

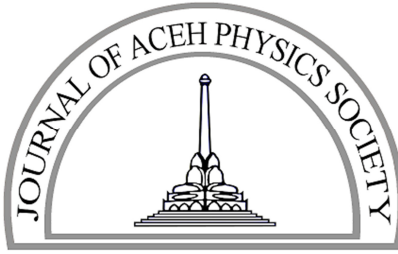
ISSN online : 2355-8229

JOURNAL OF ACEH PHYSICS SOCIETY

PHYSICS SOCIETY
JOURNAL OF ACEH

VOLUME 9 NUMBER 1
January, 2020

Journal Published by Aceh Physics Society
<http://jurnal.unsyiah.ac.id/JAcPS>



Journal of Aceh Physics Society

Chief Editor

Syahrur Nur

Managing Editor

Elin Yusibani

Associated Editors and Reviewers

Mitra Djamal	Nasrullah Idris
M. Danang Birowosuto	Rinda Hedwig
Nurhasan	Topan Setiadipura
Zulkarnain A Djalil	Abdul Halim
Edi Suharyadi	Adi Rahwanto

Index mainly by:

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS



Crossref **Google**
Scholar

Volume 9, Number 1
January, 2020

List of Content

The Production and Characterization of Activated Carbon Electrodes from Pineapple Leaf Fibers for Supercapacitor Application <i>Agustino, Awitdrus, Rakhmawati Farma, Erman Taer</i>	1 - 8
Use of SiO₂ Rice Husk Ash and Ni in Materials Solid Hydrogen Storage Based on MgH₂ <i>Taufik, Zulkarnain, Mursal</i>	9 - 12
Effect of KOH Activator on the Performance of Activated Carbon from Oil Palm Kernel Shell as Supercapacitor Electrode Material <i>Yola Azli Perdana, Rahma Joni, Emriadi, Hermansyah Aziz</i>	13 -19
Study of Water Chemical Compounds at Geothermal Area: Case on Geothermal Weh Island, Jaboi <i>Evi Yufita, Muhammad Isa, Aztarina Ermy Vijaya</i>	20 - 25
Effect of Stripline Number on Resonant Frequency of Hexagonal Split Ring Resonator Metamaterial <i>Romi Fadli Syahputra, Yan Soerbakti, Riad Syech, Erman Taer, Saktioto</i>	26 - 30

Pengaruh Jumlah Stripline pada Frekuensi Resonan Metamaterial Split Ring Resonator Heksagonal

Effect of Stripline Number on Resonant Frequency of Hexagonal Split Ring Resonator Metamaterial

Romi Fadli Syahputra, Yan Soerbakti, Riad Syech, Erman Taer dan Saktioto*

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Jl. HR. Soerantas, KM 12,5, Tampan, Pekanbaru 28293, Indonesia

Received January, 2019, Accepted January, 2020

DOI: 10.24815/jacps.v9i1.15432

Piranti-piranti elektronik maupun optoelektronik yang efisien dan responsif saat ini tengah masif dikembangkan dalam beragam bentuk dan jenis. Meta-material merupakan rancangan optoelektronik yang unik dengan sifat elektromagnetik yang tidak ditemukan secara alami, salah satunya adalah peristiwa indeks bias negatif. Eksplorasi terhadap banyak ragam struktur metamaterial sangat penting dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik tiap struktur. Salah satu struktur metamaterial yang menarik dikaji adalah bentuk heksagonal. Penelitian ini menginvestigasi karakteristik frekuensi resonan dan distribusi medan elektromagnetik metamaterial *split ring resonator* heksagonal (SRR-H) yang dikombinasikan dengan stripe line (SL) berupa logam tembaga. Lebih lanjut, jumlah SL divariasikan dari 0 - 5 unit dan disimulasikan dalam medium udara dalam rentang frekuensi 1 – 7,5 GHz. Hasil simulasi menunjukkan adanya pergeseran frekuensi resonan untuk tiap penambahan SL dalam rentang frekuensi 4,31 – 5,82 GHz. Sebaran medan listrik cenderung terpusat pada cincin resonator sedangkan medan magnet cenderung terdistribusi pada SL. Desain metamaterial SRR-H dengan 3 SL memberikan respon disipasi energi yang terkecil dengan medan E maksimum $2,59 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ dan medan H maksimum $8,69 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$. Desain SRR-H ini cukup potensial untuk diaplikasikan sebagai antenna gelombang elektromagnetik yang efisien dan juga sebagai biosensor.

