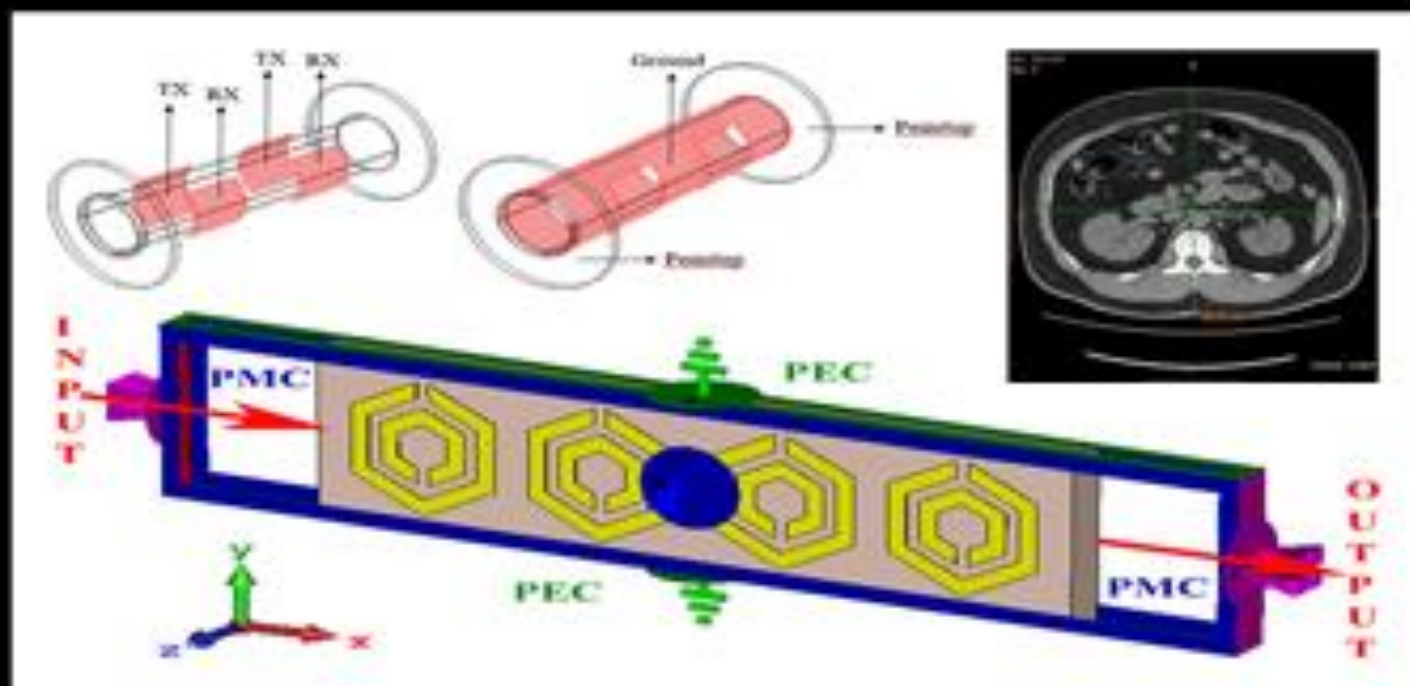


Komunikasi Fisika Indonesia





Susunan Dewan Redaksi Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

Penanggungjawab : Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

Pimpinan Redaksi : Drs. Usman Malik, M.Si

Managing Editor:

1. Dr. Rakhmawati Farma, M.Si, Universitas Riau
2. Romi Fadli Syahputra, S.Si, Universitas Riau
3. Wahyu Candra, S.Si, Universitas Riau
4. Yan Soerbakti, Universitas Riau

Dewan Reviewer / Editorial Board:

- Ketua** : Prof. Dr. Saktioto, S.Si., M.Phil (Universitas Riau)
- Anggota** :
1. Prof. Dr. Erwin, M.Sc (Universitas Riau)
 2. Prof. Dr. Warsito, DEA (Fisika FMIPA Univ. Lampung)
 3. Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc (Universitas Sumatera Utara)
 4. Prof. Dr. Edy Saputra, M.Sc (Universitas Riau)
 5. Prof. Dr. Erman Taer, M.Si (Universitas Riau)
 6. Dr. Minarni, M.Sc (Universitas Riau)
 7. Dr. Okfalisa (UIN Suska Riau)
 8. Dr. Dedi Irawan (Universitas Riau)
 9. Dr. Ing. Rahmondia Nanda Setiadi, M.Si (Universitas Riau)
 10. Dr. Efizal, M.Sc (Universitas Islam Riau)
 11. Dr. Hamzah, M.Sc (Universitas Lancang Kuning)
 12. Rizadi Sasmita Darwis, S.T., M.T. (Politeknik Caltex Riau)

Alamat Redaksi:

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru
Homepage: <https://kfi.ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI>
E-mail: kfi@ejournal.unri.ac.id

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
INVESTIGASI PENGARUH PENAMBAHAN TUGAS TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA: TEMUAN DI SMP NEGERI 1 LEWA KELAS VII <i>Ochtavia Lutfi, Zulkarnain Zulkarnain</i>	55-61
ANALISIS SENSOR KAPASITIF PELAT SEJAJAR PADA APLIKASINYA SEBAGAI DETEKSI ZAT SATU FASA DAN MULTI FASA <i>Fahmi Muhammad Rabbani, Elvan Yuniarti, Mahfudz Al-Huda</i>	62-67
SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Fe ₂ O ₃ DARI PASIR ALAM DESA LOGAS KABUPATEN KUANTAN SINGINGI <i>Meilan Sihombing, Erwin Amiruddin</i>	68-73
INVESTIGASI KINERJA ANTENA BERDASARKAN DISPERSI ANOMALI METAMATERIAL STRUKTUR HEKSAGONAL <i>SPLIT RING RESONATOR</i> <i>Yan Soerbakti, Romi Fadli Syahputra, Saktioto Saktioto, Moh. Danil Hendry Gamal</i>	74-79
ESTIMASI NILAI DOSIS RADIASI EFEKTIF PASIEN DARI CITRA MEDIS CT SCAN ASTEION MULTI 32 SLICE BAGIAN <i>ABDOMEN</i> <i>Nadiyah Wanara, Muhammad Hamdi, Salomo Sinuraya</i>	80-86
ANALISA KEDALAMAN AIR PANAS MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI OBJEK WISATA AIR PANAS PAWAN <i>Cici Sang Putri, Usman Malik</i>	87-91
ANALISA SIFAT MAGNETIK DAN IDENTIFIKASI KANDUNGAN PASIR SUNGAI KAMPAR PROVINSI RIAU <i>William Handerson, Salomo Sinuraya</i>	92-96
TAMPILAN <i>BIREFRINGENCE</i> PADA GANGGUAN PEMBENGKOKAN SERAT OPTIK KOMERSIAL <i>Velia Veriyanti, Saktioto Saktioto</i>	97-103
SIFAT OPTIK NANOPARTIKEL PERAK (Ag-NPs) MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK KULIT SEMANGKA KUNING <i>Hazelina Adzani, Ari Sulisty Rini</i>	104-107
ANALISA SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TANAH PERKEBUNAN KELAPA SAWIT <i>Marisayani Hutauruk, Salomo Sinuraya</i>	108-113

INVESTIGASI PENGARUH PENAMBAHAN TUGAS TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA: TEMUAN DI SMP NEGERI 1 LEWA KELAS VII

Ochtavia Lutfi, Zulkarnain *

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: zulkarnain22@gmail.com

ABSTRACT

The learning process of goodness and organized teaching staff is highly prioritized to achieve the competencies expected to all students. Ineffective delivery due to time constraints, especially in science lessons causes the learning process run unwell. Besides the discomfort in learning is also an important problem in every teaching and learning process. Often students feel bored with the material delivered too monotonous and make students not pay attention to the teacher during studying. A new method of providing additional assignments at the end of each meeting is carried out in this study to obtain a change in students' interest in learning well. This study has two cycles with stages of planning, action, observation, reflection, and the end of the action. Direct observation is applied to this research method. The results showed that the first cycle had an increase in interest in learning from pre-cycle 33.33% to 50% with 20 students who had reached the minimum threshold (KKM) and 12 students who had not either. Increased interest in learning with very good criteria occurred in the second cycle with a percentage of 83.33% in which 31 students reached the KKM and 1 student was not.

Keywords: Teacher, Students, Natural sciences (NS)

ABSTRAK

Proses pembelajaran oleh setiap pengajar yang baik dan terorganisir sangat diprioritaskan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan oleh semua siswa. Penyampaian yang tidak efektif karena keterbatasan waktu, terutama dalam pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), menyebabkan proses pembelajaran tidak berjalan dengan baik. Selain itu ketidaknyamanan dalam belajar juga merupakan masalah krusial dalam setiap proses belajar mengajar. Seringkali siswa merasa bosan dengan materi yang disampaikan karena terlalu monoton dan membuat siswa tidak memperhatikan guru yang sedang mengajar. Metode baru dengan memberikan tugas tambahan pada akhir setiap pertemuan yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan perubahan minat siswa dalam belajar menjadi lebih baik. Penelitian ini memiliki dua siklus dengan tahapan perencanaan, tindakan, observasi, refleksi, dan akhir tindakan. Pengamatan langsung diterapkan pada metode penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siklus pertama memiliki peningkatan minat belajar dari pra-siklus 33,33% menjadi 50% dengan 20 siswa yang telah mencapai Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM) dan 12 siswa yang belum. Peningkatan minat belajar dengan kriteria yang sangat baik terjadi pada siklus kedua dengan persentase 83,33% di mana 31 siswa telah mencapai KKM dan 1 siswa belum tercapai.

Kata kunci: Pendidik, Peserta didik, Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)

Diterima 20-08-2019 | Disetujui 16-05-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Energi arus laut adalah salah satu sumber daya energi terbarukan yang menarik untuk dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan, yang dapat diprediksi, terukur,

dan tidak memiliki dampak secara visual. Eksplorasi arus tempat pembelajaran yaitu sekolah, institusi, dan lembaga pendidikan lain menjadi peran penting dalam tanggung jawab memenuhi kebutuhan pengetahuan bagi penuntut ilmu yang akan berguna untuk

dimasa depan [1]. Seorang pendidik mengharapkan peserta didik dapat mengikuti pembelajaran dengan maksimal [2]. Namun kenyataannya masih banyak kewajiban peserta didik belum terlaksana. Tingkat persentase antusias peserta didik yang diperoleh dari seluruh sekolah di Indonesia dapat dikatakan masih sangat rendah yaitu 33,33%. Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) selama ini harus membutuhkan metode pembelajaran baru dan efektif agar minat belajar peserta didik menjadi meningkat [3].

Strategi pembelajaran yang tidak efektif dan terlalu monoton membuat peserta didik kehilangan semangat belajar. Bidang ilmu IPA menjadi pelajaran yang paling banyak tidak diminati. Hal ini menjadikan permasalahan yang harus dianalisis untuk mendapatkan solusi meningkatkan minat belajar peserta didik [4]. Menurunnya minat belajar karena bosan dapat diatasi dengan metode tambahan menggunakan media pembelajaran yang menarik, sehingga proses belajar menjadi seru dan lancar. Analisa perlu dilakukan oleh tenaga pendidik untuk mendapatkan inovasi baru yang dapat meningkatkan minat belajar peserta didik [5].

TINJAUAN PUSTAKA

Pengetahuan mengenai sains meliputi sifat fisis yang memiliki pengaruh terhadap lingkungan sekitar. Pelajaran IPA dijadikan pembelajaran untuk peserta didik dalam menimba ilmu dasar. Ilmu dasar tersebut mempelajari sistematis alam dalam kehidupan masyarakat. Pengetahuan ini memiliki sifat, konsep, dan prinsip yang fakta karena dapat dibuktikan secara ilmiah [6]. Ilmu ini sangat bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari dalam bidang industri, kesehatan, dan masyarakat [7]. Namun pemahaman pelajaran IPA perlu perhatian yang cukup besar. Hal ini karena pengetahuan sains harus dilandasi oleh dasar teori yang fakta dan telah terbukti tanpa pendapat pemikiran opini seseorang. Sehingga pembelajaran IPA menjadi sangat sulit untuk dipelajari oleh peserta didik jika metode

pembelajaran yang diterapkan cukup sederhana atau dibawah standar belajar [8].

Pembelajaran bidang ilmu IPA memberikan manfaat yang besar dalam kehidupan sehari-hari. Pengembangan konsep IPA dapat meningkatkan rasa ingin tahu bagi penimba ilmu. Pengetahuan IPA yang sangat luas dapat menyadarkan kita untuk menjaga dan meletariskan kondisi alam sekitar yang memiliki pengaruh cukup rentan terhadap perubahan lingkungan [9]. Kemampuan peserta didik dapat diuji dengan mengikuti kegiatan lomba pendidikan. Hal ini sangat bermanfaat untuk menguji seberapa jauh kompetensi peserta didik dalam menimba ilmu. Selain itu, dengan adanya kegiatan ini dapat menciptakan berbagai prestasi dari peserta didik yang tidak dieksplorasi [10]. Seluruh aspek yang dikaji sebelumnya diharapkan dapat terlaksana dengan melakukan penelitian ini agar memperoleh pembelajaran yang optimal bagi peserta didik.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di SMP Negeri 1 Lewa untuk kelas VII yang dilaksanakan pada semester pertama tahun ajaran 2018/2019 bulan Agustus hingga September 2018.

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas VII di SMP Negeri 1 Lewa dengan jumlah 34 siswa yang terdiri dari 23 putra dan 11 putri. Objeknya adalah pemberian tugas setiap akhir pertemuan terhadap hasil belajar siswa kelas VII SMP Negeri 1 Lewa tahun pelajaran 2018/2019.

Prosedur Penelitian

Metode penelitian menggunakan tindakan secara langsung di dalam kelas yang biasa dilakukan oleh tenaga pendidik. Terdapat siklus berulang dari penelitian ini berdasarkan model Hopkins yang meliputi lima tahapan

yaitu perencanaan, tindakan, pengamatan atau observasi, refleksi, dan akhir tindakan. Metode pengambilan dan pengumpulan data selama penelitian dilakukan secara observasi, dokumentasi, wawancara, dan angket.

Kegiatan awal dilakukan perencanaan dengan melakukan latar belakang, identifikasi, rumusan, kelengkapan media pembelajaran, dan pembentukan kelompok belajar. Tindakan merupakan tahapan selanjutnya yang akan melaksanakan perencanaan yang telah ditetapkan. Tahapan tersebut terdiri proses pengamatan dan memecahkan masalah yang dihadapi disetiap proses aktivitas pembelajaran oleh guru dan siswa. Peninjauan atau observasi terhadap pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya dilakukan secara musyawarah bersama guru dan kepala sekolah. Hal ini akan membahas kekurangan yang tampak pada siswa ketika diberikan tugas tambahan. Analisis hasil pengamatan pembelajaran akan dilakukan pada tahap refleksi. Aktivitas setiap tenaga pendidik dan peserta didik akan dievaluasi untuk mendapatkan solusi dari masalah yang ditemukan. Tahapan terkahir penelitian ini akan melakukan analisis terhadap siklus hasil keseluruhan pengamatan. Kemudian didokumentasikan seluruh kegiatan dalam laporan penelitian.

Kelengkapan Media

Terdapat penggunaan media pembelajaran sebagai alat bantu untuk menarik minat belajar siswa dan perangkat elektronik seperti laptop untuk penyimpanan dan pengolahan data serta kamera untuk pengambilan gambar sebagai dokumentasi. Printer dan sejumlah kertas diperlukan untuk mencetak lembar angket, catatan lapangan, dan lembar wawancara.

Analisis Data

Hasil pengamatan yang dilakukan akan dianalisis secara deskriptif. Analisa ini akan mengambil data secara kualitatif berupa kalimat berdasarkan informasi pengamatan

yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, lembar angket, dan catatan lapangan. Hasil analisa pada siklus pertama akan dijadikan referensi dan pembanding untuk siklus selanjutnya.

Penjabaran rumus yang digunakan untuk menghitung rata-rata nilai pada pembelajaran IPA melalui pemberian tugas setiap akhir pertemuan sebagai berikut:

$$S = \frac{R}{N} \times 100 \quad (1)$$

keterangan:

s = nilai rata-rata

$\sum x$ = jumlah seluruh skor (nilai) siswa

N = banyaknya siswa

Tabel 1. Klasifikasi hasil tes [9].

Skor	Kriteria
81% - 100 %	Baik Sekali
61% - 80%	Baik
41% - 60%	Sedang
21% - 40%	Kurang
≤ 20%	Sangat Kurang

Tabel 2. Klasifikasai minat individu.

Jumlah Jawaban Suka/Berminat	Kriteria
0-5	Kurang Berminat
6-10	Berminat

Tabel 3. Klasifikasai angket respon [9].

Skor	Kriteria
81% - 100 %	Baik Sekali
61% - 80%	Baik
41% - 60%	Sedang
21% - 40%	Kurang
≤ 20%	Sangat Kurang

Selanjutnya dihitung rata-rata hasil observasi dan interprets hasil angket (*rating scale*) respon siswa terhadap proses pembelajaran yang telah berlangsung [10]. Tabel 3 dan 4 menampilkan klasifikasi minat dan klasifikasi angket respon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Siklus dalam penelitian dilakukan sebanyak 2 kali. Hasil pengamatan pada siklus I

digunakan untuk perbandingan pada siklus II. Perhitungan data setiap siklus dilakukan yang diambil dari laporan nilai ulangan sebagai skor dasar siswa. Setiap penutupan siklus terdapat pemberian kuis sebagai tolak ukur pengamatan dalam peningkatan kompetensi belajar siswa dari materi yang disampaikan.

Sebelum Tindakan (Pra Siklus)

Hasil observasi yang telah dilakukan mengungkapkan bahwa kebanyakan siswa memiliki minat yang kurang dalam pelajaran IPA. Hal ini disebabkan karena penyampaian materi yang banyak tidak efektif dengan waktu yang diberikan cukup singkat. Terlebih lagi pelajaran IPA ini membutuhkan pemahaman yang ekstra dan penghapalan yang cukup banyak. Disisi lain, siswa merasa bosan dengan materi yang disampaikan secara monoton dan sederhana. Terlebih lagi suasana pembelajaran dikelas kurang menyenangkan akibat banyak siswa yang mengobrol yang tidak memperhatikan gurunya.

Hasil Angket Minat

Persentase minat belajar siswa dalam pelajaran IPA diperoleh sebesar 33,33% dari hasil angket. Hal tersebut terlihat bahwa minat belajar siswa cukup rendah.

Hasil Belajar

Laporan nilai dari 23 siswa sebelum diberikan tugas tambahan adalah 7 siswa telah mencapai nilai KKM dan 11 siswa masih di bawah nilai KKM dengan daftar nilai tertinggi 70 dan nilai terendah 25. Nilai KKM pada pelajaran IPA adalah 70.

Hasil siklus I

Perencanaan (Planning)

Dalam tahap ini yang perlu disiapkan oleh guru adalah:

- Perangkat pembelajaran seperti Silabus, RPP dan LKS.

- Buku-buku pelajaran, Laptop, LCD.
- Menginformasikan kepada siswa tentang materi pembelajaran.

Pelaksanaan (Acting)

Tahap kegiatan awal terdiri dari aktivitas seperti dibawah ini:

- Memberikan salam dan mengajak siswa berdoa.
- Memotivasi dan apresiasi.
- Menyampaikan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

Tahap kegiatan inti terdiri dari aktivitas seperti dibawah ini:

- Eksplorasi : kegiatan yang dilakukan secara berkelompok sesuai LKS.
- Elaborasi: membangun gagasan baru berdasarkan gagaan konkrit.
- Konfirmasi :memberikan penguatan dan kesimpulan.

Tahap kegiatan penutup terdiri dari aktivitas seperti dibawah ini:

- Membeikan semangat dan pujian agar siswa rajin belajar.
- Memberikan PR.

Pengamatan (Observing)

Pengamatan ini akan dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan tindakan. Hal ini mempermudah untuk mengumpulkan data secara langsung. Kegiatan berikut meliputi pengamatan terhadap minat dan hasil belajar siswa. Adapun hal-hal yang diamati:

- Urutan langkah-langkah KBM.
- Keaktifan guru dalam pengelolaan kelas.
- Perhatian dan minat siswa dalam proses pembelajaran.

Menurut hasil angket minat dari 32 siswa didapatkan jumlah siswa yang berminat sebanyak 16 siswa dan sisanya 16 siswa tidak berminat. Sehingga criteria pada siklus satu termasuk sedang berdasarkan dari kualifikasi kriteria yang telah ditentukan.

Siklus I menghasilkan kriteria yang sedang dalam minat belajar siswa. Sebanyak 50%

siswa yang berminat dan 50% tidak berminat. Nilai rata-rata pada siklus I sebesar 70,83 dengan nilai tertinggi 80 dan terendah 35.

Refleksi (Reflecting)

Mengungkapkan segala kekurangan dan kelebihan atau kemajuan yang dicapai pada tahap observasi dan evaluasi, kekurangan dan hasil observasi pada pertemuan I dijadikan bahan pada pertemuan II. Hasil belajar siswa pada siklus I dijadikan perbandingan untuk melakukan siklus II.

Hasil angket minat belajar siswa pada siklus I menunjukkan peningkatan persentase dari pra-siklus. Sebanyak 50% siswa memiliki minat belajar terhadap pelajaran IPA dengan kriteria sedang. Sisanya masih belum memiliki minat belajar pada pelajaran tersebut. Hal ini disebabkan karena siswa belum mampu menyesuaikan pemberian tugas tambahan di akhir pertemuan.

Penilaian kuis pada siklus I menunjukkan kriteria minat belajar memiliki kriteria sedang. Sebanyak 16 siswa mendapatkan nilai tuntas dan 16 belum tuntas. Nilai rata-rata kuis I sebesar 70,83 dengan nilai tertinggi 80 dan terendah 35. Walaupun telah meningkat minat belajar dari 25% menjadi 50% tetapi masih belum memuaskan. Hal tersebut terjadi karena kurangnya perhatian siswa terhadap penjelasan guru, kurang aktifnya siswa dalam diskusi kelompok, dan kinerja guru yang belum optimal dalam membimbing siswa selama proses pembelajaran. Sehingga penelitian ini perlu dilanjutkan ke siklus II untuk mendapatkan peningkatan minat belajar siswa dengan kriteria yang memuaskan.

Hasil siklus II

Perencanaan (Planning)

Dalam tahap ini yang perlu disiapkan oleh guru adalah:

- Perangkat pembelajaran seperti Silabus, RPP dan LKS.
- Buku-buku pelajaran, Laptop, LCD.

- Menginformasikan kepada siswa tentang materi pembelajaran.

Pelaksanaan (Acting)

Tahap kegiatan awal terdiri dari aktivitas seperti dibawah ini:

- Memberikan salam dan mengajak siswa berdoa.
- Memotivasi dan apresiasi.
- Menyampaikan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

Tahap kegiatan inti terdiri dari aktivitas seperti dibawah ini:

- Eksplorasi : kegiatan yang dilakukan secara berkelompok sesuai LKS.
- Elaborasi: membangun gagasan baru berdasarkan gagasan konkrit.
- Konfirmasi :memberikan penguatan dan kesimpulan.

Tahap kegiatan penutup terdiri dari aktivitas seperti dibawah ini:

- Memberikan semangat dan pujian agar siswa rajin belajar.
- Memberikan PR.

Pengamatan (Observing)

Pengamatan ini akan dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan tindakan. Hal ini mempermudah untuk mengumpulkan data secara langsung. Adapun hal-hal yang diamati:

- Urutan langkah-langkah KBM.
- Keaktifan guru dalam pengelolaan kelas.
- Perhatian dan minat siswa dalam proses pembelajaran.

Refleksi (Reflecting)

Hasil observasi siklus II semua siswa tuntas.

Nilai Perbandingan siklus I dan Siklus II

Siklus I: 20 orang mencapai KKM, 12 orang belum mencapai KKM. Nilai tertinggi: 80. Siklus II: 31 orang mencapai KKM, 1

orang belum mencapai KKM. Nilai tertinggi: 90.

Perbandingan Siklus I dan II

Minat Belajar Siswa

Perjalanan penelitian siklus I ke II menghasilkan peningkatan minat belajar siswa yang memuaskan. Hal tersebut disebabkan karena siswa telah percaya diri dengan kemampuannya dalam menyampaikan inisiatif diri sendiri, memperhatikan dan mengikuti pelajaran yang disampaikan guru, ikut menjawab pertanyaan dengan baik dari guru maupun temannya, bertanya pada guru mengenai materi yang tidak dipahami, dan dapat mengerjakan soal-soal latihan secara individu.

Hasil Belajar Siswa

Minat belajar siswa mengalami peningkatan yang sangat baik dari pra-siklus atau sebelum tindakan 25%, dilanjutkan dengan siklus I 50%, dan terakhir siklus II 83,33%. Hal ini menandakan sebagian besar siswa telah berminat dan mampu mengikuti sistem pembelajaran yang diberikan pada guru. Begitu juga guru yang sudah dapat menguasai model pembelajaran penambahan tugas disetiap akhir pertemuan. Sehingga diperoleh hasil belajar yang optimal dikarenakan minat belajar siswa yang meningkat.

Hasil Wawancara

Wawancara terhadap guru dan siswa dilakukan sebelum dan sesudah penelitian. Pada sebelum tindakan atau pra-siklus, sebagian besar siswa memiliki minat yang kurang terhadap pelajaran IPA dikarenakan materi yang banyak disampaikan pada waktu yang terbatas. Selain itu, suasana kelas yang kurang menyenangkan sehingga terganggu dalam proses pembelajaran. Guru juga mengalami kesusahan menerangkan saat terdapat siswa yang sedang mengobrol dengan temannya karena sudah bosan terhadap

pelajaran yang disampaikan guru. Perubahan secara bertahap dalam model pembelajaran menghasilkan hasil yang positif berupa peningkatan minat belajar siswa dari 33,33% menjadi 83,33% pada siklus II. Hal ini menandakan siswa telah banyak berminat dan menyukai pelajaran IPA dengan model pembelajaran yang diberikan oleh guru yaitu pemberian tugas tambahan di setiap akhir pertemuan.

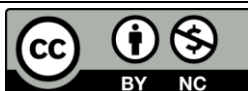
KESIMPULAN

Pemberian tugas tambahan disetiap akhir pertemuan menghasilkan manfaat yang positif dengan peningkatan persentase minat belajar siswa pada pelajaran IPA dari pra-siklus ke siklus I dan siklus I ke siklus II. Pengumpulan data angket minat belajar siswa meningkat sebesar 50% untuk seluruh siklus dimana pra-siklus 33% menuju siklus I meningkat menjadi 50%. Kelanjutan siklus II menghasilkan minat belajar siswa sebesar 83,33% yang menunjukkan kriteria minat belajar siswa tersebut sangat baik. Minat belajar siswa yang meningkat mempengaruhi hasil belajar siswa dengan peningkatan nilai pelajaran menjadi lebih bagus.

REFERENSI

1. Pidarta, M. (2009). *Landasan kependidikan, stimulus ilmu pendidikan bercorak Indonesia*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
2. Hartinah, S. (2010). *Pengembangan peserta didik*. Bandung: PT. Refika Aditama.
3. Sugihartono, F. K. N., Harahap, H., Setiawati, F. A., & Nurhayati, S. R. (2007). *Psikologi pendidikan*. Yogyakarta: UNY Press.
4. Slameto. (2010). *Belajar dan faktor-faktor yang mempengaruhinya*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
5. Sudjana, N. (2005). *Dasar-dasar proses belajar mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.

