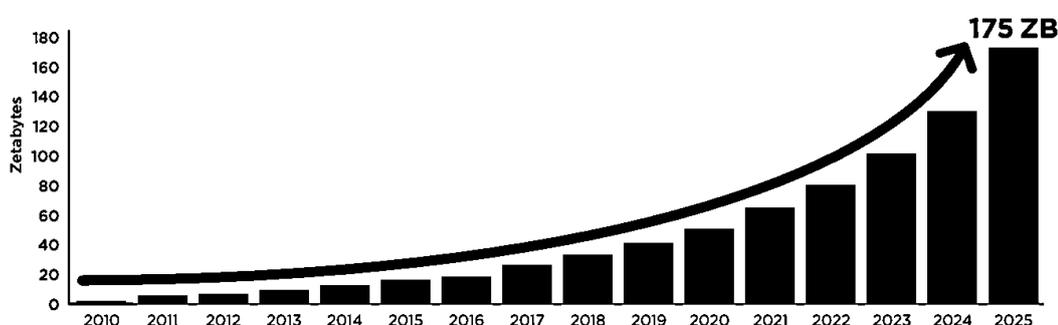


BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

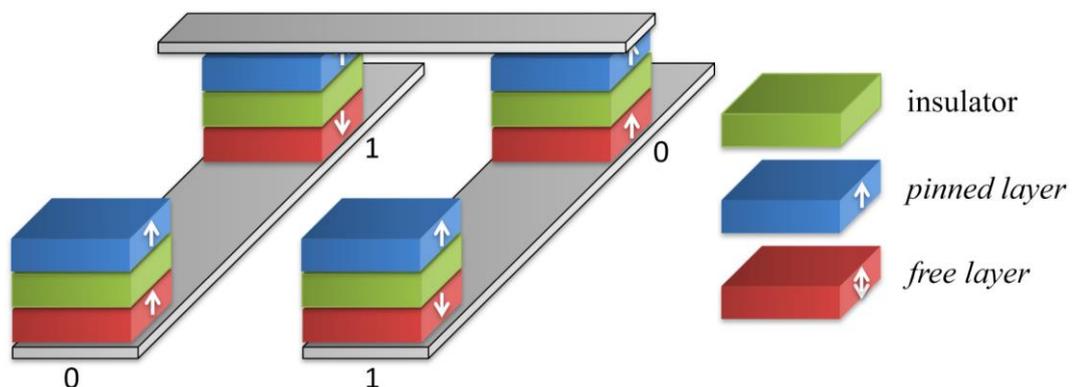
Kapasitas penyimpanan data semakin meningkat pesat setiap tahunnya. Sesuai dengan data statistik yang dikeluarkan oleh *International Data Corporation* menunjukkan bahwa pertumbuhan data berkembang lebih dari lima kali setiap tujuh tahunnya [1]. Total data yang dibuat pada tahun 2018 sebesar 33 *ZettaByte* (ZB) dan tahun 2025 diprediksi akan mencapai 175 ZB seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Perkembangan data secara global [1].

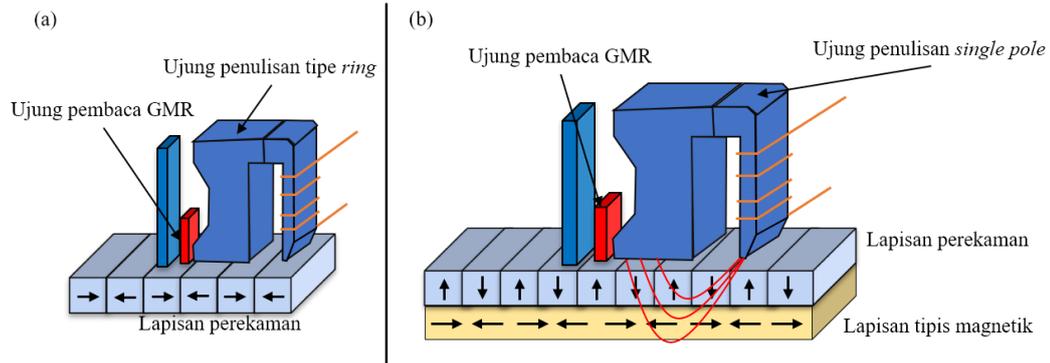
Sesuai prediksi pada Gambar 1.1, peneliti dituntut untuk menemukan memori yang bisa menampung data yang lebih besar, memiliki ukuran yang kecil dan konsumsi daya yang rendah. Salah satu jenis memori yang potensial dikembangkan saat ini adalah *magnetoresistive random access memory* (MRAM) [2, 4]. MRAM adalah jenis memori yang didasarkan pada perubahan resistansi pada material magnetik ketika diberikan medan magnet eksternal. Medan magnet yang digunakan dihasilkan dari aliran arus pada kawat. Dalam MRAM, pengontrolan magnetik konfigurasi sangat bergantung pada magnetik anisotropi energi (MAE). MAE adalah energi magnetik yang bergantung pada arah magnetisasi. Pada material magnetik, MAE bisa bernilai positif (*perpendicular magnetic anisotropy* (PMA)) atau negatif (*in-plane magnetic anisotropy* (IMA)). Struktur PMA memiliki keunggulan, diantaranya kerapatan yang tinggi dan stabilitas termal yang tinggi. Struktur PMA dapat diamati pada lapisan tipis feromagnetik seperti besi (Fe), kobalt (Co), kobalt/platina (Co/Pt), dan kobalt/nikel (Co/Ni) [3].