Efficient and responsive electronic and optoelectronic devices are currently being massively developed in various forms and types. Metamaterial is a unique optoelectronic design with electromagnetic properties that are not found naturally, one of its properties is a negative refractive index. Exploration of different types of metamaterial structures is very important to identify the characteristics of each structure. One of the interesting metamaterial structures is a hexagonal shape. This research investigates the resonant frequency characteristics and electromagnetic field distribution of split-ring resonator (SRR-H) hexagonal-shaped metamaterial which is combined with the copper stripe line (SL). Furthermore, the number of SL is varied from 0 to 5 units and simulated in the air medium in frequency range of 1 - 7.5 GHz. The simulation results show a resonant frequency shift occurred for each SL combination in the 4.31 - 5.82 GHz frequency range. The distribution of the electric field tends to be concentrated on the resonator while the magnetic field tends to be distributed on the SL. The SRR-H metamaterial with 3 SL provides the smallest energy dissipation response with a maximum E field of $2.59 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ and a maximum H field of $8.69 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$. The SRR-H design is potential enough to be applied as an efficient electromagnetic wave antenna and also as a biosensor.

Keywords: *Metamaterials, SRR-H, strip line, resonant frequency, electromagnetic field*

Pendahuluan

Perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 sangat cepat berkembang terutama dalam bidang *Internet of Thing* (IoT). Sistem

komunikasi dan kendali antar-piranti berteknologi tinggi banyak dikembangkan pada antenna dan biosensor untuk melangsungkan proses transfer informasi dari satu piranti ke peranti lainnya (Hasan

dkk, 2018). Kemajuan teknologi telah merevolusi bentuk dan ukuran desain dari piranti berdimensi meter menjadi nanometer. Reduksi ukuran piranti dapat terjadi dengan menggunakan struktur metamaterial. Kinerja teknologi metamaterial telah banyak menarik perhatian para peneliti dalam peningkatan kualitas antenna dan biosensor berupa responsivitas yang lebih kuat dan direktivitas yang besar (Lai dkk., 2005; Bilotti dkk., 2008; Attia dkk., 2009). Teknologi antenna dan biosensor dapat dikembangkan menjadi piranti diagnostik dalam dunia medis, sebagai detektor dalam bidang industri dan telekomunikasi.

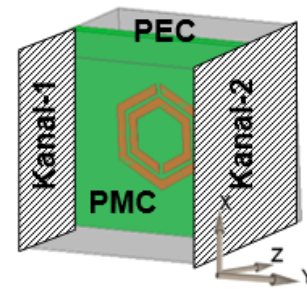
Meta-material telah diteliti untuk dikembangkan dalam berbagai kebutuhan sejak demonstrasi pembuatan dan karakterisasinya berhasil dibuktikan oleh Smith dkk. (2000). Sifat indeks bias negatif pada meta-material memunculkan teknik baru dalam pengembangan piranti diagnosis maupun mikro antenna (Grbic dan Eleftheriades, 2002). Indeks bias negatif ini disebabkan fasa negatif pada material *left-handed material* (LHM) atau kadang disebut juga dengan *negative index material* (NIM) (Ziolkowski, 2002). Bentuk struktur mematerial dapat dibangun oleh dua cincin koaksial yang dipisah dikenal dengan *split ring resonator* (SRR). Bentuk persegi dan bundar paling umum dikembangkan oleh para peneliti.

Hal yang menarik selanjutnya adalah bahwa desain stuktur metamaterial yang sama dapat digunakan untuk beberapa fungsi sekaligus. Misalnya detektor dan antenna sekaligus (de Marcellis dkk., 2015). Hanya diperlukan penyesuaian ukuran struktur dan jenis material. Penelitian ini mengusulkan metamaterial SRR dengan bentuk heksagonal (SRR-H) untuk frekuensi kerja 1 - 7.5 GHz. Rentang frekuensi ini termasuk dalam rentang frekuensi L, S dan C band menurut standar IEEE (IEEE, 2003). Peluang aplikasi dari rancangan metamaterial SRR-H ini, diantaranya adalah sebagai antenna WiMax/WLAN dan biosensor.

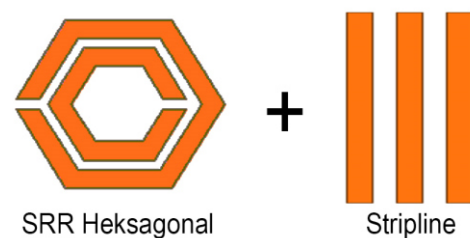
Metodologi

Rancangan struktur dibuat menggunakan bantuan *software* HFSS v13. Skema simulasi SRR-H ditunjukkan oleh Gambar 1. Struktur inklusi logam (tembaga) dirancang berbentuk cincin heksagon koaksial setebal 35 μm diatas substrat FR4-Epoxy 1.6 mm. Bidang batas *perfect magnetic conductor* (PMC) dan *perfect electric conductor*

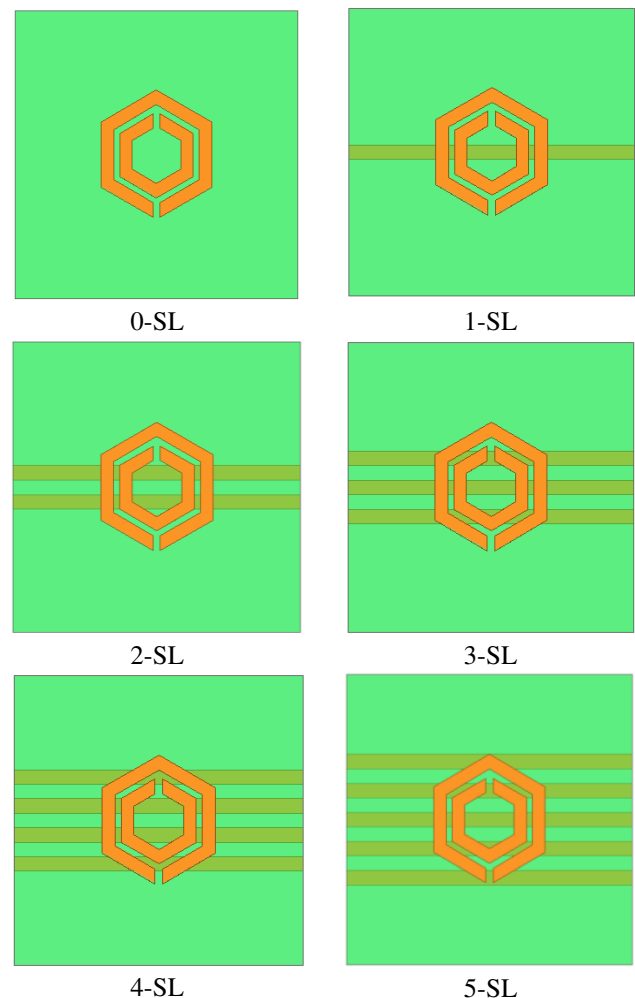
(PEC) ditempatkan sedemikian rupa agar saling sejajar dan simetris.



Gambar 1. Skema dan letak syarat batas simulasi metamaterial SRR-H



Gambar 2. Rancangan SRR-H dengan penambahan SL

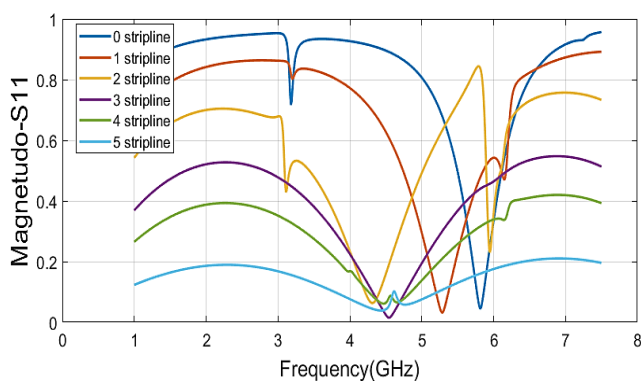


Gambar 3. Posisi dan jumlah SL dalam penelitian ini

Selanjutnya, kanal-1 dan kanal-2 ditempatkan pada sumbu-y sebagai sumber eksitasi potensial listrik sebesar 1 V. Struktur SRR-H ini dievaluasi dalam medium udara (kubus 20 mm) dengan rentang frekuensi 1 – 7,5 GHz dengan kenaikan tiap 0,01 GHz. Investigasi pengaruh penambahan SL dilakukan dengan cara menambah SL (tembaga) dengan lebar 1 mm, tebal 35 μm , dan panjang 20 mm di bawah substrat, sehingga paralel dengan SRR-H seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Jumlah SL dalam penelitian ini divariansikan dari 0 - 5. Penyelidikan pengaruh jumlah SL akan direpresentasikan dalam pergeseran frekuensi resonan, distribusi medan listrik dan medan magnet.

Hasil Penelitian

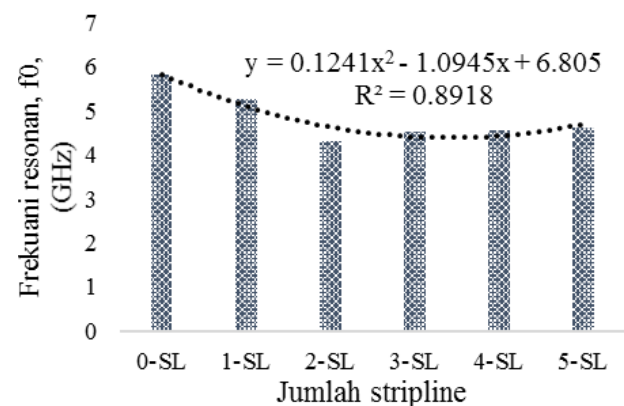
Gambar 4 menampilkan besar magnetudo S11 dari seluruh rancangan SRR-H. Pergeseran *dips* pada kurva S11 mengindikasikan pergeseran frekuensi resonan, meskipun juga ditentukan oleh perubahan fasa gelombangnya. Pada saat frekuensi resonan tercapai, fasa akan berubah drastis (Smith dkk., 2002; Smith dkk., 2005). Penambahan jumlah SL jelas memberikan pergeseran frekuensi dalam rentang 4,31 – 5,82 GHz dengan tertinggi pada 0-SL (5,82 GHz) dan terendah pada 2-SL (4,31 GHz). Pergeseran frekuensi terhadap penambahan SL tampaknya mengikuti kurva regresi kuadratik, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 4 Magnetudo parameter S11 untuk masing-masing SRR-H dengan SL berbeda

Terdapat frekuensi-frekuensi resonan tambahan yang juga terjadi dalam rentang 1 – 7,5 GHz yang unik untuk tiap desain SRR-H. SRR-H 4-SL misalkan, frekuensi resonan tambahan justru terjadi di atas frekuensi resonan utama, yaitu 6,14 GHz, sedangkan SRR-H 2-SL memiliki frekuensi resonan tambahan

di bawah yang di atas frekuensi resonan utamanya, seperti yang disajikan pada Tabel 1.

