

Published September 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Studi Eksperimen Terhadap Keausan Pada Roda Gigi Cacing Komposit****R. A. Siregar<sup>1\*</sup>, K. Umurani<sup>2</sup> dan Mukhlas<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3)</sup> Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238, Indonesia\*Email: [rakhmadarief@umsu.ac.id](mailto:rakhmadarief@umsu.ac.id)**ABSTRACT**

The gears are used to transmit power and rotation in various engineering applications. Worm gear is a type of gear that is popularly used to reduce rotation. This study was carried out experimentally to observe the effect of load on rotation on the pair of worm and spur gears made of composite material. A series of loads are applied to the gear pair without lubrication to observe wear on the worm gear. The results show that the greatest wear on the worm gear is located in the middle, namely the threads 4 and 5 of 11.54% and 12.31% respectively with the wear located on the face with a slight bit of flank leading to the pitch diameter.

**Keywords:** Worm Gear, Wear, Composite**PENDAHULUAN**

Keausan adalah kerusakan progresif pada permukaan yang disebabkan oleh gerakan yang berhubungan dengan zat yang lain [1]. Sebagai komponen yang selalu bergerak kerusakan pada roda gigi didominasi oleh faktor keausan. Penelitian tentang kerusakan dan perilaku roda gigi berbahan logam banyak dipublikasikan dalam bentuk paper maupun buku. Tetapi untuk roda gigi non-logam yang memiliki keterbatasan pada rendahnya putaran dan beban, ketertarikan untuk peneliti relatif tidak banyak. Untuk bahan non-logam, penelitian tentang keausan pada roda gigi telah lama dilakukan pada berbagai jenis roda gigi, mulai dari roda gigi lurus hingga roda gigi cacing [2-5]. Roda gigi dengan bahan acetal [2], diamati keausan yang terjadi dengan menggunakan alat Optik dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) diperoleh hasil bahwa keausan terjadi pada *flanks* disekitar garis *pitch* berbeda untuk roda gigi penggerak (*drive*) dan roda gigi yang digerakkan (*driven*). Pembuatan roda gigi cacing dengan proses injeksi untuk bahan polyamide (PA) yang dikombinasikan dengan glass fibre (GF) dilaporkan memiliki kinerja terbaik bila menggunakan material PA dengan campuran 30% GF untuk roda gigi *gear* dan 60% GF untuk roda gigi *pinion* [3]. Metode pengukuran untuk keausan roda gigi polymer komposit telah dibahas dengan hasil teknik pengukuran dengan co-ordinat memberikan detail informasi tentang laju keausan sebagai suatu fungsi terhadap sudut putar, beban, kecepatan geser dan rasio geser [4]. Studi kerusakan pada pada roda gigi logam juga telah banyak dilakukan dengan berbagai cara pengujian [6-7]. Kedua penelitian ini mendeteksi kerusakan roda gigi dengan cara yang berbeda, yaitu Metode Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) dan analisis sinyal getaran berbasis domain waktu. Dalam penelitian ini, kinerja roda gigi berbahan POM dianalisa secara eksperimental dan keausan pada roda gigi penggerak diamati.

**METODE PENELITIAN**

Roda gigi cacing yang digunakan dalam studi ini berukuran modul  $m = 2$ , panjang keseluruhan 116 mm, diameter luar 28 mm dan jumlah gigi 7. Dengan menggunakan bahan komposit POM

Published September 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

(*Polyoxymethylene*) roda gigi dimanufaktur toko pembuatan roda gigi lokal di Medan. Material POM diuji tekan dengan menggunakan mesin uji universal yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan hasil analisisnya diberikan dalam Tabel 1. Roda gigi cacing ini dipasangkan dengan roda gigi lurus dengan modul yang sama. Gambar CAD dan roda gigi yang dimanufaktur diperlihatkan dalam Gambar 2.

