

ANALISIS HASIL RANCANG BANGUN SISTEM GERAK ABADI PASANGAN RODA GIGI LURUS

Risal Abu¹⁾

¹⁾ Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Ekasakti Padang

ABSTRACT

In this paper, the results of the design of a perpetual motion machine for electric power generation are used, which is to use the straight gear pair in the imbalance position and the addition of a mechanism that aims to supply energy to the system, which is then termed "semi-perpetual motion". It is expected that with the addition of external (mass) energy, the system will move continuously so that the shaft rotation (kinetic energy) obtained can be utilized to drive the generator of electrical energy. Based on the results of testing on the system, it can be concluded that the system built still needs improvement, especially the factors that work on the components of interconnected teeth. The expected torque to provide a tangential force does not occur so that the system does not produce the mechanical energy of the shaft.

Keywords: *Perpetual Motion, Straight Gear, Power Generation.*

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi alternatif yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik adalah gerak abadi (*perpetual motion*). Gerak abadi didefinisikan sebagai setiap gerakan yang dapat dipertahankan tanpa sumber energi dari luar, atau *gerak terus menerus*, terutama pada pekerjaan yang berguna tanpa masukan energi, yaitu dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi [1,2]. Relatif banyak penelitian yang telah dilakukan dalam mengembangkan berbagai macam model/prototype untuk memanfaatkan konsep gerak abadi, namun pada kenyataannya banyak yang mengalami kegagalan, walaupun banyak juga yang berhasil.

Kegagalan-kegagalan dalam mengembangkan konsep gerak abadi terutama dipengaruhi oleh faktor gesekan [3]. Ketika mesin/sistem berjalan, gesekan (*friction*) senantiasa akan terjadi, dan gesekan cenderung mengubah energi yang dibutuhkan meningkat temperaturnya sehingga akan mengurangi/memperlambat kecepatan gerakan/putaran. Oleh karena itu, mesin/sistem memerlukan suplai energi dari luar agar tetap dapat melakukan usaha. Mekanisme suplai energi ke sistem gerak abadi inilah kemudian menjadi permasalahan sampai hari ini, sehingga diperlukan kajian-kajian yang intensif agar sistem yang dimaksud dapat direalisasikan. Jika hal tersebut dapat terealisasi, maka sistem ini akan menjadi sumber energi alternatif yang abadi sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan energi kinetik poros yang berguna untuk mesin pembangkit energi listrik. Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini di rancang sebuah mesin gerak abadi, yaitu dengan menambahkan suatu mekanisme yang berguna untuk mensuplai energi ke sistem, yang kemudian diistilahkan dengan semi gerak abadi.

A. *State of the Art*

Konsep mesin gerak abadi (*Perpetual Motion Engine*) muncul untuk pertama kalinya di abad ke-12 Masehi di India [2]. Ahli matematika dan Astronom Bhaskaracharya (1114-1185) merancang mekanisme gerak abadi *Bhaskara wheel*. *Bhaskara wheel* bekerja secara terus menerus, sesuai dengan hukum kekekalan Energi dan Hukum pertama Newton, bahwa "Jika resultan gaya yang bekerja pada benda yang sama dengan nol, maka benda yang mula-mula diam akan tetap diam, dan benda yang mula-mula bergerak lurus beraturan akan tetap lurus beraturan" [7]. *Bhaskara wheel* memanfaatkan keseimbangan air didalam botol untuk mendorong *gear* secara kontinu dan akan mengakibatkan putaran tanpa henti setiap kali *gear* berputar, dan akan menghasilkan energi listrik jika dihubungkan dengan generator [21]. Beberapa hasil penelitian terkini yang telah dilakukan para peneliti sebagai berikut.

Ambade *et al.* [14] merancang Sistem Gerak Abadi dengan memanfaatkan variasi beban pada engkol dan bantalan pin yang dipasang secara tegak mengelilingi sabuk yang terpasang pada *pulley*. Sistem memanfaatkan konversi energi gravitasi untuk mengubah energi gravitasi potensial menjadi energi kinetik.

