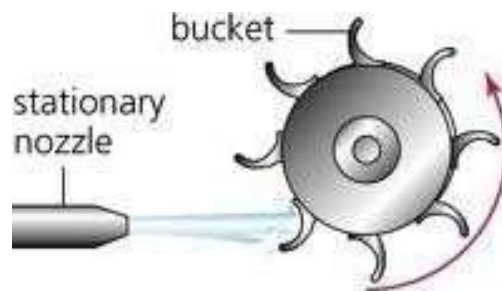


BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Latar belakang dari penelitian ini adalah laporan dari *U.S. Energy Information Administration* yang menyatakan bahwa proyeksi konsumsi total energi dunia yang berasal dari bahan bakar fosil pada tahun 2040 masih sangat tinggi yaitu sebesar 80% dari total kebutuhan energi dunia. [U.S. Energy Information Administration, 2014]. Rasio elektrifikasi Indonesia baru mencapai 78,06% [Statistik Perusahaan Listrik Negara (PLN), 2013] artinya masih ada 21,94% dari jumlah rumah tangga yang ada di Indonesia belum mendapat aliran listrik. Sehingga diperlukan metode alternatif yang memanfaatkan sumber energi lain untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi rumah tangga yang belum mendapat aliran listrik dari PLN. Pada saat ini energi listrik didapatkan dari proses konversi dari berbagai bentuk energi seperti: energi kimia yang didapat dari berbagai bahan bakar (tak terbarukan) dengan konsekuensi kerusakan lingkungan, energi yang lebih ramah terhadap lingkungan (baru dan terbarukan) yang berasal dari energi potensial yang didapat dari air dengan cara membendung atau memanfaatkan aliran yang sudah ada, dan bentuk-bentuk energi baru dan terbarukan yang didapat dari angin, matahari, dan lain-lain.

Energi yang berasal dari air dengan memanfaatkan gaya momentum dari aliran yang diubah menjadi energi gerak mekanik menggunakan berbagai macam turbin (Gambar 1.1).



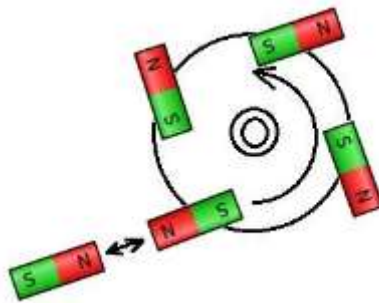
Gambar 1.1 Prinsip kerja turbin air

Sumber: <http://www.enggpedia.com/mechanical-engineering-encyclopedia/dictionary/hydraulics/1689-water-turbine>, Januari 2017

Energi gerak mekanik yang berupa putaran poros turbin kemudian diteruskan ke poros generator untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Teknologi ini merupakan potensi yang sangat besar untuk pembangkitan tenaga air, namun belum dikembangkan secara maksimal

karena biaya awal yang tinggi dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh pembangunan bendungan [Date A., dkk, 2010].

Magnet permanen adalah sebuah benda yang dapat dikategorikan sebagai media penyimpan energi yang belum pernah dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menggerakkan penggerak utama (*prime mover*). Gaya tolakan dari kutup senama yang diposisikan berdekatan bisa digunakan untuk mendorong rotor sehingga berputar pada sumbunya (Gambar 1.2) akan membentuk sebuah turbin magnet. Mesin pembangkitan daya yang menggunakan metoda di atas mampu menghasilkan luaran sepuluh kali dibanding dengan metoda lainnya [Hoshino A, dkk, 2005]. Selain itu pembangkitan daya dengan memanfaatkan magnet permanen lebih diminati pada saat ini karena memiliki efisiensi dan densitas daya lebih tinggi sehingga menghasilkan peralatan dengan dimensi yang lebih kecil [Eskander M.N., 2002].



Gambar 1.2 Turbin Magnet

Untuk memperoleh energi alternatif baru dan terbarukan dari magnet permanen diperlukan banyak penelitian di berbagai komponen penyusun sistim tersebut yang membentuk peta jalan penelitian (*roadmap*). Gambar 1.3 menunjukkan peta jalan penelitian yang harus dilakukan melalui skema penelitian yang tersedia. Peta jalan tersebut merupakan sebuah skenario besar untuk menghasilkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Magnet Permanen (PLTMP) sebagai teknologi baru yang siap diimplementasikan kepada masyarakat.

Pada proposal ini diusulkan satu kegiatan inisiasi yang ada didalam peta jalan penelitian yaitu penelitian tentang karakterisasi gaya tolakan kutup senama dari magnet permanen bentuk silindris dari bahan Neodymium.



Gambar 1.3 Peta Jalan Peneltian (*roadmap*) Sistim Pembangkit Listrik Tenaga Magnet Permanen (PLTMP)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang peneltian, masalah yang akan diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah kutup senama dari dua buah magnet permanen bentuk silindris dengan posisi satu sumbu bisa menghasilkan gaya tolakan?
2. Bagaimana jarak antara dua buah kutup senama mempengaruhi besaran gaya tolakan yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk silindris?
3. Bagaimana jarak pergeseran (*offset*) sumbu dari dua magnet mempengaruhi besaran gaya tolakan yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk silindris?
4. Bagaimana jarak kutup senama dan jarak pergeseran (*offset*) sumbu mempengaruhi besaran gaya tolakan yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk silindris?

1.3 Batasan Masalah

Didalam penelitian ini dilakukan pengukuran data gaya tolakan dari dua buah kutup senama (dalam Newton) yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk

silindris. Magnet permanen yang digunakan didalam penelitian ini adalah magnet alam dari material campuran dari neodymium, besi, dan boron membentuk $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ dengan struktur kristalin tetragonal.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang disebutkan di atas, ada beberapa tujuan yang ingin dicapai didalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui gaya tolakan dari dua buah kutup senama magnet permanen bentuk silindris.
2. Mengetahui pengaruh jarak antara dua buah kutup senama terhadap besaran gaya tolakan yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk silindris.
3. Mengetahui pengaruh jarak pergeseran (*offset*) sumbu antara susunan dua buah magnet terhadap besaran gaya tolakan yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk silindris.
4. Mengetahui pengaruh jarak kutup senama dan jarak pergeseran (*offset*) sumbu terhadap besaran gaya tolakan yang dihasilkan oleh susunan dua buah magnet permanen bentuk silindris.

1.5 Manfaat Penelitian

Merujuk pada tujuan penelitian, maka diharapkan penelitian ini mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis, yaitu dapat memperkaya konsep atau teori yang mendukung perkembangan ilmu pengetahuan tentang kemagnetan.
2. Manfaat praktis, dapat digunakan sebagai metode baru dalam merancang penggerak utama (*prime-mover*).

1.6 Luaran Penelitian

Penelitian yang diusulkan ini diharapkan akan menghasilkan beberapa luaran yang sangat bermanfaat bagi perkembangan pembangkitan daya listrik tanpa gerak, sebagai berikut:

1. Laporan penelitian
2. Artikel jurnal
3. Prototipe alat ukur gaya tolakan kutub senama dari magnet permanen.

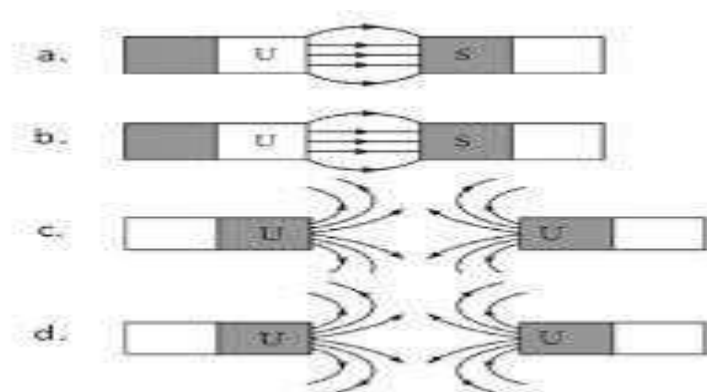
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Magnet

Magnet adalah benda yang mampu menarik benda-benda disekitarnya. Setiap magnet memiliki sifat kemagnetan. Kemagnetan adalah kemampuan benda tersebut untuk menarik benda-benda lain disekitarnya. Kata magnet diambil dari nama daerah di asia yaitu Magnesia, di tempat inilah bangsa Yunani menemukan sifat magnetik dari bebatuan yang mampu menarik biji besi. Menurut perkiraan ilmuwan, Cina merupakan bangsa pertama yang memanfaatkan magnet sebagai penunjuk arah atau kompas.

2.1.1 Sifat-Sifat Magnet

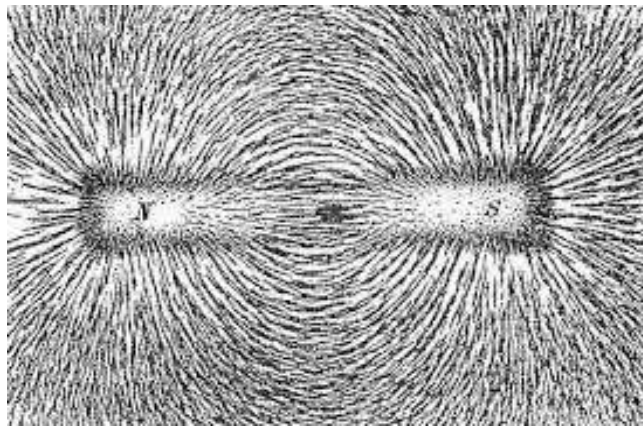
1. Magnet hanya dapat menarik benda-benda tertentu dalam jangkauannya, artinya tidak semua benda dapat ditarik.
2. Gaya Magnet dapat menembus benda, semakin kuat gaya magnet maka semakin tebal pula benda yang dapat ditembus oleh gaya tersebut.
3. Magnet mempunyai dua kutub, yaitu Kutub Utara dan Kutub Selatan.
4. Apabila Kutub yang sejenis / senama didekatkan satu sama lain maka mereka akan saling tolak menolak, namun apabila kutub yang berbeda didekatkan satu sama lain maka mereka akan saling tarik menarik sebagaimana ditunjukkan dalam **Gambar 2.1** Kutub Magnet.



Gambar 2.1 Kutub Magnet *)

*) Sumber : <http://www.softilmu.com/2015/09/Pengertian-Sifat-Teori-Bentuk-JenisMagnet-Adalah.html> diakses pada Rabu, 14 Juni 2017 pukul 19.13

5. Medan Magnet akan membentuk Gaya Magnet sebagaimana ditunjukkan dalam **Gambar 2.2** Medan Magnet. Semakin Dekat benda dengan Magnet, medan magnetnya semakin rapat, sehingga gaya magnetnya akan semakin besar. Demikian pula sebaliknya



Gambar 2.2 Medan Magnet *)

*) Sumber : <http://www.softilmu.com/2015/09/Pengertian-Sifat-Teori-BentukJenis-Magnet-Adalah.html> diakses pada Rabu, 14 Juni 2017 pukul 19.13

6. Sifat kemagnetan dapat hilang atau melemah karena beberapa penyebab, contohnya apabila terus menerus jatuh, terbakar, dll.

2.1.2 Benda Berdasarkan Sifat Kemagnetannya

Berdasarkan kemagnetannya benda dapat digolongkan menjadi 2 :

1. Benda magnetic (*Feromagnetik*)

Feromagnetik adalah benda yang dapat ditarik dengan kuat oleh magnet. Benda magnetik yang bukan magnet dapat diolah menjadi magnet, namun setiap benda memiliki tingkat kesulitan yang berbeda jika ingin diubah menjadi magnet. Contoh benda ini adalah besi, baja, nikel, dll.

2. Benda Non-Magnetik

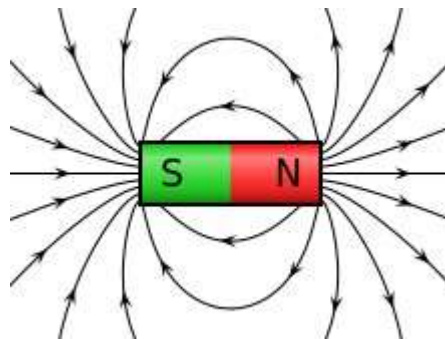
Benda ini terbagi lagi menjadi dua kelompok, yaitu :

- a) Paramagnetik, yaitu benda yang dapat ditarik dengan lemah oleh magnet kuat, contohnya aluminium, tembaga, platina, dll.
- b) Diamagnetik, yaitu benda menolak magnet, artinya benda ini tidak dapat ditarik oleh magnet, contohnya emas, seng, merkuri, dll.

2.1.3 Teori Kemagnetan

Magnet menghasilkan gaya dan torsi terhadap satu dengan lainnya mengikuti aturan elektromagnetisme yang tidak sederhana. Gaya tarikan pada medan magnet disebabkan oleh arus mikroskopis dari elektron bermuatan listrik yang mengorbit dengan titik pusat pada sebuah inti dan kemagnetan intrinsik dari partikel dasar (seperti elektron) yang membentuk material. Kedua hal ini dimodelkan dengan cukup baik sebagai pusaran aliran kecil yang disebut sebagai dipol magnetik yang menghasilkan medan magnet mereka sendiri (Gambar 2.3) dan dipengaruhi oleh medan-medan magnet eksternal. Jadi, gaya yang paling dasar antara magnet adalah interaksi antara dipol dengan dipol magnetik. Jika semua dipol magnetik yang menyusun dua magnet tersebut diketahui maka gaya total pada kedua magnet dapat ditentukan dengan menjumlahkan semua interaksi antara dipol magnet pertama dan yang kedua.

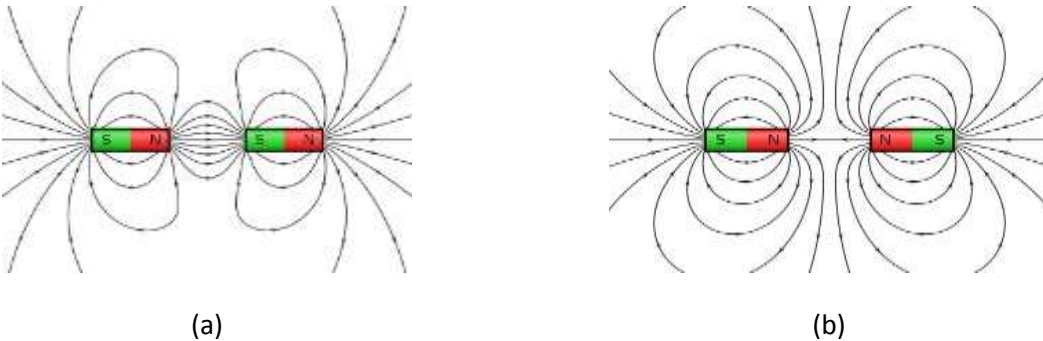
Ada dua model yang digunakan untuk menghitung medan-medan magnet dan gaya antara magnet-magnet. Sebenarnya, metode yang benar disebut sebagai model Ampère namun model yang lebih mudah untuk digunakan adalah model Gilbert.



Gambar 2.3 Medan magnet pada magnet permanen bentuk silinder

Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Force_between_magnets , Januari 2017

Jika kutup tidak senama dari dua buah magnet didekatkan akan menghasilkan gaya tarikan seperti pada Gambar 2.4 (a), dan jika kutup senama didekatkan akan menghasilkan gaya tolakan seperti pada Gambar 2.4 (b).



Gambar 2.4 a) Gaya tarikan, b) Gaya tolakan

Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Force_between_magnets , Januari 2017

2.1.4 Macam-Macam Bentuk Magnet

Sekarang magnet memiliki banyak bentuk, karena setiap bentuk magnet dibuat dengan tujuan dan kegunaan yang berbeda. Secara umum terdapat 5 bentuk tetap magnet, yaitu magnet batang, magnet silinder, magnet jarum, magnet cincin, magnet U (Magnet Ladam) sebagaimana ditunjukkan dalam **Gambar 2.5** Bentuk-Bentuk Magnet.



Gambar 2.5 Bentuk-Bentuk Magnet *)

*) Sumber : <http://www.softilmu.com/2015/09/Pengertian-Sifat-TeoriBentuk-Jenis-Magnet-Adalah.html> diakses pada Rabu, 14 Juni 2017 pukul

2.1.5 Jenis-Jenis Magnet

Secara garis besar, terdapat 2 jenis magnet, yaitu :

1. Magnet Alam

Magnet Alam adalah magnet yang sudah memiliki sifat kemagnetan secara alami, artinya tanpa ada campur tangan manusia. Contohnya adalah Gunung Ida di Magnesia yang mampu menarik benda-benda disekitarnya.

2. Magnet Buatan

Magnet Buatan adalah magnet yang dibuat manusia, magnet buatan dibuat dari bahan-bahan magnetik kuat seperti besi dan baja. Magnet buatan terbagi lagi menjadi 2, yaitu :

- a) Magnet Tetap (Pemanen), merupakan magnet yang sifat kemagnetannya bersifat permanen, meskipun proses pembuatannya sudah dihentikan. Magnet tetap tidak memerlukan tenaga atau bantuan dari luar untuk menghasilkan daya magnet *berelektromagnetik*. Jenis magnet tetap selama ini yang diketahui terdapat pada :

- *Ceramic or Ferrite*

Jenis magnet ini dapat ditemukan dimana saja khususnya dalam bentuk aksesoris rumah tangga, seperti magnet aksesoris kulkas, mainan anak-anak, *white board*, jam dinding, dan lain-lain. Magnet ini kekuatannya relatif kecil dan kemampuan terapinya sangat lemah dan tidak dianjurkan untuk digunakan dalam terapi magnet. Magnet ini adalah magnet paling rendah tingkatannya.

- *Alnico*

Jenis magnet ini dapat ditemukan di dalam alat-alat motor (kipas angin, speaker, mesin motor). Magnet ini juga sering dijumpai dalam lab sekolahan bahkan dapat ditemukan pada sepatu kuda yang berfungsi untuk meningkatkan daya lari

kuda. Magnet ini kekuatannya relatif sedang dan kemampuan terapinya sangat lemah dan tidak dianjurkan untuk digunakan dalam terapi magnet. Magnet ini adalah magnet yang masih termasuk kategori berenergi rendah.

- *Samarium Cobalt (SmCo)*

Magnet *Samarium-Cobalt* merupakan salah satu dari dua jenis magnet bumi yang langka, magnet ini bersifat permanen yang kuat yang terbuat dari paduan *samarium* dan *kobalt*. Jenis magnet ini dapat ditemukan didalam alat-alat elektronik seperti VCD, DVD, VCR Player, Handphone, dan lain-lain. Magnet ini kekuatannya relatif kuat dan kemampuan terapinya biasa saja, jarang digunakan dalam terapi magnet pada umumnya. Magnet ini adalah magnet yang termasuk kategori berenergi sedang.

- *Neodymium Iron Boron (NdFeB or NIB)*

Magnet *neodymium*, merupakan magnet tetap yang paling kuat. Magnet *neodymium* (juga dikenal sebagai *NdFeB*, *NIB*, atau magnet Neo), merupakan sejenis magnet tanah jarang, terbuat dari campuran logam neodymium.

Jenis magnet ini dikenal juga dengan sebutan "*King Of Magnet*" yaitu raja dari segala magnet permanen yang disebut tadi baik dari segi kekuatan magnet, daya terapi, harga, dan manfaat dalam membantu memulihkan kesehatan tubuh manusia. Magnet ini sangat terkenal di berbagai bidang kesehatan baik secara *fisiotherapy* dan pengobatan alternatif, juga digunakan oleh rumah sakit-rumah sakit, dan terapi magnet dalam pakar *fisiotherapy*. Magnet ini sangat dianjurkan untuk kebutuhan terapi karena memiliki energi yang sangat kuat.

- b) Magnet Sementara (Remanen), merupakan magnet yang sifat kemagnetannya hanya sementara, yaitu hanya terjadi selama proses pembuatannya.

*) Sumber : <http://www.softilmu.com/2015/09/Pengertian-Sifat-Teori-BentukJenis-Magnet-Adalah.html>

2.2 Perhitungan Gaya Magnetik

Untuk menghitung gaya tarikan dan gaya tolakan antara dua buah magnet, secara umum merupakan kegiatan yang sangat rumit, karena dipengaruhi oleh bentuk, magnetisasi, orientasi, dan jarak pemisahan antara magnet-magnet tersebut. Model Gilbert tergantung pada beberapa pengetahuan tentang bagaimana muatan magnetik tersebut didistribusikan pada kutub-kutub magnetik. Hal ini hanya benar-benar berguna hanya untuk konfigurasi yang sederhana namun sudah mencakup beberapa kasus yang sangat bermanfaat.

Gaya Antara Dua Magnet Silindris

Untuk dua buah magnet silindris dengan radius R , dan tinggi h , dengan kutub magnetik segaris dan jarak diantaranya lebih besar dari sebuah batas tertentu, gaya yang terjadi bisa diperkirakan dengan baik menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$F(x) = \frac{\pi\mu_0}{4} M^2 R^4 \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+2h)^2} - \frac{2}{(x+h)^2} \right] \quad [2.1]$$

Dimana M adalah magnetisasi dari magnet-magnet dan x adalah jarak diantaranya. Untuk nilai-nilai x yang kecil, hasilnya akan mengandung kesalahan (error) karena gaya yang terjadi akan menjadi besar karena jarak mendekati harga 0 (Nol).

Densitas fluks magnetik di titik sangat dekat dengan magnet B_0 yang dikaitkan dengan M dengan rumus sebagai berikut:

$$B_0 = \mu_0 \times M$$

Dipol magnetik efektif dapat ditulis sebagai: $m = MV$

Dimana, V adalah volume dari magnet, untuk silinder $V = \pi R^2 h$ Ketika h

$\ll x$ perkiraan titik dipol didapat sebagai berikut:

$$F(x) = \frac{3\pi\mu_0}{2} M^2 R^4 h^2 \frac{1}{x^4} = \frac{3\mu_0}{2\pi} M^2 V^2 \frac{1}{x^4} = \frac{3\mu_0}{2\pi} m_1 m_2 \frac{1}{x^4} \quad [2.2]$$