6. Sukarno. (1981). *Dasar-dasar pendidikan sains*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
7. Djamarah, B. & Syaiful. (1994). *Prestasi belajar dan kompetensi guru*. Surabaya: Usaha Nasional.
8. Arikunto, S. (2009). *Penelitian tindakan kelas*. Jakarta: Bumi Aksara.K
9. Sugiyono. (2009). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
10. Trianto. (2010). *Mendesain model pembelajaran inovatif-progresif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ANALISIS SENSOR KAPASITIF PELAT SEJAJAR PADA APLIKASINYA SEBAGAI DETEKSI ZAT SATU FASA DAN MULTI FASA

Fahmi Muhammad Rabbani^{1,*}, Elvan Yuniarti¹, Mahfudz Al-Huda²

¹Program Studi S1 Fisika FST, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

²Ctech Edward Labs Technology, Technology Business Incubation Center

*E-mail korespondensi: fahmimuhabbani@gmail.com

ABSTRACT

This study uses a pipe/tube-shaped plate capacitive sensor to measure single-phase and multiphase substances to analyze linearity, frequency range, and sensitivity testing. The distance and area of the sensor electrode plate are held constant that and can be viewed from the dielectric material and experimental material. The material or dielectric medium in parallel plate capacitors is a phase consisting of air, aquades, and vegetable oils. Whereas multiphase substances are a combination of air volume, aquades, and vegetable oil. The best linearity analysis results are 0.9467 for aquades + 0.1% NaCl samples and the worst 0.564 for tap-water in layer 1 and the best linearity value is 0.966 for aquades + 0.1% NaCl samples and the most poor 0.5658 is on tap-water at layer 2. The optimal frequency range is at intervals of 500 kHz to 12.5 MHz and the smallest sensitivity test is 500 kHz and the greatest sensitivity is at 12.5 MHz.

Keywords: Capacitive sensor, Single-phase, Multi-phase, Dielectric

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan sensor kapasitif pelat sejajar berbentuk pipa/tabung untuk melakukan pengukuran zat satu fasa dan multi fasa untuk menganalisa pengujian kelinieran, jangkauan frekuensi, dan sensitivitas. Jarak dan luas pelat elektroda sensor dalam keadaan konstan maka penentuan dapat ditinjau dari materi dielektriknya dan juga sebagai bahan eksperimen. Bahan atau medium yang digunakan sebagai dielektrik pada kapasitor pelat sejajar adalah satu fasa yang terdiri dari udara, aquades, dan minyak nabati. Sedangkan zat multi fasa adalah kombinasi volume udara, aquades, dan minyak nabati. Hasil analisa uji linieritas paling baik adalah 0,9467 untuk sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,564 pada tap-water pada layer 1 dan nilai linieritas paling baik adalah 0,966 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,5658 pada tap-water pada layer 2. Berikutnya jangkauan frekuensi optimal pada interval 500 kHz hingga 12,5 MHz dan uji sensitivitas paling kecil adalah 500 kHz dan sensitivitas yang besar adalah pada frekuensi 12,5 MHz.

Kata kunci: Sensor kapasitif, Satu fasa, Multi fasa, Dielektrik

Diterima 22-02-2020 / Disetujui 04-05-2020 / Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Zat multi fasa merupakan kumpulan beberapa material yang simultan dengan fase termodinamika. Tipe-tipe zat multi fasa yang terjadi adalah campuran cair-gas, gas-padat, dan cair-padat [1]. Secara aplikasi industri banyak ditemui salah satunya pada transportasi minyak bumi di dalam pipa. Pada penerapan zat multi fasa diukur dengan sensor kapasitansi

sangat efektif dibandingkan dengan penggunaan metode pengukuran lainnya karena dapat digunakan untuk mendeteksi siapapun tanpa mengganggu seluruh proses (*non-destructive testing*) [2].

Kapasitor merupakan instrument pasif yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Hal itu disebabkan karena adanya dua pelat konduktor yang dipisahkan oleh sebuah

ruang/bahan. Kapasitansi merupakan sebuah ukuran kemampuan kapasitor menyimpan muatan dimana bentuk dan ukuran pelat konduktor sangat mempengaruhi nilainya. Selain itu penentuan nilai kapasitif terukur secara umum juga bergantung pada permitivitas bahan, geometri, dan jarak materi dielektrik [3]. Sehingga dapat dituliskan dengan persamaan:

$$C = \kappa \frac{A}{d} \quad (1)$$

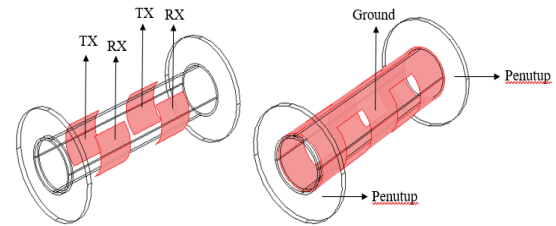
dimana C adalah nilai kapasitansi (farad), κ adalah permivitas relative dielektrik, A adalah luas penampang, dan d = jarak antara pelat.

Sifat sensor kapasitif dalam pengukuran dapat ditinjau dari beberapa sisi, jika luas pelat elektroda dan dielektriknya konstan maka nilai kapasitif dapat ditentukan dengan jarak antara pelat elektroda. Jika jarak dan dielektriknya konstan maka penentuan ditentukan oleh luas permukaan kedua lempeng elektroda. Jika luas elektroda dan jarak elektroda konstan maka peninjauan dapat dilihat dari perubahan dielektriknya. Dalam penelitian eksperimen ini jarak dan luas pelat elektroda keadaan konstan maka penentuan dapat ditinjau dari materi dielektriknya. Sifat ini disesuaikan dengan persamaan (1).

Eksperimen ini menggunakan metode kapasitif dengan sumber tegangan sinus 10 V yang berfungsi sebagai tegangan masukan terhadap reaktansi kapasitansi yang dipengaruhi oleh materi dielektrik untuk menentukan besar tegangan keluaran yang dihasilkan. Kemudian dianalisa untuk menentukan frekuensi yang kecil dan besar. Medium yang digunakan sebagai dielektrik pada kapasitor pelat sejajar adalah satu fasa yang terdiri dari udara, aquades, dan minyak nabati. Sedangkan zat multi fasa adalah kombinasi volume udara, aquades, dan minyak nabati. Data tegangan keluaran bisa dijadikan data pola perubahan kapasitif terhadap perubahan variabel frekuensi sebab nilai muatan dan tegangan *transmitter* dianggap konstan, sehingga tegangan yang terukur pada

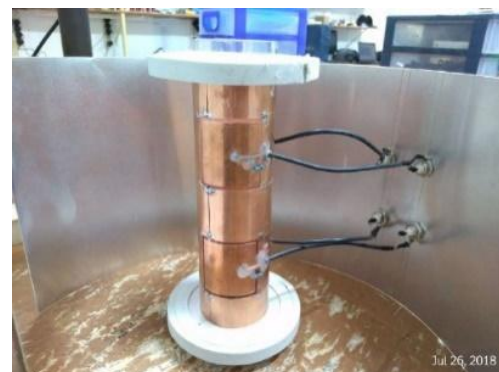
receiver berbanding lurus dengan nilai kapasitif $C \approx V_{RX}$.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Elemen eksperimen sensor kapasitif.

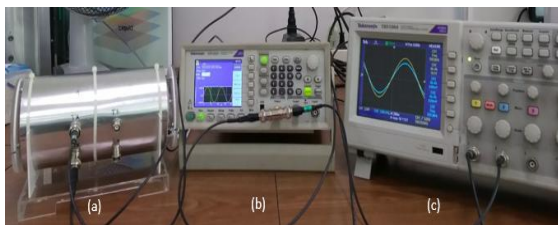
Eksperimen ini menggunakan sensor kapasitif tabung yang dibuat peneliti, osiloskop, *function generator*, dan bahan eksperimennya adalah zat satu fasa dan multi fasa sebagai ruang dielektrik. Perancangan dan pembuatan sensor kapasitif berdasarkan hasil simulasi menggunakan software yang telah dilakukan sebelumnya. Desain elektroda yang memiliki sensitivitas paling optimal adalah berukuran panjang pelat $\frac{1}{4}$ keliling tabung/pipa. Desain sensor kapasitif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Penampakan dalam (atas) dan luar (bawah) sensor kapasitif.

Dimana TX sebagai elektroda untuk tegangan masukan dan RX untuk elektroda tegangan keluaran. Masing-masing port (elektroda TX, RX) dihubungkan dengan ground dan dipasang resistor 100 ohm. Selanjutnya semua port dihubungkan dengan kabel *jumper* ke *connector* BNC *female*. Kemudian ditutup dengan pelat aluminium. Bagian atas dan bawah sensor diberi busa agar terhindar dari rembesan cairan yang disebabkan kebocoran dan berakibat korosi pada pelat elektroda. Sensor ini didesain menjadi dua layer. Gambar 2 menunjukkan penampakan bagian dalam sensor kapasitif tabung pelat sejajar.

Berikutnya melakukan setup eksperimen yang terdiri dari osiloskop dan *function generator* untuk melakukan pengambilan data yang diolah dan dianalisa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Setup eksperimen (a), Sensor kapasitif, (b) *Function generator*, dan (c) Osiloskop.

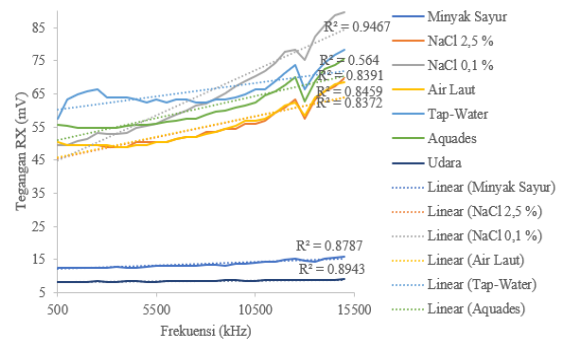
Peneliti melakukan analisa pengujian kelinieran, jangkauan frekuensi, dan sensitivitas. Inputan frekuensi dan tegangan *transmitter* diatur supaya mendapatkan nilai 10 V menggunakan *function generator*. Data yang diambil oleh peneliti adalah nilai tegangan yang ada di *channel* RX sebagai tegangan *reciver*. Eksperimen pertama uji kelinieran zat satu fasa dan multi fasa untuk mendapatkan nilai tegangan *receiver* terhadap perubahan frekuensi 500 kHz sampai 15 MHz. Eksperimen kedua uji jangkauan frekuensi zat satu fasa dan multi fasa untuk mendapatkan nilai tegangan *receiver* terhadap perubahan frekuensi 500 kHz sampai 15 MHz. Eksperimen ketiga uji sensitivitas frekuensi dengan mengamati pola hubungan tegangan *reciver* terhadap perbedaan volume satu fasa

dan zat multi fasa dengan sample uji sinyal frekuensi 500 kHz, 7,5 MHz, dan 12,5 MHz.

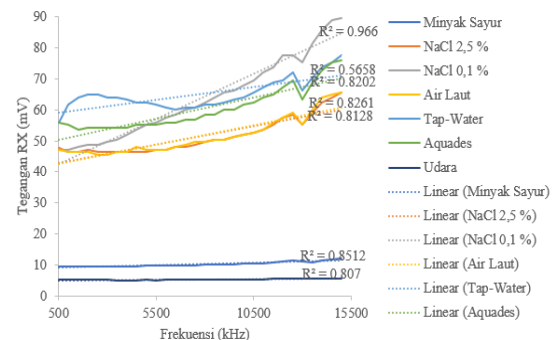
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Uji Kelinieran

Grafik uji kelinieran dengan pengamatan hubungan tegangan *receiver* terhadap frekuensi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik linieritas pada layer kesatu.



Gambar 5. Grafik linieritas pada layer kedua.

Analisis uji kelinieran dapat diamati dari grafik hubungan nilai tegangan *receiver* terhadap frekuensi. Model regresi linieritas (R^2) mendekati nilai satu maka artinya mempunyai arti kesesuaian yang mendekati sempurna, sebaliknya jika R^2 sama dengan 0, maka tidak ada hubungan linier antara X dan Y [4]. Hasil ujinya dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Berdasarkan tabel 1 nilai linieritas paling baik adalah 0,9467 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,564 pada tap-water. Sedangkan pada tabel 2 nilai linieritas paling baik adalah 0,966 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,5658 pada tap-water.

Tabel 1. Nilai linieritas sensor kapasitif pipa pada layer kesatu.

Jenis materi	Nilai Linieritas
Aquades	0,8391
Tap-Water	0,5640
Air Laut	0,8459
Aquades + NaCl 0,1%	0,9467
Aquades + NaCl 2,5%	0,8372
Minyak Sayur	0,8787
Udara	0,8943

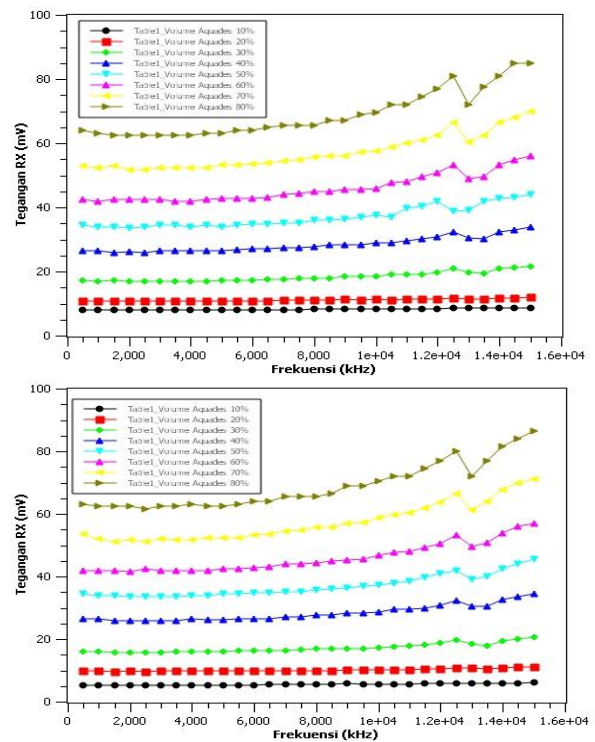
Tabel 2. Nilai linieritas sensor kapasitif pipa pada layer kedua.

Jenis materi	Nilai Linieritas
Aquades	0,8282
Tap-Water	0,5658
Air Laut	0,8202
Aquades + NaCl 0,1%	0,9660
Aquades + NaCl 2,5%	0,8128
Minyak Sayur	0,8512
Udara	0,8070

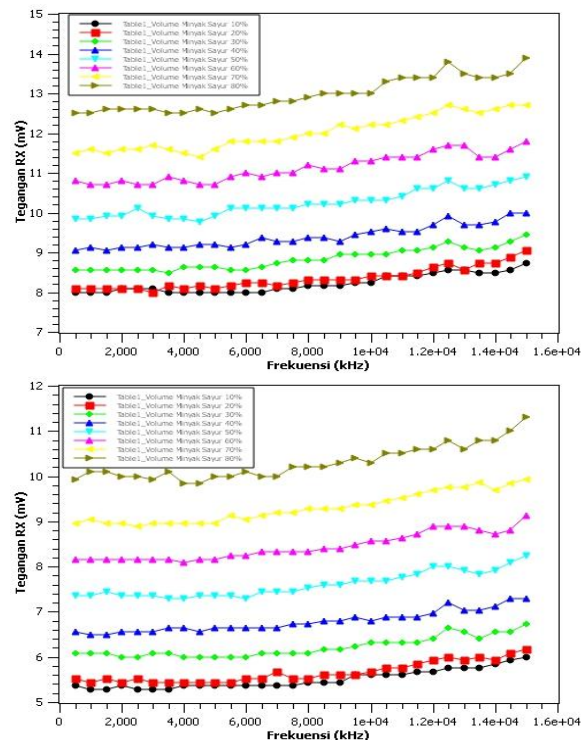
Analisa Jangkauan Frekuensi

Analisa data eksperimen berikutny adalah respon jangkauan frekuensi sensor. Uji yang dilakukan dengan mengamati grafik tegangan receiver terhadap perubahan frekuensi dengan sampel satu fasa. Berdasarkan data grafik Gambar 4 dan 5, didapatkan respon tegangan receiver semua sampel meningkat seiring semakin besarnya nilai frekuensinya. Akan tetapi, terdapat adanya perbedaan pola grafik pada sampe *ltap-water*. Pola grafiknya terlihat meningkat signifikan dari 500 kHz hingga 2,5 MHz kemudian kembali menurun hingga kisaran frekuensi 3 MHz hingga 8 MHz dan kembali meningkat hingga frekuensi 12,5 MHz. Selanjutnya turun kembali pada frekuensi 13 MHz dan kembali meningkat hingga frekuensi maksimum. Namun secara umum pada semua sampel cairan (minyak sayur dan variasi air) terdapat anomali yang sama pada saat diberikan frekuensi 13 MHz, sedangkan sampel udara relative cenderung meningkat terus hingga frekuensi 15 MHz. Nilai jangkauan frekuensi didapatkan dari rata-rata pola garis grafik. Jadi, pengamat berasumsi bahwa nilai jangkauan frekuensi optimal pada sampel zat satu fasa adalah 500 kHz hingga 12,5 MHz. Berikutnya uji

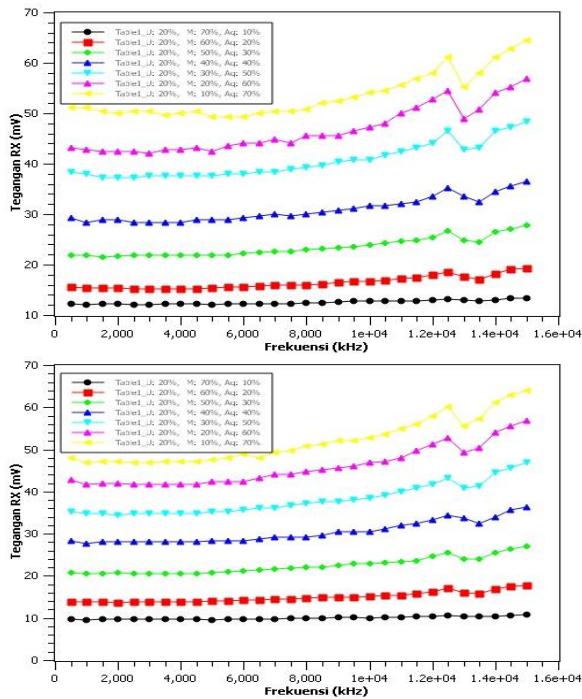
jangkauan frekuensi untuk sampel volume multi fasa yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8, 9, dan 10.



Gambar 8. Grafik tegangan receiver terhadap frekuensi sampel udara & aquades di layer kesatu (atas) dan layer kedua (bawah).



Gambar 9. Grafik tegangan receiver terhadap frekuensi untuk sampel udara & minyak di layer kesatu (atas) dan layer kedua (bawah).



Gambar 10. Grafik tegangan *receiver* terhadap frekuensi untuk sampel tiga fasa (minyak sayur, aquades, dan udara) di layer kesatu (atas) dan layer kedua (bawah).

Secara umum pengamatan respon jangkauan frekuensi sensor kapasitif pipa dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai jangkauan frekuensi sensor kapasitif pipa.

Jenis Sampel	Nilai Jangkauan Frekuensi
Zat satu fasa	500 kHz - 12,5MHz
Zat dua fasa	500 kHz - 12,5MHz
Zat tiga fasa	500 kHz - 12,5MHz

Analisis Sensitivitas

Analisis berikutnya adalah uji sensitivitas dari pengamatan grafik perubahan tegangan *receiver* terhadap volume dari sampel frekuensi 500 kHz, frekuensi 7,5 MHz, dan frekuensi 12,5 MHz. Penentuan sampel frekuensi tersebut berdasarkan hasil jangkauan frekuensi sensor kapasitif pada pipa. Eksperimen ini mencari nilai sensitivitas frekuensi yang kecil dan yang paling besar dalam pengukuran objek satu fasa zat dan multi fasa zat. Penentuan sensitivitas dapat dilakukan dengan mengamati nilai gradien ($\Delta y/\Delta x$) atau kemiringan grafik [5]. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai sensitivitas.

Medium	Layer	Nilai Sensitivitas		
		500 kHz	7,5 MHz	12,5 MHz
Udara, Aquades	1	77,7	80,5	99,78
Udara, Aquades	2	81,4	84,10	103,4
Udara, Minyak Sayur	1	6,36	6,59	7,14
Udara, Minyak Sayur	2	6,29	6,63	6,86
Udara, Aquades, Minyak Sayur	1	64,2	65,4	81,95
Udara, Aquades, Minyak Sayur	2	65,3	67,2	83,35

Dari data table di atas nilai sensitivitas paling kecil rata-rata pada frekuensi 500 kHz dan sensitivitas yang besar rata-rata pada frekuensi 12,5 MHz, Nilai tersebut dapat diamati dari besar kecilnya nilai gradien.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah mendapatkan analisa uji linieritas paling baik adalah 0,9467 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,564 pada tap-water di layer kesatu dan nilai linieritas paling baik adalah 0,966 pada sampel aquades + NaCl 0,1% dan yang paling buruk 0,5658 pada tap-water di layer kedua. Kemudian jangkauan frekuensi optimal pada interval 500 kHz hingga 12,5 MHz dan hasil uji sensitivitas paling kecil adalah 500 kHz dan sensitivitas yang besar adalah pada frekuensi 12,5 MHz.

REFERENSI

- Dwinanto, M. M. & Indarto. (2006). Karakterisi aliran dua fase cair-gas searah ke atas dengan fluida cair berviskositas tinggi. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) V*, Universitas Indonesia, Depok, 21-23 November 2006, 1-8.
- Masturah, M. T., Rahiman, M. H. F., Zakaria, Z., Rahim, A. R., & Ayob, N. M.

- (2015). Design of flexible electrical capacitance tomography sensor. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, **77**(28), 1-5.
3. Young, H. D. & Freedman, R. A. (2003). *Fisika universitas jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
4. Sarwono, J. (2011). *Buku pintar IBM SPSS statistics 19*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
5. Arumnika, N. & Kuswanto, H. (2017). Pengaruh formasi kelengkungan polymer optical fiber (POF) yang disisipi gel terhadap keluaran untuk mengukur ketinggian cairan. *E-Journal Fisika*, **6**(4), 278-287.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Fe_2O_3 DARI PASIR ALAM DESA LOGAS KABUPATEN KUANTAN SINGINGI

Meilan Sihombing*, Erwin Amiruddin

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: meilansihombing7@gmail.com

ABSTRACT

Determination of magnetic and structural properties of natural sand from Logas Village, Kuantan Singingi have been carried out using a magnetic Probe Pasco PS-2162 and X-Ray Diffraction (XRD) method. Samples were synthesized using multi step ball milling method for 90 and 90+30 hours. Results show that the magnetic susceptibility increased with increasing of ball milling time, from 90 hours to 90+30 hours. This magnetic susceptibility within the interval $(46-80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ which is the interval of mineral Ilmenite (FeTiO_3 : Antiferromagnetic). X-Ray Fluorescence (XRF) result showed that the composition of Fe and Ti increased after milled for 90+30 hours, while other element like Si decreased. The XRD result confirmed that the phase of the sample structure is Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). However, some other phases including Silicon Dioxide (SiO_2) and FeTiO_3 are observed in diffraction pattern. This indicates that the sample is not purely $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Keywords: Natural sand, Ball milling, Magnetic susceptibility

ABSTRAK

Penelitian tentang sifat magnetik dan struktur partikel magnetik pasir alam Desa Logas Kabupaten Kuantan Singingi telah dilakukan menggunakan Probe Pasco PS-2162 dan metode Difraksi Sinar-X (XRD). Sampel disintesis menggunakan ball milling multi step selama 90 jam dan 90+30 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya waktu ball milling yaitu dari 90 jam meningkat ke 90+30 jam. Nilai suseptibilitas magnetik ini berada dalam interval Ilminite (FeTiO_3 : Antiferromagnetic) dengan rentang nilai $(46-80000 \times 10^{-8}) \text{ m}^3/\text{kg}$. Hasil uji X-Ray Fluorescence (XRF) menunjukkan bahwa komposisi dari Fe dan Ti meningkat setelah di ball milling selama 90+30 jam, sementara elemen lainnya seperti Si mengalami penurunan. Hasil XRD mengkonfirmasi bahwa fasa sampel adalah Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Bagaimanapun, fasa lain seperti Silicon Dioxide (SiO_2) dan FeTiO_3 terdeteksi pada pola difraksi. Hasil ini menandakan bahwa sampel tidak begitu murni dalam fasa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Kata kunci: Pasir alam, Ball milling, Suseptibilitas magnetik

Diterima 13-03-2020 | Disetujui 07-05-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Pasir alam merupakan bahan mineral yang tersebar luas dan melimpah di Indonesia terutama di pulau besar seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya. Pasir alam mengandung berbagai mineral magnetik seperti $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, FeTiO_3 , SiO_2 , Magnetite (Fe_3O_4), Maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), Alumina (Al_2O_3), dan Rutil (TiO_2) [1]. Senyawa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ merupakan oksida besi paling stabil di bawah kondisi sekitarnya

sehingga biasa digunakan dalam katalis, sensor gas, dan bahan elektroda [2]. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ juga biasa dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan magnet permanen [3]. Metode yang telah diperkenalkan untuk sintesis nanopartikel $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ diantaranya sol gel, hidrotermal, hidrolisis, microwave, mikro emulsi dan penggilingan menggunakan ball milling [4].

Sintesis nanopartikel $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode

ball milling. *Ball milling* adalah suatu metode yang dapat mengurangi ukuran partikel. Selama proses *ball milling*, partikel sampel berupa oksida besi $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ yang berasal dari pasir alam Desa Logas, Kabupaten Kuantan Singingi saling bertumbukan dan mengalami deformasi [5].

Pengukuran nilai induksi magnetik dilakukan menggunakan Probe Pasco PS-2162 dan penentuan struktur kristal partikel menggunakan XRD, serta uji XRF digunakan untuk analisis kandungan elemen yang terdapat dalam sampel.

METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari pasir alam Desa Logas, Kabupaten Kuantan Singing, Provinsi Riau. Sampel dari 5 titik lokasi, yaitu A, B, C, D dan E diambil secara acak dengan menggunakan metode *zig-zag* pada masing-masing titik lokasi tersebut.

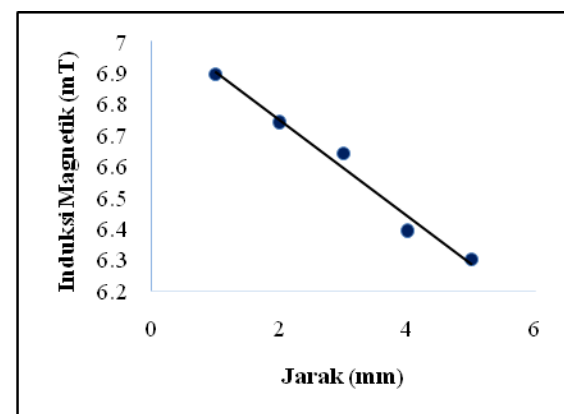
Massa sampel diambil sebanyak 40 kilogram disetiap titik lokasi. Sampel dikeringkan di bawah sinar matahari dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan air yang ada pada pasir agar mempermudah proses pemisahan partikel magnetik dan non magnetiknya. Sampel yang sudah kering selanjutnya dipisahkan menggunakan *Iron Sand Separator* (ISS). Sampel yang sudah terpisah selanjutnya dihancurkan menggunakan alat *ball milling* selama 90 jam dengan bola besi berukuran 1,5 cm.

Hasil produk *ball milling* selanjutnya dipisahkan menggunakan magnet batang *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) dan diberi nama Konsentrat I. Hasil pemisahan tersebut selanjutnya di *ball milling* tahap lanjutan dalam *multi step ball milling* selama 30 jam dengan menggabungkan tiga ukuran diameter bola yang berbeda, yaitu 1,5, 0,7 dan 0,5 cm. Hasil produk *ball milling* tersebut (Konsentrat II) akan dilakukan pengukuran nilai induksi magnetik dan suseptibilitas magnetiknya serta dilakukan karakterisasi sampel menggunakan XRF dan XRD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Induksi Magnetik

Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti terbagi dua, yaitu berdasarkan fungsi jarak dengan arus tetap dan fungsi arus dengan jarak tetap. Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti dengan arus tetap 0,8A sebagai fungsi jarak yang diberikan bervariasi yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 mm dan Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti dengan jarak tetap 1 mm sebagai fungsi arus yang diberikan, yaitu 0,1A, 0,2A, 0,4A, 0,6A dan 0,8A.

