

Elemen Transmisi Lampu Belajar Tenaga Gravitasi Untuk Siswa di Daerah Tertinggal

Hilman Sholih^{1*}, Pamuji Agustiar²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi

*Email: hilmansholih@gmail.com, agustiarpamuji@gmail.com

ABSTRACT

Background The need for lighting in places not reached by the National Electric Company is very high, especially for the learning needs of school students. The limitations of the PLN network encourage us to look for alternative sources of electric power, for example using solar electricity, petroleum lamps, batteries and others. One that is still not widely used is the source of gravity electricity. In principle, the source of electrical energy for gravity is to change the gravitational energy of a load into electrical energy. The speed (RPM) and the rotation time of a DC generator are determined by the weight of the gravitational energy source load and the rotation ratio of the transmission element.

Aim This study aims to design an effective transmission element to drive a DC generator

Method Given this, this paper propose to design an effective transmission element by utilizing gravitational energy.

Conclusion The bending stress and surface stress values of the transmission element gears are still below the permitted values, so it can be concluded that the series of transition gear gears are safe to use. The rotation ratio of the transmission element determines the length of time the ballast mass drops. The faster the time down, the faster the RPM output. To regulate it, you can add a ballast mass counterweight.

Keywords: gravity power source, DC generator, transmission element

1. PENDAHULUAN

Diantara kebutuhan paling mendasar terhadap energy listrik ini adalah untuk penerangan. Jumlah kebutuhan daya listriknyapun tidak terlalu besar. Misalnya, kebutuhan lampu belajar siswa, cukup dengan menggunakan lampu 12V DC, 5 Watt jenis LED (*light emitting diode*). Untuk mencukupi kebutuhan daya listrik ini, tidak perlu menunggu sampai ada jaringan listrik PLN.

Untuk kebutuhan energy listrik yang tidak terlalu besar, sebagai alternatif penggantinya, dapat digunakan pembangkit listrik tenaga gravitasi. Sumber energi gravitasi bisa diperoleh dari bandul yang digantung kemudian jatuh secara perlahan sambil menggerakkan rangkaian elemen transmisi. Desain elemen transmisi dibuat sehingga putaran dan daya outputnya dapat menggerakkan generator dc. Hasilnya berupa energi listrik yang dapat digunakan untuk kebutuhan lampu penerangan. (Ambade, Prabhakar, & Tayade, 2014; Makwana & Scholar, 2017; Natu, Nadkar, & Badgujar, 2015; Parekh, Barot, Terdal, & Teekshashanoj, 2017; Peterson, Savage, Kinser, & Hayes, n.d.; Zalte & Mogare, 2017).

Energi potensial gravitasi dapat didefinisikan sebagai besarnya usaha yang dilakukan oleh suatu gaya untuk memindahkan suatu benda pada suatu daerah dengan medan gravitasi. Misalnya, gaya yang

Teknosains : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

digunakan untuk memindahkan suatu benda adalah \vec{F} dan berarah ke atas. Maka sesuai dengan hukum Newton (Hibbeler, 2016):

$$\vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt}, \text{ atau } \vec{F} = m\left(\frac{d\vec{v}}{dt} - \vec{g}\right) \quad (1)$$

Besar usaha yang dilakukan oleh gaya \vec{F} adalah:

$$W = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_i^f m \left(\frac{d\vec{v}}{dt} - \vec{g}\right) \cdot d\vec{s} \quad (2)$$

$$W = \int_i^f m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{s} - \int_i^f m\vec{g} \cdot d\vec{s} \quad (3)$$

$$W = \Delta K - \Delta U \quad (4)$$

Usaha yang dilakukan oleh gaya \vec{F} digunakan untuk mengubah energi benda dalam bentuk energi kinetik (ΔK) dan energi potensial gravitasi (ΔU). Jika besar gaya F disesuaikan sehingga sama besar dengan gaya berat mg , maka benda bergerak dengan kecepatan konstan, sehingga $\Delta K = 0$ dan $W = \Delta U$. Suku ΔU disebut sebagai perubahan energi potensial gravitasi.

$$\Delta U = - \int_i^f m\vec{g} \cdot d\vec{s} \quad (5)$$

Karena \vec{g} konstan dan arahnya ke bawah sedangkan $d\vec{s}$ ke atas, maka $\vec{g} \cdot \vec{s}$ akan bertanda negatif dan akan menghilangkan negatif di depan integral. Jika arah vertikal ke atas kita nyatakan sebagai sumbu y positif, maka persamaan diatas dapat ditulis :

$$\Delta U = \int_i^f mg dy = mgy_f - mgy_i = mg\Delta y \quad (6)$$

Sehingga untuk energi potensial gravitasi dapat ditulis dengan :

$$U = mgy$$

1.1. Kekuatan Elemen Transmisi Roda Gigi Lurus

Kekuatan (*strength*) dan kehandalan (*durability*) roda gigi diekspresikan oleh tegangan bengkok (*bending strength*) dan kehandalan permukaan (*surface durability*). Perhitungan mengenai roda gigi mengikuti spesifikasi yang dikeluarkan oleh *Japanese Gear Manufacturing Association (JGMA)* ("Element of Metric Gear Technology," n.d.).

Spesifikasi yang dikeluarkan oleh *JGMA* diantaranya:

- *JGMA 401-01 Bending strength Formula of Spur Gear and Helical Gear*
- *JGMA 402-01 Surface Durability Formula of Spur Gear and Helical Gear*

Menurut spesifikasi *JGMA*, aktual *stress* (σ_F) di dedendum harus kurang dari atau sama dengan *stress* yang diizinkan (σ_{Flim}) dan Hertz *stress* aktual harus kurang dari atau sama dengan Hertz *stress* limit.

$$\sigma_F \leq \sigma_{Flim}$$

$$\sigma_H \leq \sigma_{Hlim}$$

Bending *stress* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_F = F_t \frac{Y_F Y_\epsilon Y_\beta}{m_n b} \left(\frac{K_V K_O}{K_L K_{FX}} \right) S_F \left(\frac{kgf}{mm^2} \right) \quad (7)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *bending stress* (σ_F) adalah *tooth profile factor* (Y_F), *load distribution factor* (Y_ϵ), *helix angle factor* (Y_β), *Life factor* (K_L), *dimension factor of root stress* (K_{FX}), *dynamic load factor* (K_V), *Overload factor* (K_O), *Safety factor of bending failure* (S_F).

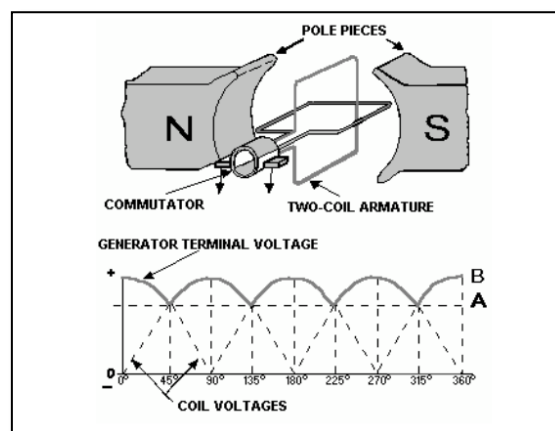
Surface strength dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_{t \text{ lim}} = \sqrt{\frac{F_t}{d_1 b_H} \frac{U \pm 1}{u} \frac{Z_H Z_M Z_\epsilon Z_\beta}{K_{HL} Z_L Z_R Z_V Z_W K_{HX}}} \sqrt{K_{H\beta} K_V K_O} S_H \quad (8)$$

Faktor faktor yang mempengaruhi *surface strength* adalah *Zone factor* (Z_H), *Material factor* (Z_M), *Contact ratio factor* (Z_ϵ), *Helix Angle factor* (Z_β), *Life factor* (K_{HL}), *Lubricant factor* (Z_L), *Surface roughness factor* (Z_R), *Sliding speed factor* (Z_V), *Hardnedd rato factor* (Z_W), *Dimension fator of root tress* (K_{HX}), *Load distribution factor* ($K_{H\beta}$), *Dynamic load fator* (K_V), *Oerload factor* (K_O), *Safety factor for pitting* (S_H).

1.2 Generator Listrik DC

Generator DC merupakan perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik arus searah. Generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanen atau non permanen berupa gulungan sebagai stator, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, bearing dan rumah generator, serta bagian rotor. Ada dua bagian pada generator DC, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian generator DC yang diam, rotor adalah bagian mesin yang berputar. Bagian stator terdiri dari rangka, lilitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Rotor terdiri dari komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor (Bhatia, n.d.).



Gambar 1. Gambar prinsip kerja generator DC (Bhatia, n.d.)

Belitan rotor (jangkar) dengan luas A berada di tengah tengah medan magnet B , maka rotor akan menerima fluks sebesar:

$$\phi = BA \cos \theta \quad (9)$$

Teknosains : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Dimana θ adalah sudut antara vektor B dengan vector P permukaan A.

Ketika rotor berputar dengan kecepatan putaran ω , maka rotor akan menerima fluks sebesar:

$$\phi = BA \cos \omega t \quad (10)$$

Yang nilainya berubah-ubah. Menurut hukum Lenz & Faraday akan timbul gaya gerak listrik (GGL) induksi di ujung rotor (komutator) sebesar:

$$E_{ind} = -N \frac{d\phi}{dt} = NBA \sin \omega t \quad (11)$$

Dimana:

N = Jumlah lilitan

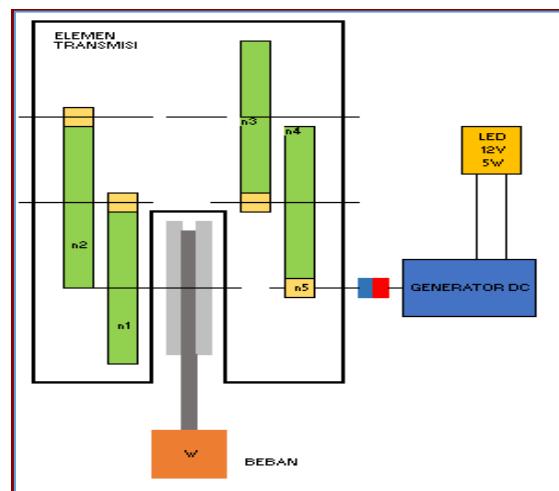
ϕ = Fluksi Magnet

E_{ind} = Tegangan Induksi (GGL)

Apabila sebuah konduktor memotong garis-garis fluksi magnetik yang berubah-ubah, maka GGL akan dibangkitkan dalam konduktor itu. Syarat untuk dapat membangkitkan GGL adalah ada konduktor, ada medan magnet. Magnet dan ada gerakan atau perputaran dari konduktor dalam medan magnet, atau ada fluksi yang berubah yang memotong konduktor itu.

Untuk menentukan arah arus pada setiap saat, berlaku kaidah tangan kanan. Ibu jari menunjukkan arah putaran, jari telunjuk menunjukkan medan magnet kutub utara dan selatan dan jari tengah menunjukkan arah tegangan (V) dan arus (I). Apabila ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip ring berupa dua cincin (cincin seret), maka dihasilkan listrik AC berbentuk sinusoidal. Apabila ujung belitan dihubungkan dengan komutator satu cincin, maka diperoleh arus DC dengan dua gelombang positif (Bhatia, n.d.; Mr. Saad M Alwash, n.d.).

Prinsip kerja bahan dan alat penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Sketsa desain elemen transmisi

Teknosains : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Elemen Transmisi Lampu Belajar Tenaga Gravitasi Untuk Siswa di Daerah Tertinggal (Vol.7, No1) Januari 2020

Beban (W) akan bergerak turun dengan kecepatan linier (V). Gerakan turun beban (W) akan memutar pulley. Putaran pulley ini kemudian di tingkatkan dengan menggunakan rangkaian elemen transmisi roda gigi lurus sehingga putaran output gearbox (n5) sesuai dengan putaran kerja generator DC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Putaran generator DC 500 RPM, tinggi beban gravitasi 2 meter, waktu turun 15 menit, beban massa 1 kilogram. Diameter pulley 40 mm sehingga keliling pulley 125 mm. Dari data ini, diperoleh nilai putaran pulley sebesar 1.06 RPM. RPM pulley menjadi putaran input elemen transmisi, putaran output adalah putaran generator DC, yaitu 500 RPM. Sehingga rasio total elemen transmisi adalah 1 : 0.002. Dari gambar 2 terlihat bahwa peningkatan putaran dari input sampai output melalui 4 tahapan pasangan roda gigi. Sehingga ada pembagian rasio putaran yaitu i_1 , i_2 , i_3 dan i_4 . Nilai masing masing rasio putaran ditetapkan sebagai berikut:

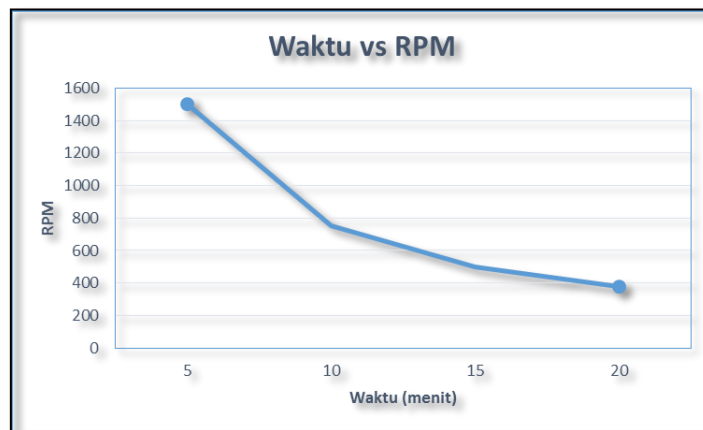
$i_1=0.2$, $i_2=0.3$, $i_3=0.2$ dan $i_4=0.25$ sehingga i totalnya = 0.002 Modul roda gigi ditetapkan 1.5 mm sehingga diperoleh data data lain:

Tabel 1. Dimensi elemen transmisi roda gigi

| NO | ITEM | UNIT | NOMOR RODA GIGI | | | | | | | |
|----|----------------------------|--------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Module | mm | 1,5 | | | | | | | |
| 2 | Pressure angle | degree | 20° | | | | | | | |
| 3 | Helix angle | | 0° | | | | | | | |
| 4 | Jumlah gigi | | 75 | 15 | 75 | 15 | 75 | 15 | 60 | 15 |
| 5 | Jarak titik pusat | mm | 67,5 | | 67,5 | | 67,5 | | 56,25 | |
| 6 | Pitch diameter | | 112,5 | 22,5 | 112,5 | 22,5 | 112,5 | 22,5 | 90 | 22,5 |
| 7 | Lebar gigi | mm | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 8 | precision grade | | JIS5 | | | | | | | |
| 9 | Metode pembuatan | | Hobbing | | | | | | | |
| 10 | Putaran per menit | rpm | 1,06 | 5,3 | 5,3 | 26,5 | 26,5 | 132,5 | 132,5 | 530 |
| 11 | Kecepatan linier | m/s | 0,000599 | 0,000599 | 0,002995 | 0,002995 | 0,014974 | 0,014974 | 0,059895 | 0,059895 |
| 12 | Material | | SCM415 | | | | | | | |
| 13 | Heat treatment | | Carburizing | | | | | | | |
| 14 | Surface hardness | | HV 600 ... 640 | | | | | | | |
| 15 | Core hardness | | HB 260 .. 280 | | | | | | | |
| 16 | Effective carburized depth | mm | 0.3 ... 0.5 | | | | | | | |

Kekuatan roda gigi dihitung dengan membandingkan bending *stress* actual dengan bending *stress* yang diizinkan. Hasil perhitungan torsi dan gaya tangensial yang terjadi akibat beban gravitasi menghasilkan bending *stress* pada roda gigi penggerak no. 1 sebesar 1.5 kgf/mm² dan pada roda gigi yang digerakan nomor. 2 sebesar 7,8 kgf/mm². Bending *stress* yang diizinkan adalah 42.5 kgf/mm². Sehingga kekuatan roda gigi terhadap bending *stress*nya disimpulkan aman. Untuk kehandalan

permukaan (*surface durability*) dapat dihitung dengan membandingkan *hertz stress* pada permukaan roda gigi dengan *herzt stress* yang diizinkan. Dari perhitungan diperoleh *hertz Stress* pada permukaan roda gigi sebesar 42.26 kgf/mm². Nilai *hertz stress* yang diizinkan sebesar 138 kgf/mm². Dari data ini dapat disimpulkan bahwa *surface durability*-nya aman. Rasio putaran output elemen transmisi 1:0.002. Semakin cepat waktu turun massa pemberat, RPM output semakin cepat. Hubungan antara waktu turun massa pemberat dengan putaran output elemen transmisi bisa dilihat pada grafik berikut:



Gambar 3. Hubungan antara waktu dengan RPM output

RPM yang dibutuhkan oleh generator DC adalah 500 RPM, sehingga waktu optimum yang dipakai adalah 15 menit. Untuk merubah waktu turun massa pemberat, bisa diatur dengan menambahkan massa penyeimbang.

4. SIMPULAN

Nilai bending *stress* dan *surface stress* pada roda gigi elemen transmisi masih dibawah nilai yang diizinkan, sehingga bisa disimpulkan bahwa rangkaian roda gigi element transisinya aman untuk dipakai. Rasio putaran elemen transmisi menentukan lama waktu turun massa pemberat. Semakin cepat waktu turun, semakin cepat RPM output. Untuk mengaturnya, dapat ditambahkan massa penyeimbang massa pemberat. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah meningkatkan waktu menyala lampu menjadi 30 menit dan memperbaiki desain luarnya supaya lebih menarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambade, R. S., Prabhakar, R., & Tayade, R. S. (2014). A review on gravity power generation. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(4), 11084–11086.
- Bhatia, A. (n.d.). *DC Generators and Motors*. Continuing Education and Depeloment, Inc.
- Elemen of Metric Gear Technology. (n.d.).
- Hibbeler, R. C. (2016). *Engineering Mechanics_Dynamic_14th edition*. Pearson Prentice Hall.

Teknosains : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika *is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License*.

Makwana, A., & Scholar, U. G. (2017). Gravity Lamp. *Abhijeetsinh v Makwana .et.Al. Int. Journal of Engineering Research and Application*, 7(2), 23–25. <https://doi.org/10.9790/9622->

Mr. Saad M Alwash. (n.d.). *D.c generators 1.1*. University of Babylon.

Natu, P., Nadkar, S., & Badgujar, A. (2015). GENERATION OF ELECTRICITY USING. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 6(7), 79–84.

Parekh, P., Barot, H. E. T., Terdal, V., & Teekshashanoj. (2017). Design, Analysis and Working of a Light Generating System Using Gravity. *International Journal Of Electrical, Electronics And Data Communication*, 5(11, nov 2017).

Peterson, C., Savage, M., Kinser, D., & Hayes, K. (n.d.). Gravity Powered Light.

Zalte, S. A., & Mogare, M. R. (2017). Design and Development of Gravity Lamp. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 04(July 7th, 2017).