

Program Simulasi Perancangan Rangkaian Magnetik Pembangkit Medan Elektromagnet untuk Pengujian Sensor GMR

Achmad Hindasyah,* Setyo Purwanto, Bambang Heru P, dan Agus Taufik
Pusat Penelitian Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15310

Intisari

Pengujian unjuk kerja sensor *Giant Magnetoresistance* (GMR) dilakukan dengan memberikan variasi medan elektromagnetik dan mengukur perubahan resistansi sensor sebagai tanggapan dari masukan. Program ini, yang dibuat dengan menggunakan bahasa Lab View, dapat digunakan untuk merancang rangkaian magnetik sebagai pembangkit medan elektromagnet. Parameter masukan untuk program ini antara lain permeability relatif inti, jumlah lilitan, dimensi inti, *fringing* dan panjang air gap. Sedangkan parameter keluaran yang dihasilkan adalah reluktansi inti dan air gap, fluks pada inti dan udara serta arus listrik yang dibutuhkan. Parameter masukan dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan medan elektromagnetik untuk mendapatkan keluaran. Dengan menggunakan program ini, pembuatan rangkaian magnetik sebagai sumber medan elektromagnet untuk pengujian sensor GMR dan penentuan parameter-parameter fisis yang akurat menjadi lebih mudah.

ABSTRACT

Testing the performance of the GMR sensors are accomplished by providing electromagnetic field variations and measure the change of sensor resistance as a response of the input. The program, created using LabView, can be used to design the magnetic circuit to generate the electromagnetic fields. The Input parameters are relative permeability of core, the number of turn, core dimensions, fringing and air gap. While the output parameters are core reluctance, air gap reluctance, flux in the core, flux on the air and electrical current required. Input parameters are calculated using the electromagnetic equations to obtain the output. Manufacture of magnetic circuit as a source of electromagnetic fields for testing of GMR sensors and determination of accurate physical parameters become easier with this program.

KATA KUNCI: simulation, magnetic circuit, electromagnet

I. PENDAHULUAN

Sensor GMR pertama kali ditemukan tahun 1988 oleh Baibich dkk. dalam lapisan tipis multilayer Fe/Cr yang ditumbuhkan dengan MBE (*Molecular Beam Epitaxy*) [1]. GMR merupakan salah satu penemuan yang mengagumkan dalam lapisan tipis magnetik, yang menggabungkan kajian fisika fundamental dengan potensi aplikasi teknologi. Beberapa divais yang bekerja berdasarkan fenomena GMR telah dikembangkan antara lain perekaman magnetik pada hard disk drive, sensor medan magnet, memori non-volatile. Sensor GMR memiliki keunggulan dibanding dengan sensor medan magnet lemah lainnya seperti lebih sensitif, biaya murah, daya operasi rendah dan ukuran kecil.

Pengujian sensor GMR dilakukan dengan cara memberikan variasi medan elektromagnet terhadap sensor, kemudian diamati variasi perubahan resistansinya sebagai efek dari perubahan medan magnet. Untuk melakukan pengujian, dibutuhkan

pembangkit medan magnet. Medan magnet bisa diperoleh dari magnet permanen ataupun electromagnet yaitu medan magnet yang dibangkitkan oleh energi listrik. Magnet permanen tidak bisa divariasikan dengan mudah, karena itu dibutuhkan beberapa magnet permanen sebagai sumber medan magnet, yang besarnya bervariasi. Medan magnet yang dibangkitkan oleh arus listrik, kuat medannya sangat mudah divariasikan. Pada makalah ini dibahas tentang simulasi pembuatan perangkat pembangkit medan electromagnet dengan menetapkan besar rapat fluks pada gap udara sebagai nilai *setting point*.

Perangkat pembangkit elektromagnet terdiri dari inti dan kumparan [2]. Untuk membuat perangkat ini perlu dipertimbangkan beberapa parameter fisis yang saling berkaitan antara lain permeabilitas udara, permeabilitas relatif inti, jumlah lilitan, dimensi inti, panjang gap udara, *fringing*, reluktansi inti, reluktansi udara, magnetomotansi, arus listrik yang harus disediakan dan rapat fluks pada gap udara yang dikehendaki. Permeabilitas udara, permeabilitas relatif inti, jumlah lilitan, dimensi inti, panjang gap udara, *fringing*, dan rapat fluks pada gap udara dijadikan sebagai parameter masukan, sedangkan yang lain dijadikan parameter keluaran.

*E-MAIL: ahindasyah@batan.go.id

TABEL I: Pengaruh variasi seting rapat fluks pada gap udara terhadap fluks pada inti, magnetomotansi dan arus listrik.

Fluks pada Gap Udara (T)	Fluks pada Inti (T)		Magnetomotansi (A lilit)		Arus Listrik (A)		Reluktansi Inti (A lilit/Wb)
	Fringing	Tanpa Fringing	Fringing	Tanpa Fringing	Fringing	Tanpa Fringing	
0,01	0,015	0,010	44,0	42,7	0,088	0,085	486997,5
0,02	0,029	0,020	88,1	85,4	0,176	0,171	486997,5
0,03	0,044	0,030	132,1	128,1	0,264	0,256	486997,5
0,04	0,058	0,040	176,2	170,8	0,352	0,342	486997,5
0,05	0,073	0,050	220,2	213,6	0,440	0,427	486997,5
0,06	0,088	0,060	264,3	256,3	0,529	0,513	486997,5
0,07	0,102	0,070	308,3	299,0	0,617	0,598	486997,5
0,08	0,117	0,080	352,4	341,7	0,705	0,683	486997,5
0,09	0,131	0,090	396,4	384,4	0,793	0,769	486997,5
0,10	0,146	0,100	440,5	427,1	0,881	0,854	486997,5

Program ini dibuat dengan menggunakan LabView yaitu program visual dengan menggunakan bahasa grafik [3]. LabView memberikan kemudahan dalam pembuatan program simulasi karena memiliki fitur VI (virtual instruments) yang cukup lengkap khususnya dalam membuat persamaan-persamaan matematik. Dengan program ini, rancang bangun perangkat pembangkit medan elektromagnetik lebih mudah dilakukan, akurat dan memperkecil peluang kegagalan yang disebabkan karena coba-coba. Pengguna dapat menentukan berapa kuat medan yang diinginkan pada gap udara, bahan apa yang digunakan sebagai inti, berapa jumlah lilitan kumparan, berapa dimensi inti dan berapa arus listrik yang harus disediakan untuk mencapai target rancang bangun tersebut.

II. METODOLOGI

Pembuatan program simulasi ini diawali dengan membuat gambar rancangan perangkat pembangkit medan elektromagnetik yang terdiri dari inti dan kumparan. Selanjutnya mengidentifikasi parameter-parameter fisis seperti permeabilitas udara, permeabilitas relatif inti, jumlah lilitan, dimensi inti, panjang gap udara, *fringing*, reluktansi inti, reluktansi udara, magnetomotansi, arus listrik yang harus disediakan dan rapat fluks pada gap udara yang dikehendaki, serta mempelajari hubungan antar parameter tersebut. Permeabilitas udara, permeabilitas relatif inti, jumlah lilitan, dimensi inti, panjang gap udara, *fringing*, dan rapat fluks pada gap udara dijadikan sebagai parameter masukan, sedangkan lainnya sebagai parameter keluaran.

Setelah diperoleh parameter masukan dan keluaran serta hubungan masing-masing parameter tersebut, selanjutnya dibuat program simulasi menggunakan LabView. Program LabView terdiri dari dua bagian yaitu front panel dan blok diagram. Front panel berfungsi sebagai tampilan program atau antarmuka antara komputer dengan pengguna, sedangkan blok diagram berfungsi sebagai editor program. Setelah program selesai dibuat, selanjutnya program dikompilasi untuk melihat kesalahan pemrograman dan konsistensi program.

Pengambilan data simulasi dilakukan dengan empat kriteria yang berbeda yaitu :

1. Pengaruh setting rapat fluks pada gap udara terhadap perubahan fluks pada inti, magnetomotansi dan arus listrik, baik ada maupun tidak ada *fringing*, dengan tetapan permeability udara $\epsilon_o = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, bahan inti yang digunakan ferrite manganese zinc yang memiliki permeability inti relatif 640, jarak gap udara 5 mm, panjang inti rata-rata 0,235 m, lebar inti 30 mm dan jumlah lilitan 500.
2. Pengaruh jumlah lilitan terhadap kebutuhan arus listrik, baik ada maupun tidak ada *fringing*, dengan rapat fluks pada gap udara 1 Tesla, tetapan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, bahan inti yang digunakan ferrite manganese zinc yang memiliki permeability inti relatif 640, jarak gap udara 5 mm, panjang inti rata-rata 0,235 m, lebar inti 30 mm.
3. Pengaruh permeability relative inti (bahan inti yang berbeda) terhadap reluktansi inti, magnetomotansi dan arus listrik, baik ada maupun tidak ada *fringing*, dengan rapat fluks pada gap udara 1 Tesla, tetapan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, jarak gap udara 5 mm, panjang inti rata-rata 0,235 m, lebar inti 30 mm dan jumlah lilitan 500.
4. Pengaruh lebar gap udara terhadap reluktansi inti, reluktansi gap udara, magnetomotansi, rapat fluks pada inti dan arus listrik dengan rapat fluks pada Gap udara dipertahankan tetap 1 Tesla, tetapan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, bahan inti yang digunakan ferrite manganese zinc yang memiliki permeability inti relatif 640, panjang inti rata-rata 0,235 m, lebar inti 30 mm dan jumlah lilitan 500.

III. HASIL DAN DIKUSI

Percobaan pertama dengan memvariasikan *setting point* yaitu besar fluks yang ada pada gap udara dan melihat pengaruhnya terhadap perubahan fluks pada inti, magnetomotansi dan arus listrik, baik ada maupun tidak ada *fringing*. Hasil percobaan ini diperlihatkan pada Tabel 1. Pada percobaan ini

TABEL II: Pengaruh jumlah lilitan terhadap kebutuhan arus listrik

Jumlah lilitan	Arus listrik (A)	
	Fringing	Tanpa fringing
100	44,050	42,711
200	22,025	21,355
300	14,683	14,237
400	11,012	10,678
500	8,810	8,542
600	7,342	7,118
700	6,293	6,102
800	5,506	5,339
900	4,894	4,746
1000	4,405	4,271
1100	4,005	3,883
1200	3,671	3,559

ditetapkan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, bahan inti yang digunakan ferrite manganese zinc yang memiliki permeability relatif 640, jarak gap udara 5 mm, panjang inti rata-rata 235 mm, lebar inti 30 mm dan jumlah lilitan 500.

Fluks pada gap udara merupakan fluks yang digunakan sebagai sumber medan magnet untuk pengujian sensor GMR. Fluks ini diset bervariasi sesuai dengan kebutuhan pengujian. Pada Tabel 1 terlihat bahwa semakin besar fluks pada gap udara yang diinginkan maka arus listrik yang dibutuhkanpun semakin besar, begitu pula dengan magnetomotansi akan semakin besar. Sedangkan dengan adanya *fringing* memperbesar fluks pada inti yang mengakibatkan magnetomotansi dan kebutuhan arus juga semakin besar.

Percobaan kedua dengan memvariasikan jumlah lilitan terhadap kebutuhan arus listrik, baik ada maupun tidak ada *fringing*, dengan rapat fluks pada gap udara dibuat tetap 1 Tesla, tetapan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, bahan inti yang digunakan ferrite manganese zinc yang memiliki permeability relatif 640, jarak gap udara 5 mm, panjang inti rata-rata 235 mm dan lebar inti 30 mm. Hasil percobaan ini diperlihatkan pada Tabel 2.

Dengan mengetahui kebutuhan arus listrik untuk membangkitkan medan elektromagnet, maka rancang bangun generator medan elektomagnetik akan lebih akurat. Dari percobaan pertama diperoleh bahwa dengan meningkatkan fluks medan magnet pada gap udara maka kebutuhan arus listrik akan naik. Hal ini bisa diatasi dengan cara meningkatkan jumlah lilitan, seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Jumlah lilitan yang semakin banyak akan menurunkan kebutuhan arus listrik. Dengan demikian dapat dirancang perangkat generator medan elektromagnetik dengan kuat medan yang besar, pada gap udara, tetapi kebutuhan arus listrik yang kecil dengan cara meningkatkan jumlah lilitan.

Hal yang tidak kalah pentingnya adalah menentukan bahan inti yang akan digunakan sebagai pembangkit gelombang elektromagnetik. Pada percobaan ketiga, dilakukan dengan memvariasikan bahan inti yang memiliki permeability relatif tertentu dan dilihat pengaruhnya terhadap reluktansi inti, magnetomotansi dan arus listrik, baik ada maupun tidak ada *fringing*,

dengan rapat fluks pada gap udara 1 Tesla, tetapan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, jarak gap udara 5 mm, panjang inti rata-rata 235 mm, lebar inti 30 mm dan jumlah lilitan 500. Hasil percobaan ini diperlihatkan pada Tabel 3. Dari hasil percobaan ini terlihat bahwa bahan dengan permeability relatif yang semakin besar akan mengurangi magnetomotansi dan kebutuhan arus listrik.

