



Sintesis Kobalt Oksida Nanopartikel dengan Metode Kopresipitasi

Deka Hayuningrum^{a*}, M. Nafi'al Hanif Harijadi^a, Nadila Fitria Ramadanti^a

^aDepartemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Indonesia

*Corresponding author, email: deka.hayuningrum.2103326@students.um.ac.id

Paper received: 3-7-2023; accepted: 15-7-2023; published: 30-7-2023

Abstract

Cobalt oxide (Co₃O₄) nanoparticles are one of the cobalt oxide that can be used as a gas sensor, lithium ion anode, and semiconductor in degradation of dyes. The purpose of this experiment is synthesize and characterization of Co₃O₄ nanoparticles. This synthesis was carried out using [Co(NO₃)₄.6H₂O] precursor and KOH as precipitator by using molar ratio 1:1 through the precipitation method. Calcination was carried out at 500°C and black solids were obtained because of decomposition, which is the change of Co(OH)₂ to Co₃O₄. The result of this synthesis was characterized with X-Ray Diffractometer (XRD). Black solids were obtained with total mass 0,095 grams and 5,46% yield.

Keywords: cobalt oxide; nanoparticles; precipitation; calcination

Abstrak

Kobalt oksida (Co₃O₄) nanopartikel merupakan bentuk oksida kobalt yang dapat digunakan sebagai sensor gas, anoda ion litium dari baterai, dan semikonduktor dalam degradasi zat warna. Tujuan dalam percobaan ini yaitu melakukan sintesis dan karakterisasi Co₃O₄ nanopartikel. Sintesis dilakukan menggunakan prekursor [Co(NO₃)₄.6H₂O] dan KOH sebagai pengendap dengan menggunakan perbandingan molar 1 : 1 melalui metode presipitasi. Dilakukan pula kalsinasi pada suhu 500°C dan diperoleh padatan berwarna hitam akibat dekomposisi, yaitu terjadi perubahan dari Co(OH)₂ menjadi Co₃O₄. Hasil sintesis Co₃O₄ dikarakterisasi menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD). Dari hasil sintesis yang dilakukan, diperoleh Co₃O₄ nanopartikel berupa padatan hitam sebanyak 0,095 gram dengan rendemen sebesar 5,46%.

Kata Kunci: kobalt oksida; nanopartikel; presipitasi; kalsinasi

1. Pendahuluan

Co_3O_4 merupakan oksida campuran yang terdiri dari Co^{2+} dan Co^{3+} . Co_3O_4 merupakan bentuk oksida kobalt yang stabil secara termodinamika pada suhu kamar dan tekanan parsial oksigen. Co_3O_4 berstruktur nano dan nanokomposisinya banyak digunakan sebagai bahan elektroda yang efisien dengan berbagai aplikasi elektrokimia, seperti detektor kontaminan air, termasuk senyawa berbasis fenol, pewarna, garam, pestisida, deteksi molekul logam, racun yang dihasilkan bakteri, dan lain sebagainya (Cardenas dkk., 2022). Salah satu teknik yang digunakan untuk sintesis oksida ini adalah dengan metode dekomposisi termal molekul prekursor. Teknik ini memiliki beberapa kelebihan yaitu pengerjaan mudah dan waktu relatif singkat (Farhadi dkk., 2013).

Aplikasi oksida logam dalam kehidupan sehari-hari sangat luas. Hal ini disebabkan oleh sifat fisika dan sifat kimia oksida logam tersebut. Sifat tersebut terkait kemagnetan, daya hantar listrik, optik, ukuran partikel, dan luas permukaan. Oksida nanopartikel digunakan dalam berbagai aplikasi, misalnya sensor, penyimpanan energi, perangkat piezoelektrik, fuel cell, dan sebagainya (Denishev, 2016; Wang dkk., 2010). Oksida logam nanopartikel telah terbukti sebagai superkapasitor yang baik (Soam dkk., 2019). Kobalt oksida memiliki beberapa jenis, yaitu CoO , Co_2O_3 , dan Co_3O_4 yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Co_3O_4 dapat digunakan sebagai sensor gas dan anoda ion litium dari baterai (Gu dkk., 2008); sebagai semikonduktor dalam degradasi zat warna seperti metilen biru, metil orange (Goudarzi dkk., 2014); dan rhodamin B (Sadiq & Nesaraj, 2014).