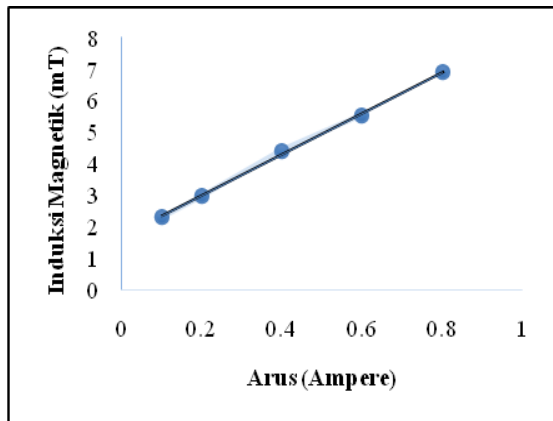


Gambar 1. Grafik hubungan induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi jarak dengan arus tetap 0,8A.

Gambar 1 menampilkan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti yang menurun seiring bertambahnya jarak antara ujung tengah solenoid terhadap probe magnetik. Penurunan nilai induksi magnetik ini terjadi karena berkurangnya jumlah fluks magnetik akibat bertambahnya jarak antara probe magnetik dengan ujung solenoid. Hal ini berarti semakin besar jarak yang diberikan antara kutub magnet yang terletak diujung solenoid terhadap sensor probe magnetik maka nilai induksi solenoid akan semakin kecil.

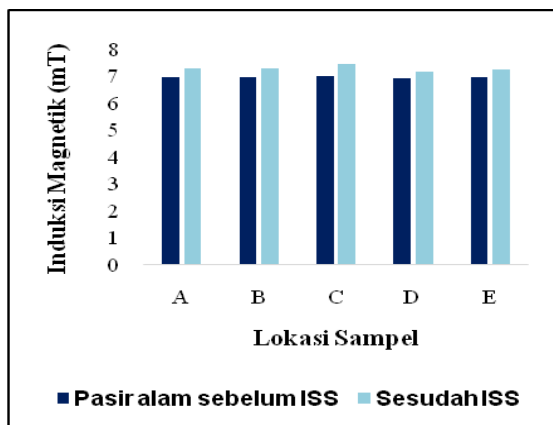
Gambar 2 menampilkan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti yang meningkat seiring bertambahnya arus. Peningkatan nilai induksi magnetik disebabkan karena semakin besarnya fluks magnetik yang timbul sesuai dengan peningkatan arus sehingga semakin

besar jumlah elektron bebas yang mengalir pada kawat dan menyebabkan terjadinya superposisi medan magnet antara satu elektron bebas dengan elektron bebas lainnya.



Gambar 2. Grafik hubungan induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi arus dengan jarak tetap 1 mm.

Pengukuran induksi magnetik solenoid dengan inti pasir alam sebelum dan sesudah dilakukan pemisahan menggunakan ISS pada arus 0,8A dan jarak 1 mm dari ujung tengah solenoid diberikan melalui grafik pada Gambar 3 berikut ini.

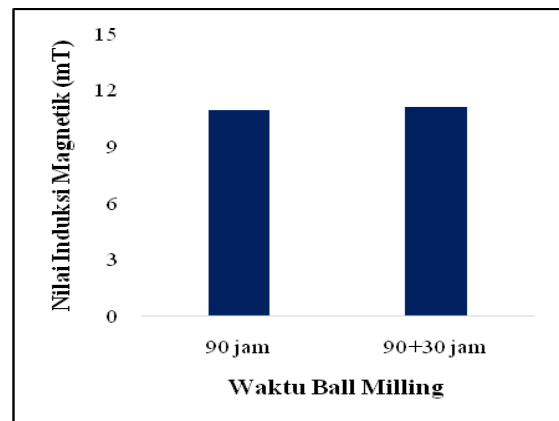


Gambar 3. Grafik induksi magnetik rata-rata pasir alam sebelum dan sesudah pemisahan menggunakan ISS dengan jarak 1 mm untuk arus 0,8A.

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik sampel pasir alam untuk setiap titik lokasi tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan inti solenoid yang dimasukkan masih berupa pasir alam murni yang belum melalui proses pemisahan. Gambar 3 juga menjelaskan bahwa nilai induksi magnetik

sesudah pemisahan menggunakan ISS mengalami kenaikan. Kenaikan ini disebabkan karena setiap sampel yang sudah dipisahkan menggunakan ISS lebih banyak mengandung partikel magnetik dibandingkan partikel nonmagnetik, yang mana partikel nonmagnetiknya terpisah saat dilakukan proses pemisahan.

Sampel A, B, C, D dan E selanjutnya digabungkan untuk dihaluskan menggunakan *ball milling* selama 90 jam menggunakan bola dengan diameter 1,5 cm. Hasil *ball milling* tersebut selanjutnya dipisahkan menggunakan magnet batang NdFeB. Produk *ball milling* tersebut selanjutnya dihancurkan kembali dalam *multi step ball milling*. Proses *milling* dilakukan selama 30 jam dengan gabungan 3 diameter bola yang berbeda – beda yaitu 1,5; 0,7 dan 0,5 cm. Nilai induksi magnetik untuk masing-masing sampel berdasarkan waktu *ball milling* diberikan pada Gambar 4.

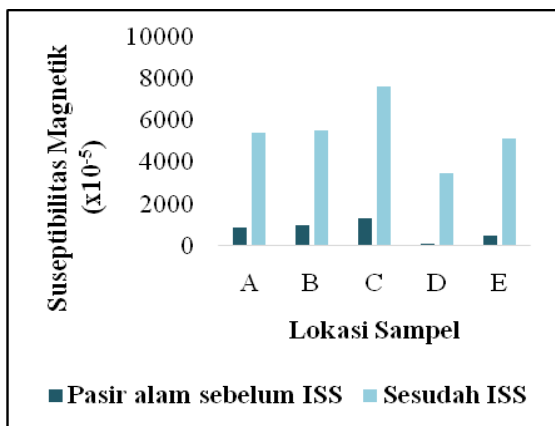


Gambar 4. Grafik nilai induksi magnetik solenoid dengan inti produk *ball milling* pada arus 0,8A.

Grafik pada Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik solenoid dengan inti produk *ball milling* selama 90 dan 90+30 jam mengalami peningkatan. Peningkatan nilai induksi magnetik tersebut terjadi karena penambahan waktu pada proses *milling*. Peningkatan waktu *milling* akan menghasilkan reduksi ukuran partikel dan menghasilkan distribusi ukuran partikel yang semakin kecil [6]. Dengan kata lain, semakin lama waktu yang digunakan dalam proses *milling*, maka ukuran konsentrat akan semakin halus.

Suseptibilitas Magnetik dan Massa

Nilai suseptibilitas magnetik dihitung berdasarkan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti (B_0) dan dengan inti (B_T). Grafik nilai suseptibilitas magnetik sebelum dan sesudah pemisahan menggunakan ISS diberikan pada Gambar 5.

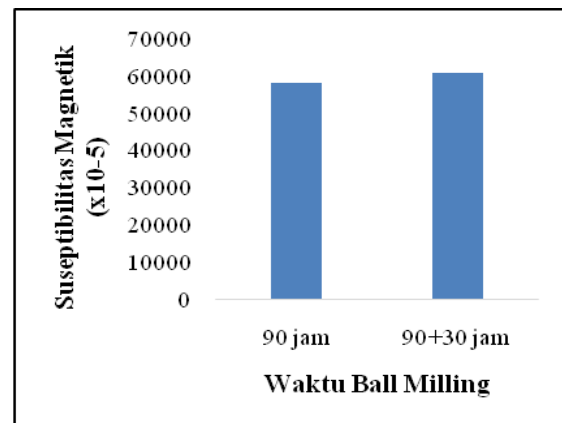


Gambar 5. Grafik nilai suseptibilitas magnetik pasir alam sebelum dan sesudah pemisahan menggunakan ISS dengan jarak 1 mm untuk arus 0,8A.

Gambar 5 menjelaskan bahwa nilai suseptibilitas magnetik dari pasir alam sebelum pemisahan berada dalam rentang 116×10^{-5} sampai $1334,6 \times 10^{-5}$, sedangkan nilai suseptibilitas magnetik sesudah pemisahan menggunakan ISS berada dalam rentang $3467,2 \times 10^{-5}$ sampai dengan $7645,4 \times 10^{-5}$. Nilai suseptibilitas magnetik pasir alam sesudah pemisahan menggunakan ISS mengalami peningkatan dibandingkan nilai suseptibilitas magnetik sebelum pemisahan, hal ini disebabkan karena mineral magnetik dan nonmagnetik telah terpisah menggunakan mesin ISS, sehingga tersisa adalah mineral magnetik [7].

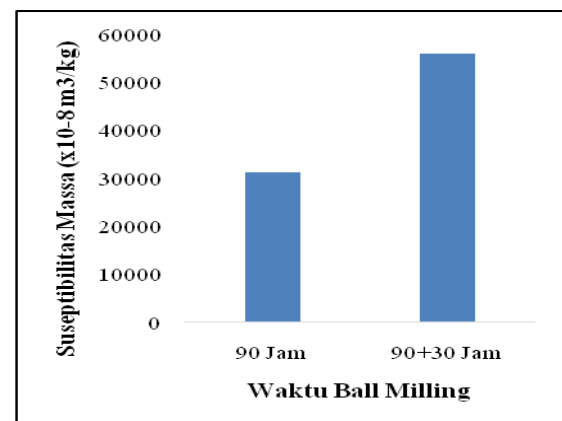
Nilai suseptibilitas magnetik produk *ball milling* mengalami peningkatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, dimana produk *ball milling* selama 90 dan 90+30 jam memiliki nilai suseptibilitas magnetik masing – masing sebesar $58058,9 \times 10^{-5}$ dan $60568,7 \times 10^{-5}$. Peningkatan nilai suseptibilitas magnetik tersebut terjadi akibat perbedaan

waktu *milling*, dimana produk *ball milling multi step* (90+30 jam) memiliki waktu penghancuran yang lebih lama sehingga menyebabkan konsentrasi mineral magnetiknya lebih tinggi. Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetiknya, kedua produk *ball milling* tersebut memiliki sifat $FeTiO_3$ (Anti ferromagnetik) dengan rentang nilai $(220 - 380000)10^{-5}$ [8].



Gambar 6. Grafik nilai suseptibilitas magnetik produk *ball milling* pada arus 0,8A.

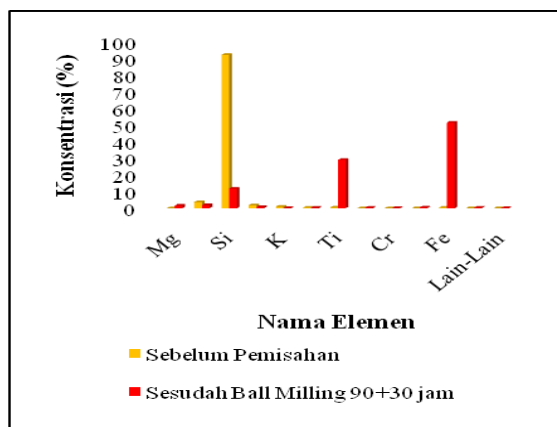
Gambar 7 menampilkan bahwa nilai suseptibilitas massa dari produk *ball milling* selama 90 dan 90+30 jam mengalami peningkatan dengan nilai suseptibilitas massa masing-masing senilai $31366,234 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan $56082,129 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Kedua nilai suseptibilitas massa ini berada dalam interval $FeTiO_3$ (Antiferromagnetik) yang memiliki rentang nilai $(46 - 80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ [8].



Gambar 7. Grafik nilai suseptibilitas massa produk *ball milling* pada arus 0,8A.

Karakterisasi Menggunakan XRF

Analisis sampel berupa pasir alam sebelum pemisahan menggunakan ISS dan konsentrat hasil *ball milling multi step* dilakukan menggunakan XRF.



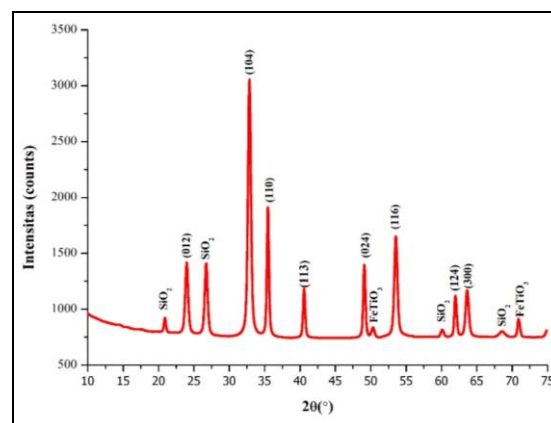
Gambar 8. Grafik perbandingan kandungan elemen yang terdapat dalam pasir alam Desa Logas sebelum pemisahan dan sesudah *ball milling multi step* (90+30 jam).

Sebelum dilakukan pemisahan, elemen Si memiliki konsentrasi sebesar 92,264%, sedangkan setelah dilakukan proses penghancuran menggunakan *ball milling multi step*, konsentrasinya menurun dan tersisa sebanyak 11,854%. Elemen Ti dan Fe mengalami peningkatan, dimana sebelum pemisahan, konsentrasi Ti dan Fe masing – masing adalah 0,423% dan 0,371%, sedangkan sesudah dilakukan *ball milling multi step* selama 90 + 30 jam konsentrasinya meningkat dan harganya masing- masing adalah 29,141% dan 51,533%. Elemen Ti dan Fe mengalami kenaikan nilai konsentrasi setelah proses *ball milling multi step* yang kemudian tampil dalam bentuk aglomerasi, yaitu FeTiO_3 . Hasil uji XRF ini membuktikan bahwa pasir alam yang sudah mengalami penghancuran dalam *ball milling multi step* selama 90 + 30 jam merupakan mineral FeTiO_3 yang mengandung elemen Ti.

Karakterisasi Menggunakan XRD

Karakterisasi dilakukan menggunakan alat XRD yang dilengkapi dengan tabung anoda

berbahan Cu (tembaga) yang mampu menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang 1,5406Å. Mesin XRD ini bekerja dalam tegangan dan arus yang tinggi yaitu 40kV dan 30mA. Pola difraksi yang terbentuk diberikan dalam Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Pola difraksi sinar-X pasir alam Logas hasil *ball milling multi step* 90+30 jam.

Berdasarkan hasil XRD, diperoleh 8 buah puncak dominan, yaitu pada sudut $23,950^\circ$, $32,782^\circ$, $35,426^\circ$, $40,537^\circ$, $49,034^\circ$, $53,460^\circ$, $61,936^\circ$ dan $63,604^\circ$. Sudut – sudut tersebut memiliki bidang kristal masing – masing (012), (104), (110), (113), (024), (116), (124) dan (300). Puncak – puncak dan bidang kristal yang dominan tersebut dilakukan *search match* dengan data ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) dan diperoleh data berupa senyawa yang terkandung didalam produk *ball milling multi step* selama 90+30 jam berupa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan SiO_2 . Hal ini membuktikan bahwa produk *multi step ball milling* memiliki fasa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Kemunculan puncak SiO_2 dan FeTiO_3 menunjukkan bahwa konsentrat tersebut tidak begitu murni.

KESIMPULAN

Nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan bahwa pasir alam yang berasal dari Desa Logas, Kabupaten Kuantan Singingi yang telah diproses dengan *ball milling* selama 90 jam dan *multi step* (90 + 30 jam) berada dalam interval mineral FeTiO_3 (Antiferromagnetik) dengan rentang nilai $(220 - 380000) \times 10^{-5}$. Berdasarkan hasil

perbedaan waktu *ball milling*, konsentrat yang telah diproses melalui *multi step ball milling* (90+30 jam) memiliki nilai induksi magnetik, suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa yang lebih tinggi dibandingkan 90 jam, hal ini membuktikan bahwa lamanya waktu *ball milling* akan mempengaruhi sifat magnetik sampel. Hasil XRD juga menunjukkan bahwa puncak-puncak difraksi produk *ball milling* 90+30 jam sesuai dengan puncak difraksi sinar-X pada fasa α -Fe₂O₃. Munculnya puncak lain seperti SiO₂ dan FeTiO₃ menyebabkan konsentrat tersebut tidak murni.

REFERENSI

- Gubin, S. P., Koksharov, Yu. A., Khomutov, G. B., & Yurko, G. Yu. (2005). Magnetic nano particles: Preparation, structure and properties. *Russian Academy of Science and Turpion Ltd*, **74**(6), 489-520.
- Gandha, K., Mohapatra, J., Poudyal, N., Elkins, K., & Liu, J. P. (2017). Enhanced coercivity in Co-doped α -Fe₂O₃ cubic nanocrystal assemblies prepared via a magnetic field-assisted hydrothermal synthesis. *AIP Advances*, **7**(5), 1-5.
- Mufit, F., Fadhillah, & Amir, H. (2006). Kajian tentang sifat magnetik pasir besi dari pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika*, **4**(1), 2-5.
- Wang, L. L. & Jiang, J. S. (2007). Preparation of α -Fe₂O₃ nanoparticles by high-energy ball milling. *Science Direct*, **390**, 23-27.
- Yadav, T. P. & Singh, D. P. (2012). Mechanical milling: A top down approach for the synthesis of nanomaterials and nanocomposites. *Nanoscience and Nanotechnology*, **2**(3), 22-48.
- Anggraini, M. S., Ramli, & Hidayat. (2017). Pengaruh waktu milling terhadap struktur kristal magnetit (Fe₃O₄) berbahan mineral vulkanik dari gunung Merapi Sumatra Barat. *Pillar of Physics*, **10**, 47-54.
- Salomo, Erwin, Malik, U., & Putra, S. U. (2018). Sifat magnetik dan ukuran partikel magnetik serta komposisi material pasir besi pantai Kota Pariaman Sumatera Barat di sintesis dengan *iron sand separator* dan *ball milling*. *Journal Online of Physics*, **3**(2), 11-14.
- Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). *Magnetic properties of rocks and minerals*. Washington: American Geophysical Union.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INVESTIGASI KINERJA ANTENA BERDASARKAN DISPERSI ANOMALI METAMATERIAL STRUKTUR HEKSAGONAL *SPLIT RING RESONATOR*

Yan Soerbakti^{1,*}, Romi Fadli Syahputra¹, Saktioto¹, Moh. Danil Hendry Gamal²

¹Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

²Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: yansoerbakti2@gmail.com

ABSTRACT

Metamaterial (MTM) anomaly dispersion characteristics have a great interest to be analyzed in the potential for increasing antenna performance. Dispersion material with a simple structure is able to cover the weaknesses of the antenna parameters. Characterization and optimization need to be applied to the MTM antenna design to obtain more effective antenna performance. Antenna operation is performed at 0-9 GHz microwave frequency with four SRR-H MTM structures varying in three radii of 2.5 mm, 2.7 mm, and 2.9 mm. The highest MTM characteristics occurred at four SRR-H radii of 2.9 mm with a refractive index of -8.5 which resulted in antenna parameters RL - 48.8 dB, 5.98 dBi, and working frequency of 1.09-9.00 GHz. Antenna radiation occurs precisely in all MTM structures with an isotropic pattern or in all directions of 4.63 dBi at a frequency of 5.976 GHz.

Keywords: MTM, Antenna, SRR-H, Refractive index, Performance

ABSTRAK

Karakteristik dispersi anomali metamaterial (MTM) memiliki ketertarikan besar untuk dianalisis dalam potensi peningkatan kinerja antena. Material dispersi dengan struktur sederhana mampu menutupi kelemahan parameter antena. Karakterisasi dan optimasi perlu diterapkan pada rancangan antena MTM untuk memperoleh kinerja antena lebih efektif. Pengoperasian antena dilakukan pada frekuensi gelombang mikro 0-9 GHz dengan struktur MTM empat SRR-H yang divariasikan tiga radius 2,5 mm, 2,7 mm, dan 2,9 mm. Karakteristik MTM tertinggi terjadi pada empat SRR-H radius 2,9 mm dengan indeks bias -8,5 yang menghasilkan parameter antena RL - 48,8 dB, 5,98 dBi, dan frekuensi kerja 1,09-9,00 GHz. Radiasi antena tepat terjadi pada struktur MTM dengan pola isotropik atau kesegala arah sebesar 4,63 dBi pada frekuensi 5,976 GHz.

Kata kunci: MTM, Antena, SRR-H, Indeks bias, Kinerja

Diterima 27-04-2020 | Disetujui 06-06-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Perhatian terhadap metamaterial (MTM) semakin banyak diminati oleh para peneliti di dunia pada dekade terakhir. Sifat unik MTM berupa dispersi anomali menjadikan respon terhadap lingkungan sekitar menjadi lebih sensitif [1]. Penerapan MTM telah banyak dilakukan dalam berbagai aplikasi antena dalam bidang industri, keamanan, dan kesehatan [2]. Penggunaan struktur MTM telah terbukti dapat meningkatkan kinerja

antena berupa daya dipantulkan sedikit dan penguatan semakin tinggi. Selain itu, penggunaan MTM dapat memperkecil biaya fabrikasi dan mereduksi ukuran antena [3].

MTM *Split Ring Resonator* (SRR) telah banyak diterapkan karena mampu menghasilkan resonansi tinggi untuk peningkatan karakterisasi indeks bias negatif [4]. Struktur MTM memiliki ukuran lebih kecil dari panjang gelombang minimum yang bekerja pada objek. Identifikasi karakteristik MTM dapat dilakukan menggunakan

parameter-S (*Scattering*) dengan metode Nicolson-Ross-Weir (NRW) yang telah dimodifikasi [5]. Struktur MTM memberikan respon sensitivitas lebih besar akibat pengaruh lingkungan [6]. Beberapa penerapan teknologi antena MTM seperti peningkatan sinyal [7], deteksi kadar asam-basa [8], pencitraan pada tumor [9], dan lainnya. Kinerja antena dipengaruhi beberapa parameter antara lain *Return Loss* (RL), *Bandwidth* (BW), penguatan (*Gain*), pola sebaran radiasi, dan sebagainya. Karakterisasi dan optimasi terhadap struktur diperlukan untuk memperoleh parameter antena lebih tinggi [10]. Beberapa penelitian telah dilakukan pada antena MTM bentuk lingkaran [5], persegi [11], dan heksagonal [8].

Struktur MTM SRR-H (heksagonal) yang pernah diteliti oleh saktioto *et al.* (2016) digunakan dalam penerapan antena dengan tiga variasi radius cincin [13]. Struktur antena oleh Islam *et al.* (2015) digunakan dalam penelitian ini [5]. Analisis karakteristik MTM dan antena dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap kombinasi empat SRR-H dengan tiga variasi radius.

METODE PENELITIAN

Simulasi dan Karakterisasi MTM

Struktur MTM yang digunakan dalam bentuk heksagonal dengan dua cincin logam terpisah dan terletak pada titik pusat yang sama [12] seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (a). Rancangan dan simulasi struktur MTM menggunakan *Computer Simulation Technology* (CST). Bahan yang digunakan terdiri dari FR4 ($\epsilon = 4,3$) sebagai substrat dan tembaga sebagai inklusi logam ($\epsilon = 1$). Ukuran geometri dan radius cincin struktur MTM ditunjuk pada Tabel 1. Rancangan yang digunakan memiliki kombinasi empat sel MTM SRR-H dengan tiga variasi selisih radius 0,2 mm dari 2,5 mm hingga 2,9 mm. Ukuran Subtrat L_1 sama untuk semua variasi empat SRR-H kecuali W_1 masing-masing 24,99 mm, 25,51 mm, dan 26,03 mm.

Tabel 1. Ukuran struktur MTM SRR-H.

Parameter	Dimensi (mm)	Parameter	Dimensi (mm)
H_1	2.9	X_2	0.6
H_2	2.2	L_1	7.4
H_3	1.7	W_1	7.4
H_4	1.0	T_z	1.6
X_1	0.43	T_p	0.035

Ukuran X_3 untuk radius 2,5 mm, 2,7 mm, dan 2,9 mm masing-masing adalah 1,54 mm, 1,36 mm, dan 1,19 mm. Penempatan input dan output gelombang EM, batas PEC (*Perfect Electric Conductor*) dan PMC (*Perfect Magnetic Conductor*) pada struktur MTM diterapkan untuk memperoleh parameter-S. Saluran input dan output terletak di sepanjang arah sumbu x dengan jarak 5,55 mm dari ujung kiri dan kanan struktur MTM. Batas PEC dan PMC masing-masing berada pada arah sumbu y dan z [13] yang dapat dilihat pada Gambar 1 (b).

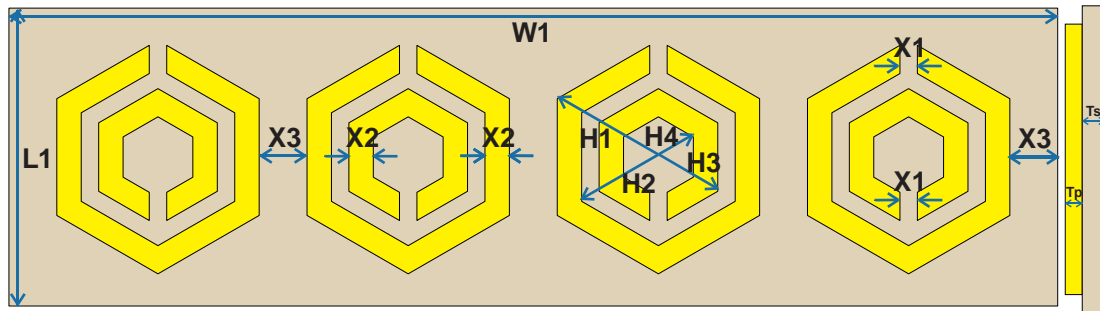
Karakterisasi MTM dapat diperoleh dengan metode NRW yang telah dimodifikasi [5]. Hasil parameter-S terdiri dari S_{11} (refleksi) dan S_{21} (transmisi) yang terbagi menjadi absolut dan fasa. Selanjutnya pengolahan S_{11} dan S_{21} tersebut menjadi bilangan kompleks dari persamaan $S_{11} = |S_{11}|e^{i\theta_{11}}$ dan $S_{21} = |S_{21}|e^{i\theta_{21}}$. Perhitungan ϵ_r , μ_r , dan n dilakukan menggunakan MATLAB dengan persamaan NRW sebagai berikut.

$$\mu_r = \frac{2}{jk_0 t_m} \frac{1 - V_2}{1 + V_2} \quad (1)$$

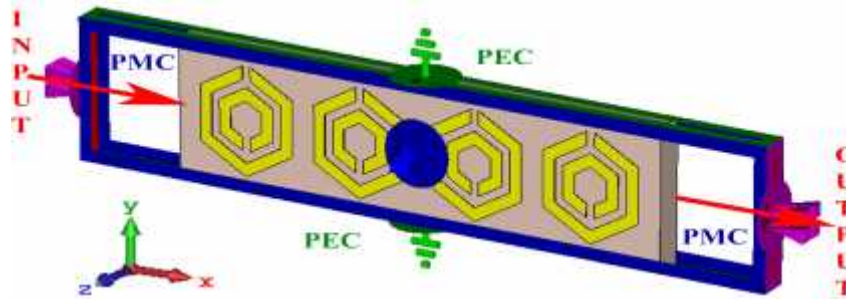
$$\epsilon_r = \frac{2}{jk_0 t_m} \frac{1 - V_1}{1 + V_1} \quad (2)$$

$$n = \pm \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (3)$$

dimana $V_1 = S_{21} + S_{11}$ dan $V_2 = S_{21} - S_{11}$. Bilangan propagasi gelombang $k_0 = 2\pi f/c$, dengan f adalah frekuensi gelombang dan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s). t_m merupakan jarak dari saluran input hingga output di antara struktur MTM SRR-H.



(a)

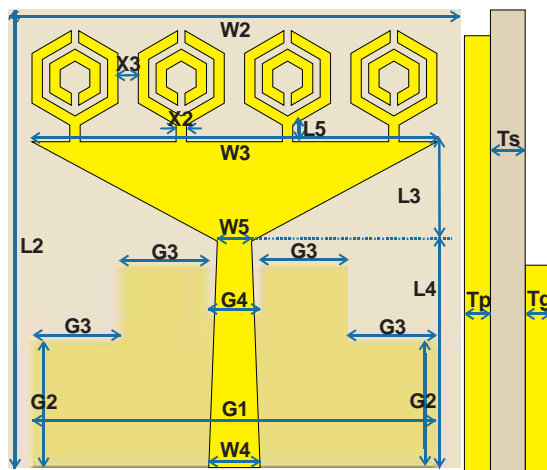


(b)

Gambar 1. (a) Struktur MTM SRR-H bagian depan (kiri) dan samping (kanan); (b) Pemasangan syarat batas PEC dan PMC dan saluran eksitasi.