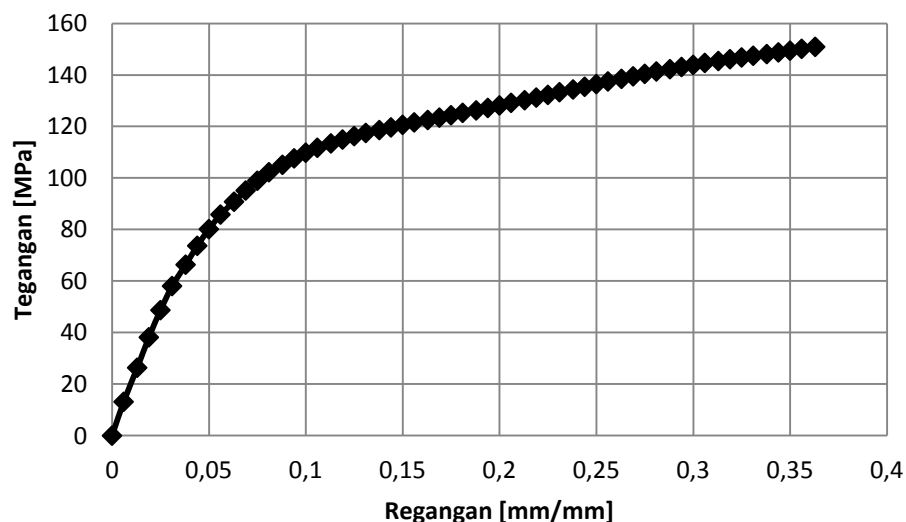
Pengujian keausan dilakukan dalam keadaan kering tanpa ada pelumasan. Dengan menggunakan rig pengujian, seperti dalam Gambar 3, roda gigi cacing diposisikan sebagai roda gigi *pinion* yang terhubung dengan motor listrik berkapasitas 0,75 kW dan maksimum putaran 1390 rpm. Pembebanan yang bervariasi yaitu 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5N diberikan pada poros roda gigi lurus *gear* dengan mekanisme rem cakram berinstrumentasi. Untuk setiap pembebanan, putaran motor juga divariasikan dengan menggunakan inverter. Ada 4 frekuensi inverter yang digunakan pada setiap pengujian yaitu  $P_1 = 35$  Hz;  $P_2 = 40$  Hz;  $P_3 = 45$  Hz dan  $P_4 = 50$  Hz.

Untuk mengukur tingkat keausan pada studi ini dihitung secara sederhana dengan menggunakan Persamaan 1. Dimana  $A_0$  adalah luas permukaan ulir sebelum dilakukan pengujian dan  $A_1$  luas permukaan ulir setelah dilakukan pengujian. Pengukuran luas setiap ulir dilakukan secara manual menggunakan *scanner*.

$$Keausan = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Perilaku mekanik bahan POM.

Bahan	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Kekuatan Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
Polyoxymethylene (POM)	1440	65	2760

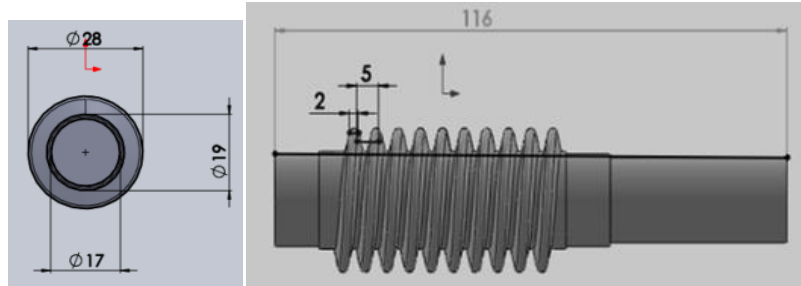


Gambar 1. Hasil pengujian tekan bahan POM.

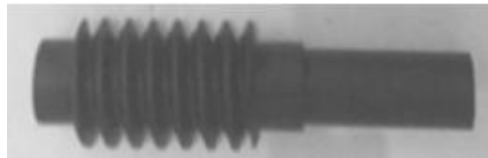
Published September 2019

## Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

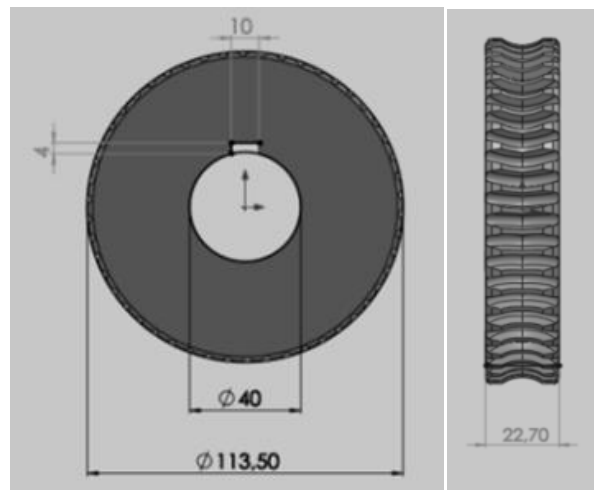
<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>



Gambar 2. CAD roda gigi cacing.