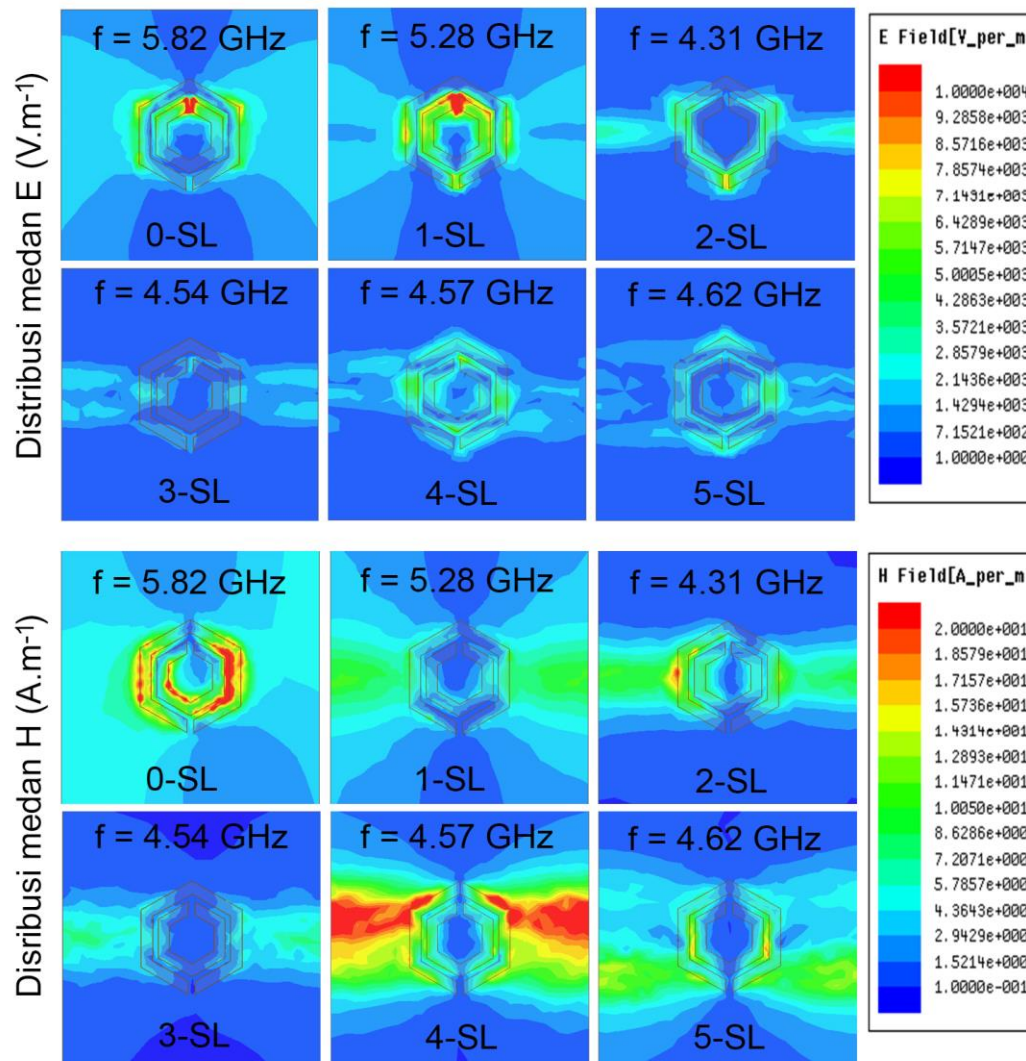


Gambar 5. Pergeseran frekuensi resonan utama SRR-H

Tabel 1. Pergeseran frekuensi resonan

Jumlah SL	f0 (GHz)	f0_bawah (GHz)	f0_atas (GHz)
0	5.82	3.18	-
1	5.28	3.2	6.5
2	4.31	3.11	5.95
3	4.54	-	-
4	4.57	-	6.14
5	4.62	-	-

Penambahan atau pengukuran frekuensi resonan disebabkan oleh interaksi masing cincin, gap cincin dan tentunya SL yang ditambahkan. Menurut Benosman (2013), penambahan jumlah cincin inklusi logam dapat menambahkan frekuensi resonan. Perlu diketahui, letak frekuensi resonan ini dapat mengindikasikan frekuensi tapis bila diaplikasikan sebagai filter elektromagnetik (Kurniawan dkk., 2018). Sebaran dan besar medan listrik E dan medan magnetik H pada tiap rancangan SRR-H sangat berbeda pada frekuensi resonannya. Medan E cenderung menurun terhadap penambahan SL dan terpusat pada gap cincin resonator. Demikian juga medan H yang cenderung mengecil, namun cenderung terdistribusi pada SL seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 dan Tabel 2. Besar medan E dan H menandakan besaran disipasi energi elektromagnetik pada material (Smith dkk., 2005). Ini berarti, penambahan SL memberikan disipasi energi yang lebih kecil, namun tetap responsif seperti yang dibutuhkan oleh antenna dan biosensor terkini yang efisien dalam konsumsi energi eksitasi (Zhang dkk., 2015; Aristov dkk., Le dkk., 2017; Sreekanth dkk., 2017).



Gambar 6. Distribusi medan E dan H pada frekuensi resonansi SRR-H untuk jumlah SL berbeda

Tabel 2. Medan E dan H maksimum untuk tiap frekuensi resonansi

Jumlah SL	f_0 (GHz)	E ($\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$)	H ($\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$)
0	5.82	18.31	35.59
1	5.28	17.67	10.89
2	4.31	8.93	21.83
3	4.54	2.59	8.69
4	4.57	7.39	28.79
5	4.62	4.30	18.18

Dalam penelitian ini, meta-material SRR-H dengan 3-SL merupakan yang terbaik karena diperoleh disipasi medan E dan H terendah, yakni $2,59 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ dan $8,69 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$.

Kesimpulan

Perancangan dan simulasi metamaterial SRR-H dengan variasi jumlah SL telah berhasil

didemonstrasikan. Terjadi pergeseran frekuensi resonansi untuk tiap penambahan SL dalam rentang frekuensi 4,31 – 5,82 GHz. Distribusi medan listrik cenderung terpusat pada cincin resonator sedangkan medan magnet cenderung terdistribusi pada SL. Berdasarkan distribusi medan E dan H, desain metamaterial SRR-H 3-SL memberikan respon disipasi energi yang terkecil dengan medan E maksimum $2,59 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ dan medan H maksimum $8,69 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$. Desain SRR-H ini cukup potensial untuk diaplikasikan sebagai antena gelombang elektromagnetik yang efisien dan juga sebagai biosensor.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Riau dan Politeknik Caltex Riau yang telah membantu menyediakan fasilitas penelitian ini.

