilkan kristal yang belum berkembang optimal, sementara waktu reaksi yang berlebihan dapat memicu aglomerasi, fenomena Ostwald ripening, dan transisi fase yang tidak diinginkan (He et al., 2019). Oleh karena itu, penentuan konsentrasi natrium karbonat dan waktu reaksi optimal menjadi penting untuk menghasilkan PCC dengan karakteristik morfologi dan ukuran partikel yang terkendali serta kemurnian tinggi.



Laporan Hasil Penelitian

“Precipitate Calcium Carbonate (PCC) dari Limbah Acetylene dengan Metode Presipitasi Menggunakan Natrium Karbonat”

I.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan membuat Precipitated Calcium Carbonate (PCC) dari limbah acetylene melalui metode presipitasi yang sesuai standar SNI/ISO 3262-2:1998 (96–99,99%) serta mengkaji pengaruh konsentrasi Na_2CO_3 dan waktu reaksi terhadap fase kristal, morfologi, dan ukuran partikel PCC yang dihasilkan.

I.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah acetylene (C_2H_2), yang tergolong sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi dalam menentukan pengaruh konsentrasi Na_2CO_3 dan waktu reaksi terhadap karakteristik PCC, serta mendukung pengembangan produk PCC yang memenuhi standar mutu.