MRAM terdiri dari tiga *layer*, yaitu *magnetic pinned layer*, insulator, dan *magnetic free layer*. Struktur MRAM tipe PMA dapat diilustrasikan pada Gambar 1.2. Pada Gambar 1.2, ketika *magnetic pinned layer* dan *magnetic free layer* memiliki arah magnetisasi yang sama, maka MRAM dalam keadaan resistansi yang rendah. Keadaan ini disebut paralel dan apabila dilihat dalam kode digital, maka MRAM bernilai “0”. Sebaliknya, jika *magnetic pinned layer* dan *magnetic free layer* memiliki arah magnetisasi yang berbeda, maka MRAM dalam keadaan resistansi yang tinggi. Keadaan ini disebut anti-paralel dan apabila dilihat dalam kode digital, maka MRAM bernilai “1”. Pembacaan kode “0” dan “1” dilakukan dengan memasang tegangan kecil sepanjang MRAM dan mendeteksi besar resistansinya [4]. Menulis sebuah kode digital ke dalam MRAM, diperlukan perubahan keadaan dari paralel ke antiparalel, begitu juga sebaliknya. Proses perubahan keadaan paralel dan antiparalel membutuhkan energi eksternal seperti medan magnet [5].



Gambar 1.2. Struktur MRAM tipe PMA.

Penggunaan tipe PMA dapat membentuk kumpulan *free layer* yang lebih banyak dibanding tipe IMA, sehingga kerapatan data yang dihasilkan lebih besar. Ilustrasi *recording* tipe IMA ditunjukkan pada Gambar 1.3.a, dan ilustrasi *recording* tipe PMA ditunjukkan pada Gambar 1.3.b. Semakin rapat sebuah lapisan perekamannya, maka kapasitas data yang didapat semakin besar yang membuat kapasitas data informasi menjadi besar seperti pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3. Struktur perekaman magnetik menggunakan *giant magneto resistant* (GMR) dengan struktur (a) IMA dan (b) PMA (digambar ulang dari [6]).

Proses perubahan arah magnetisasi pada MRAM menggunakan medan magnet yang dihasilkan dari arus listrik pada kumparan. Penggunaan medan magnet kurang efisien dikarenakan adanya disipasi energi dan kurang efisien untuk diintegrasikan. Metode lain yang dapat mengubah arah magnetisasi yaitu arus listrik yang dialirkan langsung pada lapisan perekaman. Hasilnya, penggunaan arus listrik lebih dapat diintegrasikan, tetapi masih adanya disipasi energi [7]. Maka dari itu, metode lainnya menggunakan medan listrik digunakan karena dapat mengurangi efek Joule *heating*, sehingga konsumsi daya lebih rendah. Medan listrik timbul dari tegangan yang dialirkan pada lapisan tipis dan dapat menimbulkan beda potensial pada permukaan lapisan tipis yang menghasilkan resistansi dan arah magnetisasi tertentu. Maka aplikasi *random access memory* (RAM) yang dikendalikan dengan medan listrik dinamakan dengan *magnetoelectric-RAM* (ME-RAM) yang masih butuh penelitian lebih lanjut agar dapat direalisasikan [3, 8, 9].

Dengan perkembangan dunia komputasi yang pesat khususnya di dunia sains, penelitian secara simulasi sangat menjanjikan. Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan secara simulasi untuk menjelaskan proses yang terjadi dalam eksperimen. Pendekatan ini dilakukan agar dapat menghubungkan konsep teoritis dan konsep eksperimen. Untuk merealisasikan simulasi, digunakan perangkat lunak *Object Oriented MicroMagnetic Framework* (OOMMF). Pada perangkat lunak ini, digunakan persamaan Landau-Lifshitz Gilbert (LLG) untuk menggambarkan magnetisasi menggunakan medan listrik [10]. Dalam percobaan simulasi pengontrolan PMA pada material lapisan tipis Co/Ni menggunakan medan listrik yang divariasikan dan diamati luarannya berupa perubahan energi PMA dan

distribusi arah magnetisasi. Hasil simulasi ini akan membantu dalam penjelasan secara fisika, hasil dari eksperimen dan mempercepat desain *non-volatile* memori dan perangkat spintronik yang lebih efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan fokus masalah di atas, maka dapat dirumuskan suatu masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan PMA yang dikontrol menggunakan medan listrik pada material Co/Ni.
2. Bagaimana distribusi arah magnetisasi PMA pada material Co/Ni.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui perubahan PMA yang dikontrol menggunakan medan listrik pada material Co/Ni.
2. Mengetahui distribusi arah magnetisasi PMA pada material Co/Ni.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengontrolan PMA hanya menggunakan medan listrik atau *magneto-electric* (ME).
2. Material yang digunakan adalah Co/Ni.
3. Parameter simulasi menggunakan data hasil eksperimen.