Rancangan dan Optimasi Antena MTM

Perancangan dan simulasi antena dengan struktur MTM empat SRR-H dengan tiga variasi radius dilakukan dengan bantuan *software* CST untuk memperoleh parameter antena. Rancangan struktur antenna MTM dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Antena MTM SRR-H; (a) bagian depan dan belakang (kiri) dan samping (kanan).

Ukuran geometri struktur antena MTM dapat dilihat pada Tabel 2. Bahan yang

digunakan terdiri dari tembaga (*patch* dan *ground*) dan FR4 (substrat). Struktur antena MTM tersebut ditentukan berdasarkan proses optimasi untuk mencapai kinerja antena yang tinggi.

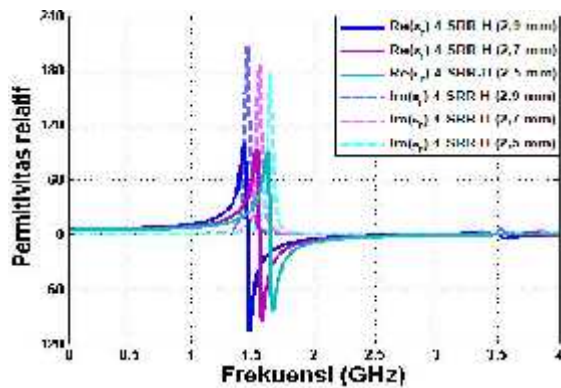
Tabel 2. Ukuran struktur antena MTM.

Parameter	Dimensi (mm)	Parameter	Dimensi (mm)
X_2	0.6	W_5	1.5
L_2	26.4	G_1	24
L_3	5.8	G_2	7.4
L_4	13.2	G_3	5.25
L_5	0.8	G_4	3
W_2	26	T_s	1.6
W_3	24	T_p	0.035
W_4	3	T_g	0.035

HASIL DAN PEMBAHASAN

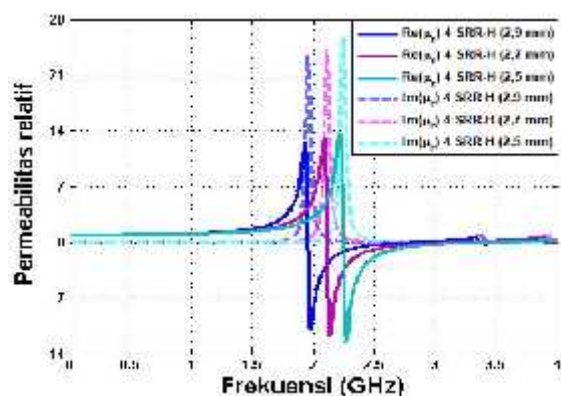
Karakteristik Dispersi Anomali MTM

Respon struktur MTM empat SRR-H dengan tiga variasi radius menghasilkan banyak resonansi parameter S_{11} dan S_{21} [14]. Pengolahan data S_{11} dan S_{21} menghasilkan karakteristik MTM ϵ_r , μ_r , dan n yang dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. pergeseran frekuensi resonansi permitivitas relatif real dan imajiner.

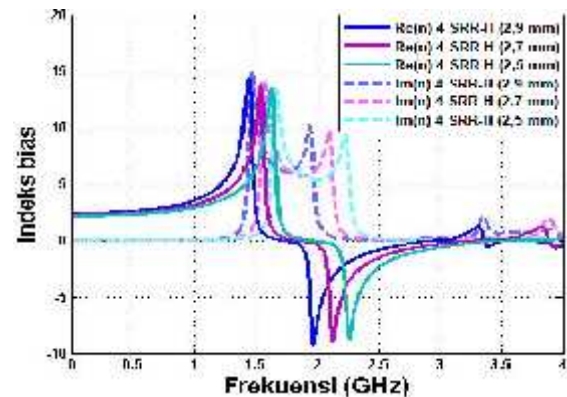
Dispersi anomali ϵ_r , μ_r , dan n bernilai negatif menandakan karakteristik MTM. Hal ini disebabkan karena perubahan polarisasi permitivitas material yang mula-mula positif meningkat ketika diberikan induksi medan listrik dan magnet menjadi menurun tajam menuju negatif pada frekuensi resonansi yang terjadi pada struktur MTM. Pergeseran frekuensi resonansi ϵ_r terjadi akibat perbedaan volume dielektrik yang berbanding lurus terhadap penghambat medan listrik pada medium menghasilkan Peningkatan ϵ_r dari 95,5 sampai 105,5 menuju frekuensi rendah 1,70-1,47 GHz yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Pergeseran frekuensi resonansi permeabilitas relatif real dan imajiner.

Gambar 4 menunjukkan dispersi anomali μ_r hal yang sama terjadi pada permitivitas. Permeabilitas semakin menurun dengan pertambahan volume dielektrik yang menunjukkan peluang untuk melewati medan magnet dalam medium semakin

berkurang dari 12,3 hingga 11,2 menuju frekuensi lebih rendah 2,27-1,98 GHz yang ditunjukkan pada Gambar 4.

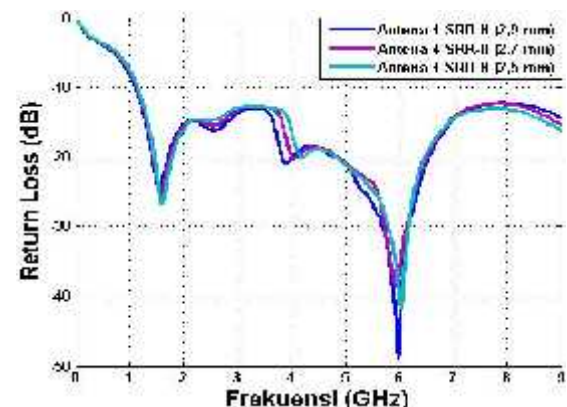


Gambar 5. pergeseran frekuensi resonansi indeks bias real dan imajiner.

Dispersi Anomali indeks bias negatif berasal dari frekuensi resonansi ϵ_r dan μ_r . Hal lain dari sifat optik material adalah perubahan arah propagasi gelombang berlawanan dengan kondisi semula ketika dikenakan pada MTM. Ukuran lebih kecil dari panjang gelombang menyebabkan peristiwa ini terjadi atau difraksi. Sehingga gelombang akan dipantulkan dengan propagasi gelombang terbalik dan bernilai negatif pada indeks bias.

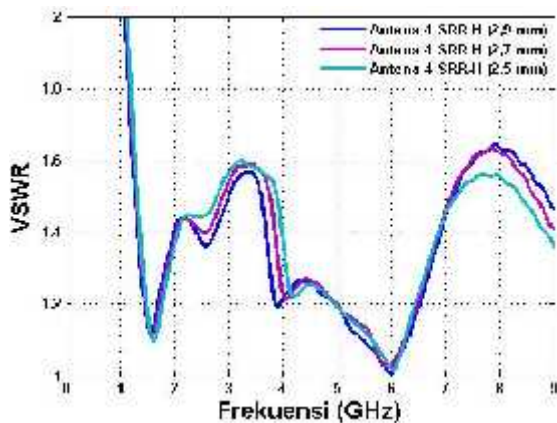
Kinerja Antena Kombinasi MTM

Kinerja antenna dari variasi tiga radius MTM 4 SRR-H memiliki perbedaan yang cukup signifikan pada pergeseran pola karakteristik parameter antenna berupa *return loss* (RL), VSWR, *gain*, dan pola radiasi.



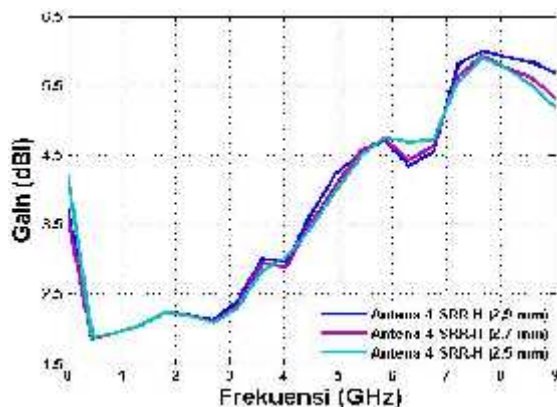
Gambar 6. Perbandingan *Return Loss* antenna MTM 4 SRR-H variasi radius.

Perubahan RL pada antenna variasi tiga radius MTM empat SRR-H terlihat cukup signifikan. Resonansi RL antenna terjadi pada frekuensi 5,98-6,02 GHz dengan perbedaan 0,4%. RL negatif tertinggi terjadi pada antenna MTM radius 2,9 mm sebesar -48,8 dB yang dapat dilihat pada Gambar 6. Hal ini menandakan daya yang hilang akibat dipantulkan sangat sedikit dan menunjukkan kinerja antenna lebih efektif dibandingkan dengan MTM radius 2,5 mm dan 2,7 mm.



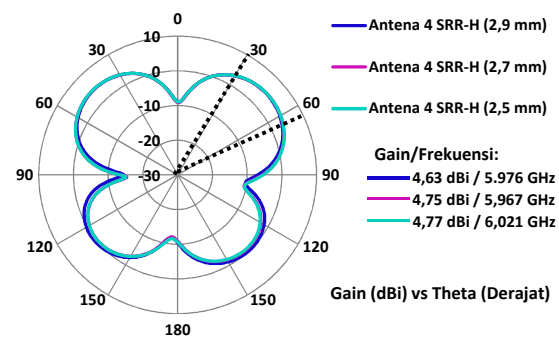
Gambar 7. Perbandingan VSWR antenna MTM 4 SRR-H variasi radius.

VSWR pada Gambar 7 menunjukkan rentang frekuensi kerja pada kondisi daya yang direfleksikan 10% dari daya semula diinputkan pada antenna. VSWR ditunjukkan dalam indeks nilai 1 – 2 yang didapatkan dari perbandingan jumlah dan selisih satuan terhadap koefisien refleksi. Antena MTM empat SRR-H ketiga radius memiliki frekuensi kerja yang hampir sama 98,89% dalam rentang 1,09-9 GHz.



Gambar 8. Perbandingan Gain (penguatan) antenna MTM 4 SRR-H variasi radius.

Gambar 8 menunjukkan karakteristik Gain pada antenna MTM empat SRR-H dengan variasi radius memiliki perbedaan sangat signifikan pada frekuensi 0-3 GHz yang terjadi pada bagian *port*. Perubahan yang cukup signifikan adanya pergeseran terjadi setelah melewati struktur tengah dan MTM pada antenna. Hal ini menandakan perbedaan intensitas radiasi yang ditimbulkan dari setiap struktur MTM dengan tiga variasi radius. Gain tertinggi terjadi pada frekuensi yang sama pada 7,68 GHz sebesar 5,98 dBi dan yang terendah 5,78 dBi.



Gambar 9. Perubahan pola radiasi antenna MTM 1 – 4 SRR-H.

Pola radiasi yang terbentuk pada antenna MTM empat SRR-H memiliki sifat isotropik yaitu sebaran radiasi hampir kesegala arah. Perbedaan yang timbul cukup signifikan antara struktur SRR-H dengan tiga variasi radius. Radiasi tertinggi tepat terjadi pada struktur MTM pada *return loss* negatif tertinggi.

KESIMPULAN

Kinerja antenna dengan struktur MTM memiliki pengaruh yang cukup signifikan dengan perubahan radius cincin MTM. Karakteristik MTM memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap parameter antenna. MTM empat SRR-H dengan radius 2,9 mm memperoleh karakteristik MTM tertinggi dibandingkan dengan radius 2,5 mm dan 2,7 mm. Karakteristik MTM tertinggi menghasilkan parameter antenna tertinggi dengan RL -48,8 dB, gain 5,98 dBi, frekuensi kerja 1,09-9,00 GHz, dan radiasi antenna memiliki pola isotropic atau ke segala arah.

REFERENSI

1. Lott, M., Roux, P., Garambois, S., Guéguen, P., & Colombi, A. (2020). Evidence of metamaterial physics at the geophysics scale: the METAFORÉT experiment. *Geophysical Journal International*, **220**(2), 1330-1339.
2. Alsharif, F. & Kurnaz, C. (2018). Wearable microstrip patch ultra wide band antenna for breast cancer detection. *ieeexplore, IEEE*, **1**, 456-459.
3. Mahmud, M. Z., Islam, M. T., Misran, N., Singh, M. J., & Mat, K. (2017). A negative index metamaterial to enhance the performance of miniaturized uwb antenna for microwave imaging applications. *Applied Sciences*, **7**(1149), 1-16.
4. Shi, L., Zhou, Q., Liang, W., Li, G., Sun, J., & Zhang, C. (2019). Effect of the broken symmetry on the electromagnetic properties in the terahertz ring resonators. *Optics Communications*, **445**, 136-141.
5. Islam, M. M., Islam, M. T., Faruque, M. R. I., Samsuzzaman, M., Misran, N., & Arshad, H. (2015). Microwave imaging sensor using compact metamaterial uwb antenna with a high correlation factor. *Material*, **8**, 4621-4651.
6. Choudhury, S. R., Rawat, V., Jalal, A. H., Kale, S. N., & Bhansali, S. (2016). Recent advances in metamaterial split-ring-resonator circuits as biosensors and therapeutic agents. *Biosensors and Bioelectronics*, **86**, 595-608.
7. Schmidt, R. & Webb, A. (2017). Metamaterial combining electric- and magnetic-dipole-based configurations for unique dual-band signal enhancement in ultrahigh-field magnetic resonance imaging. *ACS Applied Materials and Interfaces*, **9**(40), 34618-34624.
8. Islam, M. T., Ashraf, F. B., Alam, T., Misran, N., & Mat, K. B. (2018). A Compact Ultrawideband antenna based on hexagonal split-ring resonator for pH sensor application. *Sensors*, **18**(2959), 1-16.
9. Tao, Y., Yang, E., & Wang, G. (2017). Left-handed metamaterial lens applicator with built-in cooling feature for superficial tumor hyperthermia. *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, **32**(11), 1029-1034.
10. Saeidi-Manesh, H. & Zhang, G. (2017). Characterization and optimization of cylindrical polametric array antenna patterns for multi-mission applications. *Progress in Electromagnetics Research*, **158**, 49-61.
11. Karaaslan, M., Ba manci, M., Ünal, E., Akgol, O., & Sabah, C. (2017). Microwave energy harvesting based on metamaterial absorbers with multi-layered square split rings for wireless communications. *Optics Communications*, **392**, 31-38.
12. Saktioto, T., Syahputra, R. F., Punthawanunt, S., Ali, J., & Yupapin, P. (2016). GHz frequency filtering source using hexagonal metamaterial splitting ring resonators. *Microwave and Optical Technology Letters*, **59**(6), 1337-1340.
13. Ali, T., Saadh, M. A. W., & Biradar, R. C. (2017). A Novel metamaterial rectangular CSRR with pass band characteristics at 2.95 and 5.23 GHz. *2nd IEEE International Conference On Recent Trends in Electronics Information & Communication Technology (RTEICT), IEEE Advanced Technology for Humanity*, May 19-20, 2017, India, 256-260.
14. Syahputra, R. F., Soerbakti, Y., Syech, R., Taer, E., & Saktioto, S. (2020). Effect of stripline Number on Resonant Frequency of Hexagonal Split Ring Resonator Metamaterial. *Journal pf Aceh Physics Society*, **9**(1), 26-30.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ESTIMASI NILAI DOSIS RADIASI EFEKTIF PASIEN DARI CITRA MEDIS CT SCAN ASTEION MULTI 32 SLICE BAGIAN ABDOMEN

Nadiah Wanara*, Muhammad Hamdi, Salomo Sinuraya

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: nadiah.wanara5590@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Receipt of radiation doses in patients by CT scan media really contributed to the radio diagnostic field. So far, volume Computed Tomography Dose Index ($CTDI_{vol}$) and Dose Length Product (DLP) are the dose parameters used as a prescription of the dose to the patients from the examination process on the CT scan. However, these parameters have the disadvantage that they only describe the dose output from the device without regard to patient size. Size Specific Dose Estimate (SSDE) is a dose correction based on patient size and an effective dose is the dose value that arises due to differences in biological sensitivity values. Calculation of SSDE values and total effective doses were carried out in this study from data of patients who had undergone an abdominal CT scan examination. Patient radiation dose data were obtained from documents collected from the Radiology Department at the Prima Pekanbaru hospital. The data was obtained from examination results of Asterion Multi (CXB 400 tube) CT scan of the abdomen of 20 patients. The data analysis shows that the average value of SSDE for male and female patients are 19.64 mGy and 17.4 mGy and the average total effective dose for male and female patients are 12.63 mSv and 9.16 mSv. These data indicate that the level of radiation dose received by patients is below the threshold that has been evaluated based on Nuclear Energy Regulatory Agency (BAPETEN) provisions.

Keywords: CT scan, Abdomen, Size specific dose estimate (SSDE), Effective dose

ABSTRAK

Penerimaan dosis radiasi pada pasien oleh media CT scan ternyata memberikan kontribusi yang sangat besar dalam bidang radiodiagnostik. Selama ini, volume Computed Tomography Dose Index ($CTDI_{vol}$) dan Dose Length Product (DLP) adalah parameter dosis yang digunakan sebagai gambaran nilai dosis yang dikenakan pasien dari proses eksaminasi pada CT scan. Namun kedua parameter ini memiliki kelemahan yaitu keduanya hanya menggambarkan dosis output dari alat tanpa memperhatikan ukuran pasien. Size Specific Dose Estimate (SSDE) merupakan koreksi dosis berdasarkan ukuran pasien dan dosis efektif adalah nilai dosis yang muncul akibat adanya perbedaan nilai sensitivitas biologis. Perhitungan nilai SSDE dan dosis efektif total dilakukan dalam penelitian ini dari data pasien yang telah mengalami eksaminasi CT scan bagian abdomen. Data dosis radiasi pasien diperoleh dari dokumen yang terkumpul dari Departemen Radiologi di RS Prima Pekanbaru. Data tersebut diperoleh dari hasil eksaminasi CT scan tipe Asterion Multi (CXB 400 tube) bagian abdomen 20 pasien. Hasil analisa data menunjukkan nilai rata-rata SSDE untuk pasien laki-laki dan perempuan adalah 19,64 mGy dan 17,4 mGy dan nilai rata-rata dosis efektif total untuk pasien laki-laki dan perempuan adalah 12,63 mSv dan 9,16 mSv. Hasil data tersebut menunjukkan bahwa tingkat dosis radiasi yang diterima pasien berada dibawah ambang batas yang telah dievaluasi berdasarkan ketentuan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

Kata kunci: CT scan, Abdomen, Size specific dose estimate (SSDE), Dosis efektif

Diterima 30-04-2020 | Disetujui 16-05-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

CT scan merupakan kontributor penting dalam dunia medis paparan radiasi. Meskipun

kenyataannya hanya 6% dari total pemeriksaan radiologis menggunakan CT scan [1], setidaknya 64 juta CT scan dilakukan setiap tahunnya di Amerika Serikat dengan sekitar 4

juta diantaranya dilakukan pada anak-anak [2]. Hal tersebut perlu diperhatikan dampak yang timbul dari penggunaan *CT scan* untuk kedepannya.

Penggunaan piranti medis terdapat beberapa resiko yang harus diambil pasien ketika melakukan *CT scan*. Radiasi sinar-x yang digunakan dapat menyebabkan putusny rantai ganda DNA pada sel-sel pasien, yang dalam beberapa kasus mengarahkan pada induksi kanker pada pasien. Meningkatnya paparan radiasi menjadi gangguan bagi kesehatan masyarakat dalam penggunaan pada masa sekarang dan yang akan datang. Sehingga sangatlah penting untuk memastikan bahwa pasien yang melakukan *CT scan* terpapar dosis radiasi yang sesuai dengan ketahanan tubuh pasien [3].

Tingkat paparan radiasi dari proses *CT scan* dipengaruhi oleh sebagian sebab yang dapat di kontrol antaranya yaitu, besar arus dan tegangan eksposi yang dihasilkan, durasi rotasi yang dibutuhkan, *pitch* berbentuk heliks, ketebalan geometri irisan, waktu selama *scan* dan langkah ketergantungan dosis radiasi. SSDE merupakan parameter dosis yang memperhitungkan faktor geometrik ukuran tubuh pasien, metode estimasi dosis menggunakan SSDE yang mempertimbangkan ukuran pasien, merupakan teknik yang sangat tepat digunakan untuk memprediksi tingkat radiasi dari eksaminai *CT scan*, terutama bagi pasien anak-anak atau berusia balita [4]. Dosis efektif merupakan salah satu jenis dosis radiasi yang menjelaskan tentang resiko efek biologis yang dapat terjadi setelah terpapar radiasi.

Peggunaan metode lain untuk mengukur dosis serap dan tingkat penggunaan efektif pada pengguna yang melakukan eksaminasi oleh *CT scan* sangatlah diperlukan, hal ini dikarenakan tidak dilakukannya pengukuran kedua parameter diatas di beberapa rumah sakit di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode komputasi dengan pembuatan *coding* menggunakan bahasa pemrograman *Hypertext Preprocessor* (PHP) untuk menghitung dosis efektif pasien setelah melakukan *CT scan*.

TINJAUAN PUSTAKA

Kuantitas Dosimetri

Proses *CT scan* menggunakan parameter kuantitas dosimetri untuk mengetahui rata-rata dosis di daerah *scan*, dosis dari keseluruhan pemeriksaan dan resiko radiasi dari *CT scan* yang dilakukan. Saat ini kuantitas dosimetri atau parameter yang digunakan pada *CT scan* adalah $CTDI_{vol}$ dan DLP [5].

Volume Computed Tomography Dose Index (CTDI)

$CTDI_{vol}$ merupakan suatu konsep CTDI yang dikembangkan untuk *scan* yang dilakukan secara spiral, $CTDI_{vol}$ juga memperhitungkan faktor pergerakan meja atau *pitch* terhadap besar dosis serap. Secara matematis $CTDI_{vol}$ ditulis sebagai Persamaan (1) berikut:

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{Pitch} \quad (1)$$

dimana $CTDI_w$ merupakan CTDI yang memperhitungkan faktor perbedaan nilai dosis di permukaan phantom dan di tengah phantom (mGy).

Size Specific Dose Estimate (SSDE)

SSDE merupakan nilai dosis yang muncul setelah mempertimbangkan faktor ukuran tubuh pasien. Sehingga memungkinkan perhitungan dosis serap dan dosis efektif yang diterima pasien menjadi lebih akurat.

SSDE adalah hasil kali antara faktor konversi (f) dengan nilai $CTDI_{vol}$. Secara matematis SSDE ditulis sebagai berikut:

$$SSDE = f_{size}^{32x} \cdot CTDI_{vol}^{32} \quad (2)$$

dimana SSDE merupakan nilai dosis yang muncul dengan memperhitungkan faktor ukuran tubuh pasien (mGy). f merupakan faktor konversi [6].

Dose Length Product (DLP)

DLP merupakan jumlah dosis serap dari keseluruhan rangkaian *scan* yang dilakukan. DLP merupakan hasil kali antara nilai $CTDI_{vol}$ dan panjang *scan* (L). Secara matematis DLP ditulis sebagai berikut.

$$DLP = CTDI_{vol} \cdot L \quad (3)$$

dimana DLP merupakan jumlah dosis serap total dari *CT scan* yang dilakukan (mGy.cm). $CTDI_{vol}$ merupakan nilai estimasi dosis pasien akibat *CT scan* yang dilakukan yang telah memperhitungkan faktor *pitch* (mGy). L merupakan panjang daerah *scan* (cm) [6].

Dosis Efektif (E)

Bagian ini merupakan tingkat penggunaan yang muncul sebagai akibat pengaruh sensitif biologis yang memiliki sifat berbeda-beda. Besaran pada dosis efektif tersebut adalah Sievert atau mSv (pada radiodiagnostik). Perubahan biologis yang muncul sebagai akibat dari radiasi yang diberikan tidak hanya bergantung dari tingkat paparan radiasi yang sampai pada organ dan jaringan tubuh, namun bergantung juga dengan sensitivitas organ ataupun jaringan tubuh yang terpapar radiasi. Sehingga dosis efektif yang muncul pada *CT scan* bagian tubuh yang berbeda akan memberikan nilai dosis efektif yang berbeda pula. Secara matematis dosis efektif ditulis sebagai berikut:

$$E = H \cdot w_T \quad (4)$$

dimana E merupakan dosis efektif (Sv), H merupakan dosis ekivalen (Sv) dan w_T adalah faktor bobot jaringan [7].

XAMPP

XAMPP adalah suatu perangkat *software* yang bersifat *open source* atau bebas sebagai pendukung bagi banyak sistem operasi. XAMPP merupakan perangkat lunak yang terdiri dari susunan dari beberapa program

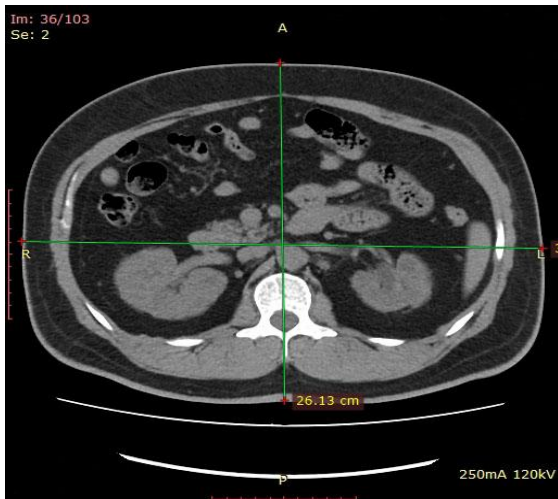
secara terintegrasi. Kegunaan utama XAMPP adalah digunakan dalam *server independent (localhost)*, yang tersusun atas beberapa program *Apache HTTP Server*, *MySQL database* dan terjemahan pada bahasa pemrograman yang dijalankan dalam program PHP dan *perl*. Bahasa pemrograman tersebut terdapat pada *General public license* atau *open access* (bebas) dan merupakan *web server* yang dapat mudah diterapkan dalam pengaturan tampilan pada jendela *web* yang bersifat dinamis.

Hypertext Preprocessor (PHP)

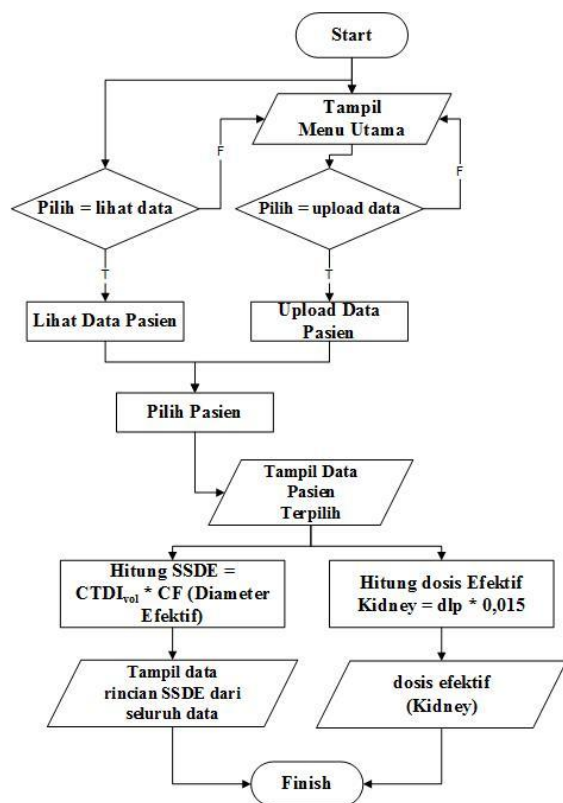
Bahasa pemrograman dalam mendirikan aplikasi *web* dapat menggunakan program *PHP*. Pemrograman tersebut dapat ditemukan secara bebas (*open source product*) yang dapat mengubah *source code PHP* [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data bersumber dari RS. PRIMA bagian Radiologi merupakan data sekunder hasil *imaging* dari *CT scan* bagian *abdomen* yang dilakukan pasien di rumah sakit tersebut. Adapun data yang didapatkan bersifat kuantitatif, data kuantitatif tersebut terdiri dari data pasien seperti umur, jenis kelamin, referensi dosis $CTDI_{vol}$ dan DLP serta hasil citra dari *CT scan* yang dilakukan. Metode dengan pendekatan retrospektif digunakan dengan melakukan penghimpun data tingkat penggunaan radiasi dari pasien dalam proses eksaminasi *CT scan abdomen* pada jenis alat model Asteion multi (CXB 400 tube) 32 *slice*. Laporan dari *dose report* menunjukkan keseluruhan data dosis pasien yang diterima dari *workstation CT scan*. Dosis yang diterima pasien yang melakukan eksaminasi *CT scan* dalam $CTDI_{vol}$ dan DLP. Diameter efektif (D_{eff}) dapat diprediksi melalui gambar SPR (*Scanned Projection Radiograph*) dengan Persamaan (3) setelah dilakukannya eksaminasi *CT scan* bagian *abdomen* [9] dengan ilustrasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengukuran diameter efektif berdasarkan dimensi Anterior Posterior (AP) dan dimensi Lateral (Lat).



