



Analisis Perbandingan Kandungan Fe dan Karakteristik Sifat Listrik Pasir Besi Sungai dan Pantai

Lalu A. Didik*, Husnul Aini, Ahmad Zohdi

Program Studi Tadris Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Mataram,
Nusa Tenggara Barat

*E-mail: laludidik@uinmataram.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v17i2.7689>

Submitted: 07 April 2020; Accepted: 29 Februari 2020

ABSTRACT-This study aims to compare the Fe concentration and the characteristics of the electrical properties of river and coastal iron sand garnered in Pringgabaya District. Iron sand samples are taken with a variation of the distance by 2 m from a distance of 2 m to 10 m. These samples were separated with impurities using permanent magnets. The samples were then washed using distilled water and were dried for two hours at 100 °C. The characterization of the Fe concentration of river and coastal iron sand was carried out using AAS. The resistivity value was measured using the 2-point probe method, and the dielectric constant was measured using the parallel plate method. The Fe concentration of river iron sand increased from 5.03 ppm at a distance of 2 m from the river to 9.52 ppm at a distance of 10 m. While the iron concentration of the beach iron sand rose from 5.64 ppm at a distance of 2 m from the coastline to 9.8 ppm at a distance of 10 m. In the measurement of resistivity, the resistivity value of river iron sand rose from $5.4 \times 10^4 \Omega\text{m}$ at a distance of 2 m from the river mouth to $11 \times 10^4 \Omega\text{m}$ at a distance of 10 m. Coastal iron sand resistivity also increased from $6.8 \times 10^4 \Omega\text{m}$ from a distance of 2 m from the coastline to $10.9 \times 10^4 \Omega\text{m}$ from a distance of 10 m. In the measurement of dielectric constant, the value of river iron sand dielectric constant increased from 5.37×10^4 at a distance of 2 m from the river to 13.88×10^4 at a distance of 10 m. The dielectric constant of the coastal iron sand also increased from 6.02×10^4 from a distance of 2 m from the coastline to 15.22×10^4 at a distance of 10 m. The difference of Fe concentration in the river and coastal iron sand is caused by the presence of Fe deposition in rivers which causes the Fe concentration of river iron sand to be greater than the coastal one. The measurement of resistivity and dielectric constant values showed the same pattern; there was an increase in terms of the resistivity value and the dielectric constant of the river and coastal iron sand along with the greater distance at which the iron sand was taken. By and large, the resistivity value and dielectric constant of the coastal iron sand are greater when compared to the river iron sand. This is due to the iron sand from rivers that flow to the coast will spread evenly and will be followed by the mixture of other mineral contents.

Keywords: AAS, Dielectric Constant, Iron Sands, Resistivity

PENDAHULUAN

Pasir merupakan bahan alam yang tersedia cukup besar di Indonesia. Pasir ini sering dijumpai di pantai atau di sungai. Pasir ini sangat mudah di dapatkan di negara kita karena

banyaknya pantai dan aliran sungai yang memudahkan masyarakat dalam menunjang perekonomian. Pasir pantai dan pasir sungai memiliki bentuk karakteristik yang tidak jauh berbeda dan memiliki beberapa kandungan

yang hampir sama. Indonesia sendiri memiliki sumber daya mineral besi yang sangat baik, terdiri dari bijih besi primer (17%), pasir besi (8%) dan bijih besi laterit (75%) (Sukirman et al., 2018). Fe adalah logam paling berlimpah kedua di tanah dan hadir dalam bentuk sedimen. Endapan besi yang terkandung dalam batuan sedimen dalam bentuk pasir, dikenal sebagai pasir besi (Rianto et al., 2018). Namun potensi pasir alam dari sungai belum bisa dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat sekitar (Pramesti, 2018).

