

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan hidrogen sebagai energi alternatif pengganti energi dari fosil sangat menjanjikan. Hal ini disebabkan karena hidrogen termasuk energi yang dapat diperbarui dan terbarukan serta ramah lingkungan. Sumber hidrogen di alam yang cukup melimpah, emisi hasil pembakaran yang bebas CO₂ dan energi densiti persatuan massa yang cukup besar membuat hidrogen berpotensi sebagai salah satu energi masa depan yang patut dipertimbangkan dalam konteks penerapan energi yang berkelanjutan sesuai dengan blue print kebijakan energi nasional kita.

Di samping potensi hidrogen yang cukup besar tersebut, dalam pelaksanaannya penggunaan hidrogen sebagai energi masih banyak menemui kendala yaitu salah satunya pada proses penyimpanan. Seperti telah diketahui bahwa hidrogen merupakan senyawa berwujud gas dalam temperatur kamar sehingga dalam penyimpanannya tidak semudah dalam menyimpan bahan bakar cair. Oleh karena itu, pemilihan sistem penyimpanan yang aman, murah dan efektif sangat krusial dalam penggunaan hidrogen sebagai alternatif bahan bakar masa depan.

Pada saat ini, telah dikenal empat sistem penyimpanan hidrogen, yaitu pencairan hidrogen, hidrogen bertekanan, metal hidrida, dan adsorpsi pada material berpori. Teknik pencairan merupakan sistem yang dapat menyimpan hidrogen dengan kapasitas terbesar dibandingkan dengan teknik lainnya, tetapi biaya operasionalnya besar karena memerlukan energi yang besar untuk mencairkan hidrogen sampai minus 253 °C dan kurang aman untuk digunakan. Begitupula teknik hidrogen bertekanan memerlukan tekanan yang besar untuk menyimpan hidrogen dalam kapasitas besar dan penggunaannya juga kurang aman. Teknik penyimpanan dalam bentuk metal hidrida relatif aman dan mempunyai kapasitas penyimpanan hidrogen yang cukup besar, tetapi memiliki kekurangan apabila di gunakan sebagai sistem penyimpanan bahan bakar pada

kendaraan karena memiliki bobot yang berat dan memerlukan panas yang tinggi untuk melepaskan hidrogen dari ikatan kimia dengan logamnya. Teknik penyimpanan hidrogen dengan metode adsorpsi dalam material berpori seperti karbon menjawab semua kekurangan dari ketiga metode di atas. Selain relatif aman untuk digunakan, kondisi operasi yang relatif murah dan berat molekul yang rendah dari atom karbon dimana memberikan total tangki penyimpanan yang ringan sangat menjanjikan untuk diaplikasikan pada sistem penyimpanan hidrogen sebagai bahan bakar terutama pada kendaraan bermotor. Molekul gas yang disimpan dalam keadaan teradsorpsi pada adsorben mempunyai densitas yang mendekati densitas cairnya sehingga kapasitas penyimpanan hidrogen dalam teknik ini juga relatif besar walaupun masih lebih kecil dibandingkan dengan teknik pencairan [1]. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 1** di bawah ini.

Tabel 1. Perbandingan Teknologi Penyimpanan Gas Hidrogen

Metode	T[K]	P(MPa)	Kapasitas storage [g/l]	Volume untuk menyimpan 4 kg H ₂ [L]
Pencairan	20	Atm	70	57.14
Penekanan	25	20	14.4	278
Adsorpsi pada karbon Aktif	77	2 4	30.5 37	131 108

Sistem penyimpanan hidrogen dengan teknologi adsorpsi pada material berpori telah menarik banyak perhatian para peneliti untuk mempelajarinya. Nanotube karbon (NTC) merupakan salah satu material yang mempunyai kemampuan yang cukup baik untuk adsorpsi gas hidrogen. Dimulai dari riset Dillon dan kawan-kawan pada tahun 1997 yang melaporkan kemampuan yang luar biasa dari nanotube karbon dalam mengadsorpsi gas hidrogen [2]. Dari hasil penelitiannya, didapat kapasitas penyimpanan hidrogen 5-10 % berat dimana hasil ini telah memenuhi target DOE untuk sistem penyimpanan bahan bakar yaitu

Universitas Indonesia

sebesar 6,5 % dan lebih besar dari kapasitas adsorpsi hidrogen pada karbon aktif yang pernah ada. Kemudian disusul oleh Liu dan kawan-kawan pada tahun 1999 yang melaporkan kemampuan penyimpanan hidrogen nanotube karbon yang cukup besar yaitu 4,8 % berat [3]. Walaupun begitu, sampai saat ini terdapat ketidakkonsistenan hasil terhadap kemampuan nanotube karbon dalam mengadsorpsi hidrogen yang telah dilaporkan oleh beberapa peneliti yang dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti struktur nanotube karbon, kemurnian, ukuran volume pori, luas permukaan spesifik dan lain-lain.