Gambar 2. Flowchart program perhitungan SSDE dan dosis efektif dari eksaminasi CT scan bagian abdomen.

Flowchart program perhitungan nilai SSDE dan diameter efektif dari proses eksaminasi melalui CT scan bagian abdomen ditunjukkan oleh Gambar 2.

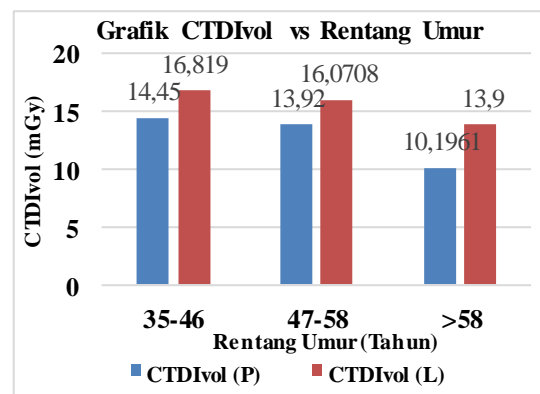
Perhitungan dosis efektif didapatkan dari perkalian antara koefisien konversi k dengan DLP seperti Persamaan (5) berikut [10, 11].

$$E = k \times DLP \quad (5)$$

dimana E merupakan dosis efektif dan koefisien konversi $k = 0,015$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keseluruhan data yang dianalisa pada penelitian diperoleh dari hasil CT scan bagian abdomen dari 20 pasien di RS. PRIMA Pekanbaru yang menjalani eksaminasi pada tahun 2019. Data pasien yang digunakan terdiri dari pasien laki-laki berjumlah 10 orang dan pasien perempuan 10 orang dengan 7 pasien berada pada rentang umur 35-46 dengan kategori dewasa produktif, 10 pasien berada pada rentang umur 47-58 dengan kategori dewasa non produktif dan 3 pasien berada pada rentang umur >58 dengan kategori manula. Hasil data $CTDI_{vol}$ terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien pada proses eksaminasi melalui CT scan bagian abdomen yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

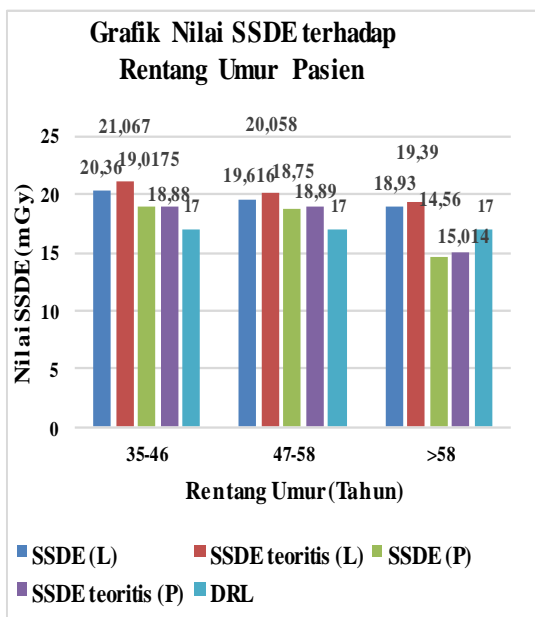


Gambar 3. Grafik nilai $CTDI_{vol}$ terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien pada eksaminasi CT scan bagian abdomen.

Gambar 3 menampilkan grafik nilai $CTDI_{vol}$ yang dihasilkan dari proses eksaminasi CT scan pada bagian abdomen dengan pengaruh rentang umur dan jenis kelamin pasien. Nilai $CTDI_{vol}$ berada pada rentang 10,19 mGy hingga 18,81 mGy. Nilai $CTDI_{vol}$ tertinggi adalah 16,819 mGy pada pasien dengan kategori umur 35-46 tahun dan berjenis kelamin laki-laki dan nilai $CTDI_{vol}$

terendah adalah 10,1961 mGy pada pasien dengan kategori umur >58 tahun dan berjenis kelamin perempuan. Grafik nilai $CTDI_{vol}$ terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien memiliki tren yang mana semakin tinggi umur pasien, maka nilai $CTDI_{vol}$ akan semakin rendah dan nilai $CTDI_{vol}$ pada pasien berjenis kelamin perempuan di seluruh rentang umur lebih kecil daripada pasien berjenis kelamin laki-laki. Perbedaan durasi rotasi dan tegangan (mAs) menyebabkan perbedaan nilai $CTDI_{vol}$ yang dihasilkan [12].

Nilai rata-rata $CTDI_{vol}$ yang diperoleh untuk pasien laki-laki dan perempuan masing-masing adalah 15,59 mGy dan 12,85 mGy. Nilai ini masih berada dibawah nilai ambang yang diperbolehkan dalam pemanfaatan radiasi dalam bidang medis yang diputuskan oleh BAPATEN. BAPATEN menyampaikan nilai ambang *Multiple Scan Average Dose* (MSAD) bagi pasien usia dewasa yang telah terjadi proses eksaminasi dalam *CT scan* pada bagian *abdomen* sebesar 25 mGy [13]. SSDE adalah prediksi tingkat penggunaan radiasi pasien yang menggunakan D_{eff} sebagai parameter yang mewakili ukuran pasien [9]. Gambar 4 menampilkan grafik nilai SSDE terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien.

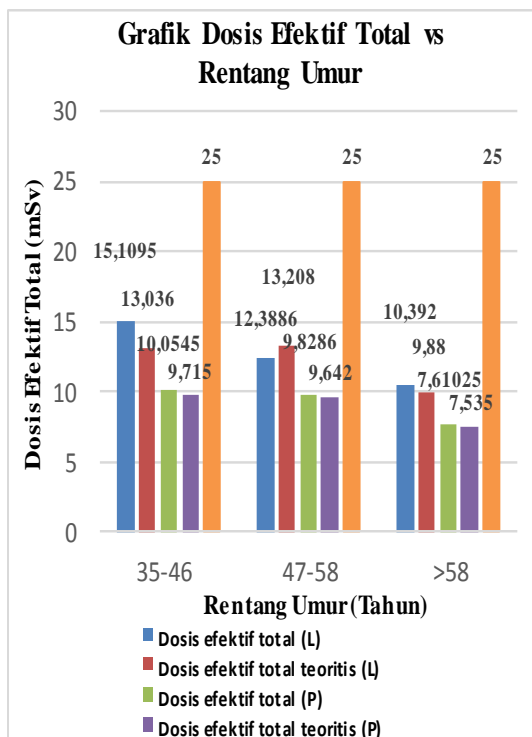


Gambar 4. Grafik nilai SSDE terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien pada eksaminasi *CT scan* bagian *abdomen*.

Gambar 4 menunjukkan nilai rata-rata SSDE bagi pasien laki-laki dan perempuan masing masing adalah 19,64 mGy dan 17,40 mGy. Nilai SSDE tertinggi terdapat pada pasien dengan kategori rentang umur 35-46 tahun dan berjenis kelamin laki-laki sebesar 20,36 mGy dan nilai SSDE terendah adalah 14,56 mGy yang merupakan nilai SSDE pasien dengan kategori rentang umur >58 dan berjenis kelamin perempuan. Nilai SSDE bervariasi untuk setiap kelompok rentang umur dan jenis kelamin pasien, namun tren yang mana semakin tinggi umur pasien, maka nilai SSDE akan semakin rendah. Hal ini diakibatkan oleh adanya perubahan dari nilai diameter efektif pasien yang mana semakin tinggi umur pasien, maka nilai diameter efektif pasien cenderung ikut menurun, yang menunjukkan adanya perubahan panjang eksaminasi *CT scan* menjadi lebih pendek, sehingga proses eksaminasi memerlukan waktu yang lebih cepat pada pasien dengan umur yang lebih tinggi [6]. Gambar 4 menunjukkan nilai SSDE dari seluruh sampel melebihi nilai *Diagnostic Reverence Level* (DRL) Indonesia pada tahun 2018 yang bernilai 17 mGy, namun hal ini tidak berarti bahwa proses eksaminasi yang dilakukan membahayakan pasien. Hal ini disebabkan nilai DRL tidak menggambarkan nilai ambang toleransi tubuh dalam menerima radiasi dari eksaminasi yang dilakukan, melainkan merupakan data rata-rata nilai $CTDI_{vol}$ yang merupakan parameter kuantitas dosis dari eksaminasi yang dilakukan. DRL merupakan cara untuk meningkatkan pertahanan (*protection*) dan pencegahan pancaran radiasi berlebihan pada [14].

Nilai dosis efektif total dari proses eksaminasi *CT scan* bagian *abdomen* didapat dari Persamaan (2). Hubungan antara dosis efektif total terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien ditampilkan pada Gambar 5. Gambar tersebut menampilkan grafik hubungan antara dosis efektif total eksaminasi *CT scan* bagian *abdomen* terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien. Nilai rata-rata dosis efektif atau tingkat penggunaan dari

paparan radiasi untuk pasien laki-laki dan perempuan masing-masing adalah 12,63 mSv dan 9,16 mSv. Dosis efektif total tertinggi bernilai 15,10 mSv pada kategori pasien dengan rentang umur 35-46 tahun dan jenis kelamin laki-laki, dan nilai dosis efektif organ ginjal terendah bernilai 7,61 mSv pada kategori pasien dengan rentang umur >58 tahun dan jenis kelamin perempuan. Berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditetapkan oleh BAPETEN, hasil tersebut masih berada dibawah standar dan penggunaan *CT scan* tersebut dapat digunakan dalam medis. Nilai ambang MSAD yang ditetapkan BAPETEN adalah 25 mSv bagi pasien usia dewasa yang telah mengalami proses eksaminasi *CT scan* pada bagian *abdomen* [13]. Setiap rentang umur dan jenis kelamin pasien memiliki nilai dosis efektif total yang berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan panjang *scan* yang merupakan faktor biologis pasien, perbedaan panjang *scan* [12]. arus tabung (mAs) dan penggunaan metode modulasi arus tabung.



Gambar 5. Grafik nilai dosis efektif total terhadap rentang umur dan jenis kelamin pasien pada eksaminasi *CT scan* bagian *abdomen*.

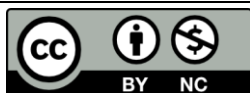
KESIMPULAN

Hasil analisa data yang diperoleh mendapatkan nilai rata-rata dari $CTDI_{vol}$, SSDE, dan dosis efektif lebih rendah dibawah nilai ambang yang ditentukan oleh BAPATEN. Nilai rata-rata $CTDI_{vol}$, untuk pasien laki-laki dan perempuan masing-masing adalah 15,59 mGy dan 12,85 mGy. Nilai rata-rata SSDE untuk pasien laki-laki dan perempuan masing-masing adalah 19,64 mGy dan 17,40 mGy. Nilai rata-rata dosis efektif untuk pasien laki-laki dan perempuan masing-masing adalah 12,63 mSv dan 9,16 mSv. Variasi nilai $CTDI_{vol}$, SSDE dan dosis efektif total disebabkan oleh pengaruh faktor panjang scan, perbedaan metode ekdaminasi antara pasien dengan jenis kelamin berbeda, arus tabung (mAs) dan waktu rotasi.

REFERENSI

1. Charles, M. (2001). UNSCEAR Report 2000: Sources and effects of ionizing radiation. *Journal of Radiological Protection*, **21**(1), 83-85.
2. Brenner, D. J. & Hall, E. J. (2007). Computed tomography: An increasing source of radiation exposure. *The New England Journal of Medicine*, **357**(22), 2277-2284.
3. Franck, C., Vandevoorde, C., Goethals, I., Smeets, P., Achten, E., Verstraete, K., Thierens, H., & Bacher, K. (2016). The role of Size-specific dose estimate (SSDE) in patient-specific organ dose and cancer risk estimation in paediatric chest and abdominopelvic CT examinations. *European Radiology*, **26**, 2646–2655.
4. Imai, R., Miyazaki, O., Horiuchi, T., Kurosawa, H., & Nosaka, S. (2014). Local diagnostic reverence level based on size-specific dose estimate; Assessment of pediatric abdominal/pelvic computed tomography at japanese national children's hospital. *Pediatric Radiology*, **45**, 343-353.
5. Bongartz, T., Halligan, C. S., Osmon, D.

- R., Reinalda, M. S., Bamlet, W. R., Crowson, C. S., Hanssen, A. D., & Matteson, E. L. (2004). Incidence and risk factors of prosthetic joint infection after total hip or knee replacement in patients with rheumatoid arthritis. *Journal of US National Library of Medicine National Institute of Health Arthritis Rheum*, **59**(12), 1713-1720.
6. Boone, J. M. (2011). Reply to "Comment on the 'Report of AAPM TG 204: Size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations'" [AAPM Report 204, 2011]. *Medical Physics*, **39**(7), 4615-4616.
 7. Podgoršak, E. B. (2016). *Graduate Texts in Physics: Radiation Physics for Medical Physicists*. Canada: Springer.
 8. Raharjo, B. (2011). *Pemrograman web dengan PHP dan oracle*. Bandung: Informatika.
 9. Anam, C., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I., & Dougherty, G. (2016). A fully automated calculation of size specific dose estimate (SSDE) in thoracic and head CT examination. *Journal of Physics: Conference Series*, **694**(1), 1-6.
 10. Saltybaeva, N., Jafari, M. E., Hupfer, M., & Kalender, W. A. (2014). Estimates of effective dose for CT scans of the lower extremities. *Radiology*, **273**(1), 153-159.
 11. Thomas, B., Shope, T. B., Gagne, R. M., & Johnson, G. C. (1981). A method for describing the doses delivered by transmission x-ray computed tomography. *Medical Physics*, **8**(4), 488-495.
 12. Ibrahim, A. A., Abdullah, B., & Halide, H. (2018). Estimasi dosis efektif pasien bagian abdomen dari hasil pemeriksaan CT scan merek Siemens SAMATOM. *Quantum: Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika*, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 648-652.
 13. Hiswara, E. (2015). *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Jakarta: Batan Press.
 14. Radhany, S. & Intanung, S. (2014). Proteksi radiasi pasien pada pemeriksaan CT scan. *Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2014*, BAPETEN, Jakarta, 20-24.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ANALISA KEDALAMAN AIR PANAS MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI OBJEK WISATA AIR PANAS PAWAN

Cici Sang Putri, Usman Malik*

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: usman.malik@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Hot water depth analysis have been carried out using the Schlumberger Configuration geoelectric method. This research investigatis subsurface conditions by analyzing the resistivity value. The study was conducted at the Pawan Hot Spring tourism object, Rokan Hulu, Riau using the Schlumberger rule which is brought closer to 2 track points with a length of 90 meters each. Measurment data were processed using Progress Software and the resistivity values obtained at Line I 100,83 – 63,54 Ohm.m with depths of 0,00 – 46 m and at Line II 146,73 – 239,71 Ohm.m with depths of 0,00 – 33 m. The interpretation result of the two tracks obtained that the hot water flow in Line I is in the sand layer with resistivity values 95,28 Ohm.m and 63,54 Ohm.m at depths of 3,77 – 46 m. Line II is found in the sandy clay layer with a resistivity value of 1,05 Ohm.m at depth of 3,56 – 3,66 m.

Keywords: Hot water, Geoelectric, Schlumberger configuration

ABSTRAK

Telah dilakukan analisa kedalaman air panas menggunakan metode geolistrik Konfigurasi Schlumberger. Metode ini mempelajari tentang keadaan bawah permukaan dengan menganalisa nilai resistivitasnya. Penelitian dilakukan di objek wistata Air Panas Pawan, Rokan Hulu, Riau menggunakan aturan Schlumberger yang didekatkan pada 2 titik lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 90 meter. Data hasil pengukuran diolah menggunakan Software Progress dan diperoleh nilai resistivitas pada Lintasan I 110,83 – 63,54 Ohm.m dengan kedalaman 0,00 – 46 m dan pada Lintasan II 146,73 – 239,71 Ohm.m dengan kedalaman 0,00 – 33 m. Hasil interpretasi kedua lintasan dipeoleh bahwa aliran air panas pada Lintasan I terdapat pada lapisan pasir dengan nilai resistivitas 95,28 Ohm.m dan 63,54 Ohm.m pada kedalaman 3,77 – 46 m, sedangkan Lintasan II terdapat pada lapisan lempung pasir dengan nilai resistivitas 1,05 Ohm.m pada kedalaman 3,56 – 3,66 m.

Kata kunci: Air panas, Geolistrik, Konfigurasi Schlumberger

Diterima 07-05-2020 | Disetujui 16-05-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Gugusan kepulauan di Indonesia merupakan hasil tumbukan dari tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng India-Australia dan Lempeng Eurasia. Kondisi ini berdampak besar terhadap kelangsungan hidup di atasnya, salah satunya yaitu terdapatnya sumber energi panas bumi. Energi panas bumi merupakan suatu sumber energi panas yang dihasilkan dari proses magmatisasi

dan disimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi. Sistem panas bumi yang berlaku di Indonesia adalah sistem hidrotermal yang berasal dari air meteorik yang masuk melalui daerah resapan dan adanya rekahan-rekahan maupun celah batuan sehingga air terakumulasi dalam reservoir. Elemen dasar penyusun panas bumi di antaranya, yaitu ketersediaan sumber panas, batuan reservoir permeabel dan terdapat fluida yang membawa aliran panas. Pembentukan suatu sistem panas

bumi tidak terlepas dari proses perpindahan panas, yaitu perpindahan panas konduksi dan perpindahan panas konveksi.

Perpindahan panas konduksi di bawah permukaan bumi terjadi ketika panas merambat dari suatu sumber panas menuju ke batuan di kerak bumi. Air dengan kecenderungannya yang selalu bergerak ke bawah akibat gaya gravitasi akan kontak dengan suatu sumber panas sehingga terjadi perpindahan panas yang mengakibatkan temperatur air menjadi lebih tinggi dan massa jenis air berkurang sehingga air dengan temperatur lebih tinggi bergerak ke atas dan tempatnya akan digantikan oleh air dingin karena massa jenisnya yang lebih besar [1].

Gas dan mata air panas yang munculkan di permukaan menandakan adanya potensi panas bumi hidrotermal berupa air panas yang terdapat dalam batuan dengan tingkat porositas dan permeabilitas tinggi yang mempunyai karakteristik berupa nilai resistivitasnya yang rendah [2]. Salah satu contoh kemunculannya yaitu ditemukannya mata air panas di daerah Pawan, Rambah, Rokan Hulu yang menandakan adanya potensi sumber panas bumi di lokasi tersebut.

Identifikasi susunan litologi di area panas bumi sangat diperlukan untuk mengetahui kedalaman, tahanan jenis atau resistivitas, dan jenis batuan yang dapat menjadi acuan dan bermanfaat dalam mengembangkan studi lanjutan dalam bidang geotermal. Untuk mengidentifikasi susunan lapisan bawah permukaan maka dapat diaplikasikan metode geofisika, salah satunya dengan metode geolistrik resistivitas.

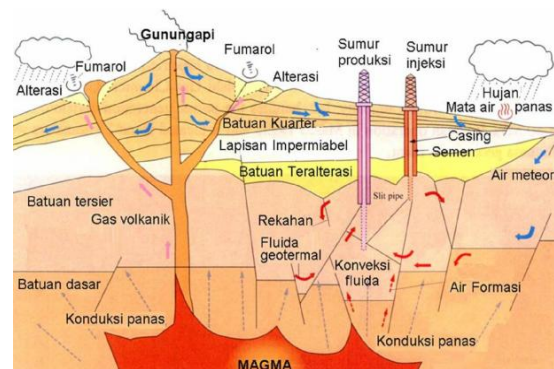
TINJAUAN PUSTAKA

Pembentukan Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi secara konseptual terbentuk akibat interaksi antar lempeng tektonik. Lempeng-lempeng tektonik dapat bergerak saling menjauh (divergen) sementara di beberapa tempat lainnya lempeng tektonik saling mendekat (konvergen) yang

mengakibatkan lempeng lain diantaranya akan menunjam ke bawah akibat perbedaan densitas lapisan [3]. Lempeng tektonik dengan densitas lebih besar akan menunjam dan hancur akibat suhu sangat tinggi dalam lapisan astenosfer dan panas saat mengalami gesekan.

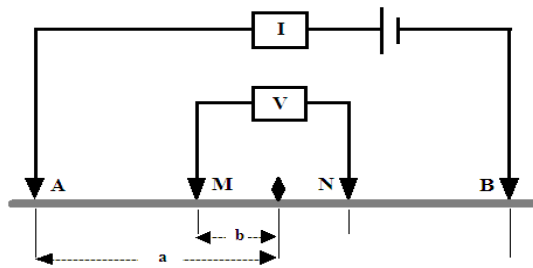
Bumi terdiri dari rekahan dan patahan sehingga air dapat masuk ke dalam pori-pori batuan. Air lalu bergerak masuk melalui celah-celah hingga sampai pada suatu sumber panas. Ketika air sampai pada sumber panas maka temperatur air akan meningkat yang diikuti dengan peningkatan volume juga tekanan. Fluida panas akan mencari celah jalan keluar dengan menekan batuan sekitar untuk melepaskan tekanan, karena tekanannya lebih tinggi dibandingkan tekanan di permukaan maka fluida akan bergerak naik melalui celah-celah. Fluida akan muncul di permukaan sebagai bentuk manifestasi seperti mata air panas, geyser, silika sinter dan manifestasi lainnya.



Gambar 1. Model konseptual sistem panas bumi [4].

Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger

Geolistrik didasarkan pada parameter hambatan jenis untuk mengetahui keadaan bawah permukaan berdasarkan jenis material dan kondisi fisis bawah permukaan. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data resistivitas yang ada di bawah permukaan secara vertikal. Oleh sebab itu, konfigurasi yang digunakan yaitu Konfigurasi Schlumberger dengan susunan elektroda seperti Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian elektroda Konfigurasi Schlumberger [5].

Syarat penentuan jarak AB dan MN diketahui melalui prinsip Konfigurasi Schlumberger, di mana secara teoritis jarak MN tidak berubah, namun karena keterbatasan ketelitian alat ukur, maka jarak MN diubah ketika jarak AB sudah relatif besar dengan syarat bahwa perubahan maksimal jarak MN adalah 1/5 dari jarak AB [6]. Nilai resistivitas yang didapatkan berupa nilai resistivitas semu (ρ_a), yaitu resistivitas yang diperoleh dari bumi yang dianggap memiliki lapisan homogen. Nilai ρ_a dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan faktor geometri Konfigurasi Schlumberger:

$$K_s = \pi \left(\frac{a^2 - b^2}{2b} \right) \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimen lapangan. Data diambil di 2 titik lintasan berbeda di sekitar lokasi objek wisata Air Panas Pawan, Rokan Hulu. Langkah-langkah pengambilan data geolistrik adalah sebagai berikut.

1. Mengukur panjang lintasan yang akan diteliti.
2. Menentukan titik tengah dari total panjang lintasan sebagai titik acuan dimulainya pengukuran.
3. Menentukan posisi (koordinat) setiap lintasan pengukuran menggunakan GPS.
4. Tancapkan elektroda-elektroda arus dan potensial dengan aturan Schlumberger pada

jarak terpendek yang direncanakan, yaitu jarak elektroda potensial (MN) 0,4 meter dan jarak elektroda arus (AB) 2 meter.

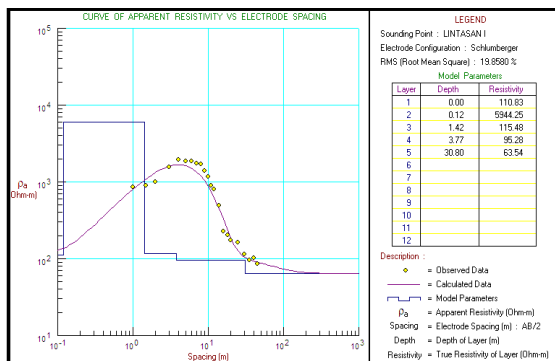
5. Menghubungkan kabel-kabel pada elektroda arus dan elektroda potensial lalu menghubungkannya ke alat resistivitymeter.
6. Menghubungkan resistivitymeter ke sumber arus (aki), kemudian mencatat kuat arus dan beda potensial yang terukur.
7. Pindahkan elektroda arus namun elektroda potensial tetap, pada jarak yang telah ditentukan sebelumnya.
8. Lakukan hal yang sama pada lintasan berikutnya seperti pada lintasan pertama dengan mengatur spasi antara elektroda arus dan elektroda potensial.

Hasil pengukuran yang didapat berupa jarak elektroda arus, jarak elektroda potensial, nilai beda potensial, dan kuat arus untuk selanjutnya diolah menggunakan program *Excel* untuk menghitung nilai resistivitas semu dengan persamaan (1) dan faktor geometri dengan persamaan (2). Data yang telah diolah menggunakan *Excel* kemudian diinput ke *Software Progress* dengan memasukkan nilai $AB/2$ dan resistivitasnya. Setelah diolah menggunakan *Progress* maka akan muncul nilai resistivitas sebenarnya serta informasi kedalaman setiap lapisan. Berdasarkan nilai tersebut, dapat ditentukan struktur lapisan bawah permukaannya dengan membandingkan nilai resistivitas yang didapat dengan nilai resistivitas standar.

HASIL DAN PEMBAHAN

Data yang digunakan pada penelitian merupakan data hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas Konfigurasi Schlumberger. Pemodelan 1-D menggunakan *Software Progress* untuk menentukan resistivitas sebenarnya, kedalaman dan ketebalan serta pendugaan litologi bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas dan informasi geologi setempat. Daerah penelitian tersusun dari Formasi Telisa dan Tms. Data interpretasi

geolistrik dari dua lintasan dipaparkan sebagai berikut.

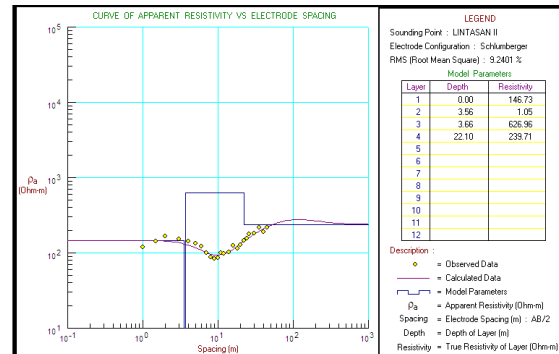


Gambar 3. Kurva lapisan Lintasan I.

Data interpretasi Lintasan I menunjukkan terdapat 5 lapisan dengan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan berkisar dari 110,83 Ohm.m – 63,54 Ohm.m. Lapisan dengan nilai resistivitas 110,83 Ohm.m dari permukaan hingga kedalaman 0,12 m diinterpretasikan sebagai lapisan lempung lanauan. Nilai resistivitas 5944,25 Ohm.m pada kedalaman 0,12 m – 1,42 m diinterpretasikan sebagai batu pasir. Nilai resistivitas 115,48 Ohm.m pada kedalaman 1,42 m – 3,77 m diinterpretasikan merupakan campuran pasir dan kerikil. Lapisan selanjutnya adalah lapisan pasir dengan nilai resistivitas 95,28 Ohm.m pada kedalaman 3,77 m – 30,80 m, dan lapisan terakhir dengan nilai resistivitas 63,54 Ohm.m pada kedalaman 30,80 m – 46 m juga diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan pasir ini diduga sebagai pembawa lapisan aliran air panas yang ditandai dengan nilai resistivitas yang kecil.

