

STUDI MIKROMAGNETIK INTERAKSI DZYALOSHINSKII-MORIYA TERHADAP PROPAGASI *DOMAIN WALL* DENGAN INJEKSI PULSA ARUS LISTRIK PADA *NANOWIRE* CoFeB

MARIA METANTOMWATE



DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Studi Mikromagnetik Interaksi Dzyaloshinskii-Moriya terhadap Propagasi *Domain Wall* dengan Injeksi Pulsa Arus Listrik pada *Nanowire CoFeB*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2026

Maria Metantomwate
G7401211043



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

MARIA METANTOMWATE. Studi Mikromagnetik Interaksi Dzyaloshinskii-Moriya terhadap Propagasi *Domain Wall* dengan Injeksi Pulsa Arus Listrik pada *Nanowire* CoFeB. Dibimbing oleh MAHFUDDIN ZUHRI dan CANDRA KURNIAWAN.

Penelitian ini menganalisis pengaruh interaksi Dzyaloshinskii–Moriya terhadap stabilitas dan dinamika propagasi *domain wall* (DW) pada *nanowire* CoFeB akibat injeksi pulsa arus listrik berdurasi nanodetik. Simulasi mikromagnetik dilakukan menggunakan OOMMF dengan variasi konstanta DMI (0–1,0 mJ/m²), lebar *nanowire* (50, 100, dan 150 nm), serta ketebalan (1 dan 2 nm). Hasil simulasi keadaan dasar menunjukkan bahwa DMI menginduksi transformasi DW dari tipe Bloch menjadi Néel dengan kiralitas *counter-clockwise* serta menyebabkan pergeseran spontan DW ke arah $-x$ untuk meminimalkan energi sistem. Pada injeksi arus selama 1 ns, DW bergerak ke arah $+x$, dengan kecepatan yang menurun seiring peningkatan nilai DMI. Konfigurasi optimal diperoleh pada *nanowire* CoFeB dengan lebar 100 nm, ketebalan 1 nm, dan nilai DMI rendah, yang memberikan keseimbangan terbaik antara kecepatan dan stabilitas propagasi DW.

Kata kunci: arus listrik, *domain wall*, interaksi Dzyaloshinskii–Moriya, *nanowire* CoFeB, OOMMF, simulasi mikromagnetik.

ABSTRACT

MARIA METANTOMWATE. Micromagnetic Study of Dzyaloshinskii–Moriya Interaction on Domain Wall Propagation by Electric Current Pulse Injection in CoFeB Nanowire. Supervised by MAHFUDDIN ZUHRI and CANDRA KURNIAWAN.

This study investigates the influence of the Dzyaloshinskii–Moriya interaction (DMI) on the stability and propagation dynamics of domain walls (DWs) in CoFeB nanowires under nanosecond-scale current pulse injection. Micromagnetic simulations were performed using OOMMF by varying the DMI constant (0–1.0 mJ/m²), nanowire width (50, 100, and 150 nm), and thickness (1 and 2 nm). Ground-state simulations reveal that the presence of DMI induces a transition of the DW structure from Bloch to Néel type with counter-clockwise chirality and causes a spontaneous DW shift toward the $-x$ direction to minimize the total system energy. Under a 1 ns current pulse, the DW propagates in the $+x$ direction, with its velocity decreasing as the DMI strength increases. An optimal configuration is achieved for a CoFeB nanowire with a width of 100 nm, a thickness of 1 nm, and a low DMI value, providing the best trade-off between high propagation speed and DW stability.

Keywords: CoFeB, domain wall, Dzyaloshinskii–Moriya Interaction, electric current, micromagnetic simulation, OOMMF.



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

STUDI MIKROMAGNETIK INTERAKSI DZVALOSHINSKII-MORIYA TERHADAP PROPAGASI *DOMAIN WALL* DENGAN INJEKSI PULSA ARUS LISTRIK PADA *NANOWIRE* CoFeB

MARIA METANTOMWATE

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Ardian Arif Setiawan, S.Si., M.Si.
2. Abd. Djamil Husin, S.Si., M.Si.



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Studi Mikromagnetik Interaksi Dzyaloshinskii-Moriya terhadap Propagasi *Domain Wall* dengan Injeksi Pulsa Arus Listrik pada *Nanowire CoFeB*

Nama : Maria Metantomwate
NIM : G7401211043

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Candra Kurniawan, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 196809161994031001



Tanggal Ujian: 29 Januari 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penelitian berjudul “Studi Mikromagnetik Interaksi Dzyaloshinskii-Moriya terhadap Propagasi *Domain Wall* dengan Injeksi Pulsa Arus Listrik pada *Nanowire CoFeB*” berhasil diselesaikan. Sholawat serta salam juga tak lupa turunkan kepada Rasulullah SAW yang menjadi suri tauladan bagi penulis dan seluruh manusia. Penelitian ini telah dilaksanakan sejak bulan April hingga November 2025.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Dr. Candra Kurniawan, M.Si selaku dosen pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, waktu, serta kesabaran yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.
2. Bapak Ardian Arif Setiawan, S.Si., M.Si. dan Bapak Abd. Djamil Husin, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Mina dan Bapak Yoseph Metantomwate, serta kakak tercinta (Yohana dan Feri), yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang tanpa henti, menjadi sumber semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak Dr. Setyanto Tri Wahyudi, M.Si. selaku dosen penggerak akademik dan seluruh dosen Departemen Fisika yang telah membagikan ilmu dan wawasan selama masa studi, serta para staf akademik yang senantiasa membantu dan memberikan informasi penting selama perkuliahan.
5. Bapak Anggito Pringgo Tetuko, S.T., M.Eng., Ph.D., Ibu Ayu Yuswita Sari, S.Si, M.Sc., Ibu Dr. Deril Ristiani, M.St, dan Bapak Eko Arief Setiadi, M.Sc. yang telah membagikan ilmu dan masukan selama penelitian.
6. Para rekan IPB Robotic Club yaitu Oki, Farhan, Altaf, Bambang, Kak Pares, Kak Anggra, Maudy, Syilma, Dena, dan lainnya yang telah memberi motivasi dan dukungan selama masa perkuliahan.
7. Para rekan di KST BJ Habibie, kak Zahra Shafa, kak Amdy, kak Fauzi, kak Alif, kak Alfian, kak Widya, kak Tulus, dan kak Zuki yang telah menemani, memberi bantuan, dan arahan selama penelitian berlangsung.
8. Rekan-rekan fisika 58 Theophylis, terutama Pipit, Siti Khoriah, Nadya, Dea S, Dinny, Athaya, Ariiq, Imel, Renny, Silvia, dan Cecep yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangatnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2026

Maria Metantomwate



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Spintronika	5
2.2 <i>Racetrack Memory</i>	6
2.3 <i>Domain dan Domain Wall</i>	7
2.4 Energi Mikromagnetik	7
2.5 Mikromagnetik	9
2.6 Gerak Domain Wall dengan Injeksi Arus	11
2.7 Dzyaloshinskii-Moriya Interaction	12
2.8 <i>Nanowire</i> Co ₄₀ Fe ₄₀ B ₂₀	12
2.9 <i>Spin Transfer Torque (STT)</i> dan <i>Spin Orbit Torque (SOT)</i>	13
III METODE	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.3 Prosedur Kerja	15
3.3.1 Input Parameter Material	17
3.3.2 Input Geometri <i>Nanowire</i>	17
3.3.3 Simulasi Kondisi Dasar (<i>ground state</i>)	18
3.3.4 Simulasi dengan Injeksi Arus Berdurasi Nanosekon	18
3.4 Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 <i>Ground State</i>	19
4.2 Perubahan Posisi DW karena Injeksi Arus	25
4.3 Kecepatan DW dengan Injeksi Arus	29
4.4 Energi DW dengan Injeksi Arus	31
V SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	42
RIWAYAT HIDUP	77