Departemen Teknik Kimia-UI di bawah grup riset energi berkelanjutan telah dapat mensintesis nanotube karbon dari reaksi dekomposisi katalitik metana dengan menggunakan katalis multimetal Ni-Cu-Alumina. Reaksi dekomposisi metana dengan katalis multimetal ini, selain menghasilkan produk nanotube karbon yang berkualitas juga menghasilkan produk hidrogen yang tinggi sehingga proses produksi ini sangat potensial untuk terus dikembangkan sampai saat ini di Departemen Teknik Kimia. Walaupun begitu, potensi penyerapan gas hidrogen dari nanotube karbon yang dihasilkan pada produksi di atas (atau disebut juga nanotube karbon lokal pada penelitian ini) belum pernah diuji kemampuannya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji kemampuan adsorpsi gas hidrogen pada nanotube karbon lokal sebagai penyimpan hidrogen. Percobaan adsorpsi ini dilakukan pada temperatur kamar, yaitu 25 °C dengan rentang tekanan 0-1000 Psia. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan uji terhadap kemampuan desorpsi gas hidrogen serta dinamika adsorpsi dan desorpsi dari nanotube karbon lokal yang juga merupakan parameter yang cukup penting dalam membuat atau mendisain sistem penyimpanan hidrogen. Sebagai pembanding hasil percobaan, dilakukan juga uji yang sama terhadap nanotube karbon komersial yang diproduksi dari *Chinese Academy of Science*.

Di akhir penelitian ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang sesuai tentang nanotube karbon, agar dapat diaplikasikan untuk penyimpanan gas hidrogen di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya serta kriteria dalam pembuatan penyimpanan hidrogen, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan menjadi, antara lain:

1. Bagaimanakah pengaruh tekanan terhadap kemampuan nanotube karbon (NTC) dalam untuk menyimpan gas hidrogen?
2. Bagaimanakah kapasitas adsorpsi gas hidrogen dari NTC lokal dibandingkan dengan NTC komersial?
3. Bagaimanakah kurva adsorpsi isotermal gas hidrogen dari NTC dibandingkan dengan kurva desorpsinya?
4. Bagaimanakah profil model sederhana Langmuir untuk adsorpsi isotermal H_2 dengan menggunakan NTC sebagai adsorben?
5. Bagaimanakah dinamika yang terjadi pada adsorpsi dan desorpsi isotermal H_2 dengan menggunakan NTC sebagai adsorben baik pada tekanan tinggi maupun tekanan rendah?
6. Bagaimanakah profil model sederhana untuk dinamika adsorpsi dan desorpsi isotermal H_2 dengan menggunakan NTC sebagai adsorben baik pada tekanan tinggi maupun tekanan rendah?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan judul penelitian yang dikerjakan oleh penulis, tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini antara lain untuk:

1. Mengetahui pengaruh tekanan terhadap kemampuan nanotube karbon (NTC) dalam menyimpan gas hidrogen.
2. Mengetahui kurva adsorpsi dan desorpsi isotermal gas hidrogen dari NTC lokal dan NTC komersial.
3. Mengetahui dinamika yang terjadi pada proses adsorpsi dan desorpsi gas hidrogen pada masing-masing NTC baik pada tekanan tinggi maupun pada tekanan rendah.

4. Dapat mengetahui profil model sederhana Langmuir untuk adsorpsi isothermal H_2 dengan menggunakan NTC sebagai adsorben.
5. Dapat mengetahui profil model sederhana untuk dinamika adsorpsi dan desorpsi isothermal gas hidrogen pada masing-masing NTC baik pada tekanan tinggi maupun pada tekanan rendah.

1.4 Batasan Masalah

Aspek yang dibahas berdasarkan tujuan dari penelitian ini, yaitu dibatasi pada permasalahan sebagai berikut:

1. Menggunakan nanotube karbon dari Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, sebagai pembanding digunakan nanotube karbon komersial dari *Chinese Academy of Science*.
2. Penelitian kapasitas adsorpsi hidrogen dengan menggunakan nanotube karbon dilakukan pada kondisi isothermal yaitu $25^\circ C$.
3. Rentang variasi tekanan sistem yang digunakan adalah 0-1000 Psia.
4. Adsorbat yang digunakan adalah gas hidrogen.
5. Uji adsorpsi dilakukan dengan metoda volumetrik.

1.5 Sistematika Penulisan

Seminar yang berjudul “Studi Kapasitas Adsorpsi serta Dinamika Adsorpsi dan Desorpsi dari Nanotube Karbon sebagai Penyimpan Hidrogen” ini pembahasannya akan dibagi menjadi lima bab. Hal tersebut dimaksudkan agar dapat lebih mudah memahami tahapan penelitian ini secara lebih sistematis. Kelima bab yang telah tersebut di atas dapat dirinci sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang prinsip dasar ilmu yang berkaitan dengan penelitian untuk menjelaskan masalah yang dibahas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memberi gambaran tentang diagram alir penelitian, prosedur dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil yang diperoleh pada saat preparasi adsorben, preparasi alat adsorpsi, pengukuran helium *void volume*, dan kurva isothermal adsorpsi dan desorpsi, permodelan sederhana adsorpsi Langmuir, kurva dinamika adsorpsi dan desorpsi, dan permodelannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran terhadap penelitian selanjutnya.