

Katalis bimetalik CuCo/Al₂O₃ dalam reaksi hidrolisis sodium borohydride sebagai reaksi penghasil hidrogen

HURIYATUL HUSNA, HERNOWO WIDODO^{1*}

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12550, Indonesia;

*Korespondensi: hernowowidodo@gmail.com

Diterima: 25 Juli, 2024

Disetujui: 26 Agustus, 2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Natrium Borohidrida adalah suatu senyawa anorganik dengan rumus kimia NaBH₄. Senyawa ini larut dalam alkohol dan beberapa eter namun bereaksi dengan air menjadi gas hidrogen dengan adanya katalisator. **Temuan:** Dengan cara ini hidrogen dapat dihasilkan dengan aman untuk sel bahan bakar. **Metode:** Menghasilkan H₂ secara katalitik dari larutan, NaBH₄ sudah banyak memperoleh kelebihan diantaranya larutan NaBH₄ tidak mudah terbakar, produk reaksi ramah lingkungan, laju pembangkitan H₂ mudah dikendalikan, H₂ dapat dihasilkan bahkan pada suhu rendah. **Kesimpulan:** Katalis yang telah digunakan dalam hidrolisis natrium borohidrida adalah Cu dan Co yang bertindak sebagai katalis heterogen. Luas permukaan yang terbatas dari katalis heterogen menyebabkan aktivitas katalitik yang lebih rendah karena aktivitas katalis berhubungan langsung dengan luas permukaannya. Dengan demikian, penggunaan Cu dan Co dengan permukaan besar area menyediakan rute potensial untuk meningkatkan aktivitas katalitik. Untuk itu di sini menggunakan CuCo / Al₂O₃ sebagai katalis dalam hidrolisis natrium borohidrida.

KATA KUNCI: hidrogen; katalis; natrium borohidrida.

ABSTRACT

Background: Sodium Borohydride is an inorganic compound with the chemical formula NaBH₄, this compound is soluble in alcohol and some ether has not been added to air into hydrogen gas containing a catalyst. **Findings:** In this way it can be produced safely for fuel cells. **Methods:** Producing catalytically H₂ from solution, NaBH₄ has gained many advantages, NaBH₄ is not flammable, environmentally friendly reaction products, the rate of generation of H₂ is easily controlled, H₂ can be produced at low temperatures. **Conclusion:** The catalyst used in the hydrolysis of sodium borohydride is Cu and Co which acts as a heterogeneous catalyst. The limited surface area of heterogeneous catalysts causes lower catalytic activity because catalyst activity is directly related to its surface area. Thus, the use of Cu and Co with large surfaces provides a potential route for increasing catalytic activity. For this reason, we use CuCo / Al₂O₃ as a catalyst in the hydrolysis of sodium borohydride.

KEYWORDS: catalyst; hydrogen; sodium borohydride.

1. Pendahuluan

Ketersediaan energi yang semakin sedikit, dan kebutuhan energi yang semakin meningkat menuntut manusia untuk mendapatkan energi alternatif pengganti energi yang telah ada. Salah satunya pengembangan energi alternatif hidrogen. Hidrogen adalah bahan

Cara Pengutipan:

Husna, H. & Widodo, H. (2024). Katalis bimetalik CuCo/Al₂O₃ dalam reaksi hidrolisis sodium borohydride sebagai reaksi penghasil hidrogen. *Energy Justice*, 1(2), 76-87. <https://doi.org/10.61511/enjust.v1i2.2024.1191>

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



kimia penting yang digunakan untuk energi bahan bakar. Hidrogen diproduksi dari berbagai sumber energi, disimpan, diangkut, dan digunakan dalam industri. Oleh karena itu, sel bahan bakar menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar telah dikembangkan. Energi kimia yang dilepaskan setelah reaksi hidrogen dan oksigen secara langsung diubah menjadi energi listrik dalam sel bahan bakar. Di antara hidrida kimia ini, natrium borohidrida (NaBH_4) memberikan cara yang aman dan praktis untuk menghasilkan hidrogen.

Hidrolisis NaBH_4 menghasilkan gas hidrogen dan natrium yang larut dalam air. Dengan cara ini hidrogen dapat dihasilkan dengan aman untuk sel bahan bakar. Menghasilkan H_2 secara katalitik dari larutan NaBH_4 memiliki banyak keunggulan: larutan NaBH_4 tidak mudah terbakar, produk reaksi ramah lingkungan, laju pembangkitan H_2 mudah dikendalikan, H_2 dapat dihasilkan bahkan pada suhu rendah.

