



PAPARAN KEILMUAN JABATAN GURU BESAR
UNIVERSITAS PADJADJARAN

SUPERPARAMAGNET: MERAJUT NANOPARTIKEL MAGNETIK UNTUK APLIKASI MEDIS DAN REMEDIASI LINGKUNGAN



Prof. Dr. Drs. Togar Saragi, M.Si.

SUPERPARAMAGNET: MERAJUT NANOPARTIKEL MAGNETIK UNTUK APLIKASI MEDIS DAN REMEDIASI LINGKUNGAN

Paparan Keilmuan Berkenaan dengan Pengukuhan Jabatan
Guru Besar dalam Bidang Ilmu Fisika Magnetik pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Padjadjaran

Bandung, 22 Juli 2025

Oleh

TOGAR SARAGI



**KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI,
SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PADJADJARAN
BANDUNG
2025**

**Selamat Pagi dan Salam Sejahtera bagi kita semua
Kepada Yang Terhormat**

Rektor Universitas Padjadjaran

Ketua beserta seluruh Anggota Majelis Wali Amanah

Ketua beserta Anggota Senat Akademik

Ketua beserta seluruh anggota Dewan Profesor Universitas Padjadjaran

Para Guru Besar Tamu

Para Wakil Rektor, Dekan, Direktur/Ketua Lembaga,
serta Para Wakil Dekan di Lingkungan Universitas Padjadjaran

Para Kolega Dosen dan Tenaga Kependidikan

Para Mahasiswa dan alumni yang saya banggakan

Para sahabat, teman dan seluruh anggota keluarga yang saya kasihi, Serta Para Undangan dan hadirin yang saya muliakan.

Para Guru Besar, Bapa Ibu dan hadirin yang saya hormati,

Pada kesempatan yang baik ini, perkenankan saya memanjatkan Puji dan Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Berkat dan Kasih Karunia-Nya kita dapat berkumpul menghadiri acara yang sangat membahagiakan ini. Merupakan kehormatan bagi saya berdiri di hadapan para ilmuwan dan akademisi, menyampaikan paparan ilmiah Penerimaan Jabatan Guru Besar dalam bidang Fisika Magnetik. Oleh karena itu, perkenankan saya sebagai Guru Besar pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran menyampaikan paparan ilmiah dengan judul:

**Superparamagnet: Merajut Nanopartikel Magnetik untuk
Aplikasi Medis dan Remediasi Lingkungan**

Pendahuluan

Hadirian yang saya hormati, superparamagnetisme adalah sebuah fenomena magnetik unik yang muncul ketika material feromagnetik dikecilkan sampai skala nanometer < 20 nm). Dalam medan magnet luar, superparamagnet mengalami magnetisasi, namun kehilangan sifat magnetnya ketika medan

magnet luar dihilangkan. Ini seolah-olah menjadi paradoks bagaimana sifat yang dianggap merugikan dalam konteks konvensional karena kehilangan kemagnetan namun justru menjadi keunggulan dalam aplikasi yang spesifik.

Prinsip Dasar Superparamagnetisme

Sebagaimana disampaikan di atas, prinsip dasar superparamagnetisme muncul sebagai efek ukuran. Pada ukuran nanometer agitasi termal mendominasi tatanan feromagnetik sehingga energi thermal mampu mengacak momen magnetiknya dan menyebabkan bahan tersebut tidak kehilangan sifat magnet (remanensi dan koersivitas = 0), dan ketika medan magnet luar diaplikasikan, bahan tersebut kembali bersifat magnet. Efeknya menjadikan bahan ini stabil secara koloid dan tidak menggumpal tanpa medan magnet karena energi thermalnya mampu mengatasi anisotropik magnetik.