Para peneliti telah mensintesis nanopartikel dengan metode yang berbeda untuk mendapatkan biaya minimum, prosedur sintesis yang sederhana, waktu yang lebih singkat, serta untuk memperbaiki kemurnian padatan yang dihasilkan. Pada tahun 2015, Yanti melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi pada sintesis Co_3O_4 menggunakan prekursor $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KOH dengan perbandingan 1:1 M melalui metode presipitasi (Yanti dkk., 2015). Oleh karena itu, percobaan ini menarik untuk dilakukan untuk memperluas pengetahuan mahasiswa dan untuk membuktikan bahwa sintesis Co_3O_4 menggunakan prekursor $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KOH dengan perbandingan 1:1 M melalui metode presipitasi pada temperatur 500°C dapat menghasilkan nanopartikel kobalt oksida.

2. Metode

Alat

Dalam percobaan ini alat yang digunakan adalah beaker glass 250 mL, gelas ukur 50 mL, kaca arloji, pipet tetes, corong kaca, kertas saring, cawan penguapan, krusibel, oven, *furnace* (Thermo Scientific), *magnetic stirrer* (Thermo Scientific), *hotplate* (Thermo Scientific), dan neraca analitik (HWH tipe DJ203A). Co_3O_4 nanopartikel dikarakterisasi dengan XRD serbuk (Rigaku Miniflex 600, $\text{Cu K}\alpha$ dengan detektor D/teX ultra1-D yang dioperasikan pada 40 kV dan 15 mA).

Bahan

Bahan yang digunakan adalah kobalt nitrat heksahidrat [$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] (Merck), padatan kalium hidroksida (KOH) (Merck), dan aquadest.

Prosedur Percobaan

Pada percobaan ini sintesis Co_3O_4 disintesis dengan metode presipitasi. Bahan yang digunakan yaitu [$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] dan KOH sebagai pengendap. Perbandingan molar yang digunakan yaitu 1:1. Digunakan padatan [$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] sebanyak 1,457 gram yang dilarutkan dalam 50 mL aquades dan 0,280 gram KOH yang dilarutkan dalam 50 mL aquades. Larutan [$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm di atas *hot plate*.

Kemudian ditambah 50 mL KOH sedikit demi sedikit sambil diaduk selama 3 jam pada suhu ruang. Setelah itu, didiamkan selama 165 jam disuhu ruang. Campuran kemudian disaring dan dikeringkan selama 2,5 jam dalam oven dengan suhu 120°C. Selanjutnya hasil oven dikalsinasi menggunakan *furnace* dengan suhu 500°C selama 1 jam. Ditimbang juga hasil akhir yang diperoleh. Padatan yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi dengan metode XRD (*X-ray diffraction*). Karakterisasi dengan metode FTIR (*Fourier-transform infrared spectroscopy*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) tidak dilakukan secara langsung, melainkan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Hal ini dilakukan melalui pencarian jurnal karakterisasi Co_3O_4 .

3. Hasil dan Pembahasan

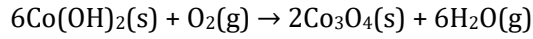
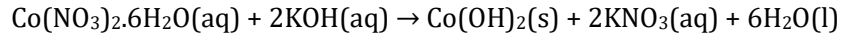
Sintesis Co_3O_4 Nanopartikel

Pada percobaan ini sintesis Co_3O_4 disintesis dengan metode presipitasi. Metode ini dipilih karena memiliki beberapa keuntungan, diantaranya menerapkan teknik yang sederhana dan cepat, mengatur ukuran partikel serta komposisinya juga mudah diperoleh. Agen pengendap yang dapat digunakan untuk sintesis kobalt oksida dengan metode presipitasi yaitu oksalat, karbonat, amonia, atau hidroksida (Sinkó dkk., 2011).