Data interpretasi Lintasan II menunjukkan terdapat 5 lapisan dengan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan berkisar dari 146,73 Ohm.m – 239,71 Ohm.m. Lapisan dengan nilai resistivitas 146,73 Ohm.m dari permukaan hingga kedalaman 3,56 m diinterpretasikan sebagai lapisan lempung lanauan. Nilai resistivitas 1,05 Ohm.m pada kedalaman 3,56 m – 3,66 m diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir dan diduga adanya pengaruh aliran air panas pada lapisan ini. Nilai resistivitas 626,96 Ohm.m pada kedalaman 3,66 m – 22,10 m diinterpretasikan sebagai

campuran pasir dan kerikil. Lapisan selanjutnya adalah lapisan pasir dengan nilai resistivitas 239,71 Ohm.m pada kedalaman 22,10 m – 33 m diduga merupakan akuifer air tanah.

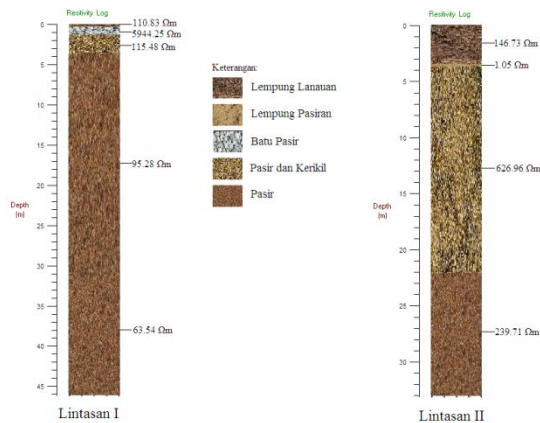


Gambar 4. Kurva lapisan Lintasan II.

Pada lintasan I terdapat anomali resistivitas di lapisan kedua dengan nilai resistivitas yang cukup besar, yaitu 5944,25 Ohm.m pada kedalaman 0,12 m – 1,42 m dengan ketebalan 1,3 m. Lapisan ini diduga berupa bongkahan batu pasir yang diperkuat dengan hasil uji laboratorium sampel batuan. Secara keseluruhan data yang diperoleh pada Lintasan I ada kecenderungan bahwa nilai resistivitas menurun sesuai dengan kedalamannya. Hal ini menandakan adanya aktivitas hidrotermal, dimana semakin kecil nilai resistivitas maka konduktivitas suatu bahan semakin besar. Pada Lintasan II terdapat anomali resistivitas yang sangat kecil pada lapisan kedua, yaitu 1,05 Ohm.m pada kedalaman 3,56 m – 3,66 m dengan ketebalan 0,1 m yang diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir. Resistivitas yang kecil diduga merupakan pengaruh dari adanya aliran air panas pada lapisan tersebut, hal ini diperkuat dengan lokasi pengambilan data Lintasan II yang bersebelahan langsung dengan kolam air panas. Sementara lapisan pasir dengan resistivitas 239,71 Ohm.m pada kedalaman 22,20 m – 33 m dengan ketebalan 10,9 m diduga bukan dipengaruhi oleh aktivitas hidrotermal namun sebagai lapisan pembawa air tanah (akuifer).

Pada Gambar 5 baik Lintasan I maupun Lintasan II terlihat bahwa lapisan pembawa air panas tersebut tidak kontinu antara yang satu

dengan yang lain. Hal itu diduga karena adanya rekahan pada batuan penyusun bawah permukaan, sehingga air panas akan mengalir melalui rekahan-rekahan tersebut dan akan tertahan di satu tempat apabila pada lapisan tersebut mampu menyimpan air.



Gambar 5. Penampang lapisan Lintasan I dan Lintasan II.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aliran air panas pada Lintasan I terdapat pada lapisan pasir dengan nilai resistivitas 95,28 Ohm.m dan 63,54 Ohm.m pada kedalaman 3,77 m – 46 m. Lintasan II terdapat pada lapisan lempung pasiran dengan nilai resistivitas 1,05 Ohm.m pada kedalaman 3,56 m – 3,66 m.

REFERENSI

1. Shofa, M., Udi, M., & Sugeng, W. (2014). Interpretasi pola aliran fluida panas bumi dengan metode spontaneous-potential (sp) dan suhu permukaan dangkal di lereng utara gunung Telemoyo Kabupaten Semarang. *Youngster Physics Journal*, **3**(2), 119-128.
2. Basid, A., Nita, A., & Sofi, A. (2014). Pendugaan reservoir panas bumi dengan menggunakan survey geolistrik resistivitas dan self potential (Studi kasus: Daerah manifestasi panas bumi di desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep). *Jurnal Neutrino*, **7**(1), 57-70.
3. Saptadji, M. N. (2009). *Karakterisasi reservoir panas bumi*. Bandung: ITB.
4. Putrohari, D. R. (2009). Limbah Panas Bumi Mengandung Emas. Diakses pada 12 Januari 2020, URL: <http://rovicky.wordpress.com/2009/12/30/limbah-panas-bumi-mengandung-emas/>.
5. Telford, W. M. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge: University Press Cambridge.
6. Broto, S. & Rohima, S. A. (2008). Pengolahan data geolistrik dengan metode Schlumberger. *Teknik*, **29**(2), 120-128.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ANALISA SIFAT MAGNETIK DAN IDENTIFIKASI KANDUNGAN PASIR SUNGAI KAMPAR PROVINSI RIAU

William Handerson*, Salomo Sinuraya

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: williamhandersonsidabalok9818@gmail.com

ABSTRACT

Research on the Analysis of Magnetic Properties and Content Identification of kampar River Sand Riau Province has been carried out. Sand samples taken in the Kampar River were then taken to University of Riau instrumentation and magnetization laboratory to dry first, after which magnetic mineral separation was carried out using an Iron Sand Separator (ISS). The next sample was measured its magnetic induction value using 2500 winding solenoids with currents (200, 400, 600, 800, 1000) mA with a fixed distance of 1 mm. The results showed that the magnetic susceptibility value for sand samples at point C was the highest value followed by the location of point B and point A with successive values of $13,767.96 \times 10^{-5}$, $8,508.48 \times 10^{-5}$, and $8.008.10 \times 10^{-5}$, and this value is included in the anti-ferromagnetic Ilminite ($FeTiO_3$) interval with a range of values $(220-380000) \times 10^{-5}$. The results of the mass susceptibility value for the concentrate show that sand at the location of point C is the highest value followed by locations of points B and A with values of $13,969.70 \times 10^{-8} m^3/kg$, $9,482.71 \times 10^{-8} m^3/kg$, and $6,441.25 \times 10^{-8} m^3/kg$, and this value is included in the inter ferromagnetic $FeTiO_3$ interval with a range of values $(46-8000) \times 10^{-8} m^3/kg$. X-Ray Fluorescence (XRF) test results for the Fe element have increased after ISS. Sand which is at point B has a greater percentage, followed by the locations of points A and C with values respectively 17.265%, 11.386% and 10.952%.

Keywords: River sand, Magnetic susceptibility, Mass susceptibility, X-ray fluorescence (XRF)

ABSTRAK

Penelitian tentang analisa sifat magnetik dan identifikasi kandungan pasir sungai Kampar Provinsi Riau telah dilakukan. Sampel pasir diambil di Sungai Kampar lalu dibawa ke Laboratorium instrumentasi dan kemagnetan Universitas Riau untuk dikeringkan terlebih dahulu, setelah itu dilakukan pemisahan mineral magnetik dengan menggunakan Iron Sand Separator (ISS). Sampel selanjutnya diukur nilai induksi magnetik nya menggunakan solenoid 2500 lilitan dengan arus (200, 400, 600, 800, 1000) mA dengan jarak tetap 1 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik untuk sampel pasir yang berada pada titik C merupakan nilai paling tinggi diikuti lokasi titik B dan titik A dengan nilai berturut-turut $13.767,96 \times 10^{-5}$, $8.508,48 \times 10^{-5}$, dan $8.008,10 \times 10^{-5}$, dan nilai ini termasuk dalam interval Ilminite ($FeTiO_3$) antiferromagnetik dengan rentang nilai $(220-380000) \times 10^{-5}$. Hasil nilai suseptibilitas massa untuk konsentrat menunjukkan pasir di lokasi titik C merupakan nilai paling tinggi diikuti lokasi titik B dan A dengan nilai berturut-turut $13.969,70 \times 10^{-8} m^3/kg$, $9.482,71 \times 10^{-8} m^3/kg$ dan $6.441,25 \times 10^{-8} m^3/kg$, dan nilai ini masuk dalam interval $FeTiO_3$ antiferromagneti dengan rentang nilai $(46-8000) \times 10^{-8} m^3/kg$. Hasil uji X-Ray Fluorescence (XRF) untuk elemen Fe mengalami peningkatan setelah di lakukan ISS. Pasir yang berada di titik B memiliki persentase lebih besar, diikuti lokasi titik A dan C dengan nilai berturut-turut adalah 17,265%, 11,386% dan 10,952%.

Kata kunci: Pasir sungai, Suseptibilitas magnetik, Suseptibilitas massa, X-ray fluorescence (XRF)

Diterima 14-05-2020 / Disetujui 10-06-2020 / Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Sungai Kampar merupakan salah satu sungai yang berada di Riau yang memiliki sumber daya alam yang sangat penting bagi masyarakat setempat, salah satunya di manfaatkan sebagai eksploitasi penambangan material pasir alam sebagai keperluan bahan pembangunan kebutuhan hidup manusia.

Pasir sungai atau pasir alam adalah mineral magnetik atau mineral endapan/ sedimen yang memiliki ukuran butir 0.074 – 0.075 mm, dan ukuran kasar sekitar (5 – 3 mm) dengan halus sekitar (<1 mm). Perbedaan karakter fisik dari kandungan mineral pasir sungai seperti elemen Fe, Ti, Mg, dan Si mungkin terjadi akibat perbedaan lokasi endapan [1].

Pada umumnya pasir sungai yang ditemukan dialam mengandung ferit sebesar 53,89-60,23% berupa *Hematit* ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan *Maghemit* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dapat diperoleh dengan proses oksidasi pasir sungai pada temperature 300°C sedangkan $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dapat diperoleh dengan temperature 700-800°C [2]. Selain $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ juga ditemukan berupa *Magnetit* (Fe_3O_4) [3]. Fe_3O_4 adalah salah satu mineral yang paling dominan pada pasir sungai yang memiliki ciri berwarna hitam, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki ciri berwarna merah, dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki ciri berwarna kecoklatan [4].

Pasir sungai merupakan kekayaan alam Indonesia yang jumlahnya sangat melimpah dan dimanfaatkan sebagai bahan baku utama industri baja dan industri alat berat lainnya sehingga keberadaannya sangat penting [5].

TINJAUAN PUSTAKA

Medan Magnet

Magnet mempunyai kemampuan menarik benda lain seperti besi dan baja serta campuran logam untuk mendekat kearahnya sendiri. Kata magnet berasal dari kata magnesia. Kata magnesia merupakan nama salah satu tempat di Asia kecil, dimana di tempat itu ditemukan

sejenis batu yang dapat menarik benda seperti besi, baja atau campuran logam lainnya.

Suseptibilitas Magnetik

Material dan unsur yang ada di alam semesta ini adalah magnetik, tetapi sifat magnetik dari material ini berbeda-beda tergantung responnya terhadap medan magnet yang diberikan. Ukuran dari respon material pada medan magnetik luar yang digunakan disebut dengan suseptibilitas magnetik (χ_m).

χ_m dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara magnetisasi (M) dengan intensitas magnet (H). Secara matematis rumusannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\chi_M = \frac{M}{H} \quad (1)$$

Suseptibilitas juga merupakan besaran skalar tanpa dimensi yang berperan pada pengelompokan unsur [6]. Suseptibilitas juga dapat ditulis seperti berikut:

$$\chi_M = \frac{B_T - B_0}{B_0} \quad (2)$$

dimana B_T adalah nilai dari induksi magnetik sedangkan B_0 adalah nilai dari induksi magnetik solenoid tanpa inti.

Suseptibilitas Massa

Suseptibilitas massa adalah nilai dari perbandingan antara suseptibilitas magnetik dengan nilai rapat massa pada sampel. Nilai ini dapat diperoleh apabila volume serta massa sampel diketahui. Persamaan rapat massa dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (3)$$

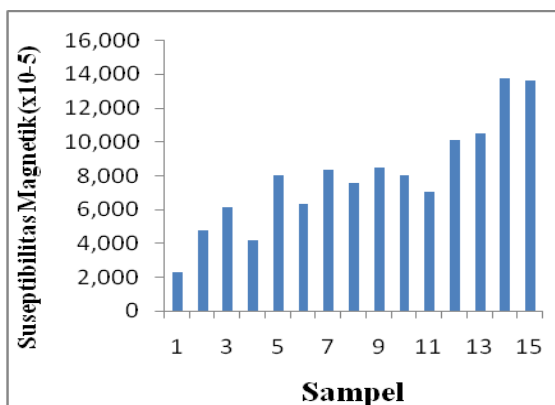
Sehingga diperoleh suseptibilitas massa dan dapat kita tulis persamaannya secara matematis sebagai berikut:

$$\chi_{mass} = \frac{\chi_M}{\rho} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menentukan sifat magnetik serta kandungan pasir sungai kampar Provinsi Riau yaitu dengan menggunakan XRF. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari pasir Sungai Kampar, Provinsi Riau. Sampel terdiri dari 3 titik, yaitu A, B dan C, Setiap titik terdapat 5 sampel dengan jarak masing-masing sampel 50 meter. Massa sampel diambil sebanyak 10 kilogram disetiap titik. Sampel dikeringkan di bawah sinar matahari dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan air yang ada pada pasir agar mempermudah proses pemisahan partikel magnetik dan non magnetiknya. Sampel yang sudah kering selanjutnya dipisahkan menggunakan ISS. Sampel yang telah dipisah menggunakan ISS dan yang tidak dipisah dengan ISS di ukur nilai induksi magnetik dan suseptibilitas magnetiknya menggunakan probe pasco PS-2162 dengan arus bervariasi dan jarak tetap 1 mm, kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan XRF.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Nilai suseptibilitas magnetik pasir sungai sebelum dipisah menggunakan ISS.

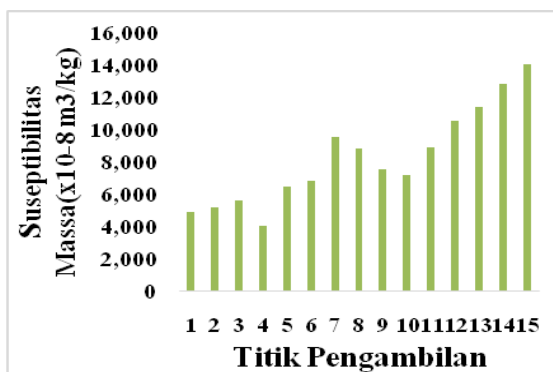
Nilai suseptibilitas magnetik pasir sungai sebelum pemisahan menggunakan ISS dari setiap sampel menunjukkan bahwa nilainya berada pada interval $2.262,5 \times 10^{-5}$ hingga $13.631,74 \times 10^{-5}$. Ditinjau dari suseptibilitas magnetik pasir sungai sebelum dipisahkan dengan ISS, nilai suseptibilitas magnetik

tertinggi berasal dari titik C yaitu pada sampel 14, kemudian diikuti titik B yaitu pada sampel 9 dan terakhir pada titik A dengan sampel 5. Hasil ini ditampilkan pada Gambar 1. Hal tersebut termasuk ke dalam interval FeTiO_3 (antiferromagnetik) dimana memiliki rentang nilai $(220-380000) \times 10^{-5}$ [7].

Nilai suseptibilitas magnetik pasir sungai yang telah dilakukan pemisahan dengan menggunakan ISS dari setiap titiknya menunjukkan bahwa nilainya berada pada interval $6.281,06 \times 10^{-5}$ hingga $17.182,75 \times 10^{-5}$. ditinjau dari suseptibilitas magnetik pasir sungai setelah dipisahkan dengan ISS, nilai suseptibilitas magnetik tertinggi berada pada titik C yaitu pada konsentrasi 15, di ikuti dengan titik B yaitu pada konsentrasi 9 dan terakhir pada titik A dengan konsentrasi 5. Nilai untuk suseptibilitas magnetik setelah di ISS mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai suseptibilitas magnetik sebelum di lakukan ISS, walaupun kedua nilai tersebut termasuk kedalam interval ilminite FeTiO_3 anti Ferromagnetik, yang memiliki rentang nilai $(220-380000) \times 10^5$. Meningkatnya nilai suseptibilitas magnetik setelah dilakukan proses ISS disebabkan karena mineral magnetik dan non magnetik telah terpisah menggunakan mesin ISS, sehingga yang tersisa adalah mineral magnetik [8].

Suseptibilitas Massa Setelah Pemisahan Menggunakan Iron Sand Separator (ISS)

Data perhitungan nilai χ_{massa} setelah di lakukan pemisahan menggunakan ISS memperlihatkan Grafik perbandingan nilai suseptibilitas massa pada setiap masing-masing konsentrasi, dimana Nilai suseptibilitas massa berada pada interval $4.869,03 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ hingga $13.969,70 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas massa pasir sungai konsentrasi 1, 2, 3, 4 sampai 15 secara keseluruhan termasuk ke dalam interval FeTiO_3 (antiferromagnetik) dimana mineral magnetik ilminite memiliki rentang nilai $(46-8000) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$.



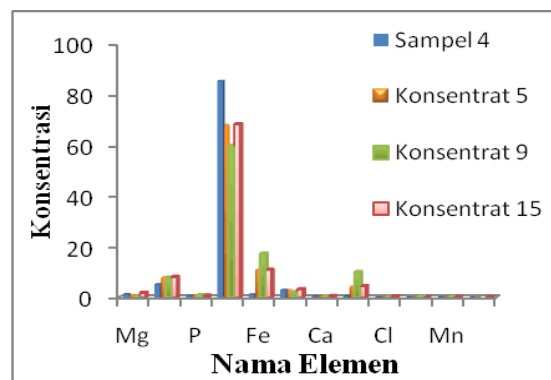
Gambar 2. Grafik nilai suseptibilitas massa pasir Sungai setelah dilakukan pemisahan dengan ISS.

Identifikasi Kandungan Pasir Sungai Menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF)

Identifikasi XRF dilakukan untuk mengetahui kandungan atau komposisi dari pasir sungai yang berasal dari Sungai Kampar Provinsi Riau. Identifikasi XRF dilakukan di Laboratorium Instrumen Kimia Universitas Negeri Padang. Analisis dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk mengetahui jenis unsur yang terkandung dalam bahan, sedangkan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsure dalam bahan [8]. Hasil yang diidentifikasi dengan XRF ada 4 buah yaitu 1 sampel (sampel 4) dan 3 konsentrat (5, 9, 15) dengan χ_m tertinggi. Sampel 4 sendiri berada pada titik A, dan untuk konsentrat 5 yang berada pada titik A juga, konsentrat 9 yang berada pada titik B dan konsentrat 15 yang berada pada titik C.

Perbandingan hasil uji XRF dilakukan pada sampel 4 dan konsentrat 5, 9, 15. Hasil identifikasi perbandingan nya pada Gambar 3. Perhatikan bahwa elemen Si pada sampel 4 memiliki persentase paling tinggi dikarenakan sampel 4 tidak dilakukan proses ISS sehingga elemen lainnya masih bercampur satu sama lain. Untuk elemen Fe mengalami peningkatan terutama pada konsentrat 9 yang merupakan lokasi titik B, dimana peningkatan ini akibat mineral - mineral yang terkandung didalam konsentrat 9 sudah terpisah satu sama lain melalui proses ISS dimana, Partikel non magnetik yang terpisah akan mengalami

penurunan nilai konsentrasi dan sebaliknya, partikel magnetik akan memiliki nilai konsentrasi yang semakin meningkat. Selain itu juga lokasi titik B tersebut dekat dengan proses penambangan sehingga kadar Fe di titik B lebih banyak dari lokasi titik A dan C.



Gambar 3. Grafik perbandingan kandungan elemen pasir sungai sampel dan konsentrat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di peroleh dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa nilai suseptibilitas magnetik Pasir Sungai Kampar Provinsi Riau sebelum dan setelah di lakukan pemisahan dengan ISS diketahui untuk sampel pasir sungai di titik C pada sampel 14 memiliki nilai paling tinggi dari pada titik A dan B, dengan nilai sebelum dipisah $13.767,96 \times 10^{-5}$, dan setelah dipisah $17.182,75 \times 10^{-5}$. Nilai ini termasuk dalam interval FeTiO_3 (anti ferromagnetic) dengan rentang nilai $(220-380000) \times 10^{-5}$. Untuk Nilai suseptibilitas massa sebelum dan setelah dilakukan pemisahan dengan ISS, diketahui sampel 15 yang berada pada titik C merupakan nilai paling tinggi dengan nilai $10.486,00 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, dan $13.969,70 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. Nilai ini termasuk kedalam interval FeTiO_3 (anti-ferromagnetik) dimana memiliki rentang nilai $(46-8000) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. Sampel yang telah di pisah dengan ISS memiliki jumlah partikel Fe meningkat, dengan Pasir Sungai di titik B memiliki persentase lebih besar, dikuti lokasi titik A dan C dengan nilai berturut-turut adalah 17,265% , 11,386% dan 10,952%.

REFERENSI

1. Sunaryo & Widyawidura, W. (2010) Metode pembelajaran bahan magnet dan identifikasi kandungan senyawa pasir alam menggunakan prinsip dasar fisika. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, **29**(1), 67-79.
2. Yulianto, S. (2007). Fasa oksida besi untuk sintesis serbuk magnet ferit. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **8**(3), 39-41.
3. Dunlop, J. D. & Ozdemir, O. (1997). *Rock magnetism*. Cambridge: Cambridge University Press.
4. Yulianto, A., Bijaksana, S., & Loeksmanto, W. (2002). Karakterisasi magnetik pasir besi dari cilacap. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, **A5**(0527).
5. Taufiq, A., Triwikantoro, T., Pratapa, S., & Darminto, D. (2009). Sintesis partikel nano Fe₃-xMnxO₄ berbasis pasir besi dan karakterisasi struktur serta kemagnetannya. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, **1**(1).
6. Reitz, J. R., Milford, F. J., & Christy, R. W. (1993). *Dasar teori listrik dan magnet, edisi ketiga*. Bandung: ITB Press.
7. Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). *Magnetic properties of rocksand minerals*. Washington: American Geophysical Union.
8. Salomo, Erwin, Malik, U., & Putra, S. U. (2018). Sifat magnetik dan ukuran partikel magnetik serta komposisi material pasir besi pantai kata pariaman sumatera barat di sintesis dengan *iron sand separator* dan *ball milling*. *Journal Online of Physics*, **3**(2), 11-14.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

TAMPILAN *BIREFRINGENCE* PADA GANGGUAN PEMBENGGOKAN SERAT OPTIK KOMERSIAL

Velia Veriyanti, Saktioto*

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: saktioto@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Optical fiber components are increasingly growing in the telecommunication technology with various forms to facilitate effective and stable communication. However, the output signal of optical fiber is still experiencing interference, bending power loss and dispersion, such as birefringence. To minimize the interference, this paper investigates birefringence profile on the aspect of disturbance and geometrical parameters for commercial single-mode optical fiber (SMF) through OptiFiber simulation. This simulation build the model of several SMFs, namely SMF-28, SMF-28e, SMF-28e +, SMF-28e + LL, and SMF-28 ULL which have different refractive index for core and cladding, but their radii are fixed for each wavelength source of 1310nm and 1550nm. The impact of interference on optical fiber can be understood from birefringence model of its bending radius to power loss and wavelength. The highest loss occurred at SMF-28 fiber of 0.012dB / km with a radius of 0.020m for wavelength of 1310nm and bending loss at wavelength of 1550nm was 31.96dB / km at radius of 0.02m. This finding shows that magnitude of normalized frequency strongly determines the effectiveness and stability of optical fibers.

Keywords: Fiber optic single mode, Birefringence, Power loss

ABSTRAK

Komponen serat optik semakin berkembang di dunia telekomunikasi dalam berbagai bentuk guna mempermudah komunikasi yang efektif dan stabil. Namun, sinyal keluaran serat optik tersebut masih mengalami gangguan, rugi daya pembengkokan dan disperse, seperti birefringence. Untuk meminimalkan gangguan yang terjadi, penelitian ini akan menginvestigasi lanjut birefringence pada aspek gangguan dan parameter geometri untuk serat optik moda tunggal (SMF) komersial melalui simulasi OptiFiber. Simulasi ini memodelkan beberapa SMF yaitu SMF-28, SMF-28e, SMF-28e+, SMF-28e+LL, dan SMF-28 ULL yang memiliki indeks bias core dan cladding yang berbeda namun jari-jarinya masing-masing tetap untuk sumber panjang gelombang 1310nm dan 1550nm. Dampak gangguan pada serat optik dapat diketahui dari pemodelan jari-jari kelengkungan terhadap rugi daya dan panjang gelombang terhadap birefringence. Rugi daya kelengkungan terbesar terjadi pada serat SMF-28 sebesar 0,012dB/km dengan jari-jari kelengkungan 0,020m untuk panjang gelombang 1310nm dan rugi daya kelengkungan pada panjang gelombang 1550nm adalah 31,96dB/km pada jari-jari 0,02m. Data ini menunjukkan nilai frekuensi ternormalisasi sangat menentukan keefektifan dan kestabilan serat optik.

Kata kunci: Serat optik moda tunggal, Birefringence, Rugi daya

Diterima 15-06-2020 | Disetujui 29-06-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

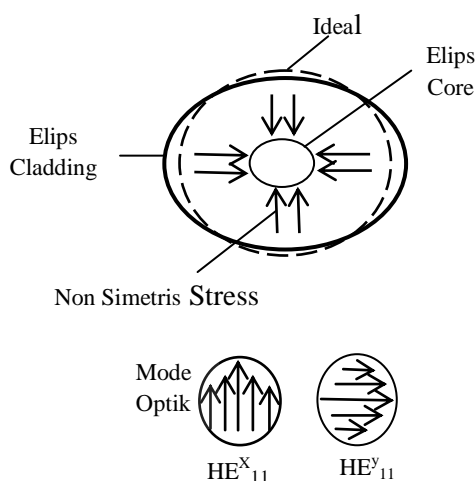
PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir telah banyak perkembangan serat optik yang digunakan untuk fungsi telekomunikasi baik untuk jarak dekat maupun jarak jauh. Informasi telekomunikasi diperlihatkan melalui sinyal optik yang menjalar dalam

fiber. Sinyal tersebut menghasilkan beberapa fungsi, manfaat dan juga dapat menimbulkan efek geometri dan struktur fiber, seperti *birefringence*. *Birefringence* linier memiliki keunggulan yang dapat memudarnya sinyal terdeteksi. *Birefringence* linier dalam SMF dapat menyebabkan geometri serat menjadi

elipsoid inti atau terinduksi oleh stres melalui efek elasto-optik [1].

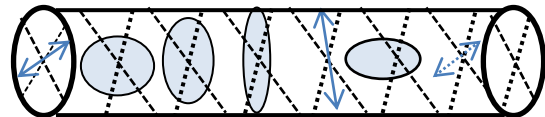
Sinyal optik diluncurkan oleh sumber laser merambat dan terbagi dipersimpangan serat. Penjalaran sinyal sangat dipengaruhi oleh geometri kopleng dengan penampang bervariasi seperti berbentuk lancip sehingga tidak simetri lagi. Perubahan geometri ini dapat diakibatkan oleh tegangan eksternal menyebabkan gelombang cahaya terpolarisasi ke arah sumbu horizontal dan vertikal terhadap arah rambatan sinyal. Di sisi lain, medan listrik yang merambat dalam serat terbagi menjadi dua komponen yang berbeda bergerak dengan kecepatan yang tidak sama yang juga dinyatakan sebagai sifat *birefringence* [2]. Namun demikian, *birefringence* juga memiliki kekurangan seperti pelebaran pulsa yang dapat mempengaruhi redaman daya dari serat optik, sehingga kualitas serat dalam mentransmisikan cahaya semakin berkurang.



Gambar 1. Anatomi Serat Optik.

Gambar 1 menjelaskan bentuk geometri SMF yang berubah oleh moda polarisasi yang berbeda. Gangguan tersebut dibagi dalam kelompok intrinsik dan ekstrinsik, dimana gangguan intrinsik ditimbulkan oleh proses pembuatan serat dan merupakan fitur permanen dari serat. Kondisi ini termasuk perubahan inti yang *noncircular* dan bidang tegangan tidak simetris pada serat di sekitar inti mengakibatkan arah gelombang medan

listrik dan medan magnet juga berubah. Inti *noncircular* menimbulkan *birefringence* geometris, sedangkan medan tegangan nonsimetrik menciptakan *birefringence* stress. Gangguan ekstrinsik dihasilkan dari akibat makro seperti kelengkungan, pembengkokkan dan *twist* pada serat.

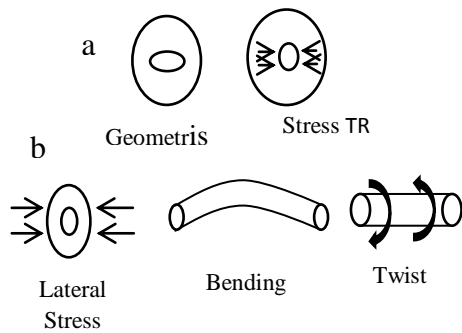


Gambar 2. Properti *Birefringence* dari serat optic.

Gambar 2 menjelaskan cahaya terpolarisasi linier melalui SMF dengan asumsi bahwa dua komponen polarisasi memiliki amplitudo yang sama dan tidak ada perbedaan fasa di ujung keluaran, tetapi ketika cahaya merambat sepanjang serat, satu moda keluar dari fase yang lain karena konstanta propagasi fase yang berbeda. Jadi pada setiap titik sepanjang serat (untuk perbedaan fasa acak) kedua komponen akan menghasilkan cahaya terpolarisasi elips. Pada perbedaan fasa $\pi/2$, cahaya terpolarisasi melingkar dapat dihasilkan. Dengan cara ini polarisasi berubah dari linier ke elips ke lingkaran ke elips dan kembali ke linier. Urutan polarisasi bolak-balik ini berlanjut sepanjang serat. Panjang L_p dari serat tempat polarisasi diputar melalui sudut 2π radian dinyatakan sebagai panjang tekanan serat [3] diberikan oleh persamaan sebagai berikut:

$$L_p = \frac{2\pi}{\delta\beta} \quad (1)$$

Dalam serat yang ideal, sirkular simetris, bidang tegangan ini adalah simetris karena tidak menyebabkan anisotropi seperti pada Gambar 3a. Namun, jika ada bentuk *noncircular* baik untuk inti atau *cladding* di preform, serat yang ditarik secara mekanik akan memiliki bidang tegangan internal yang tidak simetris. Peristiwa *birefringence* ini juga dapat terjadi dalam serat ketika ada gaya eksternal dalam pemasangan kabel yang menimbulkan rugi daya.



Gambar 3. Mekanisme *birefringence* instrinsik dan ekstrinsik.

Sumber ekstrinsik yang ditunjukkan pada Gambar 3.b, termasuk tekanan lateral atau pemampatan, pembengkokan (*bending*), dan serat yang dipelintir. Mekanisme ini biasanya terjadi sampai batas tertentu dalam rangkaian aplikasi serat telekomunikasi. *Birefringence* yang disebabkan oleh pembengkokan dapat dinyatakan sebagai berikut [4] :

$$\Delta\beta_{Bending} = -\frac{1}{8} \left(\frac{d}{R}\right)^2 E C k_0 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{a}{d}\right)^2 H(V)\right] \quad (2)$$

dimana, R adalah radius *bending*, E adalah nilai modulus young, C adalah konstanta photoelastic, k_0 adalah konstanta gelombang, d adalah diameter luar dari fiber, a adalah jari-jari *core* dan $H(V)$ adalah *stress* internal *birefringence* [4], Dengan $H(V)$ sebagai berikut :

$$H(V) = 2 + \frac{4(U^2 - W^2)}{U^2 V^2 W^2} + \frac{4 J_0(U)}{U J_1(U)} \quad (3)$$

$$U = a \sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2} \quad (4)$$

$$W = a \sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_0^2} \quad (5)$$

Dalam konteks serat optik, rugi daya bengkok diberi satuan dalam decibel (dB), dan daya atenuasi dalam serat optik dengan panjang serat (L) sebagai berikut :

$$L = 4.342 (-2\alpha L) \quad (6)$$

dimana P_i adalah daya masukan (Watt), P_o adalah daya keluaran (Watt), α adalah

koefisien rugi daya (m^{-1}), dan L adalah panjang serat optik (m) [5].

Oleh karena itu, untuk meminimalisir kerugian daya dan gangguan geometri yang disebabkan oleh *birefringence*, maka artikel ini mengusulkan investigasi pemodelan SMF pada produk komersial indeks bias yang tersedia dengan perlakuan sumber panjang gelombang 1310nm dan 1550nm dalam daerah frekuensi ternormalisasi, jari-jari yang bervariasi dengan gangguan pembengkokan serat. Dengan perlakuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi optimal terhadap efek pembengkokan dan perlakuan sumber panjang gelombang.

METODE PENELITIAN

Simulasi penelitian ini menggunakan software OptiFiber pada sampel SMF-28, SM-28e, SMF-28e+, SMF-28e+LL dan SMF 28-ULL dengan jari-jari *core* dan *cladding* yang sama yaitu 4.1 μm dan 62.5 μm . Untuk mengetahui *birefringence*, profil SMF dengan profil indeks bias dan jari-jari ditentukan pada region 0 dan region 1. Selanjutnya parameter diketahui model dispersi dengan jenis material silika murni, dengan bahan *dopant* germanium dan florin. Moda serat dengan *LP Modes (Matrix Method)* pada panjang gelombang yang diberikan pada moda *filed* diameter yang menghasilkan modal indeks tanpa panjang gelombang *cut-off*. Berikutnya untuk mensimulasikan panjang gelombang *cut-off*, yang diperoleh dari moda *Matrix Method* yang kemudian akan dihitung ulang untuk menunjukkan parameter moda serat optik LP_{01} (dalam rentang SMF) dan LP_{11} (rentang *fiber multimode*). Tahapan ini menunjukkan pembatasan panjang gelombang *cut-off* agar tidak dimasukkan dalam rentang fiber multimode.

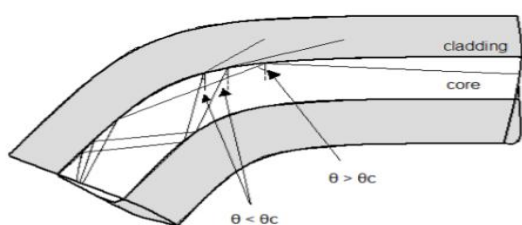
Selanjutnya adalah penentuan sifat moda fundamental yang menggunakan parameter material dan rugi daya, dengan memasukkan variasi jari-jari dari 20mm hingga 35mm untuk parameter pembengkokan untuk menghasilkan rugi daya. Pada bagian panjang

gelombang disesuaikan dengan pilihan nilai 1.2 sampai 1.6 dengan iterasi 100.

Untuk mensimulasikan *birefringence* yang disebabkan oleh gangguan pembengkokan, maka digunakan nilai parameter konstanta fotoelastik $3.44 \times 10^{11} \text{m}^2/\text{kg.W}$, nilai modulus Young $775 \times 10^7 \text{kg.W/m}^2$ dan rasio poisson 0.164 pada bahan material silika. Untuk nilai *birefringence* yang dipengaruhi oleh gaya luar, dapat digunakan variasi jari-jari pada parameter pembengkokan mulai dari 0.02m sampai 0.035m. Dengan parameter tension konstan 0,2943N dan pada bagian keluaran menggunakan rentang spektral $0.4\mu\text{m}$ dengan 51 iterasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketika serat optik dalam posisi bengkok maka sebagian daya dalam serat optik akan hilang atau berkurang. Berdasarkan Hukum Snellius, penjalaran cahaya dalam media optik, cahaya yang dipantulkan akan mengalami pembengkokan diantara *core* dan *cladding*. Rugi-rugi pada serat optik yang melengkung akan semakin meningkat jika jari-jari kelengkungannya semakin kecil. Rugi-rugi pembengkokkan ini terbagi dua yaitu: pembengkokan makro dan mikro. *Macrobending loss* merupakan pembengkokan pada serat optik dengan radius jari-jari kelengkungan yang lebih besar dibandingkan dengan radius serat optik.



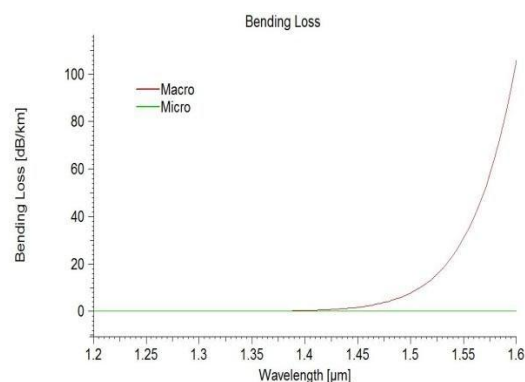
Gambar 4 Skema kelengkungan makro pada serat optik [6].

Lengkungan dapat disebabkan oleh hal-hal yang tidak disengaja, sehingga mengakibatkan arah propagasi cahaya di dalam serat optik berbelok dari arah transmisi semula, keluar dari inti ke arah *cladding*. Kelengkungan makro pada serat optik akan

menyebabkan bagian dalam serat optik termampatkan dan bagian luar menjadi tertarik lebih panjang sehingga kepadatan material berubah seperti terlihat pada Gambar 4. Kejadian ini menyebabkan perubahan indeks bias serat optik karena adanya tegangan optik [7].

Perubahan indeks bias mengakibatkan perubahan lintasan penjalaran berkas cahaya. Sedangkan *microbending loss* merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh efek mikroskopik karena cacat pada batas *core* dan *cladding*. Cacat tersebut diakibatkan oleh fabrikasi kabel yang kurang baik, kesalahan selama pengkabelan, suhu rendah dan ada bagian serat yang tertekan oleh suatu objek. *Microbending* sulit untuk dideteksi karena jari-jari kelengkungan serat mendekati jari-jari inti serat optik, sehingga mengakibatkan adanya kopling daya antar moda.

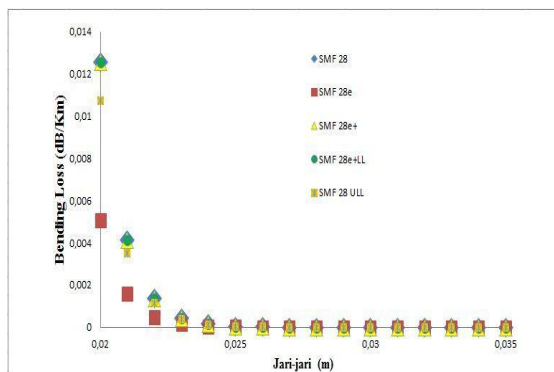
Rugi *microbending* dapat dikurangi dengan menggunakan jaket pelindung serat yang lebih fleksibel [8]. Hilangnya lentur dari serat optik termasuk *macrobending* kerugian dan kerugian *microbending*. *Macrobending loss* mendominasi ketika jari-jari kelengkungan serat optik banyak lebih besar dari diameter serat optik; sementara itu, kerugian *microbending* terjadi ketika jari-jari kelengkungan dan diameter serat optik memiliki urutan yang sama besarnya [5].



Gambar 5. Bending Loss SMF-28.

Hasil simulasi menampilkan grafik *bending loss* sebagai fungsi panjang gelombang yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Semakin bertambah panjang gelombang,

macrobending semakin meningkat yang juga dipengaruhi radius jari-jari serat optik. Untuk *microbending* perubahannya kecil sehingga dapat diabaikan karena merupakan pembawaan dari material saat difabrikasi. Rugi pembengkokan diperkenalkan oleh *Mode Field Diameter* (MFD). MFD mewakili area dimana cahaya melewati kemudian masuk kedalam *core* dan *cladding*. Moda yang memiliki diameter lebih kecil menunjukkan bahwa cahaya lebih rapat pada pusat serat, sehingga lebih sedikit rentan terhadap kebocoran ketika mengalami pembengkokan [9].

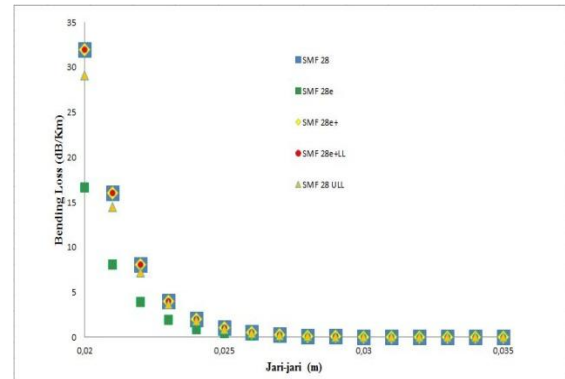


Gambar 6. Rugi daya kelengkungan untuk panjang gelombang 1310nm.

Dari Gambar 6 didapatkan hasil bahwa rugi daya bengkok pada panjang gelombang 1310nm memiliki nilai yang berbeda pada setiap SMF. Hal itu dikarenakan oleh setiap SMF memiliki indeks bias dan nilai frekuensi normalisasi yang berbeda sehingga kecepatan daya setiap SMF dalam mentransmisikan cahaya ikut bervariasi. Meskipun sinar cahaya dalam serat optik mengikuti prinsip refleksi total, intensitas sinar cahaya melemah jika sinar melintasi dari satu ujung serat optik ke ujung yang lain, yang menunjukkan bahwa ada kerugian untuk cahaya selama proses propagasi. Ketika serat optik terbelok pada radius tertentu, jalur rambat cahaya akan berubah dan sebagian sinar cahaya akan menyusup kedalam *cladding* [5].

Gambar 7 terlihat bahwa pemberian jari-jari kelengkungan yang sama dengan panjang gelombang yang berbeda, memperlihatkan

hasil nilai yang berbeda pada hasil panjang gelombang 1310nm dan 1550nm. Perubahan indeks bias dari *core* dan *cladding* dapat ditentukan dari kerugian propagasi. Untuk efek rugi pembengkokan, rugi propagasi bertambah sebagai perbedaan indeks bias *core* dan *cladding* meningkat [10].

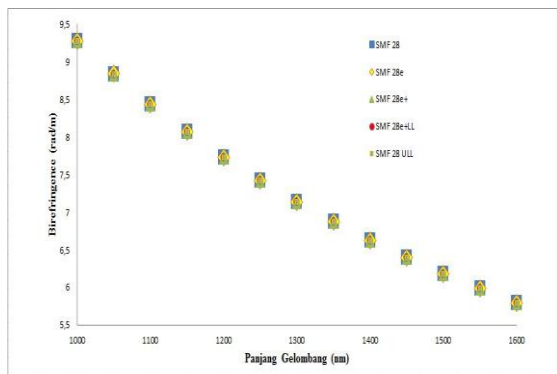


Gambar 7. Rugi daya kelengkungan untuk panjang gelombang 1550nm.

Hasil bending loss pada panjang gelombang 1550nm jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil nilai pada panjang gelombang 1310nm. Hal ini disebabkan jari-jari kelengkungan berbanding lurus dengan panjang gelombang yang digunakan yaitu panjang gelombang yang lebih kecil mengarah pada jari-jari kelengkungan yang lebih kecil [11]. Ketika radius bengkok lebih besar dari jari-jari kritis, kerugian bengkok sangat kecil. Peningkatan magnitudo berkurang sesuai dengan penurunan jari-jari bengkok. Sementara itu kerugian bengkok meningkat secara eksponensial dengan penurunan radius bengkok lebih kecil dari jari-jari kritis [5].

Pada Gambar 8, nilai *birefringence* terbesar berada pada panjang gelombang 1000, dimana semakin besar panjang gelombang maka *birefringence* semakin kecil, energi berbanding terbalik dengan panjang gelombang yang berarti semakin besar panjang gelombang maka energi akan semakin berkurang. Besarnya *birefringence* terus berubah secara acak seiring berjalannya waktu fluktuasi dalam kondisi sekitar. Ketidakstabilan seperti itu dalam keadaan

keluaran polarisasi memperkenalkan *bandwidth* membatasi dispersi moda polarisasi dan mempengaruhi kinerja serat optik [12]. Kemampuan membatasi cahaya akan berkurang pada serat yang memiliki radius bengkok yang akan menyebabkan peningkatan kerugian [13]. Beberapa perubahan yang disebabkan oleh bengkokan diamati pada transmisi panjang gelombang. Mempertahankan radius bengkok yang kecil dalam waktu yang lama akan membuat serat cenderung pecah.



Gambar 8. Birefringence terhadap beberapa SMF.

KESIMPULAN

Ketika serat optik diberi perlakuan pembengkokan, penjalaran cahaya di dalam inti serat mengalami *birefringence*. Rugi daya yang disebabkan kelengkungan serat dipengaruhi oleh jari-jari serat optik. Semakin kecil jari-jari kelengkungan maka nilai rugi daya dalam inti serat semakin besar. Rugi daya terbesar terjadi ketika serat diberi jari-jari bengkok 0,002m. Selain jari-jari kelengkungan, panjang gelombang yang diberikan pada serat optik juga mempengaruhi terjadinya *birefringence*. Semakin besar panjang gelombang yang diberikan maka relative semakin kecil nilai *birefringence* tersebut.

REFERENSI

1. Perciante, C. D., Aparicio, A., Illa, R., & Ferrari, A. J. (2015). Nonplanar fiber-optic sensing head for the compensation

of bending-induced birefringence in Faraday current sensors. *Applied Optics*, **54**(18), 5708-5714.

2. Irawan, D., Saktioto, Ali, J., & Fadhali, M. (2013). Birefringence analysis of directional fiber coupler induced by fusion and coupling parameters. *Optik-Internasional Journal for Light and Electron Optics*, **124**(17), 3063-3066.
3. Khare, R. P. (2004). *Fiber optics and optoelectronics*. New York: Oxford University Press.
4. Bhuiyan, M. S. A. (2016). *Birefringence and PMD analysis of fiber optic waveguide by subtly varying internal fiber parameter*. University of Engineering & Technology Khulna: Bangladesh.
5. Qiu, J., Zheng, D., Zhu, K., Fang, B., & Cheng, L. (2015). Optical fiber sensor experimental research based on the theory of bendig loss applied to monitoring differential settlement at the earth-rock junction. *Journal of Sensor*, **2015**,1-13.
6. Martins, A., Rocha A. M., Neto, B., Teixeira, A. L. J., Facao, M., Nogueira, R. N., Lima, M. J., & Andre, P. S. (2009). Modeling of bend losses in single-mode optical fibers. Proceedings of 7th Conference on Telecommunications - Conftele 2009, Portugal, 3-5 May 2009, 1-3.
7. Barani, I. R. R., Pramono, S. H., & Sari, S. N. (2014). Pengaruh rugi-rugi macrobending terhadap kinerja plastic optical fiber jenis step index multimode. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya (TEUB)*, **2**(1), 1-6.
8. Mandasari, O., Sugesti, E. S., & Nugroho, B. S. (2016). Analisa daya hilang pada serat optik melengkung menggunakan metode geometris dan FDTD. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika (TEKTRIKA)*, **1**(1), 32-39.
9. Salleh, M. F. M. & Zakaria, Z. (2015). Optical fiber bending detection on long

- distance OPGW using OTDR. *TELKOMNIKA*, **13**, 889-893.
10. Jing, N., Zhou, J., Li, K., Wang, Z., Zheng, J., & Xue, P. (2019). Refractive index sensing based on a side-polished macrobend plastic optical fiber combining surface plasmon resonance and macrobending loss. *IEEE Sensors Journal*, **19**(14), 5665-5669.
 11. Murad, F. A. & Ebrahimi, S. A. K. (2016). Calculation of Bends Losses in Single-Mode Fibers and the Critical Radius of Curvature by Two Light Sources. *Journal of Kufa-Physics*, **8**(1), 100-103.
 12. Michalik, D., Stefaniuk, T., Pysz, D., Filipkowski, A., & Buczynski, R. (2019). Highly Birefringent Nanostructured Core Optical Fiber Compatible with SMF28 Standard. *2019 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe and European Quantum Electronics Conference*, Munich Germany, 23-27 Juni 2019, 1.
 13. Yu-Lai, S., De-Jian, Z., Xiao-Yong, C., & An-Si, X. (2019). Study on Ultralow Bending Loss of Bend- Insensitive Single Mode Optical Fiber. *Optical Fiber Technology*, **50**, 225-232.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

SIFAT OPTIK NANOPARTIKEL PERAK (Ag-NPs) MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK KULIT SEMANGKA KUNING

Hazelina Adzani*, Ari Sulisty Rini

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: hazelinaadzani@gmail.com

ABSTRACT

Synthesis of silver nanoparticles was carried out by a reduction method using yellow watermelon rind extract. Variation of sample on this synthesis was doing with ratio volume extract and ag, i.e., 1:3 and 3:1. This synthesis has been successfully carried out using 1M NaOH as a stabilizer. The formation and stability of silver nanoparticles was observed through Ultra-Violet Visible (UV-Vis) absorbance spectrum. The results of the analysis using UV-Vis spectroscopy show the formation of silver nanoparticles at wavelengths of 440-446 nm with absorbance values of 0.8356 a.u and 1.0458 a.u respectively. The Fourier-Transform Infrared (FTIR) analysis showed the existence of a polyphenol group functional with a range of wave numbers 601.82-3359.18 cm^{-1} . This result concludes that yellow watermelon rind extract is involved in reducing Ag^+ to Ag^0 .

Keywords: Synthesis nanoparticles, Yellow watermelon rind extract, Ultra-violet visible (UV-Vis), Fourier-transform infrared (FTIR)

ABSTRAK

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode reduksi menggunakan ekstrak kulit semangka kuning, variasi sampel dalam sintesis dilakukan dengan perbandingan volume ekstrak dan ag, yaitu 1:3 dan 3:1. Sintesis ini telah berhasil dilakukan dengan melibatkan NaOH 1M sebagai penstabil. Pembentukan dan kestabilan nanopartikel perak diamati melalui spektrum serapan Ultra-Violet Visible (UV-Vis). Hasil analisa menggunakan spektroskopi UV-Vis menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak pada rentang panjang gelombang 440-446 nm dengan nilai absorbansi masing-masing sebesar 0,8356 a.u dan 1,0458 a.u. Analisa Fourier-Transform Infrared (FTIR) menunjukkan adanya gugus fungsi grup polifenol dengan rentang bilangan gelombang 601,82-3359,18 cm^{-1} . Hasil ini menyimpulkan bahwa kulit semangka kuning berperan dalam mereduksi Ag^+ menjadi Ag^0 .

Kata kunci: Nanopartikel perak, Ekstrak kulit semangka kuning, Ultra-violet visible (UV-Vis), Fourier-transform infrared (FTIR)

Diterima 09-07-2020 | Disetujui 16-07-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Perkembangan nanoteknologi di era modern pada bidang penelitian telah berkembang pesat. Hal ini berkaitan dengan pendesainan dan modifikasi, sintesis untuk memperoleh partikel berukuran 1-100 nanometer yang biasa disebut nanopartikel. Pembuatan material berskala nano telah mengalami kemajuan sejak tahun 2000 yang dapat dilihat dari meningkatnya penelitian dibidang nanoteknologi. Perkembangan

nanoteknologi ini berkembang dalam pembuatan Ag-NPs. Pembuatan Ag-NPs banyak diteliti karena dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti bidang medis, kesehatan, katalis, antivirus, antibakteri. Pembuatan Ag-NPs dilakukan dengan metode reduksi kimia yang melibatkan bioreduktor dari bahan alami untuk meminimalisir penggunaan bahan kimia berbahaya. Penggunaan bahan alami sebagai bioreduktor memanfaatkan kandungan berupa kadar kelompok gugus fungsi polifenol yang dapat

bertanggungjawab dalam pembuatan Ag-NPs [1]. Bioreduktor berperan sebagai pereduksi dan penstabil ion. Proses ini dapat dikategorikan sebagai salah satu pembuatan partikel berskala nano berbasis bioteknologi menggunakan prinsip kerja fisika dan kimia.

Ekstrak tumbuhan yang telah berhasil digunakan dalam sintesis nanopartikel perak yaitu ekstrak kulit pisang kepok [2], ekstrak daun ketapang [3], ekstrak pucut idat [4], ekstrak kulit manggis merah [5], dan ekstrak daun salam [6]. Penelitian menggunakan kulit semangka kuning (*Citrullus Lanatus*) sebagai bioreduktor untuk menghasilkan Ag-NPs. Pemilihan ekstrak kulit semangka kuning didasarkan pada kandungan metabolit sekunder yang berpotensi untuk menghasilkan nanopartikel perak. Kulit semangka mengandung senyawa antioksidan seperti polifenol dan flavonoid [7]. Proses sintesis nanopartikel dilakukan dengan mereaksikan prekursor partikel bersama agen pereduksi dan penstabil berupa bahan alami. Terbentuknya Ag-NPs dapat dilihat dari nilai absorbansi dan panjang gelombang maksimum dari hasil karakterisasi UV-Vis dan FTIR.

METODE PENELITIAN

Penyediaan Ekstrak Kulit Semangka Kuning

Ekstak Kulit semangka kuning didapat dengan memotong kulit semangka kuning kecil-kecil dan dihaluskan dengan belender. Kemudian 100 ml dari paste kulit semangka kuning ini dipindahkan ke dalam gelas beaker dan diencerkan hingga 400 ml menggunakan aqua DM. Sampel kemudian dipanaskan pada suhu optimum **80°C** selama 10 menit. Terakhir sampel didinginkan dan kemudian ekstrak disaring menggunakan kertas whattman.

Pernyediaan Larutan AgNO₃

AgNO₃ berbentuk serbuk ditimbang 0,1699 gram menggunakan timbangan analitik. Kemudian dimasukkan kedalam labu ukur

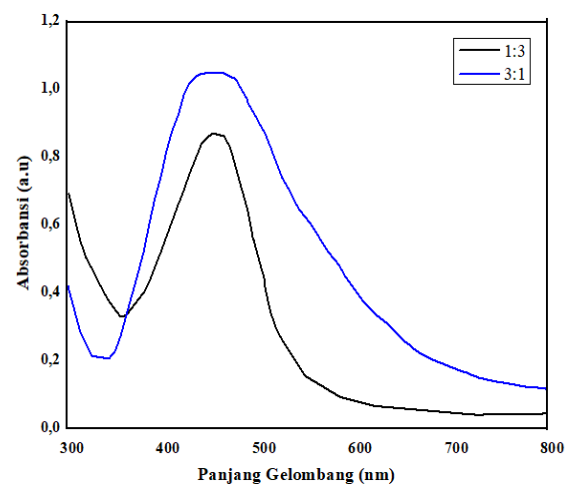
yang berisi 50 ml aqua DM. Konsentrasi AgNO₃ yang dihasilkan menjadi 2,5 mM.

Sintesis Nanopartikel Perak

Larutan AgNO₃ (2,5mM) dan ekstrak kulit semangka kuning (250g/L) sebagai reduktan dan penstabil direaksikan dengan variasi rasio berbanding yaitu 1:3, dan 3:1 dengan melibatkan NaOH 1M dan mencapai pH 10.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Spektroskopi UV-Vis



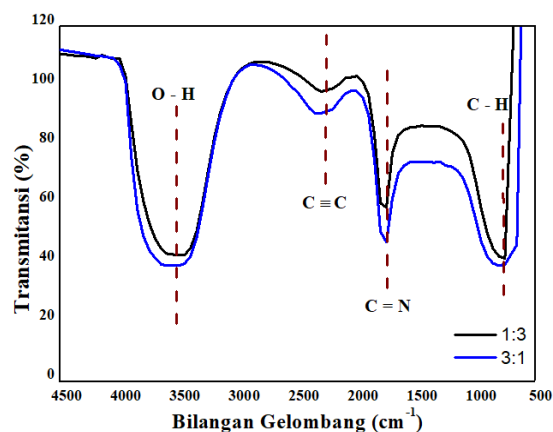
Gambar 1. Spektrum Absorbansi Uv-Vis Ag-NPs dengan variasi rasio 1:3 dan 3:1.

Karakterisasi spektroskopi Uv-Vis dilakukan untuk menganalisa terbentuknya nanopartikel perak melalui spektrum absorbansi yang diperoleh dari masing-masing sampel. Nilai absorbansi maksimum nanopartikel perak diperoleh pada panjang gelombang 440-446 nm, hasil ini sesuai dengan Ndikau et al (2017). Gambar 1 memperlihatkan sampel 1:3 memiliki nilai puncak absorbansi sebesar 0,8356 a.u dan sampel 3:1 sebesar 1,0458 a.u. Sampel 3:1 merupakan absorbansi tertinggi yang menandakan semakin besar konsentrasi AgNO₃ maka nilai absorbansinya makin tinggi, yang sesuai dengan Ndikau et al (2017). Dapat dilihat juga bahwa sampel 3:1 mengalami perubahan puncak absorbansi terlebar yang menandakan Ag-NPs yang terbentuk

mempunyai ukuran nanopartikel relatif besar, sedangkan sampel 1:3 mempunyai ukuran nanopartikel yang terbentuk relatif kecil dengan puncak yang tajam. Hal ini disebabkan semakin besarnya konsentrasi dari ekstrak kulit buah semangka sehingga semakin banyak terjadi pereduksian ion Ag [8].

Karakterisasi FTIR

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui ikatan gugus fungsi yang bertanggungjawab sebagai bioreduktor dalam sintesis Ag-NPs.



Gambar 2. Spektrum FTIR Ag-NPs dengan bioreduktor ekstrak kulit buah semangka kuning.

Gambar 2 memperlihatkan kurva persentase transmitansi dari spektrum infra merah pada masing masing sampel pada rentang 500-4500 cm^{-1} . Sinyal FTIR dari sampel hasil sintesis Ag-NPs teramati pada rentang bilangan gelombang 3500-3200 cm^{-1} , 2300 cm^{-1} , 2100-2000 cm^{-1} , 1610-1650 cm^{-1} , 1610-600 cm^{-1} . Spektrum FTIR dari ekstrak kulit semangka kuning menunjukkan pita yang lebar dan kuat pada 3304,20 cm^{-1} dan 3359,18 cm^{-1} yang merupakan khas gugus fungsi hidroksil pada senyawa alkohol dan fenolik. Gugus fungsi hidroksil ini juga diperkuat dengan munculnya renggangan getaran ikatan C=C dari gugus fungsi aromatik pada bilangan gelombang 2111,18 cm^{-1} dan 2040,77 cm^{-1} . Adanya serapan pada bilangan gelombang 1633,78 cm^{-1} dan 1622,20 cm^{-1} menunjukkan gugus karbonil dan serapan pada bilangan

gelombang 602,78 cm^{-1} dan 601,82 cm^{-1} menyatakan adanya grup halida alkil. Terjadinya pergeseran bilangan gelombang menunjukkan bahwa telah terjadi interaksi antara Ag-NPs dengan senyawa metabolit yang terdapat pada bioreduktor yang menunjukkan adanya senyawa metabolit berperan dalam mereaksikan Ag^+ menjadi Ag^0 [6].

KESIMPULAN

Pembuatan Ag-NPs menggunakan ekstrak kulit semangka kuning telah berhasil disintesis. Puncak absorbansi yang diperoleh dari sampel 1:3 yaitu sebesar 0,8356 a.u dan sampel 3:1 sebesar 1,0458 a.u dengan rentang panjang gelombang 440-446 nm. Bioreduktor terbukti berperan dalam mereduksikan ion Ag^+ menjadi Ag^0 karena mengandung senyawa aktioksidan sesuai dengan hasil karakterisasi FTIR yaitu memperoleh gugus fungsi ikatan O-H, C=C, C=N, dan ikatan C-H.

REFERENSI

- Kim, Y., Yang, D., Singh, P., & Zhang, D. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plant and microorganisms. *Trends in Biotechnology*, **34**(7), 588-599.
- Setiawan, D. (2016). *Biosintesis nanopartikel perak dengan reduktor ekstrak kulit pisang kepok (musa paradisiacalinu) dan laju pembentukannya*. Tesis Ilmu Fisika Material, Universitas Negeri Semarang.
- Rusnaenah, A., Zakir, M., & Prastawa, B. (2017). Biosynthesis of silver nanoparticle using ketapang leaf extract, modification with p-Coumaric acid for detecting melamine. *Journal Chemistry*, **4**(2), 367-372.
- Susanti, F., Silvia, D., Putri, M. A., & Febiani, V. A. (2018). Pengaruh konsentrasi AgNO_3 pada sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak pucut idat

- (Cratoxylum glaucum korth). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*, Universitas Bangka Belitung, Pangkalpinang, 2 Oktober 2018, 175-178.
5. Ningsih, N., Yasni, S., & Yuliani, S. (2017). Sintesis nanopartikel perak ekstrak kulit manggis merah dan kajian sifat fungsional produk enkapulasinya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, **28**(1), 27-35.
 6. Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun salam (Syzygium polyanthum) sebagai bioreduktor dan uji aktivitasnya sebagai antioksidan. *Indonesian Journal of Chemistry Research*, **7**(1), 51-60.
 7. Ndikau, M., Noah, N. M., Andala, D. M., & Masika, E. (2017). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using citrullus lanatus fruit rind extract. *International Journal of Analytical Chemistry*, ID 8108504, 1-9.
 8. Badami, B. V. (2008). Concept of green chemistry. *Resonance*, **13**(11), 1041-1048.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

ANALISA SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TANAH PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Marisayani Hutauruk*, Salomo Sinuraya

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: marisayani.hutauruk5786@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The study of soil carried out from oil palm plantation soils at Garuda sakti street, Tapung, Kampar, Riau has been implemented since November 2019 to March 2020. This study aims to determine magnetic susceptibility, mass susceptibility, magnetic degree and to identify soil compositions and the content of heavy metals in the soils and to analyse the influence of content of heavy metals to the magnetic susceptibility. The samples were taken about one hundred points, then the samples were dried, cleaned, mashed and sifted. Magnetic susceptibility was measured using the Probe Magnetic Pasco PS-2162. Magnetic particles were separated from samples using the Neodymium Iron Boron (NdFeB) magnet and identification of soil composition and the content of heavy metals were carried out using the X-Ray Fluorescence (XRF). The result shows that the value of magnetic susceptibility, mass susceptibility, magnetic degree are fluctuated and the composition of the soils are Mg, Al, Si, P, K, Fe, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Zn, S, Cl, Co, Cu, Ga, Ge, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, Eu, Re and Pb and proved that soil has been contaminated by heavy metals such as V, Cr, Al, Fe, Ti and Sr from the soils until increase the Magnetic susceptibility of that soils.

Keywords: Oil palm plantation soils, Magnetic susceptibility, X-ray fluorescence (XRF), Heavy metal pollutions

ABSTRAK

Penelitian tanah yang diambil dari perkebunan kelapa sawit yang berada di Jl. Garuda sakti, Tapung, Kampar, Riau telah dilakukan mulai dari bulan November 2019 hingga Maret 2020 dengan tujuan untuk menentukan suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa, tingkat kemagnetan, dan mengidentifikasi kandungan logam berat pada tanah komposisi tanah serta kandungan logam berat pada tanah dan menganalisa pengaruh kandungan logam berat pada tanah terhadap suseptibilitas magnetik. Sampel diambil sebanyak seratus titik lalu dikeringkan, dibersihkan, dihaluskan dan diayak. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan Probe Magnetic Pasco PS-2162, pemisahan partikel magnetik dari sampel menggunakan magnet kuat Neodymium Iron Boron (NdFeB) dan identifikasi komposisi serta kandungan logam berat dalam tanah menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil penelitian tanah menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa, tingkat kemagnetan bersifat fluktuatif dan komposisi tanah yang diuji mengandung elemen seperti Mg, Al, Si, P, K, Fe, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Zn, S, Cl, Co, Cu, Ga, Ge, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, Eu, Re dan Pb dan terbukti telah tercemar Fe, V, Sr, Al, Cr, Ti sehingga meningkatkan nilai suseptibilitas magnetik pada tanah tersebut.

Kata kunci: Tanah perkebunan kelapa sawit, Suseptibilitas magnetik, X-ray fluorescence (XRF), Pencemaran logam berat

Diterima 15-05-2020 | Disetujui 13-06-2020 | Dipublikasi 30-07-2020

PENDAHULUAN

Provinsi Riau merupakan daerah kawasan gambut yang banyak digunakan untuk perkebunan kelapa sawit dengan terdapatnya

sekitar 116 pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS) yang beroperasi dan menghasilkan produksi sebesar 3.386.800 ton per tahun [1].

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia merupakan lahan rawa gambut dengan kondisi

tanah yang miskin akan unsur hara sehingga membutuhkan proses pemupukan secara berkelanjutan seperti pupuk urea (unsur N), rock phosphate atau SP-36 (unsur P), MOP atau KCl (unsur K), Dolomit atau Kieserit (unsur Mg) dan HGF-Borat (unsur B) karena pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara makro (N, P, K, Mg, Ca dan S) dan mikro (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo dan Zn) di dalam tanah [2].

Pemupukan terus menerus dapat menyebabkan adanya kandungan logam berat pada tanah serta dapat menurunkan pH tanah [3]. Kandungan logam berat dalam tanah dapat mempengaruhi tingkat susceptibilitas magnetik [4]. Tanah yang mengandung logam berat akan memiliki nilai susceptibilitas magnetik lebih tinggi dari pada tanah yang tidak mengandung logam berat [5].

Penelitian ini dilakukan guna menentukan susceptibilitas magnetik, susceptibilitas massa dan tingkat kemagnetan dari tanah perkebunan kelapa sawit, mengidentifikasi komposisi tanah perkebunan kelapa sawit, mengidentifikasi kandungan logam berat dalam tanah dan menganalisa hubungannya terhadap susceptibilitas magnetik tanah perkebunan kelapa sawit.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Perkebunan Kelapa Sawit

Tanah adalah suatu material alami heterogen yang terdiri atas komponen padat, cair dan gas yang terbentuk dari hasil interaksi antara iklim, jasad hidup, aktivitas biologi seperti pemupukan [6]. Tanah lapisan atas perkebunan dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui kualitas tanah dan lingkungan hidup [7].

Logam Berat

Logam berat sulit untuk terurai sehingga bersifat toksik [8]. Logam yang berpotensi dalam pencemaran lingkungan adalah Fe, As, Cd, Pb, Hg, Mn, Ni, Cr, Zn, dan Cu [9].

Induksi Magnetik

Induksi magnetik merupakan suatu perubahan medan magnet yang mengakibatkan munculnya arus dan tegangan listrik pada suatu kawat yang menembus suatu bidang secara tegak lurus [10]. Pada kawat penghantar lurus yang terdiri dari beberapa lilitan N dapat menggunakan Persamaan berikut.

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2\pi r} \quad (1)$$

dimana r merupakan jarak konduktor terhadap titik pengukuran. Induksi magnetik yang ditimbulkan di pusat kawat melingkar yang terdiri atas N lilitan dengan R merupakan jari-jari lingkaran, dapat ditentukan dengan Persamaan berikut.

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2R} \quad (3)$$

Besar induksi magnetik diujung solenoid dengan L merupakan panjang solenoid dapat ditentukan dengan Persamaan berikut.

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2L} \quad (3)$$

Suseptibilitas Magnetik dan Suseptibilitas Massa

Ukuran dari respon suatu material terhadap medan magnetik luar disebut dengan susceptibilitas magnetik yang dapat ditentukan dengan Persamaan berikut dengan M adalah magnetisasi dan H adalah intensitas medan magnet.

$$\chi_m = \frac{M}{H} \quad (4)$$

Secara eksperimen susceptibilitas magnetik dapat ditulis sebagai berikut.

$$\chi_m = \frac{B_T - B_0}{B_0} \quad (5)$$

Hubungan antara suseptibilitas magnetik χ_m dan suseptibilitas massa χ_{mass} dapat ditunjukkan dengan Persamaan berikut.

$$\chi_{mass} = \frac{\chi_m}{\rho} \quad (6)$$

Tingkat Kemagnetan (*Magnetic degree*)

Tingkat kemagnetan suatu bahan secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$Md = \frac{m_k}{m_s} \times 100\% \quad (7)$$

Probe Magnetic Pasco PS-2162

Probe Magnetik Pasco PS-2162 merupakan alat yang dilengkapi *sensor* dibagian ujung dan menggunakan rangkaian efek hall yang berfungsi untuk mengukur induksi magnetik yang berasal dari koil (solenoida) dengan cara menghubungkannya dengan *PASCO Data Studio Software* yang telah terprogram dilaptop.

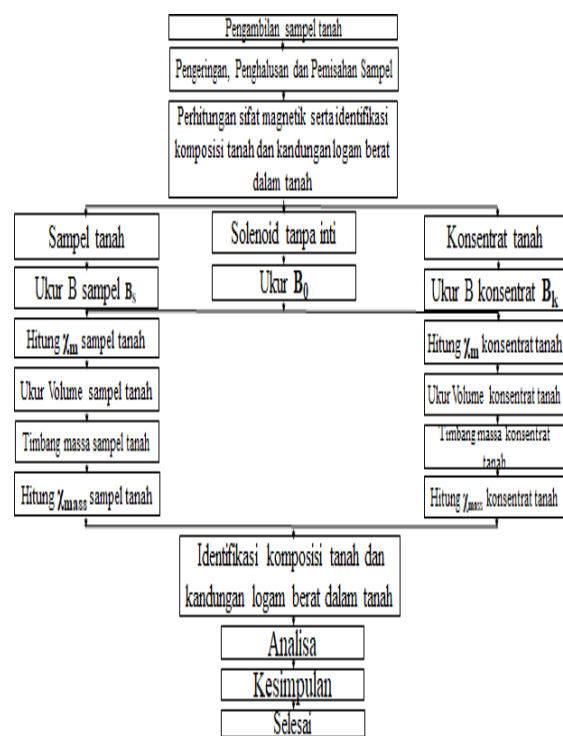
X-Ray Fluorescence spectrometry (XRF)

XRF adalah teknik analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi elemen dan konsentrasi elemen dari suatu sampel. Metode XRF dapat menentukan komposisi unsur suatu material, prosesnya cepat dan tidak merusak sampel. XRF dilengkapi dengan tabung pembangkit sinar-X yang mampu mengeluarkan elektron dari unsur yang akan diidentifikasi. Identifikasi dilakukan setelah proses preparasi sampel karena permukaan bahan harus halus, rata dan bersih menggunakan aseton dan ditunggu sampai kering, kemudian sampel ditempatkan pada *sample holder* alat XRF sehingga dapat dilakukan *vacuum* dan kalibrasi energi [11].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan tanah perkebunan kelapa sawit yang berada di Jln. Garuda Sakti KM.21, Desa Tuah Karya, Sei

Galuh, Tapung-Kampar, Riau dengan mengambil 100 titik sampel dimulai dari titik sampel A10.1 hingga titik sampel A1.10, menggunakan Magnet kuat NdFeB sebagai alat pemisah partikel magnetik pada tanah, menggunakan *Probe Magnetic Pasco PS-2162* untuk mengukur induksi magnetik dan *PASCO data studio software* untuk merekam nilai induksi magnetik serta XRF sebagai alat identifikasi komposisi tanah dan kandungan logam berat dalam tanah. Langkah penelitian dari awal hingga akhir mengacu pada diagram alir berikut.



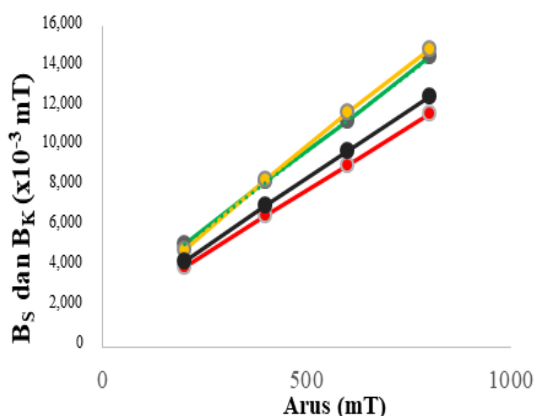
Gambar 1. Langkah-langkah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menampilkan tabel dan grafik hasil penelitian tanah perkebunan kelapa sawit dimulai dengan pengukuran B_0 , B_s dan B_k , perhitungan χ_m , χ_{mass} dan Md serta identifikasi komposisi tanah dan kandungan logam berat pada tanah. Variasi arus menimbulkan adanya variasi induksi magnetik, dimulai dengan memberikan arus (200, 400, 600, 800) mT sehingga besar induksi magnetik secara berurutan adalah 3,098 mT, 6,086 mT, 8,630 mT dan 11,575 mT. Nilai induksi magnetik meningkat seiring bertambahnya arus listrik,

artinya terbukti bahwa antara induksi magnetik dan arus listrik berhubungan linier atau berbanding lurus.

Induksi magnetik dengan menggunakan inti dapat dilihat pada Gambar 2, dimulai pada solenoid dengan menggunakan inti sampel dengan nilai suseptibilitas tertinggi (B_s tertinggi) berwarna hijau dengan rentang induksi magnetik (5.132-14.521) mT dan persamaan grafik $B_s = 15.574 I + 2017.5$ dan $R^2 = 0.9998$, lalu pada sampel dengan nilai suseptibilitas terendah (B_s terendah) berwarna merah dengan rentang induksi magnetik (4.019-11.644) mT dengan persamaan grafik $B_s = 12.693 I + 1496$ dan $R^2 = 1$, konsentrat dengan nilai suseptibilitas tertinggi (B_k tertinggi) berwarna kuning dan rentang induksi magnetik (4.834-14.853) mT dengan persamaan grafik $B_k = 16.69 I + 1607.5$ dan $R^2 = 0.9991$ dan konsentrat dengan nilai suseptibilitas terendah (B_k terendah) yang berwarna hitam dengan rentang induksi magnetik (4.297-12.487) mT dengan persamaan grafik $B_k = 13.661 I + 1582.5$ dan $R^2 = 0.9999$.



Gambar 2. Hubungan induksi magnetik solenoid dengan inti sampel (B_s) dan inti konsentrat (B_k) sebagai fungsi arus I.

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik sampel lebih kecil karena sampel belum dipisahkan dengan menggunakan magnet kuat NdFeB sehingga masih mengandung mineral magnetik dan non magnetik yang tercampur merata pada seluruh sampel. Nilai induksi magnetik sampel lebih

rendah dari pada nilai induksi magnetik konsentrat juga dikarenakan sampel merupakan gabungan partikel magnetik dan partikel non magnetik sehingga pembacaan nilai induksi magnetik masih dipengaruhi oleh partikel non magnetik [12].

Nilai suseptibilitas magnetik χ_m pada sampel cenderung fluktuatif sehingga mengindikasikan bahwa adanya perbedaan kuantitas mineral magnetik pada tanah perkebunan kelapa sawit dan terlihat bahwa nilai suseptibilitas magnetik sampel χ_m tertinggi pada titik sampel A10.10 sebesar $39.491.982 \times 10^{-8}$ dan terendah sebesar $11.072.031 \times 10^{-8}$ pada titik sampel A1.6 sehingga membuktikan bahwa kandungan mineral magnetik pada titik A10.10 yang cukup tinggi. Penambahan suseptibilitas magnetik menunjukkan bahwa komposisi elemen-elemen tersebut mengandung unsur magnetik didalamnya, sedangkan penurunan suseptibilitas magnetik lain disebabkan pada komponen elemen tersebut tidak ada mengandung unsur magnetik didalamnya [13].

Nilai suseptibilitas massa tertinggi pada sampel diperoleh dari sampel A10.10 sebesar 493.650×10^{-10} m³/kg dan terendah yaitu 121.323×10^{-10} m³/kg pada titik sampel A2.4. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat tertinggi sebesar $39.554.397 \times 10^{-8}$ pada titik sampel A4.10 dan terendah berada pada titik sampel A3.7 sebesar $19.056.438 \times 10^{-8}$ sehingga konsentrat tanah yang dianalisa berada pada mineral magnetik *Ilmenite* ($FeTiO_3$) [14]. Peningkatan nilai suseptibilitas magnetik pada konsentrat dipengaruhi oleh parameter B_k , χ_m dan χ_{mass} juga dikarenakan konsentrat telah dipisahkan menggunakan magnet kuat NdFeB sehingga semakin berkurangnya partikel non magnetik yang tercampur pada partikel magnetik dalam setiap konsentrat. Kandungan partikel magnetik menandakan terdapatnya kandungan logam berat dalam tanah yang membuat nilai suseptibilitas magnetik konsentrat tanah tersebut lebih tinggi dari pada suseptibilitas magnetik pada sampel [15].

Rentang nilai suseptibilitas massa konsentrat yaitu $(2.065.744-6.689.007) \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{kg}$, nilai suseptibilitas massa tertinggi pada konsentrat A1.5 dan nilai suseptibilitas massa terendah pada konsentrat A2.8. Hasil perhitungan tingkat kemagnetan dengan menggunakan Persamaan (7) menunjukkan bahwa tingkat kemagnetan dari setiap titik sampel berada pada interval (0.07-0.14)% dengan nilai tingkat kemagnetan tertinggi berada pada titik sampel A8.1 dan terendah berada pada titik sampel A1.10.

Sampel dengan nilai suseptibilitas magnetik terendah serta konsentrat dengan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi dan terendah diidentifikasi dengan menggunakan XRF untuk mengetahui komposisi tanah yang dinyatakan dalam ppm (*part per million*) sehingga menunjukkan bahwa komposisi tanah yang diperoleh adalah Mg, Al, Si, P, K, Fe, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Zn, S, Cl, Co, Cu, Ga, Ge, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, Eu, Re dan Pb dengan Si merupakan elemen dengan kadar tertinggi sebesar 708.560 ppm dan Mn merupakan elemen dengan kadar terendah yaitu 50 ppm.

Tabel 1. Logam berat yang telah diidentifikasi dan digolongkan sebagai pencemar.

Unsur	Ambang batas logam berat dalam tanah (ppm)	Kadar logam berat dalam tanah (ppm)
Fe	10.000	10.120-13.860*
Al	50.000-200.000	154.640-259.820*
Cr	75-100	170-280*
V	1	260-340*
Ti	5.10	27.260-35.350*
Sr	0.0001	60-130*
Mn	100-4.000	50-90
Ni	10-10.000	30-60
Cu	2-100	20-60
Zn	10-300	90-150
As	0,1-40	10-20
Pb	2-200	60-130

Ket: *) Melebihi ambang batas (tercemar).

Pada sampel yang diteliti terbukti bahwa tanah mengandung logam berat dimana Al merupakan logam berat dengan kadar tertinggi yaitu 259.820 ppm dan As merupakan logam berat dengan kadar terendah yaitu 10 ppm. Al dalam tanah dengan kadar yang tinggi disebabkan karena tanah yang diteliti bersifat

sangat asam ($\text{pH} < 3,5$) maka banyak melarutkan Al dan Al mudah diserap oleh tanah sehingga terbukti bahwa tingginya kadar Al dalam tanah dipengaruhi oleh pH tanah [16]. Kadar kandungan logam berat dalam tanah yang melebihi ambang batas dinyatakan sbagai pencemar seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Logam berat dalam kadar tinggi disebabkan adanya kandungan mineral magnetik yang cukup tinggi dalam tanah tersebut yang berasal dari pupuk yang digunakan secara terus-menerus, adanya sampah berupa logam yang sulit terurai dalam tanah dan tingginya penyerapan logam oleh tanaman yang tumbuh pada tanah yang dianalisa, sedangkan rendahnya kadar logam berat diduga disebabkan karena terjadinya interaksi antara logam sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanah dan perbedaan kuantitas logam berat juga dipengaruhi oleh perbedaan pH tanah dan jenis tanah [17].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai induksi magnetik meningkat seiring bertambahnya besar arus listrik yang diberikan dimana nilai induksi magnetik konsentrat lebih tinggi dari pada induksi magnetik sampel, serta tingkat kemagnetan tanah yang diuji bersifat fluktuatif dan komposisi tanah yang diuji mengandung elemen seperti Mg, Al, Si, P, K, Fe, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Zn, S, Cl, Co, Cu, Ga, Ge, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, Eu, Re dan Pb dan terbukti telah tercemar Fe, V, Sr, Al, Cr, Ti sehingga meningkatkan nilai suseptibilitas magnetik pada tanah tersebut.

REFERENSI

1. Direktorat Jenderal Perkebunan dan Dinas Penanaman Modal Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPM PTSP) Riau. (2018). *Data perkebunan kelapa sawit provinsi riau kerja sama dengan badan pusat statistik Kota Pekanbaru. Pekanbaru.*

- Diakses pada 18 Agustus 2019, URL: <https://dpmptsp.riau.go.id/>.
- Sutanto, R. (2005). *Dasar-dasar ilmu tanah*. Yogyakarta: Kanisius Press.
 - Adria, R. (2012). *Kandungan logam berat kadmium pada tanaman sawi (Brassica Juncea L.) akibat pemupukan fosfat*. Skripsi Ilmu Fisika Kemagnetan, Universitas Sumatera Utara.
 - Hikma, R. A., Zulaikah, S., & Budi, E., (2014). *Analisis sifat fisika tanah perkebunan apel melalui pengukuran suseptibilitas magnetik, XRF, dan GPR serta implikasinya pada produksi apel*. Malang: Universitas Negeri Malang Press.
 - Lu, S., Wang, H., & Guo, J. (2010). Magnetic response of heavy metals pollution in urban soils: Magnetic proxy parameters as an indicator of heavy metals pollution. *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 1-6 Agustus 2010, Brisbane, Australia, 32-35.
 - Bahendra. (2016). *Kajian sifat fisika tanah perkebunan kelapa sawit (elaeisguineensis jacq.) pada tingkat umur yang berbeda di PT Agro Muko–Tanah Rekah Estate Propinsi Bengkulu*. Tesis Ilmu Geofisika. Padang: Universitas Andalas Press.
 - Rochyatun, E. & Rozak, A. (2007). Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan teluk Jakarta. *Makara Journal of Science*, **11**(1), 28-36.
 - Ahmad, F. (2009). Tingkat pencemaran logam berat dalam air laut dan sedimen di perairan pulau Muna, Kabaena, dan Buton Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*, **13**(2), 117-124.
 - Saeni, M. S. (2002). *Bahan kuliah kimia logam berat*. Bogor: Program Pascasarjana IPB.
 - Halliday, D. & Resnick, R. (1998). *Fisika edisi 3 jilid 1- terjemahan Pantur Silaban ITB*. Jakarta: Erlangga.
 - Kucer, N., Sabikoglu, I., & Can, N. (2012). Measurements of environmental pollution in industrial area using magnetic susceptibility method. *Acta Physica Polonica A*, **121**(1), 20-22.
 - Sormin, N. Y. N. (2019). Analisis sifat magnetik endapan tanah di sepanjang sungai Sail Pekanbaru. *Jurnal komunikasi fisika Indonesia*, **7**(1), 47-57.
 - Marihot, D. (2017). *Sintesis dan karakterisasi sifat magnetik dan struktur partikel oksida besi endapan pasir besi pantai Kota Pariaman Sumatera Barat*. Tesis Ilmu Fisika Kemagnetan, Universitas Riau.
 - Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). Magnetic properties of rocks and minerals. In T. J. Ahrens (Ed.). *Handbook of Physical Constants*. Washington: American Geophysical Union, 189-204.
 - Suyono, A. D., Kurniatin, T., & Maryam, S. (2006). *Kesuburan tanah dan pemupukan*. Bandung: RR Print.
 - Gusva, D. W. Damris, M., & Bakar, A. (2017). Pengaruh kandungan aluminium dan besi tanah terhadap penyerapan *dissolved organic carbon* (DOC) pada tanah hutan Harapan Jambi. *Repository Universitas Jambi*, 1-7.
 - Darmono, (1995). *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. Jakarta: UI-Press.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

SERTIFIKAT

Kementerian Riset dan Teknologi/
Badan Riset dan Inovasi Nasional



Petikan dari Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Nomor 200/M/KPT/2020
Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode III Tahun 2020
Nama Jurnal Ilmiah
Komunikasi Fisika Indonesia

E-ISSN: 2579521X

Penerbit: Universitas Riau

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 4

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu
Volume 15 Nomor 1 Tahun 2018 sampai Volume 19 Nomor 2 Tahun 2022

Jakarta, 23 Desember 2020

Menteri Riset dan Teknologi/
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional
Republik Indonesia,



Bambang P. S. Brodjonegoro
Bambang P. S. Brodjonegoro