Referensi

- Aristov, A. I., Manousidaki, M., Danilov, A., Terzaki, K., Fotakis, C., Farsarim M. dan Kabashin, A. V. 2016. 3D plasmonic crystal metamaterials for ultra-sensitive biosensing. *Scientific Reports* **6** 23580.
- Attia, H., Yousefi, L., Suwailam, M. M. B., Boybay, M.S., dan Ramahi, O. M. 2009. Enhanced-Gain Microstrip Antena Using Engineered Magnetic Superstrates. *IEEE Antenas and Wireless Propagation Letters* **8** 1198- 1201.
- Benosman, H dan N.B. Hanece, 2013 Multi-band meta-material structures based on hexagonal shaped. *International Journal of Physical Sciences* **8**(17): 803-808.
- Bilotti, F., Alú, A., dan Vegni, L. 2008. Design of Miniaturized Metamaterial Patch Antenas With -Negative Loading. *IEEE Transactions on Antenas and Propagation*. **56**(6): 1640 - 1647.
- de Marcellis, A., Palange, E., Janneh, M., Rizza, C., Ciattoni, A., dan Mengali, S. 2015. Optimisation of the detection sensitivity of plasmonic nanoantena based sensors for mid-infrared spectroscopy. *Procedia Engineering* **120**: 1179 – 1182.
- Grbic A., dan Eleftheriades, G. V. 2002. A Backward-Wave Antena Based on Negative Refractive Index L-C Networks. *Proceedings of IEEE, ISBN: 0-7803-7330-8*, 340-343.
- Hasan, Md. M., Faruque, M. R. I. dan Islam M. T. 2018. Dual Band Metamaterial Antena For LTE/Bluetooth/ WiMAX System. *Scientific Reports*. **8**:1240 (1-17).
- IEEE. 2003. IEEE standard letter designations for radar-frequency bands, IEEE Std. 521TM-2002 (Revision of IEEE Std. 521-1984).
- Kurnia, M.F., R.F. Syahputra, dan Saktioto. 2018. Expansion of Filter Design from GHz to THz with Metamaterial Hexagonal Split Ring Resonator. *Journal of Physics: Conference Series* **1090**(1): 012035(1-6).
- Lai, A., Leong, K. M. K. H., dan Itoh, T. 2005. Dual-Mode Compact Microstrip Antena Based on Fundamental Backward Wave. *2005 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings*. 4-7 Desember. Suzhou, China.
- Le, K.Q., Bai, J., Ngo, Q. M. dan Chen, P.-Y. 2017. Fabrication and Numerical Characterization of Infrared Metamaterial Absorbers for Refractometric Biosensors. *Journal of Electronic Materials*. **46**(1): 668-678.
- Smith, D. R., Padilla, W. J., Vier, D. C., Nasser, S. C.N-. & Schultz, S. 2000. Composite Medium with Simultaneously Negative Permeability and Permittivity. *Physical Review Letters* **84** (18): 4184-4187.
- Smith, D.R., D.C. Vier, Th. Koschny, dan C.M. Soukoulis. 2005. Electromagnetic parameter retrieval from inhomogeneous metamaterials. *Physical Review E* **71**, 036617(1-11).
- Sreekanth, K., El Kabbash, M., Alapan, Y., Ilker, E., Hinczewski, M., Gurkan, U. A. dan Strangi, G. 2017. Hyperbolic metamaterials-based plasmonic biosensor for fluid biopsy with single molecule sensitivity. *EPJ Applied Metamaterials*. **4**(1): 1-8.
- Zhang, Y., Tang, H., Yao, C., Li, Y., dan Siyu Xiao, S. 2015. Experiments on adjustable magnetic metamaterials applied in megahertz wireless power transmission. *AIP Advances*. **5**: 017142(1-9).
- Ziolkowski, R. W. 2002. Tailoring the Electromagnetic Responses of Metamaterials: Double Negative Medium Designs and Experiments. *Proceeding IEEE-Nano 2002*, 27 August: 223.