Katalis yang digunakan dalam hidrolisis natrium borohidrida sejauh ini adalah logam curah dan mereka bertindak sebagai heterogen katalis. Luas permukaan yang terbatas menyebabkan aktivitas katalitik yang lebih rendah sebagai aktivitas Katalis terkait dengan luas permukaannya. Jadi, penggunaan Partikel nano logam dengan luas permukaan yang besar memberikan potensi rute untuk meningkatkan aktivitas katalitik (M. Zahmakiran, 2005).

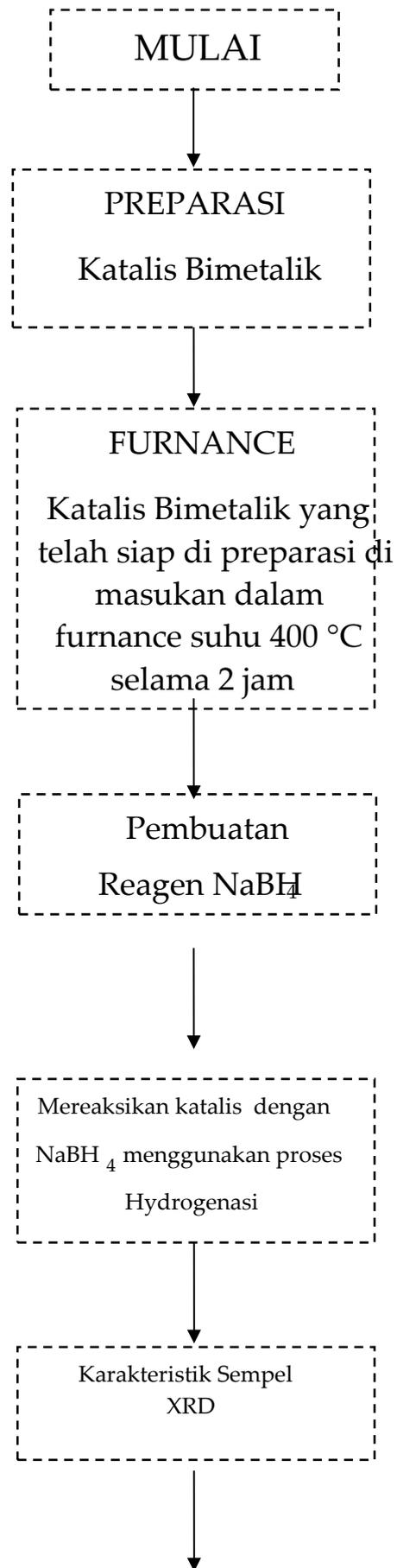
2. Metode

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. Untuk analisis X-ray diffraction (XRD) dilakukan di Laboratorium Universitas Indonesia. Waktu penelitian dilakukan dalam waktu enam bulan.

2.2 Tahapan Penelitian

Metode penelitian diperlukan sebagai panduan agar tahapan pengerjaan dapat berjalan secara terarah dan sistematis. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan:



(Gambar 1. Tahapan penelitian)

2.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beker 250 ml, magnetic stirrer, satu set alat hidrogenasi, thermometer, neraca analitik, sirin/suntikan 1 ml, spatula, dan hot plate/stirrer.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah nickel chloride ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Univar), copper (II) chloride ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Univar), cobalt chloride hexahydrate ($\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Himedia), natrium borohydride (NaBH_4), aluminium oxide calcined (Al_2O_3 , Loba Chemie), natrium hydroxide (NaOH), silica oil, dan aquademin/aquadest.

2.4 Prosedur Kerja

2.4.1 Pembuatan Katalis Bimetal Cu & Co 50% dan Metode Percobaan Bimetal Cu & Co

Timbang Cu sebanyak 0,15 gr, timbang Co sebanyak 0,15 gr, masukan keduanya ke dalam gelas kimia, kemudian dilarutkan dalam 20 ml aquades, homogenkan / stirrer selama ± 10 menit, timbang kembali Al_2O_3 sebanyak 2,7 gr, setelah itu tambahkan ke dalam gelas kimia berisi Cu & Co yang telah homogen, dan stirrer kembali dengan menggunakan suhu 100°C sampai sampel kering / tidak mengandung air.

2.4.2 Furnance Sampel

Setelah mendapatkan sampel Bimetal Cu & Co yang sudah kering, kemudian masukan sampel tersebut ke dalam oven untuk memastikan tidak ada air yang tersisa, sampel yang telah di oven dihaluskan menggunakan mortar lalu masukan ke cawan porselen, kemudian sampel dimasukan ke dalam furnace selama 2 jam dengan suhu 400°C , dan setelah di furnace sampel / katalis sudah dapat digunakan.

2.4.3 Pembuatan Reagen NaBH_4

Timbang NaOH sebanyak 1 gr, masukan ke dalam botol kecil, tambahkan 10 ml aqua demin steril, stirrer selama ± 10 menit sampai homogen, timbang juga NaBH_4 sebanyak 0,0075 gr, tambahkan ke dalam botol berisi NaOH , dan stirrer kembali sampai semua bahan tercampur.

2.4.4 Mereaksikan Katalis Bimetal Cu & Co dengan Reagen NaBH_4

Siapkan satu set alat Dehidrogenasi, Masukan silicon oil ke dalam tabung, pastikan tidak ada rongga udara dan kran dalam keadaan tertutup, gunakan timbangan sebagai alat untuk mengukur / mengetahui berapa silicon oil yang turun setelah mulai meraksikan, masukan katalis bimetal Cu & Co ke dalam reaktor, tambahkan aqua demin steril sebanyak 10 ml, tutup reaktor sekuat mungkin sampai tidak ada udara yang masuk, stirrer reaktor sambil di panaskan dengan suhu 45°C , tunggu selama ± 10 menit sampai katalis yang di dalam reaktor tercampur dengan baik, kemudian buka kran yang tersambung dengan tabung, tunggu sampai timbangan stabil / tidak ada lagi silicon oil yang turun, setelah timbangan stabil, siapkan 1 ml reagen NaBH_4 menggunakan suntikan / sirin berukuran 1 ml, lalu suntikan reagen ke dalam reaktor bersamaan dengan dimulainya timer, dan catat hasil timbangan per 5 detik, sampai timbangan stabil atau tidak terjadi lagi reaksi catat hasil distilasi.

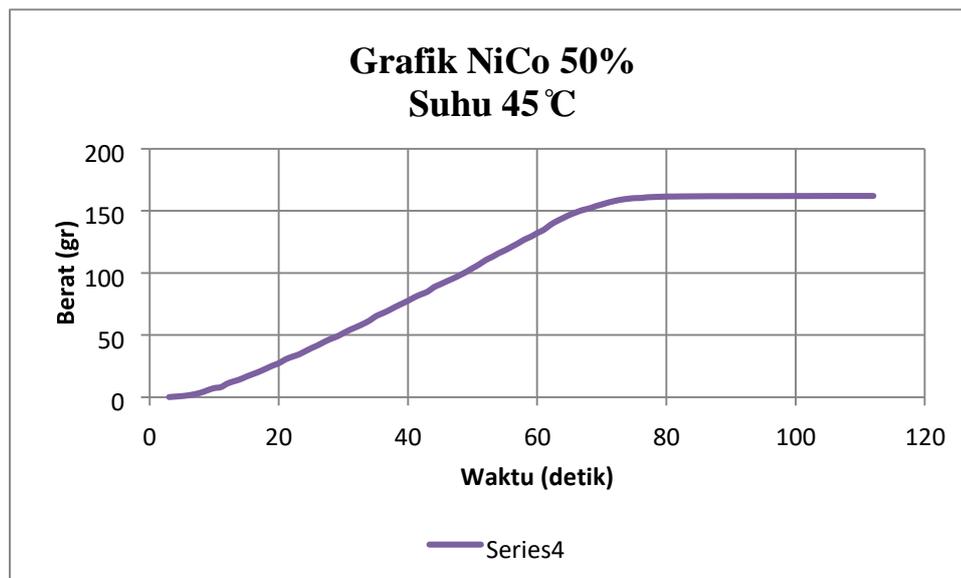
2.5 Hasil Timbang Sempel Bimetalik

Tabel 1. Hasil timbangan sampel bimetalik

No	Sampel	Gr
1.	Cu 50%	0,15
	Co 50%	0,15
	Al ₂ O ₃	2,7
2.	Ni 50%	0,15
	Cu 50%	0,15
	Al ₂ O ₃	2,7
3.	Ni 50%	0,15
	Co 50 %	0,15
	Al ₂ O ₃	2,7
4.	Cu 25%	0,075
	Co 75%	0,225
	Al ₂ O ₃	2,7
5.	Cu 75%	0,225
	Co 25%	0,075
	Al ₂ O ₃	2,7