Sintesis Nanomagnetik Berbasis Iron, Hasil dan Analisa

Material magnetik berbasis Fe yang paling banyak diteliti adalah Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 (magnetite). Kedua material ini memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat dimanfaatkan untuk aplikasi tertentu. Dalam ukuran *bulk*, Fe_2O_3 memiliki sifat antiferomagnetik dan feromagnetisme lemah pada rentang suhu tertentu, sedangkan material Fe_3O_4 memiliki sifat ferrimagnetik pada seluruh rentang suhu, cukup stabil dibandingkan dengan senyawa Fe lainnya. Oleh karena itu Fe_3O_4 sangat cocok untuk mengamati berbagai sifat magnetik bahan terutama untuk beberapa aplikasi, seperti ferrofluida, refrigerasi magnetik, detoksifikasi fluida biologis, transpor obat antikanker, dan remediasi lingkungan yang dikendalikan secara magnetik.

Pada aplikasi biomedis, nanopartikel magnetite murni memiliki beberapa keterbatasan karena sifat permukaannya, diantaranya adalah (1) cenderung teraglomerasi karena gaya van der Waals yang dapat merusak sifat magnetiknya dan menyebabkan masalah pada stabilitas koloidalnya. (2) rentan

terhadap oksidasi yang dapat mengubah sifat-sifatnya dan mengurangi masa pemakaiannya secara *in-vivo*. (3) dapat menimbulkan respon imun yang tidak diinginkan sehingga membatasi penggunaan yang aman. (4) tidak memiliki ligan atau gugus fungsi spesifik yang diperlukan untuk berikatan dengan reseptor biologis sehingga menyulitkan pengiriman nanopartikel dalam tubuh (aplikasi biomedis) dan penyerapan logam berat (remedial lingkungan).

Oleh karenanya, nanopartikel magnetik ini selalu diproses melalui modifikasi permukaan dan pelapisan atau polimer tertentu. Lapisan-lapisan tersebut meliputi chitosan, dextran, polyethyleneimine (PEI), polyvinylalcohol (PVA), polyvinylpyrrolidone (PVP), polyethylene glycol (PEG), dan kitosan. Surfaktan yang dipilih adalah silikon dioksida (SiO_2) dan asam oleat. Silikon dioksida merupakan senyawa yang memiliki stabilitas kimia dan hidrofilisitas yang baik, serta gugus hidroksil permukaan yang memungkinkan modifikasi lebih lanjut. Selain itu, SiO_2 tidak mudah menggumpal selama proses sintesis, mengalami reaksi redoks intermolekul, dan dapat mengurangi efek sitotoksik nanopartikel Fe_3O_4 ketika diaplikasikan untuk berbagai keperluan biomedis.

Asam oleat bersifat amfifilik. Asam karboksilat yang mengandung gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) akan bersifat polar dan dapat berinteraksi dengan air, oleh karenanya bersifat hidrofilik. Sedangkan rantai alifatik dengan ikatan rangkap duanya menunjukkan adanya kekurangan hidrogen yang membuatnya bersifat hidrofobik. Asam oleat mampu mengurangi kecenderungan nanopartikel untuk teragregasi akibat tolakan sterik sehingga dapat mencegah terjadinya aglomerasi atau mencegah interaksi van der Waals. Setelah modifikasi permukaan, nanopartikel harus dilapisi dengan bahan biokompatibel, seperti polietilen glikol (PEG) untuk meningkatkan biokompatibilitas. PEG adalah polimer sintesis yang bersifat hidrofilik dan biokompatibel, sehingga mudah larut dalam air. Selanjutnya nanopartikel dapat dilapisi dengan protein

(AGAR) sebagai *feeding-food* (protein) untuk penargetan spesifik jaringan yang diinginkan secara tepat.

Metode sintesis adalah metode larutan diantaranya dapat dilakukan dengan metode kopresipitasi, hydrothermal dan kolloidal. Dalam penelitian ini digunakan metode ko-presipitasi. Beberapa tahapan telah dihasilkan diantaranya sintesis nanopartikel Fe_3O_4 , modifikasi permukaan Fe_3O_4 dengan asam oleat (OA) dan silikon dioksida (SiO_2) dan enkapsulasi Fe_3O_4 -OA dengan PEG dan AGAR.