Ahmed [12] merancang sebuah mesin gerak abadi menggunakan dua buah bola dengan bobot berbeda yang dihubungkan pada poros seimbang, dan dipasang secara vertikal ke sistem generator. Berdasarkan

¹⁾ Korespondensi: risalabu@hotmail.com

prinsip ketidakseimbangan kedua bola bergerak secara melingkar diatas cincin *platform* sehingga poros yang terhubung ke generator ikut berputar dan menghasilkan energi kinetik poros.

Khan *et al.* [9] melakukan analisis terhadap suatu rancangan sistem Gerak Abadi yang terdiri dari delapan magnet yang diatur secara melingkar di tepi piringan, serta sebuah cincin magnet di pasang pada pusat piringan. Sistem telah dianalisis menggunakan perhitungan teoritis dan simulasi dengan *PRO ENGINEER Wildfire 5.0*.

Chaudhari [16] merancang mekanisme gerak abadi dengan komposisi engkol dan roda gila terpasang tetap pada poros yang sama. Sistem bekerja ketika pemberat pada bagian atas sumbu vertikal dengan rotasi awal 360° , agar mekanisme bekerja terus menerus. Gaya yang ditambahkan selama gerakan ke bawah melalui gesekan. Selanjutnya gerak rotasi poros pertama ditransmisikan ke alternator melalui kekuatan penggerak transmisi *drive* untuk menghasilkan energi listrik.

Rajeswari [13] menggunakan 12 kutub rotor sebagai sistem gerak abadi. Posisi masing-masing rotor diatur terhadap lingkaran pelat rotor dengan jarak tertentu antara masing-masing rotor kutub. Sistem pada magnetik motor sinkron A.C menggunakan prinsip MGL yang disinkronisasikan dan bekerja dengan menggunakan prinsip 'penguncian magnet'. Sistem ini dapat menghasilkan putaran sebesar 350 rpm dan torsi sebesar 4.12 Nm.

Gajbhiye *et al.* [11] menggunakan pendulum yang dipasang pada batang dan terhubung dengan engsel yang dapat bergerak bebas sebagai sistem gerak abadi. Pada kedua sisi pendulum dipasang magnet tetap. Batang penghubung yang tersambung pada piringan engkol akan berputar dan mengkonversi gerak bolak-balik dari pendulum ke piringan pemutar. Selanjutnya piringan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.

B. Gerak Abadi

Menurut Angrist [1] dan Aspden [2], Gerak abadi adalah setiap gerakan yang dapat dipertahankan tanpa sumber energi dari luar, atau gerak terus menerus. Ada 2 jenis gerak abadi (*perpetual Motion*) [2], yaitu : (1) gerak abadi jenis pertama, dan gerak abadi dari jenis kedua. Gerak abadi jenis pertama adalah jenis gerak yang pernah diaktifkan, dan akan tetap berjalan tanpa tambahan sumber energi. Gerak abadi jenis kedua didefinisikan sebagai gerak yang mendapat energi untuk menjalankan dari sumber yang berada pada suhu lebih rendah dari suhu perangkat gerak abadi. Menurut konsep ini, sekali diaktifkan, mesin abadi jenis pertama akan terus berjalan tanpa sumber tambahan energi. Dari kedua jenis gerak abadi tersebut, permasalahan yang sering timbul adalah: ketika mesin berjalan, ada gesekan yang cenderung mengubah energi yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin menjadi panas, serta memperlambat gerak ke bawah. Oleh karena itu, diperlukan lebih banyak energi agar mesin tetap berjalan selamanya. Konsep gerak abadi dalam penelitian ini dapat direalisasikan dengan menggunakan hukum-hukum yang diuraikan berikut.

