

Kajian Integrasi Islam dan Sains pada Pendayagunaan Besi Oksida dalam Bidang Medis

Aprilia Dewi Ardiyanti

Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Malang

Coressponding author: apriadiadewi379@gmail.com

Submitted: 4 Februari 2022; Accepted: 28 Maret 2022; Published: 14 April 2022;

Abstrak

Al-Qur'an sebagai pedoman bagi umat islam menjadi salah satu sumber ilmu pengetahuan. Terdapat isyarat-isyarat ilmiah yang terangkum pada ayat-ayat kauniah. Salah satu topik yang dibahas adalah tentang besi pada surat Al-Hadid ayat 25. Pada ayat tersebut dijelaskan mengenai asal usul besi, kekuatan dan manfaatnya untuk manusia. Analisis dan penjelasan ayat tersebut dilakukan dengan metode kualitatif studi literatur. Hasil menunjukkan bahwa asal usul besi berasal dari reaksi fusi nuklir bintang kemudian meledak dan jatuh ke bumi melalui meteor. Kegunaan besi mencakup berbagai lini kehidupan, terutama ketika ukurannya diperkecil hingga nanometer. Salah satu contohnya adalah besi oksida yang berhasil disintesis dari pasir besi pantai digunakan sebagai media drug delivery system dan terapi hipertermia kanker. Korelasi dan kesesuaian informasi Al-Qur'an dengan hasil penelitian menunjukkan hubungan konfirmatif dan terintegrasi.

Kata Kunci: Al-Qur'an, Besi Oksida, Drug Delivery System, Terapi Hipertermia

Abstract

Al-Qur'an as a guide for Muslims is a source of knowledge. There are scientific clues that are summarized in the verses of the kauniah. One of the topics discussed is about iron in Surah Al-Hadid verse 25. In this verse, it is explained about the origin of iron, its strength, and its benefits for humans. The analysis and explanation of the verse were carried out using a qualitative method of literature study. The results show that the origin of iron comes from nuclear fusion reactions of stars then explode and fall to earth via meteors. The uses of iron cover various lines of life, especially when it is reduced to nanometers in size. One example is an iron oxide from the iron sand which is used as a medium for drug delivery systems and cancer hyperthermia therapy. The correlation and suitability of the information from the Qur'an with the results of the study show a confirmative and integrated relationship.

Keywords: Al-Qur'an, Iron Oxide, Drug Delivery System, Hyperthermia Therapy

Pendahuluan

Islam memiliki kitab Al-Qur'an yang berfungsi sebagai pedoman hidup, petunjuk dan sumber ilmu pengetahuan yang bersifat mutlak kebenarannya (Ardiyanti, 2020). Korelasi hubungan antara ayat-ayat Al-Qur'an dan sains menjadi alasan kuat semakin banyaknya kajian dan penelitian yang dilakukan untuk menggali lebih dalam kebenaran dari isyarat-isyarat ilmiah dalam Al-Qur'an (Kurniasari et al., 2019). Pada perkembangannya tidak hanya ayat-ayat kauniah dalam

Al-Qur'an yang dikaji akan tetapi melebar pada hadis, hal ini disebabkan karena hadis menjadi sumber pedoman umat islam kedua setelah Al-Qur'an (Salmah, 2017).

Salah satu isyarat ilmiah yang disebutkan adalah mengenai keajaiban besi. Besi yang dalam bahasa arab disebut sebagai hadidun menjadi salah satu nama surat dalam Al-Qur'an yaitu surat ke 57 (Sudiarti et al., 2018). Dalam surat Al-Hadid pada ayat 25 disebutkan mengenai asal usul besi dan kekuatan serta kebermanfaatannya bagi kehidupan manusia. Selain

itu pada surat Al-Kahfi ayat 96-98 diceritakan mengenai manfaat besi yang digunakan sebagai benteng oleh Iskandar Zulkarnain (Kurniasari et al., 2019). Pada hadits kata hadid muncul sebanyak 91 hadis pada shahih bukhari, salah satunya membahas bagaimana cara besi agar terhindar dari korosi (Rahmawati and Mujiyo, 2021). Oleh karena itu diperlukan informasi lebih rinci mengenai asal-usul terbentuknya besi berdasarkan tafsir ayat, kemudian dilanjutkan dengan kajian ilmiahnya.

Besi menjadi salah satu logam yang banyak ditemui pada lapisan kerak bumi, salah satunya adalah ditemukannya kandungan besi pada beberapa pasir pantai di Indonesia. Sebaran pasir besi memiliki cakupan yang sangat luas, berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral potensi pasir besi berada sepanjang pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, Sulawesi, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan pantai utara Papua (Febrianto et al., 2019). Pasir besi umumnya berwarna hitam pekat dan memiliki tekstur yang halus (Istiqomah et al., 2019). Pasir besi umumnya memiliki komposisi senyawa Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , SiO_2 dan unsur seperti Fe, Mg, Ti, Ca dan Zn (Hefdea and Rohmawati, 2020).

Senyawa Fe_3O_4 atau besi oksida banyak disintesis dalam ukuran nano dan dimanfaatkan secara luas pada kehidupan manusia seperti pada bidang energi dan lingkungan (Rahmawati and Handayani, 2013). Terdapat berbagai jenis metode sintesis yang dapat dilakukan untuk mengubah pasir besi menjadi nanopartikel besi oksida. Oleh sebab itu diperlukan metode yang sederhana, ekonomis dan efisien untuk menghasilkan nanopartikel besi oksida. Berdasarkan penelitian yang dilakukan metode kopresipitasi merupakan metode yang sederhana dan tepat untuk mengubah pasir besi menjadi nanopartikel besi oksida (Puryanti et al., 2017).

Nanopartikel besi oksida memiliki sifat dan karakteristik yang lebih berdayaguna jika dibandingkan dengan ukuran bulknya (Wei et al., 2012). Hal tersebut menjadi alasan banyaknya penelitian yang membahas mengenai pendayagunaan besi oksida pada bidang medis yaitu untuk terapi kanker drug delivery system dan hipertermia (El Ghandoor et al., 2012). Pendayagunaan besi oksida tersebut mengindikasikan adanya korelasi dan pembuktian antara ayat Al-Qur'an dan fakta sains. Pada pembahasan ini akan dijabarkan secara rinci mengenai tafsir surat Al-Hadid ayat 25 yang menjelaskan asal-usul besi dan kajian ilmiahnya. Pembahasan lain akan menjelaskan mengenai proses sintesis besi oksida dengan metode kopresipitasi dan potensi aplikasinya pada bidang medis yaitu untuk terapi kanker drug delivery system dan hipertermia. Uraian dari pembahasan tersebut akan memberikan informasi yang rinci dan padu mengenai asal-usul besi, sintesis nanopartikel

besi oksida dan pendayagunaannya dalam bidang medis.

Bahan dan Metode

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kualitatif dengan metode pengumpulan data yaitu library research. Metode tersebut yaitu dengan studi pustaka terhadap topik yang berkaitan hingga didapatkan data secara rinci dalam bentuk tulisan yang telah terjustifikasi melalui publikasi paper maupun buku. Paper yang menjadi rujukan penelitian ini merupakan paper-paper yang berkaitan dengan asal-usul besi, diantaranya adalah review paper dan scientific paper berdasarkan hasil penelitian laboratorium. Kajian yang digunakan adalah kajian deskriptif dengan menjelaskan satu persatu pembahasan dengan rinci sehingga diperoleh suatu informasi yang padu dan berkesinambungan (Ardiyanti and Mustaqim, 2021). Selain itu, terdapat interpretasi sains dengan analisis material medis berdasarkan penelitian-penelitian mengenai besi oksida yang telah dilakukan di laboratorium.

Hasil dan Pembahasan

Asal Usul Besi Menurut Surat Al-Hadid ayat 25 dan Menurut Kajian Ilmu Geologi

Besi menjadi salah satu nama surat dalam Al-Qur'an, di mana di dalamnya terdapat informasi dan wawasan islam mengenai kekuatan besi.

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكُتُبَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مِنْ بَنِي إِسْرَائِيلَ أَنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ٢٥

Ayat tersebut mempunyai arti "sungguh kami telah mengutus Rasul-Rasul kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan kami turunkan bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil, dan kami turunkan besi yang mempunyai kekuatan hebat dan bermanfaat bagi manusia dan agar Allah mengetahui siapa yang menolong agamaNya dan rasul-rasulNya walaupun Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa". Menurut asbabun-nuzulnya ayat ini turun pada awal terbentuknya negara islam di Madinah, sehingga terdapat perintah untuk menafkahkan sebagian harta dalam rangka menolong agama islam.

Secara kontekstual arti anzalnaa hadiida pada ayat ini menurut Sayyid Quthub adalah isyarat untuk berjihad atau berperang dengan menggunakan senjata dari besi (Kurniasari et al., 2019). Secara harfiah

kata *anzalnaa hadiida* memiliki arti kami turunkan menjadi bagian yang menarik untuk dikaji. Arti kata kami turunkan besi pada awalnya mempunyai makna ambigu ketika besi diartikan sebagaimana dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi sains modern memberikan informasi bahwa sebenarnya besi tidak dapat diproduksi ataupun dihasilkan oleh bumi sendiri maupun planet-planet yang lain. Menurut perhitungan, unsur besi Fe dalam pembentukannya membutuhkan setidaknya empat kali sistem matahari. Besi hanya dapat dihasilkan oleh bintang-bintang yang jauh lebih besar dari matahari melalui reaksi fusi nuklir. Besi dapat sampai ke bumi melalui ledakan bintang yang disebut sebagai supernova (Sudiarti et al., 2018). Ledakan tersebut mengakibatkan meteor yang mengandung besi berhamburan di luar angkasa. Proses jatuhnya meteor merupakan salah satu cara bagaimana unsur-unsur besi dapat sampai ke permukaan besi Al Imron et al. (2019).

Kajian menurut ilmu geologi, bijih besi dapat diartikan sebagai suatu massa yang tidak beraturan pada sedimen dari gunung berapi yang terbentuk saat masa tengah hingga akhir Eocene, yaitu zaman geologis yang berlangsung sekitar 56-33,9 tahun yang lalu. Bijih besi biasanya terbentuk berdekatan dengan batuan plutonik, namun endapan bijih besi tersebut jarang ditemukan dalam bentuk native, dikarenakan terdapat proses ekstraterestrial yaitu proses jatuhnya meteorit ke permukaan bumi yang terjadi pada zaman tersebut (Marbouti et al., 2020). Berdasarkan proses endapan bijih besi dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bijih besi primer terbentuk melalui hidrotermal, bijih besi laterit terbentuk akibat proses pelapukan dan pasir besi terbentuk karena proses rombakan sedimentasi kimia fisika. Berdasarkan jenis endapan bijih besi, magnetit merupakan mineral yang memiliki kandungan Fe paling tinggi jika dibandingkan dengan hematit maupun maghemit (Prasad et al., 2017).

Sintesis Pasir Besi Menjadi Besi Oksida dengan Metode Kopresipitasi

Kelimpahan besi pada permukaan bumi salah satunya ditemukan pada pasir besi. Pasir besi biasa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan partikel nano besi oksida (Baqiya et al., 2019). Ukuran awal dari pasir besi berkisar pada 3-5 mm, sehingga diperlukan proses sintesis untuk menghasilkan material besi oksida yang memiliki ukuran nanometer (Zulzilar, 2020). Terdapat beberapa metode untuk sintesis besi oksida dari pasir besi, akan tetapi terdapat metode yang paling sederhana yaitu kopresipitasi (Arun, 2016). Metode kopresipitasi merupakan metode sederhana antara kation logam yang memiliki kelarutan tinggi terhadap garam tertentu sehingga akan membentuk endapan dalam bentuk hidroksida, karbonat,

oksalat dan sitrat (Tawainella et al., 2014).

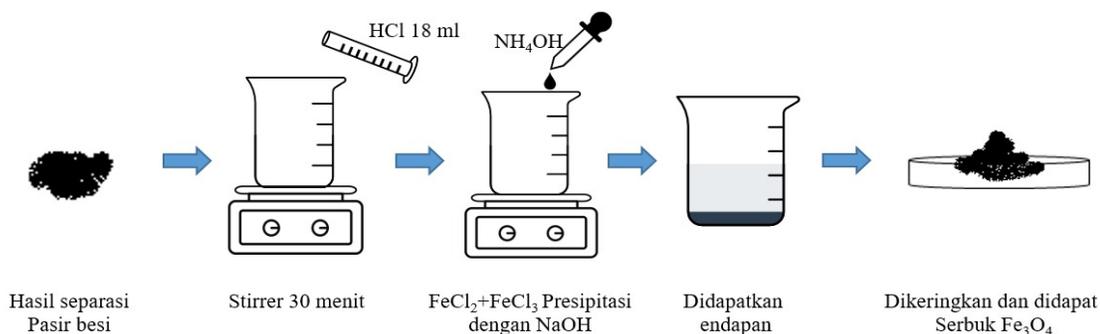
Langkah pertama pembuatan besi oksida adalah separasi pasir besi dari pengotor seperti Si, Ti maupun Al. Separasi tersebut dilakukan dengan menggunakan magnet, pasir besi yang mengandung Fe akan tertarik magnet sedangkan pengotor akan tetap. Hasil dari separasi selanjutnya distirrer dengan menambahkan HCl atau asam klorida, hingga dihasilkan FeCl_2 dan FeCl_3 . Langkah selanjutnya adalah titrasi dengan menggunakan NaOH sebagai presipitan hingga didapat endapan hitam (Setiadi et al., 2016). Endapan tersebut selanjutnya dikeringkan dan didapatkan serbuk besi oksida berukuran nano (Sayuti et al., 2018). Ukuran serbuk besi oksida yang terbentuk pada umumnya berkisar antara 8,8-53,6 nm (Baqiya et al., 2019). Urutan langkah tersebut dapat diilustrasikan pada Gambar 1.

Serbuk pasir besi tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk salah satu layer pada sel surya untuk optimasi penyerapan energi panas (Mi et al., 2020), sebagai absorben limbah organik maupun anorganik (Alqadami et al., 2016), sebagai material pelapis obat dalam drug delivery system (Xia et al., 2019) dan sebagai media yang diinjeksikan pada tubuh untuk terapi hipertermia (Mondal et al., 2021).

Potensi Aplikasi Besi Oksida pada Bidang Medis

Penelitian mengenai material magnetik yang berukuran nano pada dekade ini banyak dikembangkan, dikarenakan kebermanfaatannya yang dapat digunakan secara luas dalam berbagai bidang. Pada lingkungan material magnetik dapat digunakan sebagai adsorben limbah kemudian pada bidang energi dapat digunakan sebagai superkapasitor maupun sel volta, pada biologi sebagai antibakteri serta pada medis dapat digunakan sebagai terapi kanker (Alqadami et al., 2016).

Sebagaimana kita ketahui bahwa kanker menjadi penyakit dengan kematian terbanyak setelah kardiovaskuler (Nagai and Kim, 2017). Berbagai cara pengobatan dan penanganan telah dikembangkan sampai saat ini seperti operasi, kemoterapi dan penyinaran radiasi (Gawali et al., 2021). Akan tetapi masing-masing pengobatan memiliki kelemahan dan efek samping yang cukup serius terutama pada kemoterapi yang tidak hanya mempengaruhi secara fisik namun juga psikis (Chan and Ismail, 2014). Sehingga dikembangkan cara pengobatan lain yaitu drug delivery system atau penghantaran obat langsung menuju sel atau jaringan sel kanker (Ramadon and Mun'im, 2017). Selain itu terdapat terapi hipertermia dengan meningkatkan suhu sel atau jaringan kanker sehingga mengalami kerusakan (Garaio et al., 2014).



Gambar 1: Tahapan Sintesis Besi Oksida (Shen et al., 2020)

Pada drug delivery system diperlukan media sebagai pelapis obat yang akan dimasukkan dalam tubuh dan diarahkan menuju tempat sel kanker berada. Media yang paling cocok adalah material nano magnetik salah satunya besi oksida. Besi oksida dapat melapisi obat dengan baik dan dapat diarahkan menuju sel kanker dengan pengaruh medan magnet luar. Sifatnya yang superparamagnetik dan biokompatibel membuat besi oksida aman digunakan dalam tubuh dan akan segera terurai setelah obat sampai pada sel kanker (Tietze et al., 2013).

Terapi hipertermia menggunakan prinsip kenaikan suhu sampai 41°C pada sel kanker sehingga sel kanker tersebut akan mengalami kerusakan dan mati. Terapi hipertermia dilakukan dengan media material magnetik salah satunya adalah besi oksida. Proses terapi dilakukan dengan injeksi besi oksida pada tubuh kemudian diarahkan menuju sel kanker dan akan diberi pengaruh tegangan bolak-balik yang dialirkan pada kumparan sehingga menghasilkan medan magnet eksternal. Medan bolak-balik tersebut mengakibatkan momen magnetik pada besi oksida juga bergerak bolak-balik dan menimbulkan kenaikan temperatur (Martinkova et al., 2018).

Pemanfaatan besi oksida pada berbagai bidang, terutama pada bidang medis menunjukkan adanya korelasi dengan informasi pada Surat Al-Hadid ayat 25. Selain sebagai bahan bangunan yang kuat, besi dalam ukuran nano dapat digunakan lebih luas dan memiliki manfaat dalam segala lini kehidupan. Sehingga informasi dan wawasan islam mengenai besi dalam Al-Qur'an bersifat konfirmatif, dan terbukti secara ilmiah.

Kesimpulan

Informasi mengenai asal-usul, kekuatan dan manfaat besi terkandung pada Al-Qur'an surat Al-Hadid ayat 25. Kebenaran mengenai proses turunnya besi ke bumi terjawab dengan fenomena fusi nuklir pada bintang, supernova dan jatuhnya meteor. Kekuatan dan pendaaygunaan besi pada dekade ini semakin berkembang di berbagai bidang saat ukurannya dapat diubah menjadi nanometer. Metode sintesis yang digunakan agar mendapatkan nanopartikel besi oksida adalah metode kopresipitasi. Teknologi berukuran nanometer membuat besi memiliki sifat dan karakter yang unik, sehingga pemanfaatannya jauh lebih luas dari sebelumnya. Salah satu contoh pemanfaatan nanopartikel besi oksida yaitu digunakan sebagai media penghantar obat dan terapi hipertermia kanker. Korelasi informasi dalam Al-Qur'an dengan fakta ilmiah dan penelitian ini menunjukkan pendekatan konfirmatif. Kesesuaian isyarat ilmiah dalam Al-Qur'an dengan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan mengindikasikan bahwa antara islam dan sains saling berhubungan.

Daftar Pustaka

- Al Imron, M., Sodikin, S., and Romlah, R. (2019). Meteor dalam perspektif al-qur'an dan sains. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3):388–398.
- Alqadami, A. A., Naushad, M., Abdalla, M. A., Ahmad, T., Alothman, Z. A., and Alshehri, S. M. (2016). Synthesis and characterization of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{tsc}$ nanocomposite: highly efficient removal of toxic metal ions from aqueous medium. *RSC advances*, 6(27):22679–22689.

- Ardiyanti, A. D. (2020). Perspektif al-qur'an tentang sel saraf dalam kajian integrasi agama dan sains. *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam dan Sains*, 2:61–63.
- Ardiyanti, A. D. and Mustaqim, T. (2021). Korelasi informasi al-qur'an dan hadist terhadap penanganan wabah penyakit pada masa rasulullah dan kontemporer. *Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam dan Sains*, 3:1–7.
- Arun, S. (2016). Prasad, iron oxide nanoparticles synthesized by controlled bio-precipitation using leaf extract of garlic vine (*Mansoa alliacea*). *Mater. Sci. Semicond. Process.*, 53:79–83.
- Baqiya, M. A., Anwar, M., Kurniawan, D., Hariyanto, T., and Darminto, D. (2019). Preparasi nanopartikel Fe_3O_4 dari pasir besi dan pelapisannya pada logam non magnetik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, pages 102–105.
- Chan, H.-K. and Ismail, S. (2014). Side effects of chemotherapy among cancer patients in a Malaysian general hospital: experiences, perceptions and informational needs from clinical pharmacists. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(13):5305–5309.
- El Ghandoor, H., Zidan, H., Khalil, M. M., and Ismail, M. (2012). Synthesis and some physical properties of magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles. *Int. J. Electrochem. Sci*, 7(6):5734–5745.
- Febrianto, A. D., Irawan, L. Y., Barid, A., Yulina, A., and Robita, B. (2019). Kajian ekologis penambangan pasir besi beserta dampaknya terhadap keberlangsungan pariwisata pantai (studi kasus pantai dlodo, kabupaten tulungagung, Jawa Timur). *Jurnal Georaflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 3(2):45–61.
- Garaio, E., Collantes, J. M., Garcia, J. A., Plazaola, F., Mornet, S., Couillaud, F., and Sandre, O. (2014). A wide-frequency range AC magnetometer to measure the specific absorption rate in nanoparticles for magnetic hyperthermia. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 368:432–437.
- Gawali, S. L., Shelar, S. B., Gupta, J., Barick, K., and Hassan, P. (2021). Immobilization of protein on Fe_3O_4 nanoparticles for magnetic hyperthermia application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 166:851–860.
- Hefdea, A. and Rohmawati, L. (2020). Sintesis Fe_3O_4 dari pasir mineral tulungagung menggunakan metode kopresipitasi. *Inovasi Fisika Indonesia*, 9(2).
- Istiqomah, I., Putri, A., Patmawati, T., Rohmawati, L., and Setyarsih, W. (2019). Ekstraksi titanium dioksida (TiO_2) anatase menggunakan metode leaching dari pasir mineral tulungagung. *Akta Kimia Indonesia*, 4(2):145–151.
- Kurniasari, D., Simponi, N. I., and Haqiqi, A. K. (2019). Integrasi nilai-nilai keislaman pada reaksi redoks dan elektrokimia terhadap rahasia kekuatan ben-teng besi zulkarnain. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(1):26–39.
- Marbouti, Z., Ehya, F., Paydar, G. R., and Maleki, S. (2020). Geochemical, microthermometric, and sulfur isotopic constraints on the origin of the Sarvian iron deposit, Markazi province, Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 210:106451.
- Martinkova, P., Brtnicky, M., Kynicky, J., and Pohan-ka, M. (2018). Iron oxide nanoparticles: innovative tool in cancer diagnosis and therapy. *Advanced healthcare materials*, 7(5):1700932.
- Mi, Y., Qiu, Y., Liu, Y., Peng, X., Hu, M., Zhao, S., Cao, H., Zhuo, L., Li, H., Ren, J., et al. (2020). Cobalt-iron oxide nanosheets for high-efficiency solar-driven CO_2 - H_2O coupling electrocatalytic reactions. *Advanced Functional Materials*, 30(31):2003438.
- Mondal, D., Phukan, G., Paul, N., and Borah, J. (2021). Improved self heating and optical properties of bifunctional Fe_3O_4/ZnS nanocomposites for magnetic hyperthermia application. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 528:167809.
- Nagai, H. and Kim, Y. H. (2017). Cancer prevention from the perspective of global cancer burden patterns. *Journal of thoracic disease*, 9(3):448.
- Prasad, J., Venkatesh, A. S., Sahoo, P. R., Singh, S., and Sylvestre Kanouo, N. (2017). Geological controls on high-grade iron ores from Kiriburu-Meghahatuburu iron ore deposit, Singhbhum-Orissa craton, eastern India. *Minerals*, 7(10):197.
- Puryanti, D., Andani, D., and Thressia, M. (2017). Effect of peg-2000 on saturation magnetization Fe_3O_4 particles synthesized with coprecipitation method. *Journal of Physics: Theories and Applications*, 1(1):49–54.
- Rahmawati, H. and Mujiyo, M. (2021). Takhrij and syarah hadith of chemistry: Rusty iron in hadith perspective. *Academia Globe: Inderscience Research*, 2(05):32–36.
- Rahmawati, R. and Handayani, H. (2013). Fabrikasi ferrogel berbahan dasar nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dari hasil sintesis pasir besi pantai utara Jawa dan sifat magneto-elastisitasnya. *Jurnal Neurotrino*.

- Ramadan, D. and Mun'im, A. (2017). Pemanfaatan nanoteknologi dalam sistem penghantaran obat baru untuk produk bahan alam. *Jurnal ilmu kefarmasian Indonesia*, 14(2):118–127.
- Salmah, S. (2017). Besi dalam perspektif hadis. *Proceeding IAIN Batusangkar*, 1(1):641–658.
- Sayuti, M., Ibrahim, A., Yusuf, M., and Putra, R. (2018). Development of aceh iron sand to produce pig iron: studies on hardness properties. In *MATEC Web of Conferences*, volume 204, page 05002. EDP Sciences.
- Setiadi, E., Sebayang, P., Ginting, M., Sari, A., Kurniawan, C., Saragih, C., and Simamora, P. (2016). The synthesization of fe₃o₄ magnetic nanoparticles based on natural iron sand by co-precipitation method for the used of the adsorption of cu and pb ions. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 776, page 012020. IOP Publishing.
- Shen, Y., Ju, X., Zhang, J., Xie, T., Zong, F., Xue, D., Lin, X., Zhang, J., and Li, Q. (2020). A convenient co-precipitation method to prepare high performance lini_{0.5}mn_{1.5}o₄ cathode for lithium ion batteries. *Materials Chemistry and Physics*, 240:122137.
- Sudiarti, T., Delilah, G. G. A., and Aziz, R. (2018). Besi dalam qur'an dan sains kimia (analisis teoritis dan praktis mengenai besi dan upaya mengatasi korosi pada besi). *al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 5(1):7–16.
- Tawainella, R. D., Riana, Y., Fatayati, R., Kato, T., Iwata, S., Suharyadi, E., et al. (2014). Sintesis nanopartikel manganese ferrite (mnfe₂o₄) dengan metode kopresipitasi dan karakterisasi sifat kemagnetannya (halaman 1 sd 7). *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(52).
- Tietze, R., Lyer, S., Dürr, S., Struffert, T., Engelhorn, T., Schwarz, M., Eckert, E., Göen, T., Vasylyev, S., Peukert, W., et al. (2013). Efficient drug-delivery using magnetic nanoparticles—biodistribution and therapeutic effects in tumour bearing rabbits. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 9(7):961–971.
- Wei, Y., Han, B., Hu, X., Lin, Y., Wang, X., and Deng, X. (2012). Synthesis of fe₃o₄ nanoparticles and their magnetic properties. *Procedia Engineering*, 27:632–637.
- Xia, K.-k., Lyu, Y., Yuan, W.-t., Wang, G.-x., Stratton, H., Zhang, S.-j., and Wu, J. (2019). Nanocarriers of fe₃o₄ as a novel method for delivery of the anti-neoplastic agent doxorubicin into hela cells in vitro. *Frontiers in Oncology*, 9:250.
- Zulziar, M. (2020). Pembentukan partikel fe₃o₄ berbahan pasir pantai puger jawa timur dengan metode mechanical alloying & ultrasonic mixing. *Teknologi: Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, 2(1):59–65.