Endapan pasir besi di Indonesia telah dikenal menyebar di sepanjang pesisir Sumatra, Jawa, Pulau Sunda Kecil, Sulawesi dan Nusa Tenggara Barat (Nugraha et al., 2016) dan kepulauan Maluku (Fakhrurrozi, 2015). Pasir besi yang berasal dari pantai maupun sungai ini, memiliki kandungan besi seperti besi oksida *hematite* (Fe_2O_3) dan *magnetite* (Fe_3O_4) serta senyawa yang lain seperti Fe, Zn, dan Ni (Fitria & Ramli, 2017), titanium (Rianna et al., 2018). Kandungan yang banyak pada pasir besi ini dapat digunakan di bidang perindustrian seperti sebagai bahan campuran untuk membuat semen agar memiliki kualitas yang baik, serta digunakan dalam pembuatan tinta serta berpotensi sebagai bahan magnet dalam pembuatan keramik (Togibasa, 2019). Pasir besi dalam bentuk besi oksida banyak dikembangkan sebagai bahan pengompleks karena memiliki kemampuan untuk membentuk senyawa-senyawa yang kompleks melalui mekanisme ikatan kovalen koordinasi. Oksida besi juga merupakan salah satu jenis senyawa oksida yang sering digunakan untuk remediasi air dari logam berat dan limbah dan mangan dioksida (MnO_2) (Alpius, 2017) serta sebagai adsorben untuk ion logam berat (Setiadi et al., 2016). Fe_3O_4 juga menunjukkan rasio permukaan terhadap volume yang tinggi dan ini berarti permukaan dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi logam (Rettob, 2019). Fe_3O_4 beberapa tahun terakhir telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi,

seperti penyimpanan informasi dengan kepadatan tinggi dan tinta (Bukit, 2005).

Maka dari itu pasir besi merupakan salah satu bahan tambang yang bernilai ekonomis (Anom, 2018). Dengan mengolah sumber daya alam pasir besi Fe_3O_4 , nilai tambah dari pasir besi itu sendiri dapat ditingkatkan beberapa kali lipat dan digunakan untuk mengganti produk impor dalam meningkatkan daya saing industri nasional (Dewi & Adi, 2018).

Akan tetapi bahan alam yang tersedia cukup melimpah ini di desa Pringgabaya masih dimanfaatkan sebagai bahan bangunan saja, padahal pasir pantai maupun pasir sungai memiliki kandungan dan karakteristik bijih besi yang sangat berharga yaitu kandungan unsur besi dan unsur-unsur yang lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan industri (Astuti et al., 2018).

Penelitian mengenai pasir besi sebelumnya telah banyak dilakukan terutama pada pasir besi pantai seperti pada Pantai Kata Sumatera Barat (Noor et al., 2018), Pantai Banten (Putra et al., 2012) dan Sungai Leungah (Purnawan, Karina, & Adam, 2017). Penelitian ini dilakukan untuk mengkararakteristik pasir besi pada satu daerah yang sama guna mengetahui efek air laut dan air sungai pada karakteristik pasir besi di Kecamatan Pringgabaya dan juga untuk mengkarakterisasi nilai resistivitas dan konstanta dielektriknya.

METODE

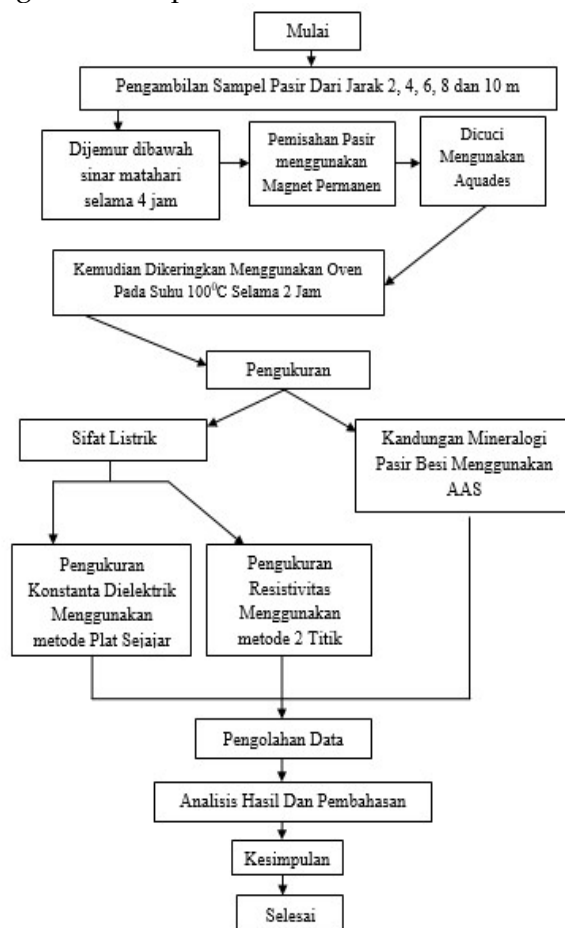
Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis sampel pasir Pantai Ketapang dan pasir Sungai Cermay yang berasal dari Kecamatan Pringgabaya. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan pengambilan sampel, preparasi sampel dan pengukuran sampel. Pengukuran sampel dilakukan di lapangan dan di laboratorium.