3. Hasil dan Pembahasan

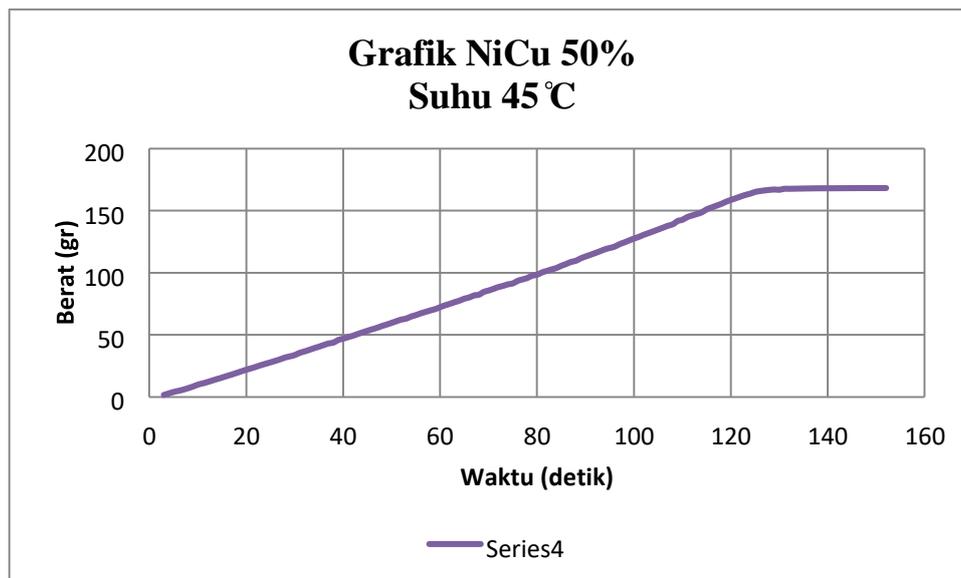
3.1 Hasil Penelitian



Gambar 1. Grafik Bimetalik NiCo 50%

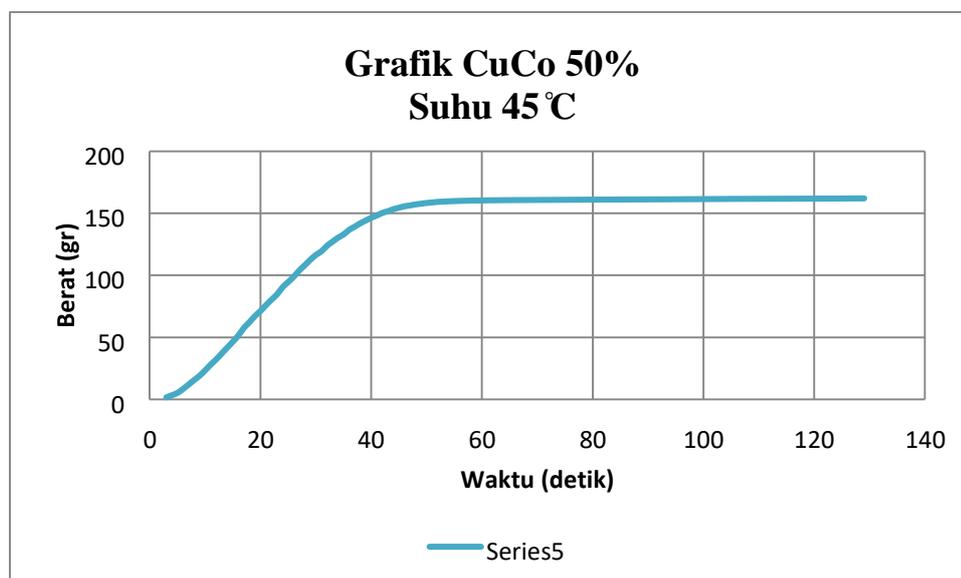
(Gambar 1. Grafik bimetalik NiCo)

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada percobaan yang pertama Bimetalik dengan konsentrasi perbandingan Nikel (Ni) dan Cobalt (Co) dengan suhu yang digunakan yaitu 45°C variable perbandingan yaitu Ni 50% dan Co 50%, reaksi yang berlangsung selama ± 11 menit. Hasil rata-rata yang didapatkan untuk penelitian NiCo 50% mencapai 162,7 gr untuk hasil yang didapat belum menunjukkan hasil yang baik/diinginkan. Reagen yang digunakan Natrium Borohidrida (NaBH₄). Percobaan yang dilakukan duplo, dan grafik menggunakan hasil rata-rata dari percobaan duplo.