Sintesis Co_3O_4 menggunakan $[\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ dan KOH sebagai pengendap. Perbandingan molar yang digunakan yaitu 1:1, pada percobaan ini digunakan $\frac{1}{10}$ resep awal. Sintesis Co_3O_4 dimulai dengan melarutkan 1,456 gram padatan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 50 mL aquades yang menghasilkan larutan berwarna merah dan melarutkan 0,284 gram KOH dalam 50 mL aquades. Setelah masing-masing larutan telah dibuat, larutan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan selama 3 jam. Hal ini dilakukan agar larutan dapat homogen dengan cepat. Kemudian ditambah 50 mL KOH sedikit demi sedikit sambil diaduk selama 3 jam pada suhu ruang. Penambahan ini mengakibatkan perubahan warna yaitu larutan yang semula berwarna merah menjadi berwarna hijau kebiruan. Hal ini terjadi karena terbentuknya $\text{Co}(\text{OH})_2$ yang akan menjadi endapan warna hijau ketika didiamkan.

Larutan yang telah diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam, selanjutnya didiamkan selama 165 jam. Selama pendiaman terjadi proses presipitasi yaitu proses terbentuknya padatan atau endapan dari sebuah larutan sebagai hasil dari suatu reaksi kimia. Metode presipitasi ini akibat dari penambahan KOH yang menyebabkan larutan menjadi jenuh dan terjadi nukleasi yang cepat sehingga membentuk nanopartikel (Zanur dkk., 2017). Pada proses presipitasi, $\text{Co}(\text{OH})_2$ yang berwarna hijau mengendap pada dasar beaker glass, sehingga diperoleh endapan berwarna hijau dengan larutan berwarna merah. Larutan tersebut yaitu larutan KNO_3 yang terbentuk dari reaksi antara larutan $\text{Co}(\text{NH}_3)_2$ dan larutan KOH. Campuran selanjutnya disaring. Diperoleh endapan berwarna hijau yang merupakan endapan $\text{Co}(\text{OH})_2$. Selanjutnya endapan dikeringkan dikeringkan selama 2,5 jam dalam oven dengan suhu 120°C. Dari pengeringan dengan oven diperoleh massa endapan kering sebesar 0,222 gram. Selanjutnya hasil oven dikalsinasi menggunakan *furnace* dengan suhu 500°C selama 1 jam. Pada proses kalsinasi terjadi reaksi dekomposisi secara endotermik yang berfungsi melepas hidroksida sehingga menghasilkan serbuk dalam bentuk oksida dengan kemurnian tinggi (Afza, 2011). Saat kalsinasi ini diperoleh padatan berwarna hitam akibat dekomposisi, yaitu terjadi perubahan dari $\text{Co}(\text{OH})_2$ menjadi Co_3O_4 . Dari hasil kalsinasi diperoleh padatan Co_3O_4 berwarna hitam dengan massa sebesar 0,095 gram. Penurunan massa ini dapat terjadi akibat proses dekomposisi serta hilangnya kadar dalam hasil sintesis. Tinggi atau rendah massa kobalt oksida

yang dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan dan durasi presipitasi. Reaksi yang terjadi pada sintesis Co_3O_4 yaitu :



Rendemen merupakan persentase padatan hitam yang diperoleh dari sintesis Co_3O_4 nanopartikel. Rendemen dihitung untuk mengetahui efektivitas metode yang digunakan dalam sintesis ini. Sintesis Co_3O_4 nanopartikel menghasilkan padatan hitam sebanyak 0,095 gram dengan rendemen sebesar 5,46%. Perhitungan rendemen hasil sintesis ini sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \% \text{ rendemen} &= \left(\frac{0,095 \text{ gram}}{1,456 \text{ gram} + 0,284 \text{ gram}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{0,095}{1,74} \right) \times 100\% \\ &= 5,46\%. \end{aligned}$$



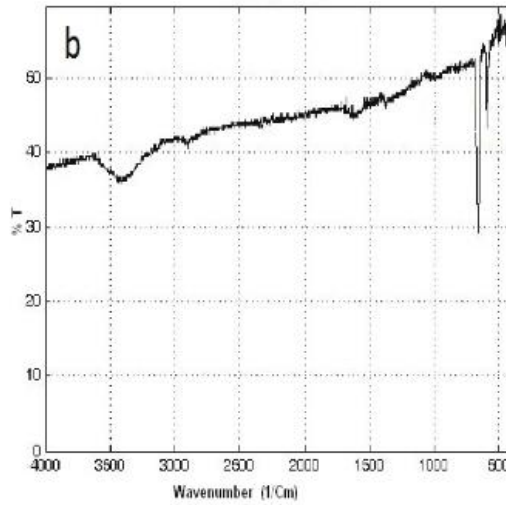
Gambar 1. Hasil sintesis Co_3O_4

Karakterisasi Co_3O_4 Nanopartikel

Karakterisasi Co_3O_4 hasil sintesis dilakukan dengan berbagai metode yaitu FTIR (*Fourier-transform infrared spectroscopy*) untuk analisis gugus fungsi, XRD (*X-ray diffraction*) untuk identifikasi fasa kristalin, dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk identifikasi morfologi. Kami mengambil contoh hasil XRD, FTIR, dan SEM dari penelitian Sharifi pada tahun 2013 yang berjudul “Characterization of Cobalt Oxide Co_3O_4 Nanoparticles Prepared by Various Methods: Effect of Calcination Temperatures on Size, Dimension and Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide” sebagai bahan belajar mengenai karakterisasi Co_3O_4 nanopartikel (Sharifi dkk., 2013).

FTIR (*Fourier-transform infrared*).

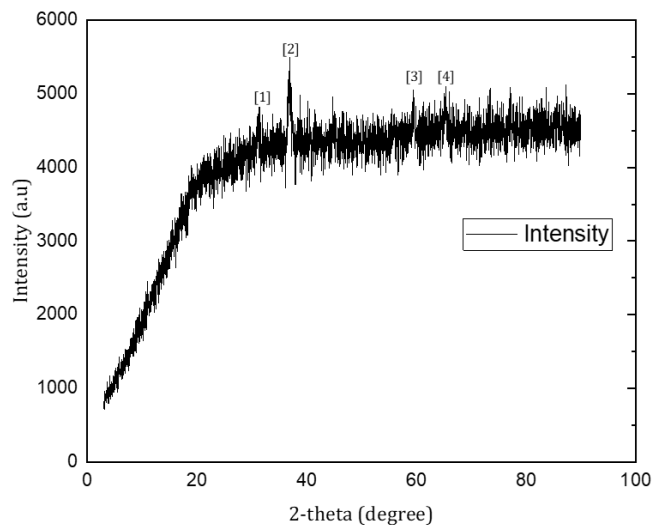
Untuk identifikasi gugus fungsi Co_3O_4 yang telah disintesis maka dapat dilakukan analisis menggunakan FTIR (*Fourier-transform infrared spectroscopy*). Spektra IR Co_3O_4 yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 2. Terdapat dua pita kuat oleh $\nu(\text{Co-O})$ pada $\sim 662 \text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 576 \text{ cm}^{-1}$, yang mana merupakan bukti keberadaan kristal Co_3O_4 (Narayan dkk., 2006; Pejova dkk., 2001). Spektrum IR pada Gambar 2 menunjukkan dua pita yang berbeda yang berasal dari vibrasi peregangan ikatan logam-oksigen (Tang dkk., 2008). Pita pertama pada $\sim 570 \text{ cm}^{-1}$ diasosiasikan sebagai vibrasi OB_3 pada kisi spinel dimana B merupakan Co^{3+} pada lubang oktahedral. Pita kedua pada $\sim 662 \text{ cm}^{-1}$ diasosiasikan sebagai vibrasi ABO_3 , dimana A merupakan Co^{2+} pada lubang tetrahedral. Puncak-puncak pada $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 3600 \text{ cm}^{-1}$ harus ditetapkan untuk *-OH stretching* dan *bending* dari air yang diserap oleh sampel atau KBr (Zou dkk., 2008).



Gambar 2. Spektrum IR Co_3O_4 yang dikalsinasi pada 700°C selama 3 jam

XRD (X-ray diffraction)

Analisis dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas serta kemurnian senyawa yang disintesis. Data yang diperoleh berupa intensitas dan sudut (2θ) yang kemudian dicocokkan dengan data standar pola difraksi sinar-X JCPDS (*Joint Committee For Powder diffraction Standard*).

