

RINGKASAN

Peningkatan Selektivitas Adsorpsi CO₂/CH₄ pada Zeolit A-4 Teraktivasi HCl, Bangkit Dewa Negara, NIM. H41220595, Tahun 2026, 55 Halaman, Jurusan Teknik, Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Prof. Dr. Ir. Bayu Rudyanto, S.T., M.Si. (Dosen Pembimbing Skripsi).

Pemanasan global akibat emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂ dan CH₄, menjadi tantangan lingkungan yang mendesak untuk ditangani. Kondisi ini mendorong urgensi pengembangan sumber energi terbarukan, salah satunya biogas. Biogas mentah mengandung CH₄ sebesar 50–70% dan CO₂ sebesar 30–40%, sehingga diperlukan proses pemurnian guna meningkatkan nilai kalor dan efisiensi pembakarannya. Teknologi adsorpsi berbasis *Pressure Swing Adsorption* (PSA) menggunakan zeolit A-4 dinilai unggul karena konsumsi energinya rendah, operasi sederhana, dan tidak menghasilkan limbah cair berbahaya. Namun, zeolit A-4 komersial dalam kondisi aslinya masih memiliki keterbatasan berupa pori-pori yang terhalang kation logam bawaan, sehingga diperlukan modifikasi melalui aktivasi kimia menggunakan HCl.

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental dengan pendekatan deskriptif komparatif. Aktivasi zeolit A-4 dilakukan menggunakan variasi konsentrasi HCl 0,5 M (ZH 0,5) dan 1 M (ZH 1), sementara zeolit A-4 tanpa perlakuan (Z0) merupakan variabel kontrol. Proses aktivasi bertujuan memicu dealkalinisasi, yaitu pertukaran kation logam oleh ion H⁺, serta dealuminasi berupa pelepasan atom Al³⁺ dari kerangka kristal zeolit, sehingga luas permukaan spesifik dan volume mikropori meningkat. Setiap sampel seberat 0,1 gram menjalani proses degassing selama 16 jam pada tekanan 0,02 kPa sebelum diuji. Pengujian adsorpsi dilakukan pada empat tingkat konsentrasi CO₂, yakni 1.506 ppm, 3.193 ppm, 4.879 ppm, dan 8.248 ppm, dengan CH₄ konstan sebesar 496 ppm, pada suhu inkubasi 25°C selama 4 jam. Kapasitas adsorpsi dihitung berdasarkan selisih konsentrasi gas awal dan akhir yang dibagi massa adsorben, sedangkan nilai selektivitas diperoleh dari rasio kapasitas adsorpsi CO₂ dan CH₄ yang dinormalisasi terhadap fraksi mol masing-masing gas.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi CO_2 meningkat secara positif seiring kenaikan konsentrasi gas input pada seluruh sampel. Sampel ZH 1 secara konsisten mencapai kapasitas adsorpsi CO_2 tertinggi, diikuti ZH 0,5, dan terendah Z0, yang mengkonfirmasi bahwa proses aktivasi HCl berhasil memperluas situs aktif dan membersihkan pengotor pada permukaan zeolit. Sebaliknya, kapasitas adsorpsi CH_4 menunjukkan tren menurun seiring meningkatnya konsentrasi CO_2 , mengindikasikan terjadinya kompetisi situs aktif yang memprioritaskan molekul CO_2 atas CH_4 akibat sifat kuadropol dan polarizabilitas CO_2 yang lebih besar. Temuan paling krusial adalah sampel ZH 1 mampu menghasilkan nilai selektivitas CO_2/CH_4 tertinggi pada konsentrasi gas 8.248 ppm, meningkat secara linear dengan kenaikan konsentrasi gas input. Hal ini membuktikan bahwa aktivasi HCl konsentrasi 1 M merupakan kondisi optimal yang paling efektif untuk aplikasi pemurnian biogas, karena mampu menyerap gas pengotor CO_2 secara efisien tanpa mengurangi volume CH_4 secara signifikan.