Gambar 3. Roda gigi cacing yang dimanufaktur.

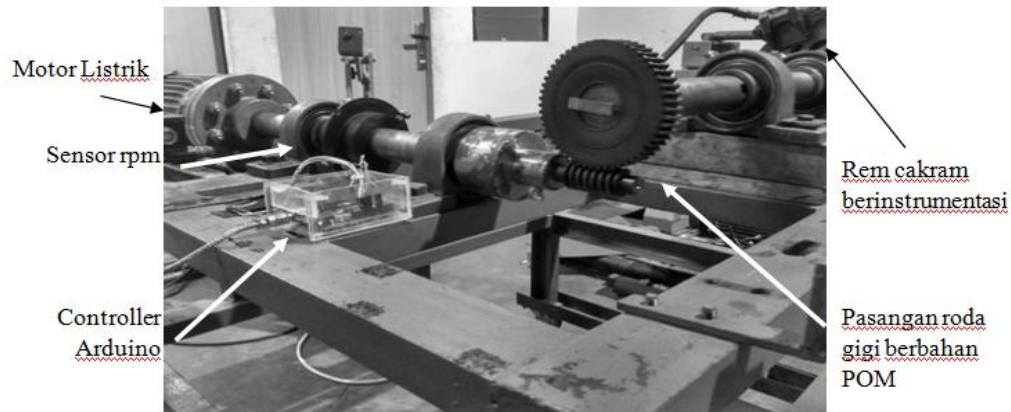


Gambar 4. CAD roda gigi lurus.



Gambar 5. Roda gigi lurus yang dimanufaktur

Published September 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 6. Roda gigi cacing dan pasangannya serta ring pengujian roda gigi

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran putaran pada poros *pinion* untuk setiap pembebanan pada frekuensi inverter motor yang berbeda-beda diberikan dalam Tabel 2. Untuk memudahkan pengamatan, pengaruh pembebanan ini juga ditampilkan dalam bentuk grafik dalam Gambar 5. Putaran pada poros pinon memberikan respon menurun untuk setiap peningkatan beban pada poros *gear*. Beban yang dikenakan mempengaruhi besarnya tegangan yang terjadi pada pasangan roda gigi yang pada akhirnya akan menimbulkan keausan. Untuk 5 kali pengujian pembebanan pada 4 putaran yang berbeda yang secara keseluruhan menghasilkan 20 data pengukuran, roda gigi cacing mengalami keausan yang nyata.

Perbandingan gambar roda gigi cacing sebelum diuji dan setelah diuji diperlihatkan dalam Gambar 6. Gambar 6(b) adalah gambar akhir keausan roda gigi cacing setelah keseluruhan rangkaian pengujian. Pengukuran keausan dilakukan secara sederhana dengan menghitung luasan setiap ulir pada roda gigi cacing. Dengan menggunakan *scanner*, luas permukaan roda gigi cacing sebelum dan sesudah pengujian diukur dan dengan menggunakan persamaan 1, keausan untuk setiap ulir di plot dalam Gambar 7. Hasil pengujian keausan ulir 1 mencapai 1,67 %, pada ulir 2 mencapai 3,85 %, pada ulir 3 mencapai 9,23 %, pada ulir 4 mencapai 11,54 %, pada ulir 5 mencapai 12,31%, pada ulir 6 mencapai 7,69 % dan ulir 7 mencapai 3,33 %. Dapat diamati pula keausan yang paling tinggi terjadi pada ulir 5 terletak pada bagian *face* sedikit mengenai *flank* mengarah ke diameter *pitch*. Untuk detail-detail foto keausan dan luasan setiap ulir diberikan dalam Gambar 8.