(Gambar 2. Grafik bimetalik NiCu 50%)

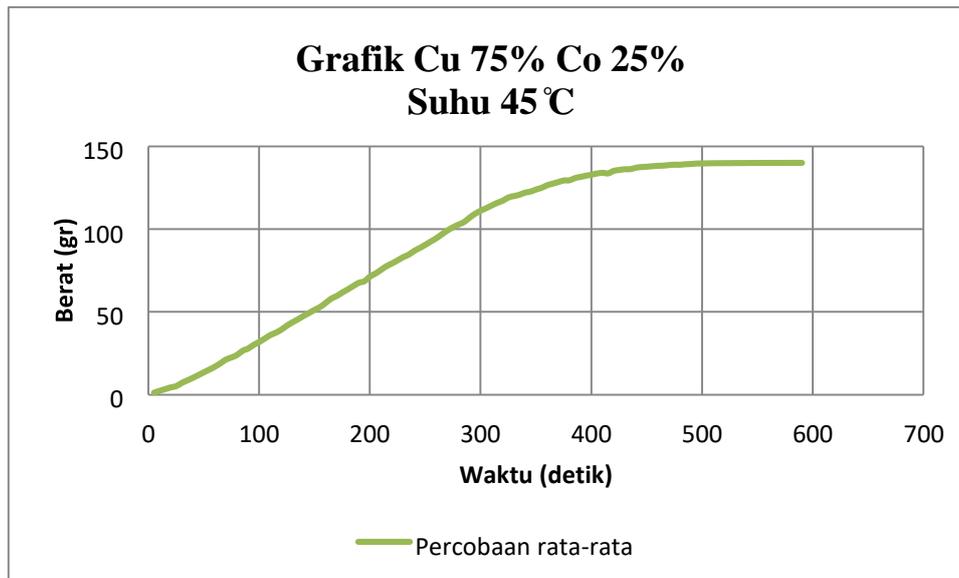
Grafik di atas menunjukkan bahwa pada percobaan yang kedua Bimetalik dengan konsentrasi perbandingan Nikel (Ni) dan Copper (Cu) dengan suhu yang digunakan yaitu 45°C variable perbandingan yaitu Ni 50% dan Cu 50%, reaksi yang berlangsung selama ± 13 menit. Hasil rata-rata yang didapatkan untuk penelitian NiCu 50% mencapai 168,365 gr untuk hasil yang didapat belum menunjukkan hasil yang baik/diinginkan. Reagen yang digunakan Natrium Borohidrida (NaBH₄). Percobaan yang dilakukan duplo, dan grafik menggunakan hasil rata-rata dari percobaan duplo.

**Gambar 3. Grafik Bimetalik CuCo 50%**

(Gambar 3. Grafik bimetalik CuCo 50%)

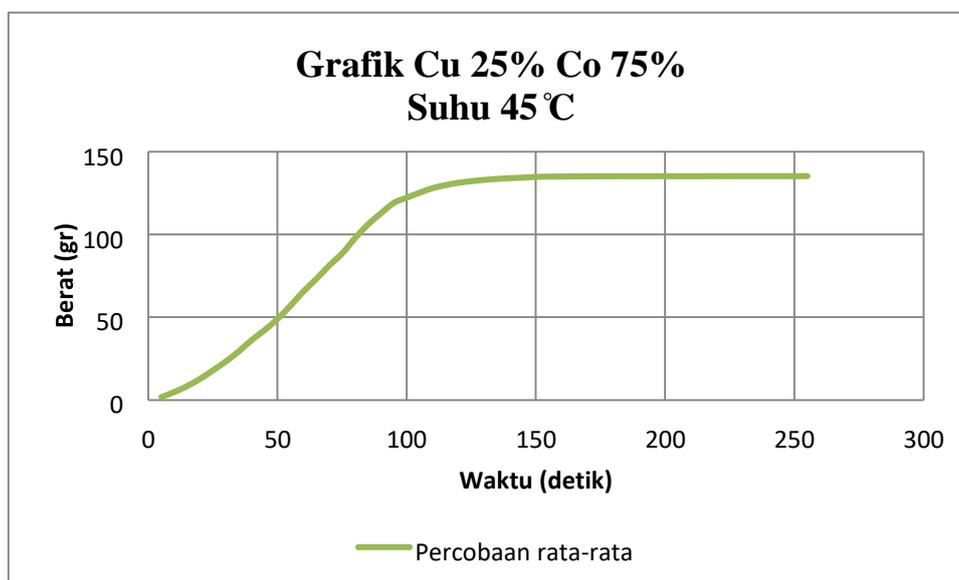
Grafik di atas menunjukkan bahwa pada percobaan yang ketiga Bimetalik dengan konsentrasi perbandingan Cobalt (Co) dan Copper (Cu) dengan suhu yang digunakan yaitu 45°C variable perbandingan yaitu Co 50% dan Cu 50%, reaksi yang berlangsung selama ± 10 menit. Hasil rata-rata yang didapatkan untuk penelitian CuCo 50% mencapai 162,075 gr untuk hasil yang didapat sudah memenuhi kriteria yang diinginkan karena waktu yang lebih cepat terjadi reaksi dibandingkan dengan yang sempel katalis variable 50% dan hasil

yang didapatkan tinggi. Reagen yang digunakan Natrium Borohidrida (NaBH_4). Percobaan yang dilakukan duplo, dan grafik menggunakan hasil rata-rata dari percobaan duplo.



(Gambar 4. Grafik bimetalik Cu 75% Co 25%)

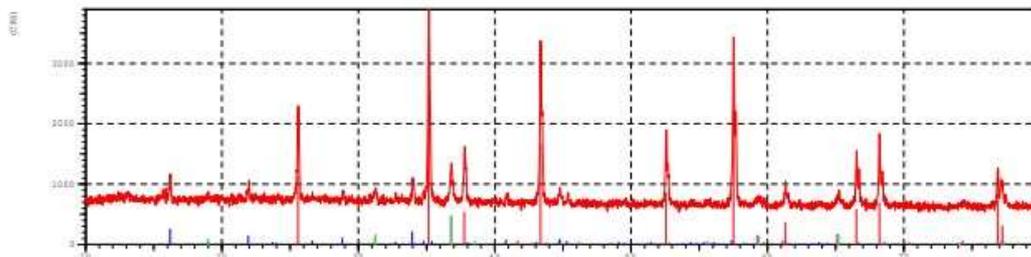
Grafik di atas menunjukkan bahwa pada percobaan yang keempat Bimetalik dengan konsentrasi perbandingan Cobalt (Co) dan Copper (Cu) dengan suhu yang digunakan yaitu 45°C variable perbandingan yaitu Co 25% dan Cu 75%, reaksi yang berlangsung selama ± 10 menit. Hasil rata-rata yang didapatkan untuk penelitian Cu 75% Co 25% mencapai 140,075 gr untuk hasil yang didapat hampir sama dengan CuCo 50% tetapi hasil tidak lebih banyak dari CuCo 50%. Reagen yang digunakan Natrium Borohidrida (NaBH_4). Percobaan yang dilakukan duplo, dan grafik menggunakan hasil rata-rata dari percobaan duplo.



(Gambar 5. Grafik bimetalik Cu 25% Co 75%)

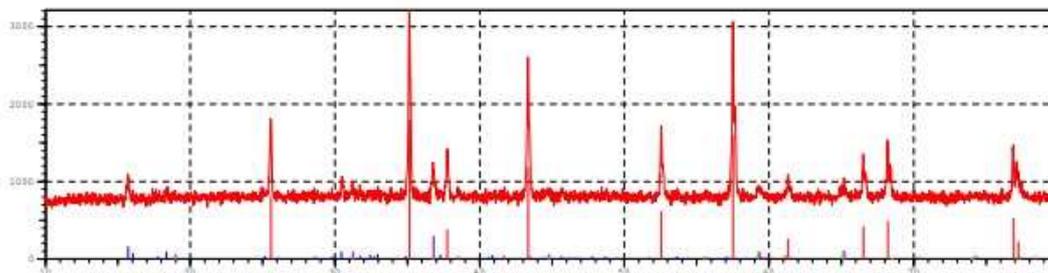
Grafik di atas menunjukkan bahwa pada percobaan yang kelima Bimetalik dengan konsentrasi perbandingan Cobalt (Co) dan Copper (Cu) dengan suhu yang digunakan yaitu 45°C variable perbandingan yaitu Co 75% dan Cu 25%, reaksi yang berlangsung selama ± 5 menit. Hasil rata-rata yang didapatkan untuk penelitian Cu 75% Co 25% mencapai 135,38

gr. Reagen yang digunakan Natrium Borohidrida (NaBH_4). Percobaan yang dilakukan duplo, dan grafik menggunakan hasil rata-rata dari percobaan duplo.



(Gambar 6. Grafik hasil uji XRD sampel Cu 50% Co 50%)

Berdasarkan hasil uji XRD didapatkan bahwa kandungan inti dari katalis Cu 50% Co 50% adalah Aluminium Oxide, Cooper Cobalt Oxide, Cobalt Oxide, dan Copper Chloride Hydrate dengan kandungan Aluminium Oxide yang tertinggi diantara empat senyawa tersebut hal ini dapat dilihat dari peak yang tertinggi pada sudut 35° .



(Gambar 7. Grafik hasil uji XRD sampel Cu25% Co75%)

Berdasarkan hasil uji XRD didapatkan bahwa kandungan inti dari katalis Cu 50% Co 50% adalah Aluminium Oxide, Cooper Cobalt Oxide, Cobalt Oxide, dan Cobalt Chloride Hydrate dengan kandungan aluminium oxide yang tertinggi diantara empat senyawa tersebut hal ini dapat dilihat dari peak yang tertinggi pada sudut 36° .

3.2 Pembahasan

Percobaan pertama pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel katalis bimetal dengan perbandingan konsentrasi Ni 50% dan Cu 50% / Al_2O_3 . Proses hidrogenasi dilakukan pada suhu reaksi 450°C selama ± 13 menit sampai berat hidrogen yang dihasilkan stabil. Hasil yang diperoleh pada percobaan pertama cukup baik, dimana berat hydrogen yang dihasilkan sebesar 168,365gram.

Percobaan kedua dilakukan dengan variabel katalis dengan konsentrasi Ni 50% dan Co 50% / Al_2O_3 . Pada proses dan suhu yang sama selama ± 11 menit. Hasil yang diperoleh pada percobaan kedua cukup baik dengan bobot 162,7 gram. Percobaan kedua dilakukan untuk mencari perbandingan konsentrasi katalis logam yang lebih baik untuk direaksikan. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa percobaan kedua dengan perbandingan konsentrasi katalis Ni 50% dan Co 50% / Al_2O_3 dan waktu yang lebih singkat sangat baik untuk menjadi variabel ukuran pada penelitian ini.

Percobaan ketiga dilakukan dengan variable katalis Co 50% dan Cu 50% / Al_2O_3 selama ± 10 menit. Hasil yang diperoleh pada percobaan ini kurang baik dengan menghasilkan hidrogen sebesar 162,075 gram. Dari percobaan ini dapat dilihat bahwa hasil yang didapat cukup baik dibanding dengan hasil percobaan yang lain.

Percobaan keempat dilakukan dengan variable katalis Cu 75% dan Co 25% / Al_2O_3 pada proses dan suhu yang sama didapatkan waktu yang hampir sama dengan CuCo 50% yaitu ± 10 menit. Hasil yang diperoleh pada percobaan keempat kurang baik dari hasil percobaan ketiga yaitu 140,075 gram. Dari percobaan ini disimpulkan bahwa hasil dari

variable katalis Cu 75% dan Co 25% masih lebih rendah dari variabel CuCo 50%. Percobaan kelima atau terakhir dalam percobaan bimetalik dengan variabel katalis Cu 25% dan Co 75% / Al₂O₃ pada proses dan suhu yang sama di dapatkan waktu \pm 5 menit. Hasil yang di peroleh belum melebihi hasil percobaan yang ketiga yaitu 135,38 gram.

Dari data yang telah di peroleh di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini didapatkan dua hasil yang optimum yaitu katalis Cu 50% dan Co 50% / Al₂O₃ dengan hasil hydrogen sebanyak 162,075 gram dan Cu 75% dan Co 25% / Al₂O₃ menghasilkan hydrogen sebanyak 140,075 gram. Dapat disimpulkan meskipun kedua katalis tersebut menghasilkan hydrogen yang besar, tetapi katalis Cu 50% dan Co 50% / Al₂O₃ lebih baik untuk digunakan karena bereaksi dengan hasil yang didapatkan lebih besar dengan waktu yang hampir sama \pm 10 menit. Dapat dilihat juga bahwa besarnya persentase katalis Co mempengaruhi kecepatan reaksi dibandingkan katalis Ni dan Cu.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah di lakukan maka dapat diambil kesimpulan: [1] Kondisi optimum dari percobaan ini yaitu reaksi dengan menggunakan katalis Cu 50% Co 50% dengan hasil yang didapat 162,075 gr. [2] Berdasarkan pengujian analisa XRD didapatkan bahwa kandungan dari katalis Cu50% Co50% adalah katalis yang memiliki hasil rata-rata yang paling tinggi didapatkan mencapai 162,075 gr untuk hasil yang didapat sudah memenuhi kriteria yang diinginkan karena waktu yang lebih cepat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim IASSSF karena telah mendukung penulisan penelitian ini.

Kontribusi Penulis

Semua penulis berkontribusi penuh atas penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan Persetujuan yang Diinformasikan

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi International Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media dalam format apapun. Selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke Lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam Lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam Lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin untuk langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat lisensi ini kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Referensi

- Amirhossein Didehban, Mohammad Zabihi, Javad Rahbar Shahrouzi. "Studi Eksperimental Pada Perilaku Katalitik paduan dan Cangkang inti Didukung Bimetal Co-Ni Katalis nano untuk pembuatan Hidrogen oleh Hidrolisis Natrium Borohidrida". Universitas Teknologi Sahand, Iran.
- Fayaz Ali , Sher Bahadar Khan , Abdullah M. Asiri a. "Peningkatan Pembangkitan H₂ Dari Hidrolisis NaBH₄ Dan Metanolisis Oleh Selulosa Mikro-serat Kapas Sebagai Katalis Logam Templated". Universitas King Abdulaziz, Saudi Arabia.
- Guangjun Cheng, Angela R. Hight Walker. "Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano Cobalt Bimetal". Institusi Nasional Standard an Teknologi, Gaitherburg.
- Jaeyeong Lee, Hojun Shin, Kyoung Soon Choi , Jouhahn Lee , Jae-Young Choi, Hak Ki Yu. "Lapisan Karbon Mendukung Katalis Nikel Untuk Dehidrogenasi Natrium Borohidrida (NaBH₄)". Korea Selatan.
- Jingjuan Wang, Petr A. Chernavskii, Andrei Y. Khodakov, Ye Wang a. "Struktur dan kinerja katalitik tembaga-kobalt yang didukung alumina katalis untuk hidrogenasi karbon monoksida". Moscow Rusia.
- Lina Wang, Zhong Li, Pingping Zhang, Guixue Wang, Guangwen Xie. "Pembuatan hidrogen dari larutan basa NaBH₄ menggunakan katalis CoeNieMoeP / g-Al₂O₃". Universitas sains dan teknologi, China
- Mustafa Kaya. "Mengevaluasi Sumber Limbah Organik (kopi bekas) Sebagai Katalis Bebas Logam Untuk Hidrogen Generasi Oleh Metanolisis Natrium Borohidrida". Universitas Siirt, Turkey.
- Ping Dai, Xi Zhao, Dongyan Xu, Chuansheng Wang, Xumei Tao, Xien Liu, Jun Gao. "Persiapan, Karakterisasi, dan Properti Pt / Katalis Monolit Kordierit Al₂O₃ / Untuk Hidrogen Generasi dari Hidrolisis Natrium Borohidrida Dalam Reaktor Aliran".
- S. Ozkar*, M. Zahmakiran. "Pembentukan Hidrogen dari Hidrolisis Natrium Borohidrida Menggunakan Ru (0) nanoclusters Sebagai Katalis". Universitas Middle East Teknikal, Turkey.
- Sonia Eugenio, Umit B. Demirci, Teresa Moura Silva, Maria Joao Carmezim, Maria F_atima Montemor. "Copper-Cobalt Foams Sebagai Katalis Aktif dan Stabil Untuk Pelepasan Hidrogen Dengan Hidrolisis Natrium Borohidrida".

Biografi Penulis

HURIYATUL HUSNA, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email:
- ORCID:
- Web of Science ResearcherID:
- Scopus Author ID:
- Homepage:

HERNOWO WIDODO, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.

- Email: hernowowidodo@gmail.com
- ORCID:
- Web of Science ResearcherID:
- Scopus Author ID:
- Homepage: