UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Potensi Batubara sebagai Media Geological Hydrogen Storage terhadap Variasi Jenis Sampel,
Temperatur, dan Tekanan Penyimpanan**
Hafiz Agung Maulana, Robertus Dhimas Dhewangga Putra, S.T, M.Eng, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Transisi menuju energi bersih memerlukan media penyimpanan hidrogen skala besar dan jangka panjang. *Geological Hydrogen Storage* (GHS) pada lapisan batubara dalam menawarkan alternatif potensial melalui mekanisme adsorpsi fisik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi enam jenis sampel batubara Indonesia dari empat cekungan sedimen sebagai media penyimpanan hidrogen, serta menganalisis pengaruh karakteristik material, temperatur, dan tekanan terhadap kapasitas adsorpsinya. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat *self-made volumetric Sievert apparatus* pada rentang tekanan hingga 5 MPa dengan variasi temperatur 303 K dan 333 K. Karakterisasi material meliputi analisis proksimat, ultimat, petrografi (Reflektans Vitrinit/%Ro), dan luas permukaan spesifik (*Specific Surface Area*/SSA) melalui metode BET.

Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi hidrogen dikontrol kuat oleh peringkat kematangan organik dan karakteristik pori batubara. Analisis statistik non-parametrik *Spearman Rank* membuktikan adanya korelasi positif yang kuat antara peringkat batubara (%Ro) dengan kapasitas adsorpsi ($\rho = 0{,}77; p\ value = 0{,}07$). Sebaliknya, kandungan zat terbang (*volatile matter*) menunjukkan korelasi negatif yang kuat ($\rho = -0{,}65; p\ value = 0{,}15$) menandakan bahwa pelepasan komponen volatil selama proses pembatubaraan menghasilkan jaringan mikropori yang memfasilitasi penempelan hidrogen. Pengujian non-parametrik Spearman Rank mengungkap bahwa parameter SSA memiliki pengaruh kuat terhadap kapasitas adsorpsi ($\rho = 0{,}77; p\ value = 0{,}07$), di mana perluasan luas permukaan bertindak sebagai penyedia situs aktif (*active adsorption sites*) untuk pengikatan molekul hidrogen melalui gaya Van der Waals. Sementara itu, kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) hanya memiliki hubungan yang rendah ($\rho = 0{,}34; p\ value = 0{,}47$) sehingga bukan merupakan faktor pengontrol langsung. Peningkatan tekanan hingga 5 MPa secara linear menaikkan volume adsorpsi, sedangkan kenaikan temperatur konsisten menurunkannya, mengonfirmasi karakteristik eksotermik dari proses fisisorpsi ini.

Kata Kunci: *Geological Hydrogen Storage*, Batubara, Tekanan Penyimpanan, Suhu Penyimpanan, Adsorpsi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Potensi Batubara sebagai Media Geological Hydrogen Storage terhadap Variasi Jenis Sampel,
Temperatur, dan Tekanan Penyimpanan**
Hafiz Agung Maulana, Robertus Dhimas Dhewangga Putra, S.T, M.Eng, Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The transition toward clean energy requires robust media for large-scale and long-duration hydrogen storage. Geological Hydrogen Storage (GHS) in deep coal seams offers a potential alternative through physical adsorption mechanisms. This study aims to evaluate the potential of six Indonesian coal samples from four sedimentary basins as hydrogen storage media and analyze the effects of material properties, temperature, and pressure on adsorption capacity. Experimental measurements were conducted using a self-made volumetric Sievert apparatus at pressures up to 5 MPa under temperature variations of 303 K and 333 K. Material characterizations included proximate, ultimate, petrographic (Vitrinite Reflectance/%Ro), and Specific Surface Area (SSA) evaluations via BET.

The multivariate analysis revealed that hydrogen adsorption capacity is strongly governed by organic maturity and coal pore characteristics. Spearman rank non-parametric statistical analysis demonstrated a strong correlation between coal rank (%Ro) and adsorption capacity ($\rho = 0{,}77; p\ value = 0{,}07$). Conversely, volatile matter content exhibited a strong negative correlation ($\rho = -0{,}65; p\ value = 0{,}15$), indicating that the release of volatile components during coalification generates new micropore networks that facilitate hydrogen retention. Spearman Rank non-parametric testing uncovered that the SSA parameter exerts a strong influence on adsorption capacity ($\rho = 0{,}77; p\ value = 0{,}07$) where larger surface areas act as abundant active adsorption sites for hydrogen molecules via Van der Waals forces. Meanwhile, fixed carbon content showed a low correlation ($\rho = 0{,}34; p\ value = 0{,}47$), indicating it is not a direct controlling factor. Higher storage pressure up to 5 MPa linearly enhanced absorption, whereas elevated temperatures consistently decreased capacity, confirming the exothermic nature of the physisorption process.

Keywords: *Geological Hydrogen Storage, Coal, Storage Pressure ,Adsorption, Storage Temperature.*