C. Gaya dan Tekanan

Energi tercipta salah satunya disebabkan oleh adanya gaya [8]. Ada suatu gaya yang kekal, ada dimanapun dan kapanpun, yaitu Gaya Gravitasi atau disebut juga gaya berat: $W = m \cdot g$ (Newton).

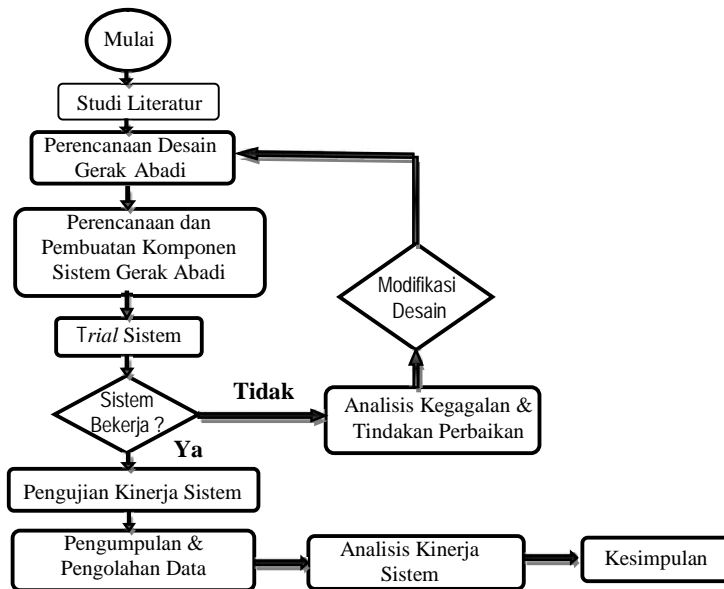
Dari satuan-satuan tersebut dapat disimpulkan bahwa Gaya Gravitasi/Gaya berat dipengaruhi oleh m (massa), r (jarak) dan T (waktu) [18]. Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan perubahan keadaan benda. Dalam ilmu fisika, Gaya adalah interaksi apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan gerak, baik dalam bentuk arah, maupun konstruksi geometris. Gaya memiliki besaran (*magnitude*) dan arah, sehingga merupakan kuantitas vektor yang dilambangkan dengan simbol \mathbf{F} [15].

Untuk setiap gaya aksi, akan selalu terdapat gaya reaksi yang sama besar dan berlawanan arah (Hukum III Newton), dengan formulasi: $F_{AB} = - F_{BA}$.

Gaya gesek timbul karena adanya interaksi permukaan benda atau dua buah benda bersentuhan [18]: $F_g = \mu \times N$; Dimana: F_g : Gaya gesek (N); μ : koefisien gesekan; N : gaya normal (N). Tekanan menyatakan gaya per satuan luas. Tekanan adalah gaya yang bekerja pada permukaan benda tiap satuan luas, dirumuskan [3]: $P = F/A$, dimana: P : Tekanan (N/m^2); F : Gaya (N); A : Luas penampang (m^2).

2. METODE PENELITIAN

Flowchart penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental, yaitu dengan melakukan perencanaan, pembuatan, dan selanjutnya melakukan pengujian terhadap kinerja sistem yang telah dibuat.

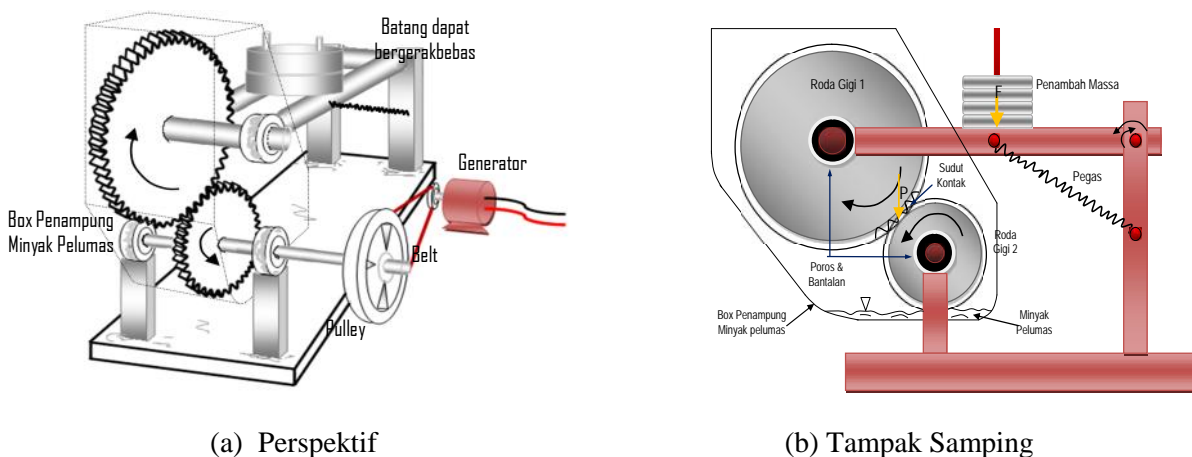


Gambar 1. Flowchart Penelitian

A. Perencanaan Desain Gerak Abadi

Desain sistem gerak abadi yang direncanakan menggunakan prinsip sederhana, yaitu ketika sebuah benda diletakkan pada permukaan yang lebih tinggi maka dengan pengaruh gravitasi, benda tersebut akan mengalami daya tarik kearah yang lebih rendah dan memperoleh energi kinetik. Energi kinetik ini dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik.

Desain gerak abadi yang direncanakan seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pasangan roda gigi lurus dengan diameter yang berbeda digunakan sebagai komponen utama untuk menghasilkan energi penggerak awal. Pasangan roda gigi di *set-up* dengan sumbu poros yang tidak sejajar dalam arah vertikal/horizontal sehingga berada dalam kondisi ketidak-seimbangan (pusat massa tidak sesumbu dengan sumbu putarnya). Pada lengan roda gigi bagian atas dipasang dengan pegas tarik kearah batang lengan untuk menambah gaya tarik.



Gambar 2. Desain Mesin Semi Gerak Abadi

Oleh karena adanya gaya yang bekerja pada tekanan kerja roda gigi yang saling terkait, serta pengaruh gaya gravitasi, maupun posisi ketidak-seimbangan, pasangan roda gigi akan menghasilkan energi mekanik

poros. Salah satu faktor yang menjadi kendala pada sistem gerak abadi adalah gesekan. Hal ini akan berdampak kepada kinerja sistem sehingga diperlukan mekanisme untuk memperbesar gaya (penambahan massa) ke sistem. Oleh karena itu, sistem dirancang dengan mekanisme penambah massa pada batang/lengan Roda Gigi penggerak, sehingga gaya akan semakin besar pada tekanan kerja pasangan roda gigi. Gaya tersebut dimanfaatkan sebagai energi penggerak mula pasangan roda gigi untuk menghasilkan energi mekanik poros. Penambahan gaya eksternal tersebut yang kemudian diistilahkan dengan *semi gerak abadi*.

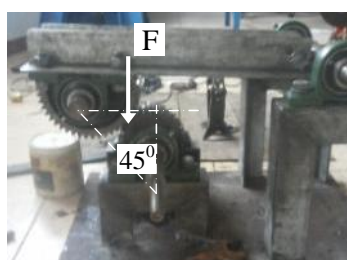
B. Metode Perencanaan dan Pembuatan

Perencanaan dan pembuatan sistem gerak abadi terdiri dari: perencanaan dan pembuatan komponen roda gigi, poros, pasak, bantalan, rangka, pegas, pembeban, dan puli. Perencanaan roda gigi terdiri dari roda gigi penggerak dan yang digerakkan. Roda gigi yang direncanakan adalah roda gigi lurus dengan perbandingan diameter roda gigi penggerak dan yang digerakkan 2 : 1; dengan pertimbangan massa roda gigi berbeda. Diameter penggerak dibutuhkan massa yang lebih besar dari roda gigi yang ditekan untuk memberikan gaya tekan pada sudut kontak roda gigi. Perencanaan komponen penunjang sistem, meliputi: diameter, daya rencana, tegangan geser, faktor tumbukan, beban, dan bahan/material.

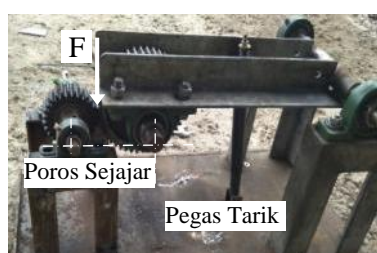
Hasil perencanaan dilanjutkan dengan proses pembuatan dan *assembling* menggunakan proses pemesinaan dan kerja bangku. Selanjutnya dilakukan Pengujian kinerja alat, meliputi analisis terhadap fungsi komponen-komponen pada sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan terhadap sistem menggunakan prinsip yang sederhana, yaitu ketika sebuah benda diletakkan pada permukaan yang lebih tinggi maka dengan pengaruh gravitasi benda tersebut akan mengalami daya tarik kearah yang lebih rendah dan memperoleh energi kinetik. Energi kinetik ini dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik. Hasil pembuatan sistem pasangan roda gigi lurus gerak abadi yang akan diuji menggunakan 5 (lima) model/posisi seperti ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 3(a) sd. 3(e). Hal ini dilakukan untuk mengetahui model yang paling tepat digunakan sebagai model gerak abadi.



(a) Posisi Roda Gigi Model-1



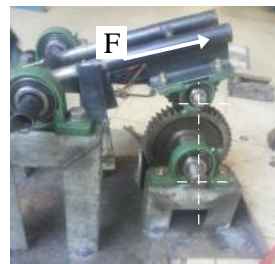
(b) Posisi Roda Gigi Model-2



(c) Posisi Roda Gigi Model-3



(d) Posisi Roda Gigi Model-4



(e) Posisi Roda Gigi Model-5

Gambar 3. Model Gerak Abadi

Pada model-1 seperti ditunjukkan pada Gambar 3(a), 2 buah roda gigi lurus dipasangkan dengan posisi sumbu poros yang tidak sejajar, yaitu kemiringan 45° dalam arah vertikal sehingga pasangan roda gigi dalam posisi ketidak-seimbangan. Roda gigi bagian atas memiliki diameter 2 kali lebih besar dibandingkan dengan roda gigi pada bagian bawah. Massa roda gigi bagian atas juga lebih besar, yaitu 30 kg (termasuk massa lengan dan *bearing*). Prinsip kerja Model-1, roda gigi bagian atas akan memberikan gaya pada roda gigi

bagian bawah melalui pasangan gigi yang saling terkait sehingga terjadi gaya tangensial sebagai energi penggerak awal pada pasangan roda gigi, dan selanjutnya memberikan energi mekanik pada poros. Sistem memanfaatkan konversi energi gravitasi untuk mengubah energi gravitasi potensial menjadi energi kinetik.

Pada Model-2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(b), pasangan roda gigi di *set-up* dengan posisi sumbu poros sejajar dalam arah horizontal. Pada lengan roda gigi bagian atas diberikan pegas tarik yang berfungsi untuk menambah gaya tekan pada tekanan kerja roda gigi yang saling berkaitan. Pada konsep model ini, pegas tarik akan memperbesar gaya tarik ke arah gravitasi, disamping gaya radial yang diberikan oleh massa roda gigi bagian atas. Model-3 yang ditunjukkan pada Gambar 3(c), posisi poros sama dengan pasangan roda gigi Model-1. Pada kedudukan *bearing*, ditambahkan pegas tekan yang bertujuan untuk memberikan elastisitas pada tekanan kerja pasangan roda gigi.

Pada Model-4 yang ditunjukkan pada Gambar 3(d), sumbu poros pasangan roda gigi diposisikan dengan kemiringan 45° dalam arah vertikal. Roda gigi diameter kecil diubah fungsinya sebagai penekan. Lengan roda gigi bagian atas diganti dengan pegas tekan. Pada konsep model ini, pegas tekan akan memberikan gaya tangensial dalam arah horizontal terhadap roda gigi besar sehingga gigi yang saling terkait akan saling berinteraksi untuk menghasilkan energi mekanik kepada poros. Model-5 yang ditunjukkan pada Gambar 3(e), sumbu poros pasangan roda gigi diposisikan sejajar dalam arah vertikal. Pegas tekan yang sekaligus berfungsi sebagai lengan tempat *bearing* terpasang, akan memberikan gaya tekan pada gigi yang saling terkait. Konsep dari sistem yang ditunjukkan pada 5 model posisi pasangan roda gigi (Gambar 3(a) sd. (e)) adalah: bahwa (i) semakin besar massanya maka akan memberikan gaya yang besar ke arah gravitasi ($F = m \cdot a$), dan (ii) memberikan gaya tekan ke arah vektor gaya melalui tekanan kerja roda gigi yang berada dalam posisi ketidak-seimbangan, sehingga terjadi tekanan ($P = F/A$) yang relatif besar, dan akan menghasilkan energi dalam bentuk putaran pada kedua roda gigi tersebut.

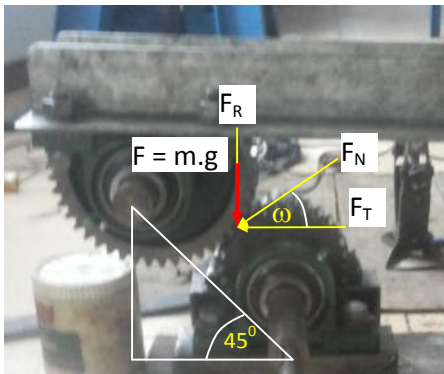
A. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian Model-1 dapat dijelaskan gaya-gaya yang bekerja pada sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 4, dan vektor gaya-gaya pada model-1 ditunjukkan pada Gambar 5.

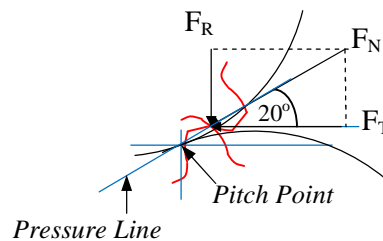
Gaya tangensial (F_T) pada sistem roda gigi sangat dipengaruhi oleh Torsi (T) yang berhubungan dengan daya (P) yang diberikan ke sistem. Pada pengujian sistem, suplai energi (P) direncanakan berdasarkan gaya yang diberikan oleh massa ke arah Gravitasi ($F = m \cdot a$). Apabila $F = F_R$ (gaya radial) maka secara teoritis diperoleh:

$$F_R = F = m \cdot a \rightarrow m = 35 \text{ kg.}$$

$$= 35 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)} = 343 \text{ N}$$



Gambar 4. Gaya-gaya yang bekerja pada Sistem.



Gambar 5. Vektor Gaya Model-1

Gaya Tangensial (F_T) [17]:

$$F_T = \frac{F_R}{t_i \cdot \omega} = \frac{3}{t_i} \frac{N}{2 \cdot \omega} = 408 \text{ (N)}$$

Gaya Normal (F_N) :

$$F_N = \frac{F_R}{c} \cdot \omega = \frac{3}{c} \frac{N}{2 \cdot \omega} = 365 \text{ (N)}$$

Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh $F_T = 408 \text{ N}$, $F_N = 365 \text{ N}$ yang lebih besar nilainya dari $F_R = 343 \text{ N}$, maka seharusnya roda gigi besar pada bagian atas dapat memberikan gaya sentripetal ke poros roda gigi bagian bawah untuk menghasilkan energi mekanik poros. Namun demikian, harus diperhatikan bahwa gaya tangensial (F_T) sangat dipengaruhi oleh daya (P) dan Torsi (T) [17]:

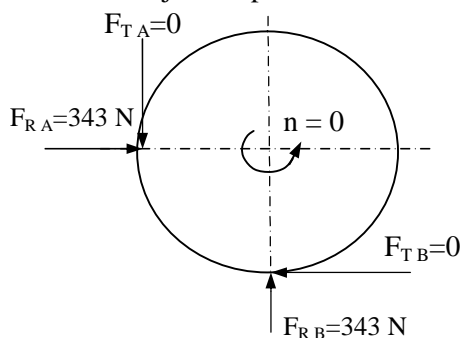
$$T = \frac{6 \cdot P}{2\pi} \quad \text{Dimana } P \text{ [22]:} \quad P = F \cdot V \quad (\text{N} \cdot \text{m/s} = \text{J/s})$$

oleh karena $V = 0$; maka $P = 0$ dan; Torsi (T) = 0

Maka gaya Tangensial (F_T) [17]:

$$F_T = \frac{2 \cdot T}{D} \quad F_T = 0$$

Diagram “free body” Model-1 ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram *Free Body*

Pengujian yang dilakukan terhadap Model-2 sd. Model-5 menunjukkan hasil yang sama seperti ditunjukkan pada diagram *Free Body* pada Gambar 6. Dengan demikian, hasil pengujian Model-1 sd. Model-5, baik secara eksperimental maupun secara teoritis, tidak dapat menghasilkan energi mekanik poros, sehingga tidak ada gerak abadi.

B. Pembahasan

Pengujian dari 5 model yang telah dilakukan menggunakan konsep sederhana sesuai Hukum Newton (II), yaitu bila sebuah benda mengalami gaya sebesar F , maka benda tersebut akan mengalami percepatan (Hukum II Newton): $\Sigma F = m \cdot a$. Gaya akan menyebabkan perubahan keadaan benda, atau interaksi apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan gerak, baik dalam bentuk arah, maupun konstruksi geometris. Dari hasil pengujian, gaya gesek menjadi kendala, terutama pada tekanan kerja/sudut kontak roda gigi. Gaya gesek terjadi pada interaksi permukaan gigi-gigi kedua roda gigi yang saling terkait (gigi terkunci). Gaya gesek (F_g) sangat dipengaruhi oleh koefisien gesekan dan gaya normal (F_N) [18]: $F_g = \mu \times F_N$.

Semakin besar koefisien gesekan (μ) maka akan berbanding lurus dengan besar gaya gesek. Dalam pengujian sistem, gaya radial yang sangat dominan pada tekanan kerja gigi (sudut kontak) oleh karena pengaruh massa dan poros yang tidak sejajar, serta posisi pasangan roda gigi dalam ketidak seimbangan sehingga gigi-gigi yang terkait tidak dapat melakukan peralihan pasangan gigi (terkunci), dan gaya tangensial (F_T) menjadi 0 (nol). Pada saat gigi mulai dipasangkan untuk memulai usaha peralihan pasangan gigi yang terkait, timbul gaya yang relatif besar dalam arah radial (F_R)/arah Gravitasi oleh karena pengaruh poros yang tidak sejajar (Model-1, 3, dan 4). Hasil pengujian pada Model-2 dan 5, hasilnya sama. Walaupun posisi sumbu poros sejajar, tetapi oleh karena gaya tekan yang diberikan oleh pegas mengakibatkan pergeseran posisi sumbu poros ke arah horizontal sehingga akan semakin mengecilkan nilai gaya normal (F_N) dan gaya tangensial (F_T).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil gaya normal (F_N) maka akan semakin kecil gaya tangensial (F_T); $F_T = F_N \cdot \omega$. Disamping itu, Daya (P) dan Torsi (T) paling utama untuk menghasilkan gaya tangensial (F_T) untuk memberikan energi mekanik poros. Berdasarkan hal-hal yang dijelaskan tersebut, maka sistem tidak dapat menghasilkan energi kinetik poros, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun (Model-1 sd. 5) tidak dapat menghasilkan gerak abadi.

4. KESIMPULAN

Model yang telah dirancang bangun tidak dapat menghasilkan gerak abadi. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor gaya-gaya yang bekerja pada sistem, terutama gaya radial (F_R) yang sangat dominan

mengakibatkan interaksi permukaan gigi-gigi pada kedua roda gigi yang terkait saling terkunci. Daya (P) dan Torsi (T) yang diperoleh = 0, sehingga tidak menghasilkan gaya tangensial (F_T) untuk ditransfer menjadi energi mekanik poros.

5. REFERENSI

- Angrist, Stanley. 1968. "Perpetual Motion Machines". *Scientific American* (1). PP. 115–122.
- Aspden H., 2004. *The physics of Perpetual Motion*. Energy Science Limited England.
- Cengel, A. Y., & Boles, A. M. 2002. *Thermodynamics An Engineering Approach, Fourth Edition*. McGraw-Hill. New York.
- Direktorat Jenderal Geologi Dan Sumber Daya Mineral. 2013. Berita DJGSM: *Pengembangan Energi Panas Bumi*. Januari 2013. Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia. 2013 Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber daya Mineral. *Kajian Supply Demand Energi*.
- Free Energy: *Perpetual Motion Scams are at an All-Time High, What's New, APS*. 5 April 2002.
- Goldemberg, J. 2004. The Case for Renewable Energies. In: *Proceeding International Conference for Renewable Energies*. February 2004, Bonn. Hal. 1-16.
- Halliday, Resnick. 1998. *Fisika Edisi Ke 3*. Jakarta; Erlangga.
- Khan, I., Amina, M., Masood, M.I., and Asadullah. 2014. Analysis of 'free energy' Perpetual Motion Machine System Based on Permanent Magnets. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*. 3 (3): 334-339.
- Jovan Marjanovic. 2011. "The Secret of Free Energy from the Pendulum". Veljko Milkovic Research & Development Center. May 05 2011, Novi Sad, Serbia.
- Gajbhiye, M., Boke, M., Kelwadkar, A., and Mude, S. 2016. Electrical Energy Harvesting By Using Pendulum Power Generator. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 3 (2): 595-599.
- Ahmed, M.M., and Naaz, H. 2014. Power Generation through Gravity and Kinetic Energy. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 4 (1): 1-3.
- Rajeswari, R.P., Sakthi, S., Bharathi, K., Sasikumar, M., and Srinivasan, S. 2015. Zero Point Energy Conversion for Self-Sustained Generation. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 10 (10): 4326-4333.
- 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.
- Ruwanto, B. 2007. *Asas-asas Fisika*. Yudistira. Yogyakarta.
- Chaudhari, S.V. 2015. Collaboration of Gravity Based Theories for Power Generation. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 4(8): 7317-7320.
- Sularso dan Suga, K. 2002. *Design of Machine Elements*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Tipler. 2001. *Fisika Sains dan Teknik*. Erlangga. Jakarta.
- Troy D., Philip. 2004. *Balance This*. San Antonio, Texas.
- Tsaousis, D. 2008. Perpetual Motion Machine. *Journal of Engineering and Technology Review I*. pp. 53-57.
- Vidhan Srivastava, Sumit Chaudhary, Shailesh M. Pandey, Kulvinder Rana. 2012. Gravity Power Generation. *IJMRS. International Journal of Engineering Sciences*. 1(3).
- Priyambodo, T.K., Jati, B.M.K., 2008. *Fisika Dasar*. Andi. Yogyakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini.