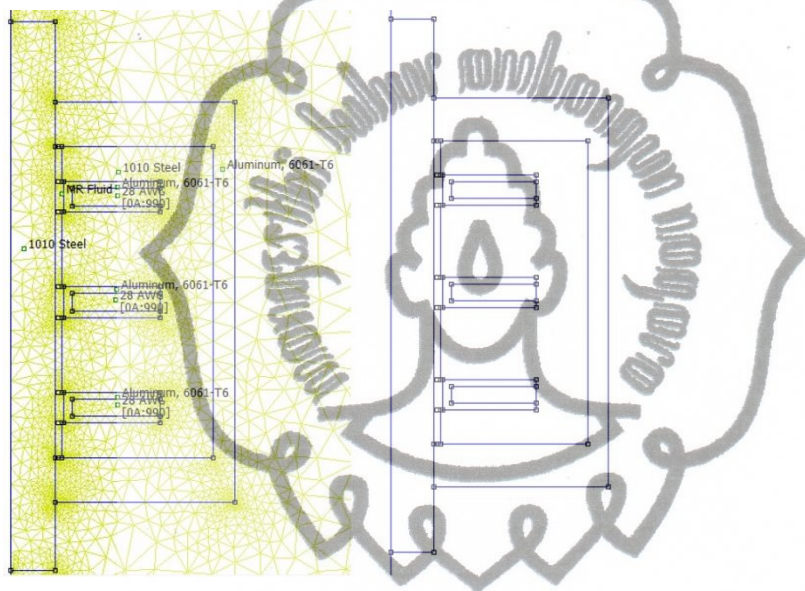


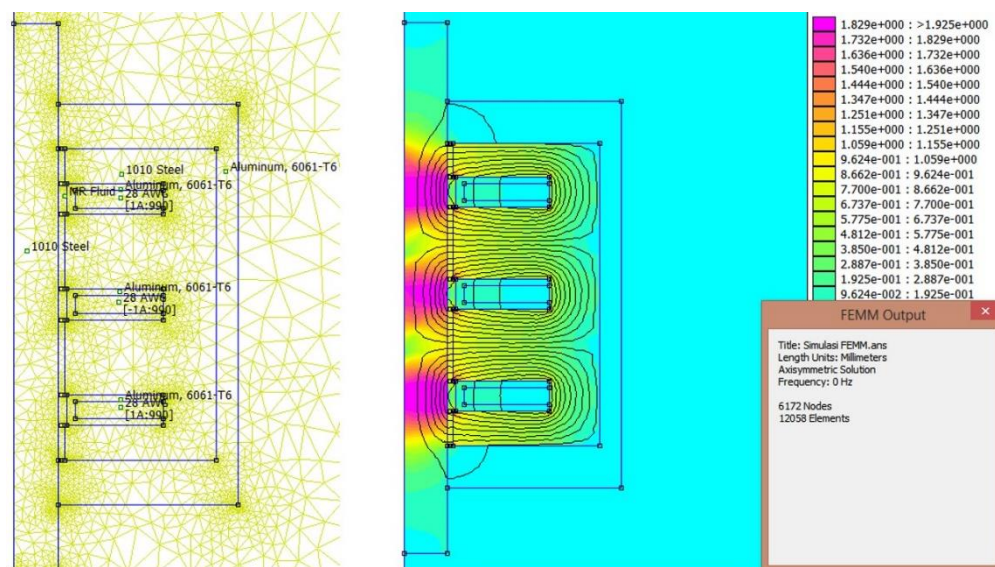
BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi FEMM

Aplikasi FEMM digunakan untuk mencari nilai *fluks density* yang melalui MRF. Setelah mengetahui nilai *fluks density* yang melewati MRF, dapat dilakukan perhitungan nilai *yield stress* dengan menggunakan rumus yang diperoleh dari data grafik MRF-132DG. Gambar 4.1 – 4.5 merupakan hasil simulasi 2D FEMM dengan perbedaan eksistensi medan magnet.

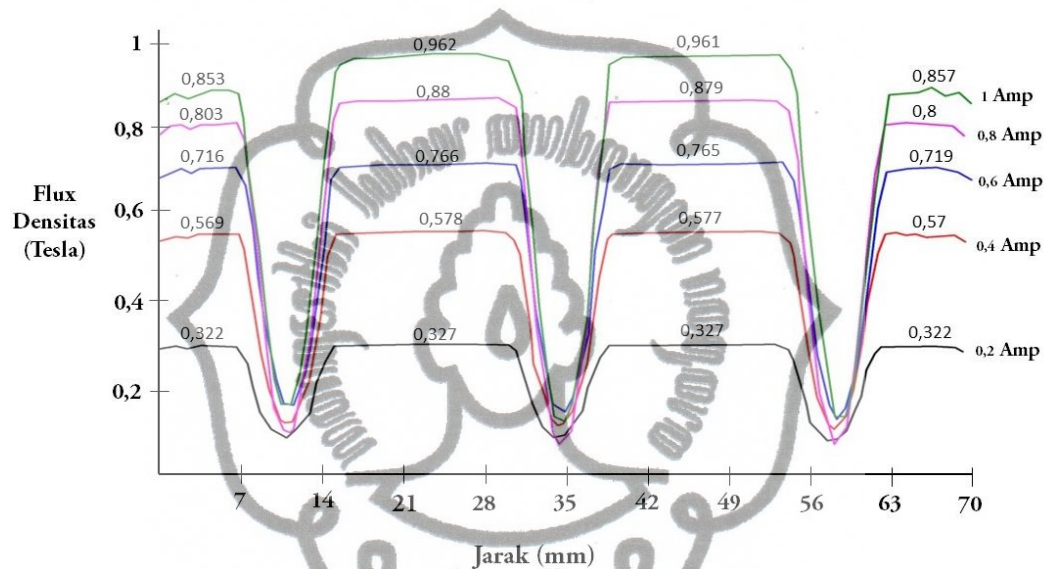


Gambar 4-1. Hasil Simulasi Fluks Magnetik 0 A



Gambar 4-2. Hasil Simulasi Fluks Magnetik 1 A

Pada gambar 4-1 dilakukan simulasi menggunakan arus 0 Ampere. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa kondisi tanpa arus tidak akan menimbulkan fluks magnetic. Kondisi ini disebut keadaan *Velocity-induced Force*. Pada gambar 4-2 merupakan hasil simulasi dengan diberikan arus sebesar 1 Ampere. Hasil simulasi menunjukkan saat diberikan arus 1 ampere terdapat fluks magnetic yang mengalir pada desain sehingga dapat memotong tegak lurus terhadap aliran MRF. Besar nilai fluks magnetic pada desain dapat dipahami dengan warna yang berbeda pada setiap bagian. Setiap warna memiliki besaran fluks yang berbeda-beda.



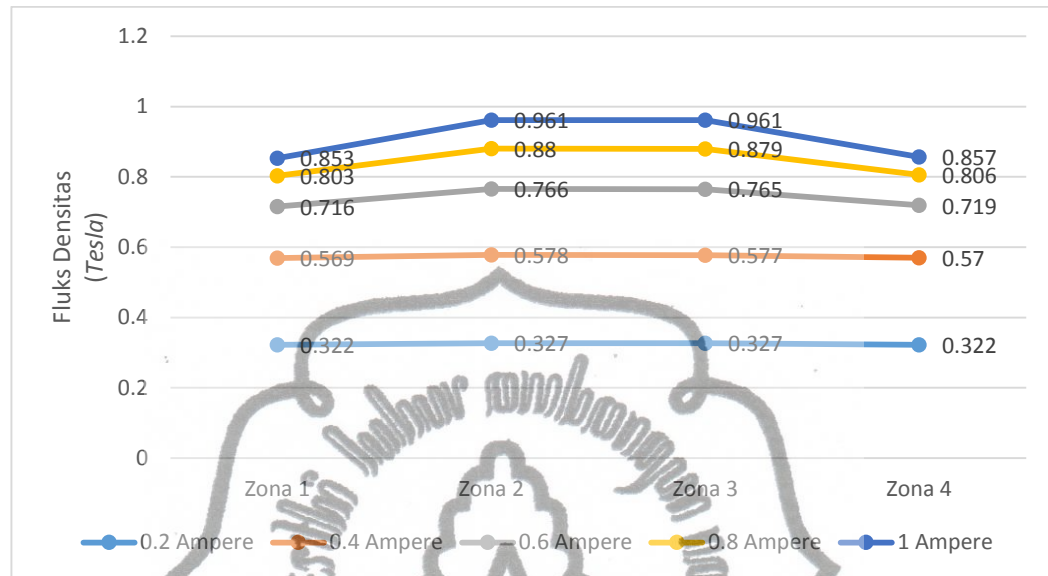
Gambar 4-3. Nilai Fluks densitas Dalam Variasi Arus

Gambar grafik 4-3 diatas merupakan hasil percobaan simulasi menggunakan FEMM. Hasil nilai Fluks densitas yang didapat melalui desain 2D, menggunakan lilitan kawat tembaga 28 AWG dengan jumlah lilitan 990 dan perbedaan variasi arus 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1 Ampere. Kawat tembaga jenis ini memiliki diameter luas penampang sebesar 0,32004 mm dengan hambatan sebesar 212,872 Ω /km dan arus maksimal sebesar 1,4 Ampere.

Tabel 4-1. Hasil Fluks Densitas simulasi menggunakan FEMM

Arus (Ampere)	Fluks densitas (Tesla)			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
0.2	0,322	0,327	0,327	0,322
0.4	0,569	0,578	0,577	0,570
0.6	0,716	0,766	0,765	0,719

0.8	0,803	0,880	0,879	0,806
1	0,853	0,961	0,961	0,857



Gambar 4-4 Grafik Hasil Fluks densitas simulasi menggunakan FEMM

Tabel 4-1 merupakan hasil dari simulasi menggunakan FEMM untuk mengetahui nilai fluks densitas yang melalui setiap zona dengan variasi arus. Diketahui bahwa setiap peningkatan arus menyebabkan nilai fluks densitas setiap zona area efektif meningkat. Pada gambar 4.3 diketahui nilai fluks densitas mengalami penurunan di area panjang 8-15 mm, 32-39 mm, 56-63 mm. Penurunan ini dikarenakan medan magnet yang melalui area tersebut sangat lemah dibandingkan dengan area yang lainnya.

Arah fluks magnetik yang memotong tegak lurus terhadap MRF akan menimbulkan gaya geser, sedangkan fluks yang sejajar dengan arah MRF akan memberikan gaya geser yang jauh lebih kecil sehingga dapat diabaikan. Pada tabel 4-1, nilai fluks densitas yang dimasukkan hanya pada zona yang memotong MRF secara tegak lurus, sedangkan untuk MRF yang tidak terkena aliran fluks magnetik diabaikan.

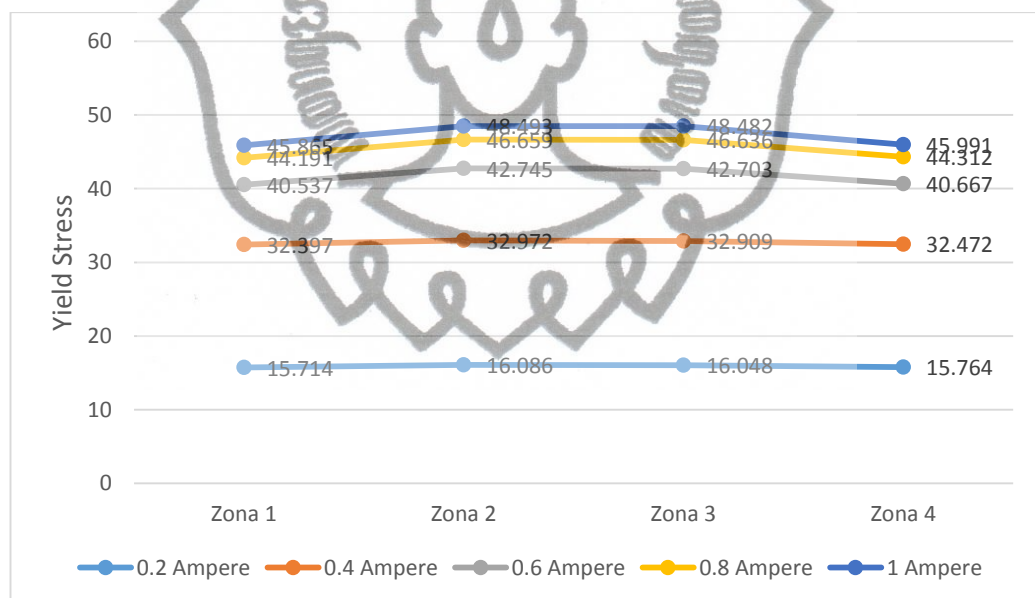
4.2 Hasil Perhitungan Simulasi

Perhitungan hasil simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai *yield stress* MRF yang dilewati fluks magnetik secara tegak lurus. Nilai *yield stress* didapatkan

dengan mengetahui nilai fluks densitas yang diperoleh melalui simulasi menggunakan FEMM. Setelah nilai fluks magnetik diperoleh, maka dimasukkan hasilnya ke dalam persamaan polynomial untuk mengetahui nilai *yield stress* di area efektif. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (5).

Tabel 4-2. Tabel hasil perhitungan *yield stress*

Arus (Ampere)	Yield Stress			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
0.2	15,714	16,086	16,048	15,764
0.4	32,397	32,972	32,909	32,472
0.6	40,537	42,745	42,703	40,667
0.8	44,191	46,659	46,636	44,312
1	45,865	48,493	48,482	45,991



Gambar 4-5. Grafik hasil perhitungan *yield stress*

Dari tabel 4-1 diketahui bahwa hasil simulasi menggunakan FEMM, diketahui bahwa hasil yang diberikan menunjukkan setiap peningkatan nilai arus yang diberikan juga memberikan nilai *yield stress* yang meningkat. Diketahui dari tabel diatas menunjukkan nilai *yield stress* terendah diberikan oleh arus 0.2 ampere sebesar 15,714 pada zona satu, 16,086 pada zona dua, 16,048 pada zona tiga dan 15,764 pada zona empat. Sedangkan nilai *yield stress* tertinggi diberikan oleh arus

1 ampere sebesar 45,865 pada zona satu, 48,493 pada zona dua, 48,482 pada zona tiga dan 45,991 pada zona empat.

4.2.1. Gaya Redaman Pada Keadaan *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* Dengan Variasi Arus

Nilai *yield stress* yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya, digunakan untuk mengetahui gaya redaman yang diperoleh dari desain MR Modul. Nilai gaya redaman total diperoleh menggunakan persamaan (1). Dalam persamaan tersebut terdiri dari dua perhitungan dasar yaitu perhitungan saat *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force*. Pada perhitungan *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* dilakukan pada setiap zona area efektif. Perhitungan pada saat *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* dilakukan dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan pada tabel 3-3. Rumus *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* digunakan persamaan 2 dan persamaan 3.

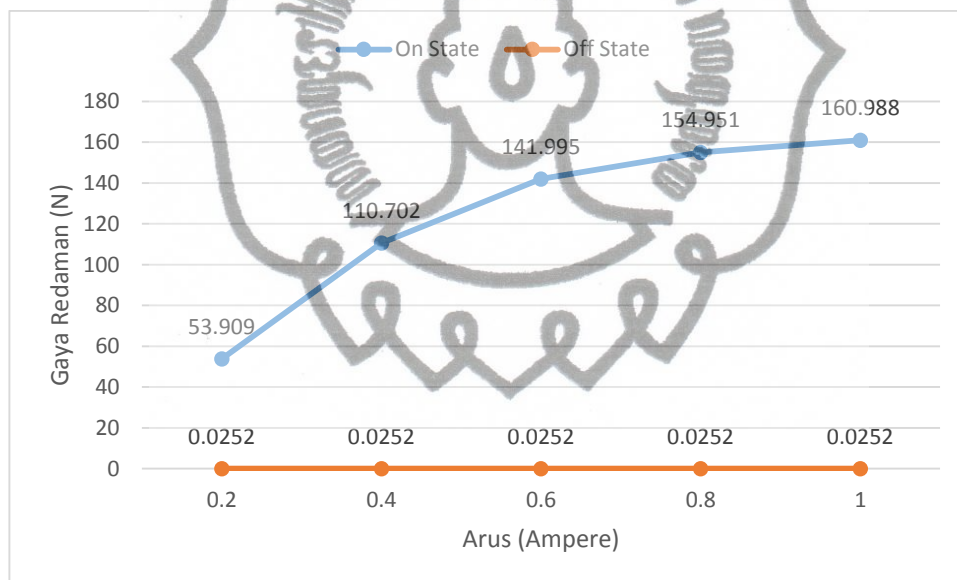
Tabel 4-3. Tabel hasil perhitungan gaya redaman pada setiap zona

ARUS (Ampere)	<i>Yield-induced Force</i> (N)				<i>Velocity-induced Force</i> (N)			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
0.2	8,491	18,471	18,428	8,518	0,004	0,008	0,008	0,004
0.4	17,505	37,861	37,788	17,546	0,004	0,008	0,008	0,004
0.6	21,904	49,082	49,034	21,974	0,004	0,008	0,008	0,004
0.8	23,878	53,577	53,550	23,944	0,004	0,008	0,008	0,004
1	24,783	55,683	55,670	24,851	0,004	0,008	0,008	0,004

Dari tabel hasil 4-3 diketahui bahwa hasil gaya redaman pada saat keadaan *Velocity-induced Force* tidak dipengaruhi oleh besar arus yang diberikan. Disisi lain hasil gaya redaman yang diberikan saat keadaan *Yield-induced Force* dipengaruhi oleh perbedaan arus yang diberikan. Perbedaan ini dikarenakan nilai gaya redaman pada saat *Yield-induced Force* dipengaruhi oleh nilai *yield stress*, sedangkan nilai *yield stress* dipengaruhi oleh nilai fluks densitas yang dihasilkan pada setiap perbedaan arus.

Tabel 4-4. Hasil perhitungan gaya redaman total dengan variasi arus

Arus (Ampere)	Gaya Redaman		
	<i>Yield-induced Force</i> (N)	<i>Velocity-induced Force</i> (N)	F Total (N)
0.2	53,909	0,0252	53,935
0.4	110,702	0,0252	110,727
0.6	141,995	0,0252	142,020
0.8	154,951	0,0252	154,976
1	160,988	0,0252	161,014

Gambar 4-6. Grafik *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* dengan Variasi Arus

Dari Tabel 4-4 diketahui nilai gaya redaman total tertinggi yang dihasilkan dari desain MR Modul dengan variasi arus diperoleh 161,0141 N dengan arus sebesar 1 ampere. Sedangkan gaya redaman terkecil diperoleh sebesar 53,9351 N dengan arus sebesar 0.2 ampere. Hasil ini diperoleh dari penjumlahan hasil perhitungan gaya redaman *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force*. Dimana nilai *Velocity-induced Force* tidak dipengaruhi oleh arus yang diberikan. Sedangkan nilai *Yield-induced Force* dipengaruhi oleh arus yang diberikan pada

MR Modul. Peningkatan gaya redaman yang diberikan pada keadaan *Yield-induced Force* berbanding lurus dengan peningkatan arus yang diberikan pada MR Modul. Hasil ini telah sesuai dengan rumus mode geser yang telah diberikan.

4.2.2. Gaya Redaman Pada Keadaan *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* Dengan Variasi Kecepatan

Selain perhitungan gaya redaman dengan variasi arus, juga dilakukan perhitungan dengan variasi kecepatan rod. Variasi ini digunakan untuk membuktikan pengaruh kecepatan rod terhadap performa gaya redaman mode geser MR Modul. Dalam penelitian kali ini variasi kecepatan rod ditentukan sebesar 0.1-0.5 m/s dengan interval 0.1 m/s. Hasil perhitungan dengan arus 1 ampere dengan variasi kecepatan rod diperoleh hasil sebagai berikut.

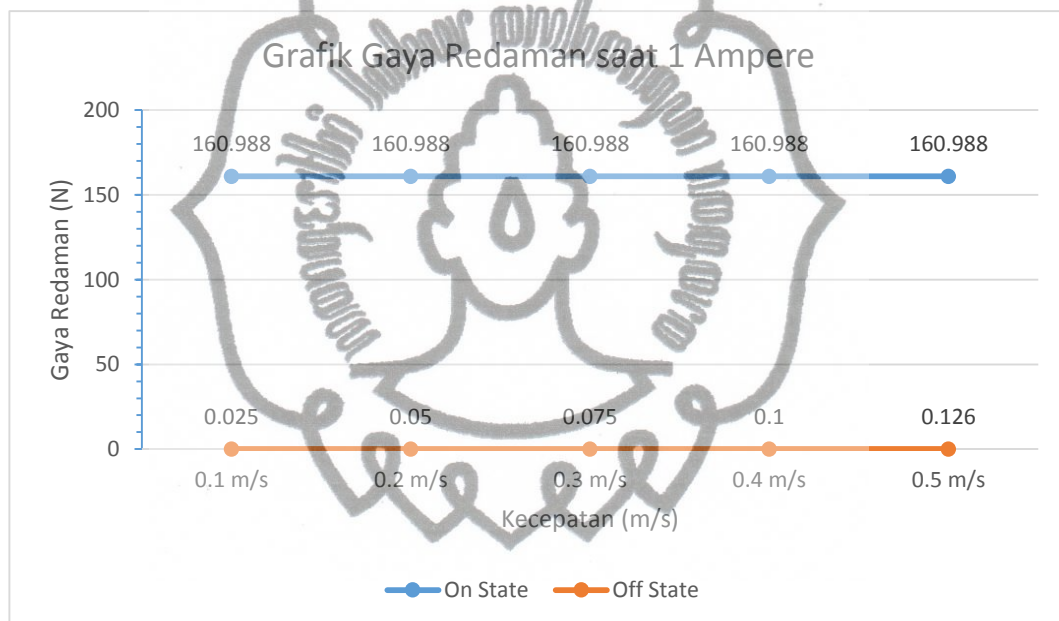
Tabel 4-5. Tabel hasil perhitungan gaya redaman variasi kecepatan dengan arus sebesar 1 ampere pada setiap zona

Kecepatan (m/s)	<i>Yield-induced Force</i> (N)				<i>Velocity-induced Force</i> (N)			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
0.1	24,783	55,683	55,670	24,851	0,004	0,008	0,008	0,004
0.2	24,783	55,683	55,670	24,851	0,008	0,017	0,017	0,008
0.3	24,783	55,683	55,670	24,851	0,012	0,025	0,025	0,012
0.4	24,783	55,683	55,670	24,851	0,016	0,034	0,034	0,016
0.5	24,783	55,683	55,670	24,851	0,020	0,042	0,042	0,020

Hasil dari perhitungan gaya redaman dengan arus sebesar 1 ampere dan variasi kecepatan rod 0.1-0.5 m/s dengan interval 0.1 m/s didapatkan bahwa variasi kecepatan tidak memberikan pengaruh terhadap gaya redaman saat keadaan *Yield-induced Force*. Disisi lain, perbedaan kecepatan rod memiliki pengaruh saat keadaan *Velocity-induced Force* pada setiap zona desain MR Modul. Perubahan nilai gaya redaman yang diberikan sangat kecil, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4-5. Sedangkan total gaya redaman dengan variasi kecepatan ditunjukkan pada tabel 4-6.

Tabel 4-6. Hasil perhitungan gaya redaman total variasi kecepatan dengan arus sebesar 1 ampere

Kecepatan (m/s)	Gaya Redaman		
	<i>Yield-induced Force (N)</i>	<i>Velocity-induced Force (N)</i>	F Total (N)
0.1	160,9888	0,0252	161,0141
0.2	160,9888	0,0504	161,0393
0.3	160,9888	0,0756	161,0645
0.4	160,9888	0,1008	161,0897
0.5	160,9888	0,1260	161,1149



Gambar 4-7. Gambar Grafik Gaya Redaman saat 1 Ampere

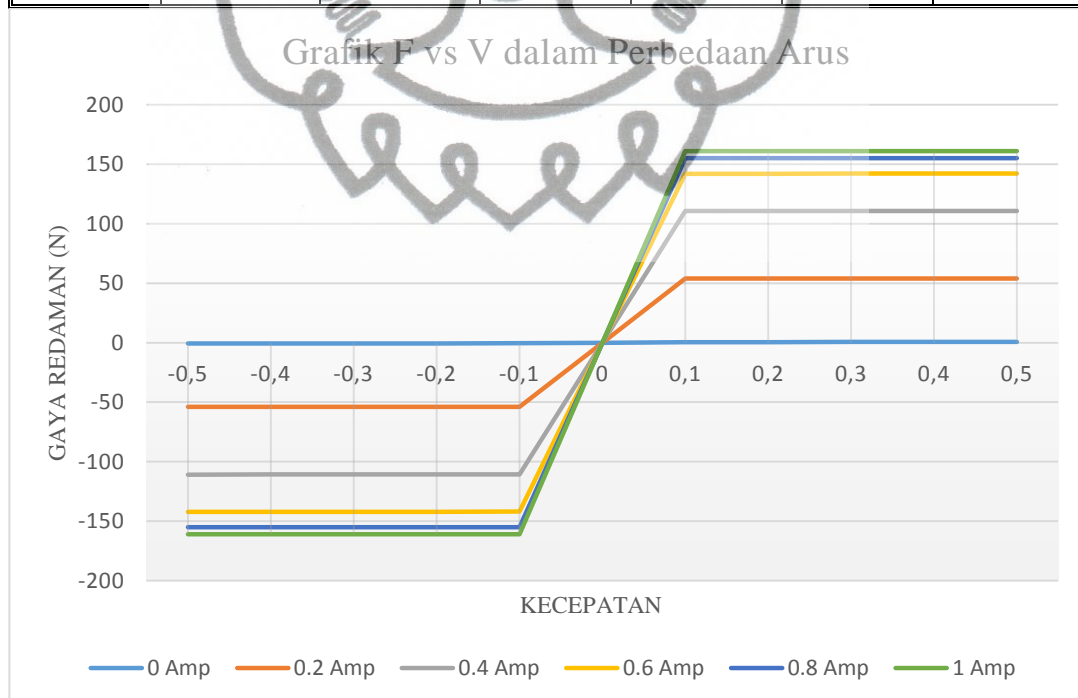
Dari tabel diatas diketahui bahwa gaya redaman total yang dihasilkan dari variasi kecepatan rod diperoleh bahwa terjadi peningkatan sangat kecil. Peningkatan gaya redaman sejalan dengan meningkatnya kecepatan rod. Pada saat kecepatan 0.1 m/s didapat gaya redaman total sebesar 161,0141 N, pada kecepatan 0.2 m/s didapat gaya redaman total sebesar 161,0393 N, pada saat kecepatan 0.3 m/s didapat gaya redaman total sebesar 161,0645 N, sedangkan pada kecepatan 0.4 m/s didapat gaya redaman total sebesar 161,0897 N dan pada saat kecepatan 0.5 m/s diperoleh gaya redaman total sebesar 161,1149 N.

4.2.3. Gaya Redaman Pada Keadaan *Yield-induced Force* dan *Velocity-induced Force* Dengan Variasi Kecepatan dan Variasi Arus

Hasil perhitungan gaya redaman total yang dilakukan dengan variasi arus dan kecepatan dari desain MR Modul ditunjukkan oleh tabel 4-7 dan gambar 4.7. Perhitungan dilakukan dengan variasi arus sebesar 0-1 ampere dengan interval 0.2 ampere dan variasi kecepatan sebesar 0.1-0.5 m/s dengan interval kecepatan 0.1 m/s.

Tabel 4-7. Gaya redaman total dengan variasi kecepatan dan variasi arus

Kecepatan (m/s)	F total (N)					
	0 ampere	0.2 ampere	0.4 ampere	0.6 ampere	0.8 ampere	1 ampere
0,1	0,512	53,935	110,727	142,020	154,976	161,014
0,2	0,537	53,960	110,752	142,045	155,001	161,039
0,3	0,562	53,985	110,777	142,071	155,026	161,064
0,4	0,587	54,010	110,803	142,096	155,052	161,089
0,5	0,613	54,036	110,828	142,121	155,077	161,114



Gambar 4-8. Grafik gaya redaman total dengan variasi kecepatan dan variasi arus