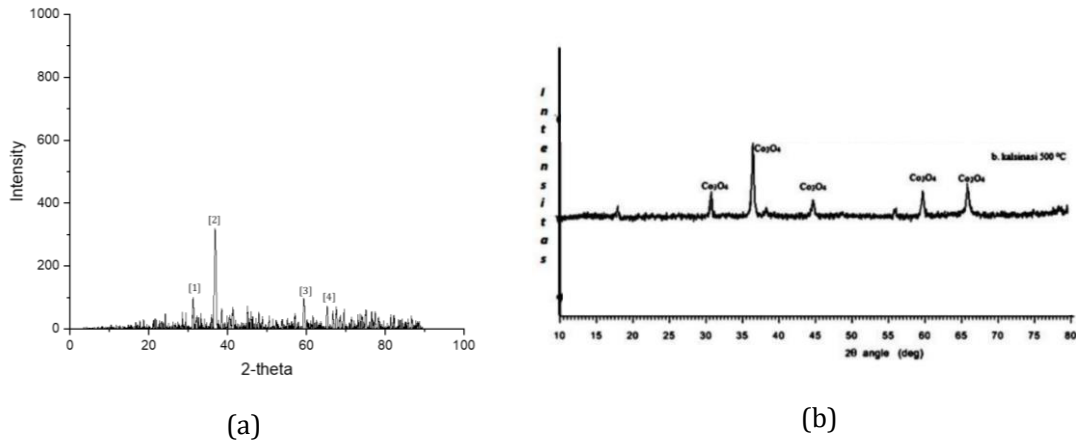


Gambar 3. Difraktogram hasil analisis XRD

Tabel 1. Berbagai puncak 2θ Co_3O_4 hasil sintesis

No	2θ	Harga d	int. I (cps)
[1]	31.34	2.852	216
[2]	36.84	2.4381	480

[3]	59.40	1.555	152
[4]	65.36	1.427	235



Gambar 4. Perbandingan (a) difraktogram hasil sintesis dan (b) difraktogram hasil sintesis yang dilakukan Yanti dkk, 2015

Hasil analisis berupa difraktogram dapat dilihat pada Gambar 3. dan Tabel. Berdasarkan hasil difraktogram XRD pada gambar tersebut puncak atau intensitas tertinggi muncul pada $2\theta = 36.84$ yang menunjukkan adanya Co_3O_4 dan didukung dengan puncak Co_3O_4 lainnya pada $2\theta = 31,34; 59,40$ dan $65,46$. Nilai 2θ tersebut hampir sama dengan Co_3O_4 yang dilaporkan yaitu $18.85, 31.16, 36.84, 44.74, 59.38$ dan 65.38 serta mengacu pada JCPDS card No.43-1003 (Chen dkk., 2018) dan dilaporkan oleh (Yanti dkk, 2015) yaitu puncak puncak muncul pada $2\theta = 36,78; 65,18; 31,20$ dan $59,31$.

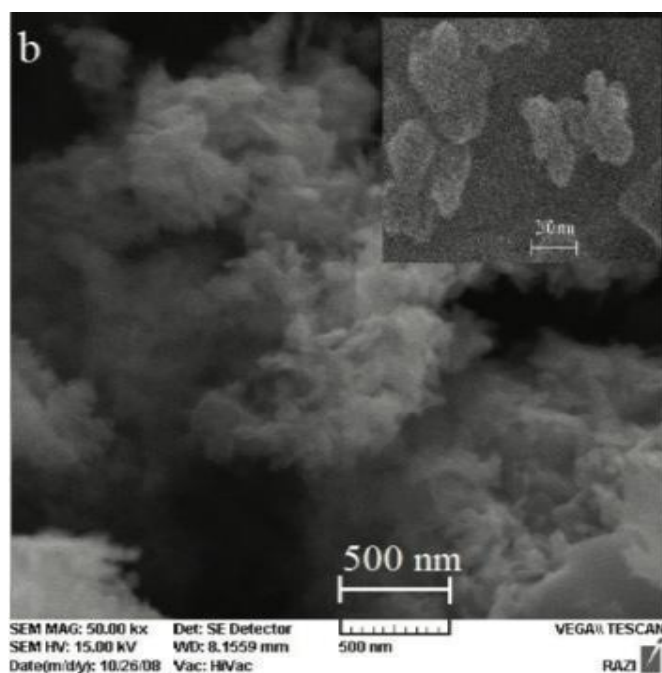
Tabel 2. Perbandingan 2θ hasil analisis dengan yang dilaporkan oleh Chen, dkk (2018) mengacu pada JCPDS card No.43-1003

2θ	
Hasil Sintesis	Standar
31,34	31,16
36,84	36,84
59,40	59,38
65,46	65,38

Berdasarkan hasil difraktogram menunjukkan informasi bahwa Co_3O_4 memiliki fasa kristalin. Hal ini ditunjukkan oleh puncak-puncak kristalinitas yang cukup tajam dan tinggi. Kemurnian Co_3O_4 cukup tinggi karena terbentuk puncak Co_3O_4 yang relatif banyak.

SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Analisis morfologi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Morfologi dan struktur produk yaitu ditandai dengan pemindaian mikroskop elektron (SEM). Gambar 4 menunjukkan gambar SEM khas Co_3O_4 nanopartikel dengan ukuran 76 nm. Berdasarkan gambar, morfologi Co_3O_4 terlihat seperti bongkahan kecil hampir bulat yang saling menyatu dengan distribusi yang acak, permukaannya juga terlihat relatif kasar (Moradpoor dkk., 2019).



Gambar 4. SEM dari Co_3O_4 nanopartikel yang dikalsinasi pada 500°C

4. Kesimpulan

Sintesis kobalt oksida nanopartikel (Co_3O_4 nanopartikel) dapat dilakukan dengan metode presipitasi menggunakan prekursor $[\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ dengan KOH sebagai pengendap dengan perbandingan molar 1:1. Diperoleh hasil sintesis yaitu padatan Co_3O_4 berwarna hitam dengan massa 0,095 gram dengan persentase rendemen sebesar 5,46%. Dilakukan pula karakterisasi hasil sintesis dengan metode FTIR untuk identifikasi gugus fungsi, XRD untuk identifikasi kristalinitas, dan SEM untuk mengetahui morfologi. Berdasarkan hasil difraktogram pada XRD, Co_3O_4 yang dihasilkan memiliki fasa kristalin.

Ucapan Terima Kasih

Semua penulis menyampaikan terima kasih kepada (1) Husni Wahyu Wijaya, Ph.D dan Meyga Evi Ferama Sari, M.Si selaku dosen pengampu perkuliahan Praktikum Sintesis Anorganik (Genap 2023/2024) dan (2) Dr. Yessi Permana dan Siti Hartinah Qurbayani (Yessi Lab, Kimia, ITB) yang memfasilitasi karakterisasi sampel hasil sintesis.

Daftar Pustaka

- Afza, E. (2011). *Pembuatan Magnet Permanent Ba-Hexa Ferrite (Ba_{0.6}Fe₂O₃) dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya*.
- Cardenas, L. J., Barba Ortega, J., & Rincón Joya, M. (2022). Analysis and evaluation of structural properties of Co₃O₄ microparticles obtained at low temperature. *Cerâmica*, 68, 52–59. <https://doi.org/10.1590/0366-69132022683853152>
- Chen, H., Zhao, Z., Chen, Z., Yi, J., Kaixiang, X., Hui, X., Chen, M., & Li, H. (2018). Co₃O₄ nanoparticles decorated Ag₃PO₄ as heterostructure for improving solar-light-driven photocatalysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 199, 032087. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/199/3/032087>
- Denishev, K. (2016). Some Metal Oxides and Their Applications for Creation of Microsystems (MEMS) and Energy Harvesting Devices (EHD). *Journal of Physics*, 764, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/764/1/012003>
- Farhadi, S., Sepahdar, A., & Jahanara, K. (2013). Spinel-Type Cobalt Oxide (Co₃O₄) Nanoparticles from the mer-Co(NH₃)₃(NO₂)₃ Complex: Preparation, Characterization, and Study of Optical and Magnetic Properties. *JNS*, 3. <https://doi.org/10.7508/jns.2013.02.00>
- Goudarzi, M., Bazarganipour, M., & Salavati-Niasari, M. (2014). Synthesis, Characterization and Degradation of Organic Dye Over Co₃O₄ Nanoparticles Prepared from New Binuclear Complex Precursors. *RSC Advances*, 4(87), 46517–46520. <https://doi.org/10.1039/C4RA09653C>
- Gu, Y., Jian, F., & Wang, X. (2008). Synthesis and Characterization of Nanostructured Co₃O₄ Fibers Used as Anode Materials for Lithium Ion Batteries. *Thin Solid Films*, 517(2), 652–655. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2008.07.026>
- Moradpoor, H., Safaei, M., Rezaei, F., Golshah, A., Jamshidy, L., Hatam, R., & Abdullah, R. S. (2019). Optimisation of Cobalt Oxide Nanoparticles Synthesis as Bactericidal Agents. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(17), 2757–2762. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.747>
- Narayan, R. V., Kanniah, V., & Dhathathreyan, A. (2006). Tuning Size and Catalytic Activity of Nano-Clusters of Cobalt Oxide. *Journal of Chemical Sciences*, 118(2), 179–184. <https://doi.org/10.1007/BF02708470>
- Pejova, B., Isahi, A., Najdoski, M., & Grozdanov, I. (2001). Fabrication and Characterization of Nanocrystalline Cobalt Oxide Thin Films. *Materials Research Bulletin*, 36(1–2), 161–170. [https://doi.org/10.1016/S0025-5408\(00\)00479-7](https://doi.org/10.1016/S0025-5408(00)00479-7)
- Sadiq, M. M. J., & Nesaraj, A. S. (2014). Reflux Condensation Synthesis and Characterization of Co₃O₄ Nanoparticles for Photocatalytic applications. *Iranian Journal of Catalysis*, 4(4), 219–226.
- Sharifi, S. L., Shakur, H. R., Mirzaei, A., Salmani, A., & Hosseini, M. H. (2013). Characterization of Cobalt Oxide Co₃O₄ Nanoparticles Prepared by Various Methods: Effect of Calcination Temperatures on Size, Dimension and Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 9(1), 51–58.
- Sinkó, K., Szabó, G., & Zrínyi, M. (2011). Liquid-Phase Synthesis of Cobalt Oxide Nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 11(5), 4127–4135. <https://doi.org/10.1166/jnn.2011.3875>
- Soam, A., Kumar, R., Sahoo, P. K., Mahender, C., Kumar, B., Arya, N., Singh, M., Parida, S., & Dusane, R. O. (2019). Synthesis of Nickel Ferrite Nanoparticles Supported on Graphene Nanosheets as Composite Electrodes for High Performance Supercapacitor. *ChemistrySelect*, 4(34), 9952–9958. <https://doi.org/10.1002/slct.201901117>
- Tang, C.-W., Wang, C.-B., & Chien, S.-H. (2008). Characterization of Cobalt Oxides Studied by FT-IR, Raman, TPR

- and TG-MS. *Thermochimica Acta*, 473(1-2), 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2008.04.015>
- Wang, C., Yin, L., Zhang, L., Xiang, D., & Gao, R. (2010). Metal Oxide Gas Sensors: Sensitivity and Influencing Factors. *Sensors*, 10(3), 2088-2106. <https://doi.org/10.3390/s100302088>
- Yanti, P. H., Mukhtar, A., & Astarina, . (2015). Preparation and Characterization Of Co₃O₄ Nano Powder. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(2), 124-129. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3176>
- Zanur, H., Putra, A., & Astuti, A. (2017). Sintesis Dan Karakterisasi Pigmen Hematit (α -Fe₂O₃) Dari Bijih Besi Di Jorong Kepalo Bukik Kabupaten Solok Selatan Menggunakan Metode Presipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 6(2), 149-155. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.2.149-155.2017>
- Zou, D., Xu, C., Luo, H., Wang, L., & Ying, T. (2008). Synthesis of Co₃O₄ Nanoparticles via an Ionic Liquid-Assisted Methodology at Room Temperature. *Materials Letters*, 62(12-13), 1976-1978. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.10.056>