Dalam pengujian sensor GMR, lebar gap udara sangatlah penting diperhitungkan karena terkait dengan tebal-tipis sensor. Pada percobaan keempat akan dilihat pengaruh lebar gap udara terhadap reluktansi inti, reluktansi gap udara, magnetomotansi, rapat fluks pada inti dan arus listrik. Rapat fluks pada gap udara dipertahankan tetap 1 Tesla, tetapan permeability udara $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m, bahan inti yang digunakan ferrite manganese zinc yang memiliki permeability relatif 640, panjang inti rata-rata 235 mm, lebar inti 30 mm dan jumlah lilitan 500. Hasil percobaan ini diperlihatkan pada Tabel 4.

Dari hasil percobaan ini terlihat bahwa jika jarak gap udara semakin jauh maka reluktansi inti semakin turun sedangkan reluktansi gap udara semakin naik. Magnetomotansi dan arus listrik semakin naik dengan semakin jauhnya gap udara.

Dari hasil-hasil percobaan ini terlihat bahwa jika diinginkan fluks medan magnet yang besar maka dibutuhkan arus listrik yang besar pula. Namun hal ini bisa diturunkan dengan cara menambah jumlah lilitan, menggunakan bahan inti yang memiliki permeabilitas relatif sangat besar, memperkecil jarak gap udara dan mengurangi *fringing*.

IV. SIMPULAN

Program simulasi perancangan rangkaian magnetik pembangkit medan elektromagnet untuk pengujian sensor GMR telah berhasil dibuat. Program ini mampu melakukan perhitungan parameter-parameter fisis pada rancang bangun pembangkit medan elektromagnet. Permeabilitas udara, permeabilitas relatif inti, jumlah lilitan, dimensi inti, panjang gap udara, *fringing*, dan rapat fluks pada gap udara dijadikan sebagai parameter masukan, sedangkan reluktansi inti, reluktansi udara, magnetomotansi dan arus listrik dijadikan parameter keluaran. Dari hasil-hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa jika diinginkan fluks medan magnet yang besar maka dibutuhkan arus listrik yang besar pula. Namun hal ini bisa diturunkan dengan cara menambah jumlah lilitan, menggunakan bahan inti yang memiliki permeabilitas relatif sangat besar, memperkecil jarak gap udara dan mengurangi *fringing*. Dengan selesainya program ini, rancang bangun perangkat pembangkit medan elektromagnetik lebih mudah dilakukan, akurat dan memperkecil peluang kegagalan yang disebabkan karena coba-coba. Pengguna dapat menentukan berapa kuat medan yang diinginkan pada gap udara, bahan apa yang digunakan sebagai inti, berapa jumlah kumparan yang harus dililitkan, berapa dimensi inti dan berapa arus listrik yang harus disediakan untuk mencapai target rancang bangun tersebut.

TABEL III: Pengaruh bahan inti terhadap reluktansi inti, magnetomotansi dan arus listrik [4]

Nama bahan	Permeability relatif	Reluktansi inti (A lilit/Wb)	Magnetomotansi		Arus Listrik	
			fringing	Tanpa fringing	fringing	Tanpa fringing
steel	100	3116784,3	6706,1	5848,9	13,412	11,698
Ferrite manganese zinc	640	486997,5	4405,0	4271,1	8,810	8,542
permalloy	8000	38959,8	4013,0	4002,2	8,026	8,004

TABEL IV: Pengaruh lebar gap udara terhadap reluktansi inti, reluktansi gap udara, magnetomotansi, rapat fluks pada inti dan arus listrik

Panjang Gap Udara (mm)	Reluktansi Inti (A lilit/Wb)	Reluktansi Gap Udara (A lilit/Wb)	Magnetomotansi (A lilit)	Rapat Fluks pada inti (T)	Arus Listrik (A)
1	495286.9	1222388.2	1118.2	1.085	2.236
2	493214.5	2260723.6	1938.8	1.173	3.878
3	491142.2	3145354.6	2760.1	1.265	5.520
4	489069.9	3900856.4	3582.2	1.360	7.164
5	486997.5	4547284.1	4405.0	1.458	8.810
6	484925.2	5101120.0	5228.5	1.560	10.457
7	482852.9	5575999.0	6052.8	1.665	12.106
8	480780.6	5983268.5	6877.7	1.773	13.755
9	478708.2	6332424.8	7703.4	1.885	15.407
10	476635.9	6631456.0	8529.7	2.000	17.059

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Giant_magnetoresistance
 [2] W.H. Hayt, Jr., *Engineering Electromagnetics* (McGraw Hill, 1989).
 [3] R.H. Bishop, *Learning with LabView™ 7 Express* (Pearsons Education, inc., 1989).
 [4] N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, *Solid State Physics* (Saunders College, 1976)