Pada tahapan pengambilan sampel, sampel pasir diambil dari sungai maupun pantai dengan variasi jarak 2 m, dimulai dari jarak 2 m dari bibir pantai maupun sungai sampai sejauh

10 m. Tahap preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Fisika UIN Mataram dengan menjemur sampel di bawah sinar matahari selama 4 jam. Setelah kering, sampel kemudian dipisahkan dengan pengotornya menggunakan magnet permanen untuk mendapatkan pasir besinya. Setelah pasir besi didapatkan, sampel kemudian dicuci menggunakan aquades dan disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya sampel dikeringkan dengan menggunakan oven selama 2 jam pada suhu 100° C untuk menghilangkan sisa aquades (Nugraha et al., 2019)

Tahap pengukuran sampel dilakukan di Laboratorium Fisika UIN Mataram. Pengukuran ini meliputi pengukuran kandungan Fe dalam sampel pasir yang dilakukan dengan menggunakan instrumen AAS tipe Shimadzu AA-6200 di BPTP NTB untuk mengetahui kuantitas kandungan Fe pasir besi. Selanjutnya adalah pengukuran resistivitas dengan menggunakan metode dua titik probe dengan variasi tegangan output (Didik, 2016). Jarak probe yang digunakan adalah 1,5 cm. Pengukuran selanjutnya adalah pengukuran nilai konstanta dielektrik dengan menggunakan metode plat sejajar (Ningsih et al., 2019). Tahanan jenis atau resistivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik yang direpresentasikan dengan ρ dalam sebuah persamaan matematika. Resistivitas sendiri memiliki satuan ohmmeter (Cahyono & Arivah, 2017). Konstanta dielektrik merupakan kemampuan suatu material dalam menyimpan muatan listrik dalam bentuk skalar. Secara sederhana untuk besarnya suatu polarisasi disebabkan oleh 4 sumber yaitu sebagai berikut: (a) komponen suatu elektronika yang disebabkan oleh induksi suatu medan pada awan elektron yang mengelilingi di tiap atom pada suatu material, (b) kontribusi sautu ionik yang diasosiasikan dengan gerak relatif suatu kation dan anion dalam medan elektrik, (c) polarisasi orientasional itu disebabkan oleh adanya rotasi dipol molekul dalam suatu medan

(Didik, 2016). Adapun diagram alir penelitian digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Persamaan untuk menghitung resistivitas menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$R = \frac{V}{I} \tag{1}$$

$$\rho = R \frac{A}{L} \tag{2}$$

dengan R adalah hambatan listrik pasir besi (Ω), V adalah tegangan input yang diberikan (volt), I adalah arus yang dihasilkan (A), ρ adalah resistivitas pasir besi (Ωm), A adalah luas penampang probe (m^2) dan L adalah jarak antar probe (m) (Ningsih et al., 2019)

Pengukuran nilai kapasitansi pasir besi menggunakan LCR meter digital tipe Dekko 63LCR dengan metode plat sejajar. Adapun ukuran plat yang digunakan dengan luas 1,25 cm^2 dan jarak antar plat sebesar 1 cm (Ningsih et

al., 2019). Adapun nilai kapasitansi pasir besi dianalisis menggunakan persamaan 3 dan nilai konstanta dielektrik diperoleh menggunakan Persamaan 4.

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (3)$$

$$\epsilon_r = C \frac{d}{\epsilon_0 A} \quad (4)$$

dengan C adalah kapasitansi pasir besi (F), ϵ_0 adalah permeabilitas udara ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m), A adalah luas plat (m^2), d adalah jarak antar plat (m) dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik pasir besi (Ningsih et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kandungan Fe pasir besi yang berasal dari sungai dan pantai ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil analisis AAS menunjukkan kandungan Fe pasir besi sungai lebih banyak dibandingkan dengan kandungan Fe pasir besi pantai. Namun terdapat anomali pada sampel yang diambil pada jarak 6 meter dan 8 meter dari bibir sungai atau pantai yang mana pada jarak tersebut kandungan Fe sungai lebih besar dari pada pantai. Hal ini disebabkan karena arus Sungai Cermay yang bergerak dari arah hulu

menuju hilir ikut serta membawa beragam partikel dalam alirannya, termasuk partikel Fe. Mineral Fe cenderung lebih banyak pada daerah hulu dan akan semakin sedikit ketika menuju lingkungan pantai. Daerah hulu dapat dikatakan sebagai daerah yang dekat dengan sumber material yang masuk ke dalam daerah aliran sungai (Saputro, 2016). Hal ini disebabkan karena adanya Interaksi antara sungai dan laut yang memungkinkan butiran Fe ikut tertransportasikan menuju kawasan pantai, yaitu melalui proses *runoff* sungai. *Runoff* ini merupakan salah satu siklus hidrologi yang berasal dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Air hujan yang mengalir tersebut mengalir dari hulu menuju hilir yang kemudian bermuara di sungai maupun laut. Di sini akan terjadi proses pengendapan Fe yang menyebabkan kandungan Fe pasir besi sungai lebih besar, dan ketika aliran sungai sudah mengalir menuju pantai terjadi proses penyebaran spasial dan pencampuran dengan mineral lain saat butiran Fe memasuki lingkungan pantai yang turut mendorong sehingga persentase kandungan magnetit menjadi lebih rendah (Purnawan et al., 2018).

Tabel 1 Kandungan Fe pasir besi sungai dan pantai

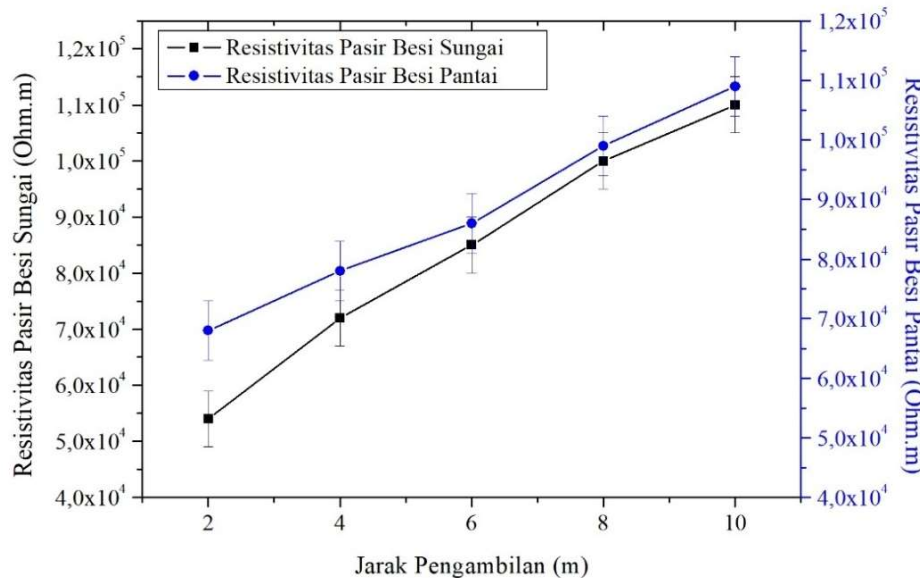
No	Jarak (m)	Kandungan Fe (ppm)	
		Sungai	Pantai
1	2	5,03	5,64
2	4	5,98	6,27
3	6	8,81	6,99
4	8	9,03	8,62
5	10	9,52	9,80

Tabel 2 Pengukuran hambatan dan resistivitas pasir besi sungai dan pantai

Jarak (m)	Hambatan (Ω)		Resistivitas (Ωm)	
	Sungai	Pantai	Sungai	Pantai
2	$4,54 \times 10^5$	$5,70 \times 10^5$	$5,4 \times 10^4$	$6,8 \times 10^4$
4	$6,20 \times 10^5$	$6,56 \times 10^5$	$7,2 \times 10^4$	$7,8 \times 10^4$
6	$7,10 \times 10^5$	$7,99 \times 10^5$	$8,5 \times 10^4$	$8,6 \times 10^4$
8	$8,35 \times 10^5$	$8,30 \times 10^5$	$10,0 \times 10^4$	$9,9 \times 10^4$
10	$9,17 \times 10^5$	$9,16 \times 10^5$	$11,0 \times 10^4$	$10,9 \times 10^4$

Tabel 3 Pengukuran konstanta dielektrik pasir besi Sungai Cermat desa Pringgabaya

No	Jarak (m)	Kapasitansi (μF)		Konstanta Dielektrik	
		Sungai	Pantai	Sungai	Pantai
1	2	6,34	7,11	$5,37 \times 10^4$	$6,02 \times 10^4$
2	4	8,15	9,22	$6,90 \times 10^4$	$7,81 \times 10^4$
3	6	11,04	12,59	$9,35 \times 10^4$	$7,81 \times 10^4$
4	8	14,37	15,39	$12,17 \times 10^4$	$13,04 \times 10^4$
5	10	16,39	17,96	$13,88 \times 10^4$	$15,22 \times 10^4$



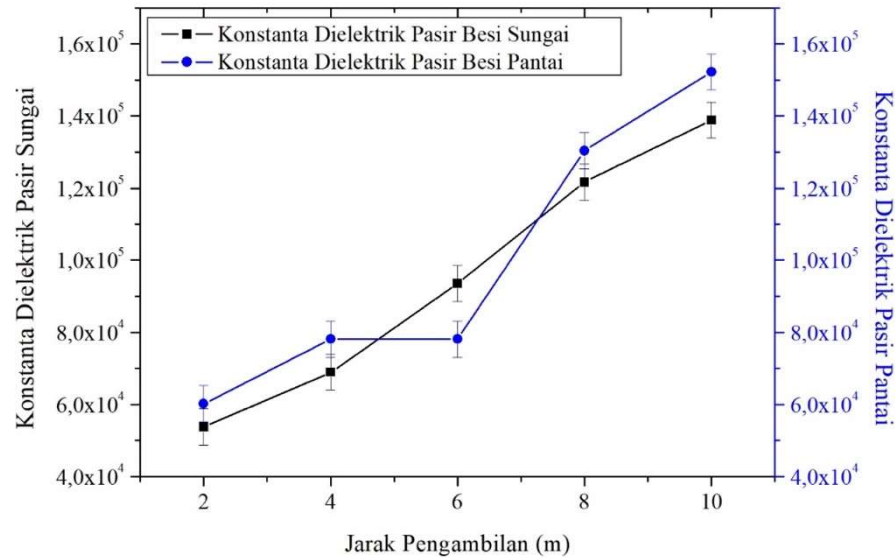
Gambar 2 Grafik perbandingan resistivitas pasir besi sungai dan pantai

Tabel 2 menunjukkan karakteristik sifat listrik pasir besi dan pasir. Nilai hambatan dan resistivitas dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2. Karakteristik suatu bahan material tergantung pada struktur atomik bahan tersebut. Fe merupakan material yang termasuk konduktor. Sedangkan pada pengukuran konstanta dielektrik pasir besi sungai dan pantai (Tabel 3) ditemukan nilai konstanta dielektrik yang semakin meningkat seiring dengan jarak pengambilan sampel yang semakin jauh. Karakteristik suatu bahan dapat diamati dengan menggunakan metode dielektrik.

Apabila ada sebuah kapasitor plat sejajar diberi tegangan sebesar (V), maka akan menimbulkan medan listrik (E) yang akan bekerja di dalam listrik. Akibat dari medan listrik tersebut, maka muatan yang terkandung dalam dielektrik akan terpolarisasi

(Mukarromah & Cahyono, 2018). Untuk kapasitor pelat sejajar, nilai kapasitansi dapat dituliskan dalam Persamaan 3 dan 4.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat nilai resistivitas pasir besi pantai lebih besar daripada nilai resistivitas pasir besi sungai. Hal ini disebabkan karena bijih besi pada pantai akan bercampur secara merata pada pantai dan bercampur dengan unsur lain yang dapat menghantarkan arus listrik, dibandingkan dengan sungai yang menyebabkan resistivitas pasir besi pantai lebih tinggi daripada resistivitas pasir besi sungai (Saputro, 2016). Pada jarak 2, 4, 6, 8 dan 10 meter terlihat adanya kenaikan nilai resistansi. Namun terdapat anomali pada nilai resistivitas pasir besi yang diambil pada jarak 6 meter dari bibir sungai atau pantai dimana nilai resistivitas pasir sungai lebih besar jika dibandingkan pasir pantai. Hal ini



Gambar 3 Grafik perbandingan konstanta dielektrik pasir besi sungai dan pantai

disebabkan karena pada jarak 6 meter, kandungan Fe pasir besi sungai lebih besar jika dibandingkan pasir besi pantai sehingga resistivitas akan menurun.

Gambar 2 menunjukkan nilai resistivitas pasir besi sungai dan pantai. Berdasarkan gambar tersebut diketahui kecenderungan yang sama dari nilai resistivitas pasir besi sungai dan pantai. Hal ini ditunjukkan dengan semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin besar pula nilai medan listrik yang dibutuhkan untuk dapat menimbulkan sebuah kerapatan arus, sehingga resistivitas pasir besi pantai lebih besar daripada resistivitas pasir besi sungai (Praha, Darmawan, & Qurthobi, 2019).

KESIMPULAN

Kandungan Fe pasir besi sungai meningkat dari 5,03 ppm pada jarak 2 m dari bibir sungai menjadi 9,52 ppm pada jarak 10 m dari bibir sungai. Sedangkan kandungan Fe pasir besi pantai meningkat dari 5,64 ppm pada jarak 2 meter dari bibir pantai menjadi 9,8 ppm pada jarak 10 meter dari bibir pantai. Pada pengukuran resistivitas, nilai resistivitas pasir besi sungai meningkat dari $5,4 \times 10^4 \Omega\text{m}$ pada jarak 2 m dari bibir sungai menjadi $11 \times 10^4 \Omega\text{m}$

pada jarak 10 m dari bibir sungai. Resistivitas pasir besi pantai juga meningkat dari $6,8 \times 10^4 \Omega\text{m}$ dari jarak 2 m dari bibir pantai menjadi $10,9 \times 10^4 \Omega\text{m}$ dari jarak 10 m dari bibir pantai. Hasil pengukuran konstanta dielektrik menunjukkan nilai konstanta dielektrik pasir besi sungai meningkat dari $5,37 \times 10^4$ pada jarak 2 m dari bibir sungai menjadi $13,88 \times 10^4$ pada jarak 10 m dari bibir sungai. Konstanta dielektrik pasir besi pantai juga meningkat dari $6,02 \times 10^4$ dari jarak 2 m dari bibir pantai menjadi $15,22 \times 10^4$ pada jarak 10 m dari bibir pantai. Perbedaan kandungan Fe pada pasir besi sungai dan pantai disebabkan karena adanya pengendapan Fe pada sungai yang menyebabkan kandungan Fe pasir besi sungai lebih besar daripada pantai. Terdapat anomali nilai resistivitas dan konstanta dielektrik pada jarak 6 meter dari bibir pantai atau sungai karena pada jarak tersebut kandungan pasir besi pantai dan sungai cenderung lebih besar dari pantai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Mataram yang telah mendanai penelitian ini melalui pendanaan penelitian berbasis prodi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpius, S. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Pasir Besi Terlapis Mangan Dioksida serta Aplikasinya untuk Penurunan Kadar Ion Fosfat dalam Air. *Pillar of Physics*, 6(1), 31–38.
- Anom, S. (2018). Eksplorasi Potensi Pasir Besi di Pesisir Barat Kecamatan Nusawungu Kabupaten Cilacap berdasarkan Data Resistivitas Batuan Bawah Permukaan. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(3), 51–58
- Astuti, A., Kurniawan, A. R., Mairoza, A., & Yanti, O. R. W. (2018). Analisis Pengaruh Asam Laurat Terhadap Struktur Dan Ukuran Kristal Nanopartikel Fe₃O₄. *Jurnal Ilmu Fisika*, 10(2), 89–93.
- Bukit, N. (2005). Synthesis Of Fe₃O₄ Nanoparticles Of Iron Sand Coprecipitation Method With Polyethylene Glycol 6000. *Chemistry and Materials Research*, 47(3), 427.
- Cahyono, B. E., & Arivah, H. N. (2017). Analisa Kualitas Semen Melalui Pengukuran Konstanta Dielektrik Dan Resistivitas, REM. *Jurnal (Rekayasa Energi Manufacturing)*, 2(2), 57–61.
- Dewi, S. H., & Adi, W. A. (2018). Synthesis and Characterization of High Purity Fe₃O₄ and Fe₂O₃ from Local Iron Sand. *Journal of Physics: Conference Series*, 1091(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1091/1/012021>
- Didik, L. A. (2016). Pengaruh Pemberian Medan Magnet Terhadap Konstanta Dielektrik Material AgCrO₂. *Konstan* 2(1), 1–5.
- Fakhrurrozi, A. (2015). Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Bentuk Bulir Mineral Magnetik Pasir Besi. *Jurnal Fisika Unand* 4(2), 123–128.
- Mukarromah, L., & Cahyono, B. E. (2018). Sifat Histerisis Pada Konstanta Dielektrik dan Indeks Bias Minyak Zaitun Dengan Variasi Suhu. *Berkala Sainstek*, 6(1), 41–45.
- Murti, F., Ramli, D., & Yenni. (2017). Pasir Besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. *Pillar of Physics*, 10(1), 31–38.
- Ningsih, F., Fitrianiingsih, L. A., & Didik. (2019). Analisis Pengaruh Lama Penggerusan terhadap Resistivitas dan Konstanta Dielektrik pada Pasir Besi yang disintesis dari Kabupaten Bima. *Indonesian Physical Review*, 2(3), 92–98.
- Noor, S., Muhammad, S., Azid, A., Shirwan, M., & Sani, A. (2018). Heavy Metals in The Air : Analysis Using Instrument , Air Pollution And Human Health-A Review. *Journal of Applied and Fundamental Sciences*. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v14n4.967>
- Nugraha, P. A., Sari, S. P., Hidayati, W. N., Dewi, C. R., & Kusuma, D. Y. (2016). The Origin and Composition of Iron Sand Deposit in The Southern Coast of Yogyakarta. *AIP Conference Proceedings*, 1746. <https://doi.org/10.1063/1.4953953>
- Nurmasyitah, & Khotimah, S. N. (2015). Penentuan Konstanta Dielektrik Larutan NaCl. *Prosiding SKF*, 301–307.
- Praha, T. T. R., Darmawan, D., & Qurthobi, A. (2019). Characterisation Of Coal Calory Value Based On Capacitance And Resistance Value Measurement Tri. *e-Proceeding of Engineering*, 6(2), 5130–5136.
- Pramesti, Y. S. (2018). Identifikasi Awal Pasir Besi Sungai Brantas. *Prosiding Seminar Nasional Multidisipli*, (September), 162–166.
- Purnawan, S., Jalil, Z., & Zaki, M. (2018). Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan. *DEPIK Jurnal Ilmu - Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan* 13(2), 110–119.
- Purnawan, S., Karina, S., & Adam, M. (2017). Sebaran Pasir Besi Pada Permukaansubstrat Sungai Leungah, Aceh Besar. *Seminar Nasional Kemaritiman* 1, 536–540.
- Putra, A., & Manis, L. (2012). Penentuan Resistivitas Listrik Mortar Menggunakan Metode Probe Dua Elektroda. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2), 62–66.
- Rettob, A. L. (2019). Characterization of Iron

- Sand Magnetic Materials Coated with 2-Aminobenzimidazole Modified Silica. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(2), 620–627.
- Rianna, M., Sembiring, T., Situmorang, M., Kurniawan, C., Setiadi, E. A., Tetuko, A. P., & Sebayang, P. (2018). Characterization of Natural Iron Sand From Kata Beach, West Sumatra With High Energy Milling (Hem). *Jurnal Natural*, 18(2), 97–100. <https://doi.org/10.24815/jn.v18i2.11163>
- Rianto, D., Yulfriska, N., Murti, F., Hidayati, H., & Ramli, R. (2018). Analysis of Crystal Structure of Fe₃O₄ Thin Films Based on Iron Sand Growth by Spin Coating Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012012>
- Saputro, H. (2016). Pendeposisian Besi pada Subtrat Alumunium dengan Metode Sputtering Terhadap Variasi Suhu. *Journal of Physical Science and Engineering*, 1(1), 29–32.
- Setiadi, E. A., Sebayang, P., Ginting, M., Sari, A. Y., Kurniawan, C., Saragih, C. S., & 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. *Journal of Physics: Conference Series*, 776 (1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/776/1/012020>
- Sukirman, E., Sarwanto, Y., Insani, A., Th Rina, M., & Purwanto, A. (2018). Magnetic Structure of Magnetite Phase of Iron Sand Retrieved from Banten, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1091 (1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1091/1/012007>
- Togibasa, O. (2019). Distribution of Magnetic Susceptibility of Natural Iron Sand in the Sarmi Coast Area Distribution of Magnetic Susceptibility of Natural Iron Sand in the Sarmi Coast Area. *Journal of Physics: Conf. Series* 1204. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012074>