Dari hasil penelitian Fe_3O_4 dan modifikasi permukaan dengan SiO_2 diperoleh bahwa morfologi sampel berbentuk bulat dengan ukuran $11 \pm 2,22$ nm sebelum modifikasi permukaan, dan $10 \pm 1,53$ nm setelah dimodifikasi permukaan. Karakteristik magnetik menunjukkan medan koersif sebelum modifikasi permukaan adalah 362 Oe dan jauh berkurang menjadi 26 Oe setelah modifikasi permukaan silikon dioksida. Waktu relaksasi nanopartikel magnetite signifikan menurun setelah proses enkapsulasi. Hal ini mengindikasikan ada peningkatan karakteristik superparamagnetik, berkaitan dengan meningkatnya konsentrasi surfaktan, perubahan energi anisotropik nanopartikel terhadap penurunan temperatur blocking dan berkurangnya viskositas medium sebagai parameter potensial dalam aplikasi medis dan lingkungan.

Dari hasil penelitian modifikasi permukaan dengan asam oleat serta enkapsulasinya dengan PEG dan AGAR diperoleh bahwa secara umum morfologi masing-masing sampel cukup jelas, dan bayangan yang muncul pada butiran sampel yang dilapisi disebabkan oleh modifikasi permukaan. Ukuran partikel untuk nanopartikel Fe_3O_4 sebelum dimodifikasi permukaan dengan oleic acid, dan setelah enkapsulasi pada sampel masing-masing adalah Fe_3O_4 -OA, Fe_3O_4 -OA/PEG, dan Fe_3O_4 -OA/PEG/AGAR/OA adalah $11,76 \pm 2,42$ nm, $8,16 \pm 2,18$ nm, $10,08 \pm 3,95$ nm, dan $30,21 \pm 13,47$ nm. Karakteristik magnetik ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Besaran magnetik nanopartikel Fe_3O_4 dan modifikasi permukaannya.

Sample	$T = 300 \text{ K}$		
	M_s (emu/gr)	M_r (emu/gr)	H_c (Oe)
Fe_3O_4	23.36	0.14	24.9
$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-OA}$	51.84	0.13	3.5
$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-OA/PEG}$	47.16	0.15	4.6
$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-OA/PEG/AGAR}$	37.76	0.10	4.3
$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-OA/PEG/AGAR/OA}$	50.93	0.04	1.3

Perubahan yang sangat signifikan diamati pada proses modifikasi permukaan dengan asam oleat dan enkapsulasi dengan PEG dan AGAR, medan demagnetisasi berubah dari 25 Oe menjadi 1 Oe mendekati superparamagnet ideal. Medan koersif sampel pada proses enkapsulasi dengan asam oleat lebih mendekati superparamagnet dibandingkan dengan modifikasi permukaan dengan silikon dioksida.

Perspektif Aplikasi Biomedis dan Solusi Lingkungan (Remediasi Polutan, Pemurnian Air).

Dengan memanfaatkan karakteristik superparamagnetiknya, nanopartikel berbasis iron dapat digunakan dalam:

Biomedis: sebagai **kontras agen** negatif (T2) dalam pencitraan resonansi magnetik, dapat memperpendek waktu relaksasi T2 air di sekitarnya sehingga menghasilkan citra yang lebih gelap di lokasi target. Dalam bidang **penghantaran obat:** dengan medan magnet luar partikel diarahkan ke lokasi target tissue. Obat tersebut akan terlepas secara terkontrol oleh rangsangan lokal seperti perubahan pH, enzim, atau suhu. **Magnetik hyperthermia:** pendekatan non-invasif, terkontrol untuk terapi kanker yang efektif dan kombinasinya dengan kemoterapi atau radioterapi. Dengan medan magnet AC frekuensi tinggi (100–500 kHz), partikel mengonversi energi magnetik menjadi panas (melalui relaksasi Néel/Brown), memanaskan sel kanker hingga

42–46°C. Panas ini akan merusak protein seluler tanpa merusak jaringan sehat.