DAFTAR GAMBAR

1	Sejarah perkembangan dalam penelitian spintronik	1
2	Desain <i>racetrack memory</i> (RM) oleh S. Parkin	2
3	Tabel acuan kinerja memori konvensional dan teknologi memori baru	5
4	Evolusi <i>racetrack memory</i>	6
5	Struktur Domain Wall 180°	7
6	Ilustrasi dinamika momen magnetik dalam material feromagnetik	11
7	Software yang digunakan untuk simulasi dan pengolahan data	15
8	Diagram alir penelitian	16
9	Model <i>nanowire</i> CoFeB	17
10	Grafik M/M_s dan energi total simulasi <i>ground state</i>	20
11	Keadaan awal dan akhir simulasi <i>ground state</i> pada <i>nanowire</i>	21
12	Evolusi DW simulasi <i>ground state</i>	22
13	Grafik M/M_s simulasi <i>ground state</i>	22
14	Grafik M/M_s simulasi <i>ground state</i>	23
15	Grafik perbandingan perpindahan DW	24
16	Grafik perbandingan perpindahan DW	24
17	Grafik M_z/M_s terhadap waktu simulasi	26
18	Nukleasi DW pada simulasi injeksi arus berdurasi 1 ns	26
19	Grafik posisi file .odt	27
20	Grafik posisi DW terhadap waktu (t) saat injeksi arus	28
21	Grafik posisi DW terhadap waktu (t) saat injeksi arus	28
22	Grafik kecepatan DW	29
23	Grafik perbandingan kecepatan DW untuk $T = 1$ dan 2 nm	30
24	Grafik perbandingan kecepatan DW untuk variasi lebar	31
25	Grafik energi total pada <i>nanowire</i> variasi $T = 1$ nm	32
26	Grafik energi <i>exchange</i> pada <i>nanowire</i> variasi $T = 1$ nm	33
27	Grafik energi anisotropi pada <i>nanowire</i> variasi $T = 1$ nm	33
28	Grafik energi demagnetisasi pada <i>nanowire</i> variasi $T = 1$ nm	34
29	Grafik energi Dzyaloshinskii-Moriya <i>exchange</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

1	Penurunan Persamaan 2.4 : Energi Pertukaran	42
2	Penurunan Persamaan 2.5 : Energi Anisotropi	44
3	Penurunan Persamaan 2.7 : Energi Demagnetisasi	45
4	Penurunan Persamaan 2.9 : Energi DMI	46
5	Penurunan Persamaan 3.1 : Konversi u ke J	48
6	Skrip simulasi mikromagnetik	50
7	Algoritma simulasi <i>ground state</i>	54
8	Algoritma profil waktu pada simulasi dengan injeksi arus	55
9	Algoritma simulasi injeksi arus dengan OOMMF	56
10	Grafik M/M_s pada simulasi <i>ground state</i> pada tebal 1 nm.	57
11	Grafik M/M_s pada simulasi <i>ground state</i> pada tebal 2 nm.	58



12	Grafik Mz/Ms pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 1 nm	59
13	Grafik Mz/Ms pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 2 nm	60
14	Grafik Posisi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 1 nm.	61
15	Grafik Posisi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 2 nm.	62
16	Grafik energi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 1 nm dan lebar 50 nm.	63
17	Grafik energi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 1 nm dan lebar 100 nm.	64
18	Grafik energi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 1 nm dan lebar 150 nm.	67
19	Grafik energi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 2 nm dan lebar 50 nm.	70
20	Grafik energi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 2 nm dan lebar 100 nm.	71
21	Grafik energi pada simulasi dengan injeksi arus pada tebal 2 nm dan lebar 150 nm.	74

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.