Remediasi lingkungan seperti air: penyerap logam berat melalui pelapisan Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), atau kitosan menyerap ion logam (Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+}) dan memisahkannya dengan magnet. Remediasi tanah dengan cara menyuntikkannya ke tanah untuk mengikat logam berat As, Cr dan hidrokarbon minyak (ekstraksi magnetik partikel dan polutan).

Tantangan Riset.

Beberapa tantangan riset dalam aplikasi ini adalah: *biokompatibilitas dan toksisitas*: untuk memastikan tidak ada efek samping jangka panjang, terutama untuk aplikasi klinis, *kontrol ukuran dan distribusi*: Produksi nanopartikel dengan ukuran dan sifat yang konsisten untuk kinerja dan reproduktifitas aplikasi, *regulasi dan standarisasi*: untuk memfasilitasi translasi dari penelitian ke aplikasi klinis.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi permukaan nanopartikel Fe_3O_4 dapat menyesuaikan sifat dengan tetap mempertahankan perilaku superparamagnetik sebagai sifat penting untuk aplikasi. Superparamagnet bukan sekadar material. Bahan ini adalah sebuah paradigma baru di bidang medis dan lingkungan, remediasi lingkungan dengan solusi berkelanjutan untuk tantangan global.

Izinkan saya mengakhiri paparan ilmiah keilmuan ini dengan kalimat:

dalam ketidak-terlihatan nanopartikel, tersembunyi kekuatan mengubah peradaban.

Terima kasih. Tuhan Memberkati kita sekalian.

Ucapan Terimakasih

Para Guru Besar, Bapak, Ibu dan Hadirin yang saya hormati,

Pada kesempatan yang berbahagia ini, saya ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah berperan menghantarkan saya memperoleh jabatan akademik yang terhormat ini.

Terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi. Terima kasih, saya sampaikan kepada Rektor Universitas Padjadjaran ke 12 Prof. Dr. Rina Indiatuti, M.SIE dan Rektor Universitas Padjadjaran Prof. Dr. Arif Syamsulaksana Kartasasmita, Sp.M(K), M.M., M.Kes., Ph.D. beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan penuh pada proses pengusulan Guru Besar ini. Demikian pula, kepada Ketua Senat Akademik Unpad Prof. Dr. Dr.(HC). Ganjar Kurnia, Ir., DEA, dan Anggota Senat Akademik Unpad, serta kepada Ketua Dewan Profesor, Prof. Arief Anshory Yusuf, M.Sc., Ph.D., beserta anggota, terimakasih atas segala masukan dan bantuan yang sangat berharga dalam pengusulan Guru Besar ini. Terima kasih saya sampaikan kepada Dekan Fakultas MIPA Prof. Dr. Iman Rahayu, S.Si, M.Si, Yudhie Adriyana, Ph.D (Direktur Perencanaan dan Sistem Informasi dan Transformasi Digital yang saat itu menjabat sebagai Wadek 1), Prof. Dr. Desi Harneti, S.Si., M.Si sebagai Wadek 2, dan Bapa Ibu Manajer, KUI FMIPA, kepada Ketua Senat Akademik Fakultas MIPA Unpad Prof. Dr. Toto Subroto, S.Si, M.Si beserta anggota, Komisi serta kepada seluruh Guru Besar Fakultas MIPA yang telah mendukung pengusulan ini. Penghargaan, rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada promotor akademik Prof. M.O. Tjia (Alm), Prof. M. Barmawi (Alm), dan Prof. Dr. Toto Winata.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak Prof. Ir. Frans Umbu Datta M.App.Sc, Ph.D (Rektor Universitas Kristen Maranatha), Bapak Adri Lazuardi, SH. (Ketua Umum Yayasan BPK Penabur), Bu Eti Artayatini, S.Si., M.M (Kepala

Pusat Sekretariat Korporasi Yayasan BPK Penabur), Bapa Antonius Gunawan, Ibu Pdt. Astrida Kardina, dan Ibu Kristiawanti (Pengurus Yayasan BPK Penabur Cimahi), Pdt. Em. Ujang Tanusaputra, S.Th., M.Si. dan Ibu, Pdt. Sutanto Teddhy dan Ibu, yang telah menyediakan waktu yang sangat berharga untuk menghadiri acara pengukuhan ini..

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Risdiana, M.Eng selaku Ketua ALG yang sangat membantu dalam pencapaian ini, juga kepada Kepala Departemen Fisika, ketua Program Studi Fisika, Majelis Jurusan Fisika serta kolega teman sejawat dan staf tendik yang tak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah mendukung dan membantu dalam pencapaian jabatan Guru Besar ini.

Hadirin yang saya hormati, dalam kesempatan ini pula, saya ingin mengucapkan terima kasih yang mendalam, Kepada Ayah, St. Tuamian Saragi (Alm), dan Ibu Mutiara Butarbutar (Op. Tangkas) yang saat ini tidak bisa menghadiri momen bahagia ini karena usia, dan kepada Ayah Mertua, Alm. Toga Sihombing dan Ibu Mertua Sabaruli Karolina Silitonga (Op. Samuel), Abang, Kakak dan adik-adikku semua serta seluruh keluarga besar atas dukungan dan doa yang dipanjatkan. Terimakasih juga kepada Keluarga Besar Pomparan Raja Si-Opat Ama, Borsak Sirumonggur, Butarbutar dan Silitonga (Boru, bere dan Iebere Bandung Raya) atas dukungan dan doanya.

Kepada keluarga tercinta, Istriku Naomi Dahlia Septiana Sihombing, anakku James Timothy Mulana Saragi dan keponakanku Elgratia Dian Parasian Sihombing S.Kep dan Ersi Zefanya, S.Psi, M.Psi, Psikolog atas dukungan, kesabaran dan doa yang diberikan, untuk mendukung perjalanan panjang ini.

Penghargaan ini bukan hanya sebuah pencapaian pribadi, tetapi juga sebuah amanah dalam bidang ilmu yang saya emban untuk terus berkontribusi bagi ilmu pengetahuan, dan bermanfaat bagi banyak orang.

Daftar Pustaka/Rujukan/ Referensi

1. Gubin, S.P.; A Koksharov, Y.; Khomutov, G.; Yurkov, G.Y. Magnetic nanoparticles: Preparation, structure and properties. *Russ. Chem. Rev.* 2005, 74, 489–520.
2. Sun, H.; Zeng, X.; Liu, M.; Elingarami, S.; Li, G.; Shen, B.; He, N. Synthesis of Size-Controlled $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ Magnetic Nanoparticles for Nucleic Acid Analysis. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 2012, 12, 267-273.
3. Shen, L.; Li, B.; Qiao, Y. Fe_3O_4 Nanoparticle in Targeted Drug/Gene Delivery Systems. *Materials* 2018, 11, 324.
4. Prijic, S.; Sersa, G. Magnetic Nanoparticles as Targeted Delivery System in Oncology. *Radiology and Oncology* 2011, 45, 1-16.
5. Wulandari, I.O.; Sulistyarti, H.; Safitri, A.; Santjojo, D.J.D.H.; Sabarudin, A. Development of Synthesis Method of Magnetic Nanoparticles Modified by Oleic Acid and Chitosan as a Candidate for Drug Delivery Agent. *Journal of Applied Pharm. Sci.* 2019, 9, 001-011.
6. Goya, G.F.; Morales, M.P. Field Dependence of Blocking Temperature in Magnetite Nanoparticles. *Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials* 2004, 20-21, 673-678.
7. Saragi, T.; Sinaga, H.D.; Rahmi, F.; Pramesti, G.A.; Sugiarto, A.; Therigan, A.; Syakir, N.; Hidayat, S.; Risdiana. Blocking Temperature of Magnetite Nanoparticles Fe_3O_4 Encapsulated Silicon Dioxide SiO_2 . *Key Engineering Materials* 2020, 855, 172-176.
8. Hira, U.; Sher, F. Structural, Magnetic and High-Temperature Thermoelectric Properties of $\text{La}_{0.4}\text{Bi}_{0.4}\text{Ca}_{0.2}\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 0.3$) Perovskites. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 2018, 452, 64-72.
9. Weaver, J.B.; Kuehlert, E. Measurement of Magnetic Nanoparticle Relaxation Time. *Medical Physics* 2012, 39, 2765-2770.

10. Wang, J.; Wu, W.; Zhao, F.; Zhao, G. Curie Temperature Reduction in SiO₂-coated Ultrafine Fe₃O₄ Nanoparticles: Quantitative Agreement with a Finite-Size Scaling Law. *Applied Physics Letters* 2011, 98, 083107.
11. Volkov, I.; Gudoshnikov, S.; Usov, N.; Volkov, A.; Moskvina, M.; Maresov, A.; Snigirev, O.; Tanaka, S. SQUID-Measurements of Relaxation Time of Fe₃O₄ Superparamagnetic Nanoparticle Assemblies. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 2006, 300, 294-297.
12. Spizzo, F.; Sgarbossa, P.; Sieni, E.; Semenzato, A.; Dughiero, F.; Forzan, M.; Bertani, R.; Bianco, L.D. Synthesis of Ferrofluids Made of Iron Oxide Nanoflowers: Interplay Between Carrier Fluid and Magnetic Properties. *Nanomaterials* 2017, 7, 373.
13. Del Bianco, L.; Lesci, I.G.; Fracasso, G.; Barucca, G.; Spizzo, F.; Tamisari, M.; Scotti, R.; Ciocca, L. Synthesis of Nanogranular Fe₃O₄/Biomimetic Hydroxyapatite for Potential Applications in Nanomedicine: Structural and Magnetic Characterization. *Mater. Res. Express* 2015, 2, 065002.
14. Del Bianco, L.; Fiorani, D.; Testa, A.M.; Bonetti, E.; Savini, L.; Signoretti, S. Magnetothermal Behavior of a Nanoscale Fe/Fe Oxide Granular System. *Physical Review B* 2002, 66, 174418.
15. Saragi, T.; Permana, B.; Therigan, A.; Hidayat, S.; Syakir, N.; Risdiana. Physical Properties of Encapsulated Iron Oxide. *Materials Science Forum* 2019, 966, 277-281
16. Blundell, S. *Magnetism in Condensed Matter*, Oxford University Press 2001, New York.
17. Tang, Z.X.; Sorensen, C.M.; Klabunde, K.J. Size-Dependent Curie Temperature in Nanoscale MnFe₂O₄ Particles. *Physical Review Letters* 1991, 67, 3112.
18. Zatsiupa, A.A.; Bashkirov, L.A.; Troyanchuk, I.O.; Petrov, G.S.; Galyas, A.I.; Lobanovsky, L.S.; Truhanov, S.V. Magnetization, Magnetic Suceptibility, Effetive Magnetic

- Moment of Fe^{3+} ions in $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ Ferrite. *Journal of Solid State Chemistry* 2014, 212, 147-150.
19. Osaci, M.; Abrudean, C.; Berdie, A. Relaxation Times in Magnetic Nanoparticle System and Memory Effects. *Acta Physica Polonica A* 2007, 112, 1203-1212.
 20. Balaev, D.A.; Semenov, S.V.; Dubrovskiy, A.A.; Yakushkin, S.S.; Kirillov, V.L.; Martyanov, O.N. Superparamagnetic Blocking of an Ensemble of Magnetite Nanoparticles upon Interparticle Interactions. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 2017, 440, 199-202.
 21. Krishnan, K.M. Biomedical nanomagnetism: A Spin Through Possibilities in Imaging, Diagnostics, and Therapy. *IEEE Transactions on Magnetics* 2010, 46, 2523-2558.
 22. Saragi T, Permana B, Therigan A, Sinaga HD, Maulana T, Risdiana (2022) Study of Magnetic Properties and Relaxation Time of Nanoparticle $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$. *Materials*. 15: 1573.
 23. Vangijzegem T, Lecomte V, Ternad I, Leuven LV, Muller RN, Stanicki D, Laurent S (2023) Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPION): From Fundamentals to State-of-the-Art Innovative Applications for Cancer Therapy. *Pharmaceutics*. 15: 236.
 24. Lin MM, Kim DK, El Haj AJ, Dobson J (2008) Development of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPIONS) for Translation to Clinical Applications. *IEEE Trans NanoBiosci* 7: 298-305.
 25. Otieno E, Huang Y, Li T, Wang M, Qiu X, Xiao X (2023) Utilization of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) as a vector for drug delivery. *Appl Nanosci* 13: 6191-6216.
 26. Chomoucka J, Drbohlavova J, Huska D, Adam V, Kizek R, Hubalek J (2010) Magnetic nanoparticles and targeted drug delivering. *Pharmacol Res* 62: 144-149.

CURRICULUM VITAE



Nama : Prof. Dr. Drs. Togar Saragi, M.Si
Lahir : Pulobayu, 26 Agustus 1968
N I P/NIDN : 19680826 199603 1 001 / 0026086803
Golongan/Pangkat : IV-c / Pembina Utama Muda (1 April 2024)
Jabatan Fungsional : Professor (1 Desember 2024)
Bidang Ilmu : Fisika Magnetik
H-Indeks Scopus : 8
Orcid : <https://orcid.org/0000-0003-2792-6906>

Pendidikan.

Sarjana : Pendidikan Fisika Universitas Negeri
Medan (1988-1993)
Magister : Fisika, ITB (1994-1997)
Doktor : Fisika, ITB (1997-2005)

Pengalaman Professional.

1. 1996 – sekarang : PNS – Dosen Fisika FMIPA Unpad
2. 2010 – 2016: Koordinator Fisika Dasar dan Kepala Laboratorium Fisika Dasar: Pusat Pelayanan Basic Science (PPBS) UNPAD.

3. 2016 – 2018: Kepala Unit Penjaminan Mutu FMIPA Unpad.
4. 2021: Kepala Laboratorium Fisika Dasar, Fisika FMIPA Unpad
5. 2021 – sekarang: Kepala Unit Penjaminan Mutu FMIPA Unpad.
6. 27 Maret 2023 – sekarang: Asesor LAMSAMA

Pelatihan Profesional.

1. 2017: Pelatihan Auditor Mutu Internal Perguruan Tinggi (AMI-PT)
2. 2023: Pelatihan Asesor LAMSAMA. Diselenggarakan LAMSAMA

Penghargaan.

1. Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya X Tahun dari Presiden Indonesia (2014).
2. Tanda Kehormatan Satyalancana Karya Satya XX Tahun dari Presiden Indonesia (2018).
3. Satya Karya Bhakti Kelas I - 25 Tahun dari UNPAD (2024).

Pengalaman Penelitian.

1. Sintesis, Modifikasi Permukaan dan Enkapsulasi Magnetite untuk Meningkatkan Karakteristik Superparamagnet dalam Aplikasi Biomedis, PFR-BIMA (2024 - 2025)
2. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 -OA/PEG/AGAR: Studi Morfologi, Gugus Fungsi, Struktur, dan Parameter Magnetik, PTM-BIMA (2024 - 2025)
3. Preparasi Superparamagnetik Oksida Besi, Modifikasi Permukaan Dan Enkapsulasi Untuk Aplikasi Biomedis, HIU-RKDU (2024)
4. World Class Professor (WCP2022): Pengembangan Kajian Sifat Magnet Bahan Berbasis Fe Untuk aplikasi Drug-Delivery. Sophia University, Japan
5. Investigasi Enkapsulasi Bahan Magnet Berbasis Fe untuk Aplikasi Drug Delivery (2017 – 2019; 2021 – 2022)

6. Sintesis Nanopartikel Lapisan Aktif ZnO Dalam Pengembangan Bahan Solar Cell Dengan Metode Hydrothermal (2014 – 2015)
7. Preparasi Film Tipis Nano Magnetik dengan Metode Sol Gel dan Karakterisasinya: Study Aplikasi Media Perekam Tinggi (2014 – 2015)
8. Program Academic Recharging (PAR-C) at Nanocore Temasek National University of Singapore (NUS) (2010)

Publikasi (selected).

1. Firyal Arianna, Lusi Safriani, An-Nissa Kusumadewi, Noto Susanto Gultom, Risdiana, and **Togar Saragi**. *In Situ Surface Modification by Oleic Acid of Magnetite Nanoparticles: Surface Interaction, Structure, and Its Magnetic Properties*. Journal of Materials Science: Materials in Engineering, Springer Nature, **20**, 87 (2025), pp.1-10. doi: <https://doi.org/10.1186/s40712-025-00303-x>
2. **Togar Saragi**, Utami Widyaiswari, Darling Joshua manalu, Budi Adiperdana, Risdiana Risdiana, Tadashi Adachi. *Particles Size and Its Distribution Deduced from Magnetic Properties of Magnetite Nanoparticles by the Modified Langevin Equation*. AIP Advances. **13**, 02 (2023), pp. 84 – 92. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0167090>
3. **Togar Saragi**, Bayu Permana, Arnold Therigan, Hotmas D. Sinaga, Trisna Maulana and Risdiana Risdiana. *Study of Magnetic Properties and Relaxation Time of Nanoparticle Fe₃O₄-SiO₂*. Materials. **15**, 4, (2022), 1573. pp. 1-10. <https://doi.org/10.3390/ma15041573>
4. **Togar Saragi**, Gustiani A Pramesti, M Abdan Syakuur, Norman Syakir, Sahrul Hidayat, Maykel Manawan, and Risdiana. *Refining Process and Identifying Content of Local Iron Sand*. Material Science Forum (MSF), **1028**, (2021), pp. 26-31. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1028.26>

5. **Togar Saragi**, Hotmas D Sinaga, Feni Rahmi, Gustiani A Pramesti, Adi Sugiarto, Arnold Therigan, Bayu Permana, Norman Syakir and Risdiana. *Fe₃O₄.SiO₂: A Study of Structural and Magnetic Properties in Various Volume of Tetraethyl Orthosilicate*. Key Engineering Material (KEM), **860**, (2020), pp. 83-88.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.860.83>
6. **Togar Saragi**, Hotmas D Sinaga, Feni Rahmi, Gustiani A Pramesti, Adi Sugiarto, Arnold Therigan, Norman Syakir, Sahrul Hidayat, and Risdiana. *Blocking Temperature of Magnetite Nanoparticles Fe₃O₄ Encapsulated Silicon Dioxide SiO₂*. Key Engineering Material (KEM), **855**, (2020), 172 – 176.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.855.172>
7. **Togar Saragi**, Bayu Permana, Arnold Therigan, Sahrul Hidayat, Norman Syakir, Risdiana. *Physical Properties of Encapsulated Iron Oxide*. Materials Science Forum, **966**, (2019), 277-281.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.966.277>
8. **T Saragi**, B Permana, M Saputri, B L Depi, S W Butarbutar, L Safriani, I Rahayu and Risdiana. *The Effect of pH and Sintering Treatment on Magnetic Nanoparticles Ferrite Based Synthesized by Coprecipitation Method*. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series **1080** (2018), 012019. doi:10.1088/1742-6596/1080/1/012019
9. **T Saragi**, B L Depi, S Butarbutar, B Permana and Risdiana. *The Impact of Synthesis Temperature on Magnetite Nanoparticles Size Synthesized by Co-Precipitation Method*. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series **1013** (2018), 012190. doi :10.1088/1742-6596/1013/1/012190.