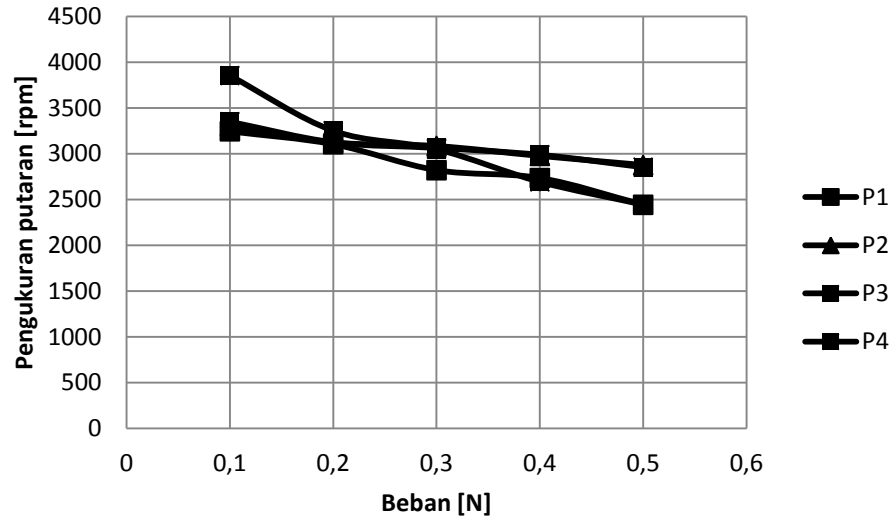
Tabel 2. Hubungan pengaruh pembebanan terhadap putaran.

Beban (N)	Pengukuran putaran (rpm) pada poros <i>pinion</i>			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
0,1	3245	3305	3350	3853
0,2	3104	3125	3125	3251
0,3	2820	3085	3064	3050
0,4	2734	2976	2989	2693
0,5	2442	2877	2853	2443

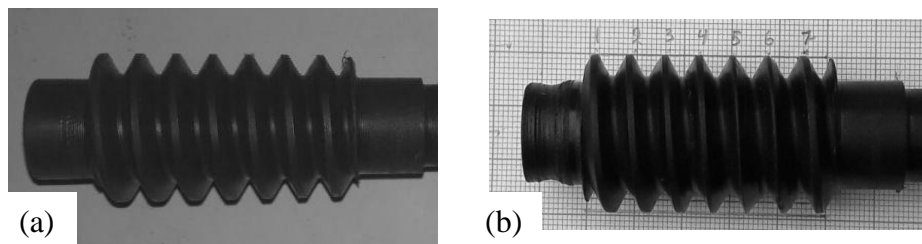
Published September 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**

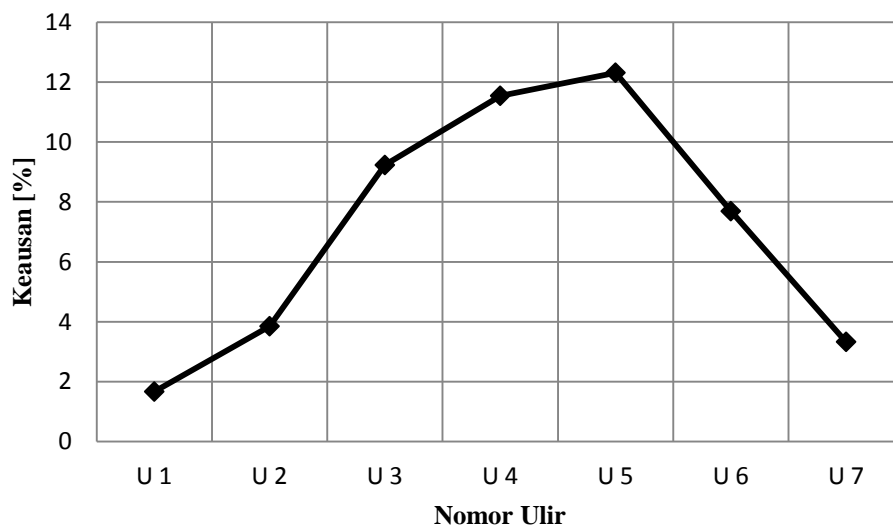
<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>



Gambar 7. Hasil pengukuran pengaruh beban terhadap putaran pada roda gigi cacing.

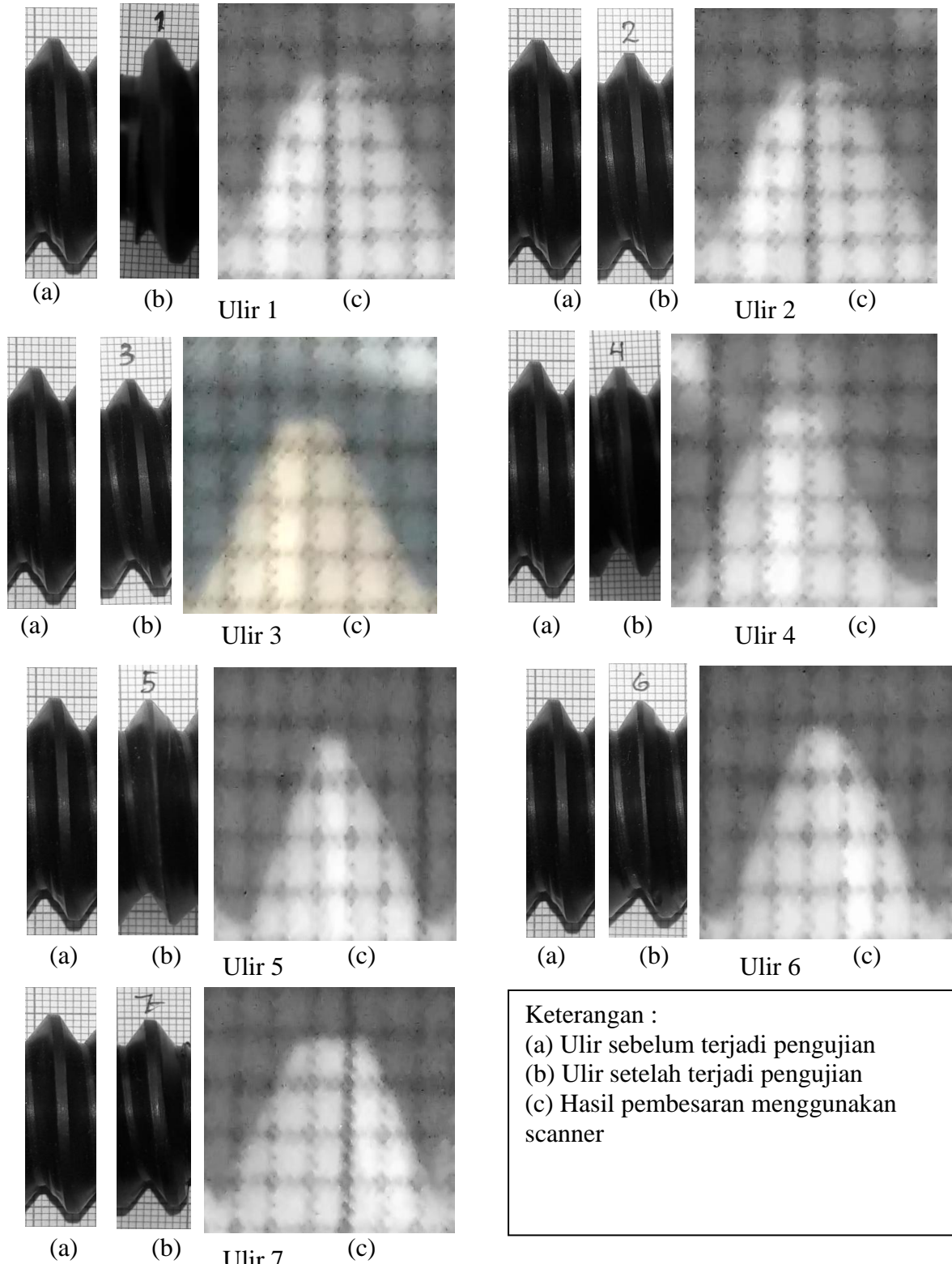


Gambar 8. Roda gigi cacing (a) sebelum terjadi keausan dan (b) setelah terjadi keausan



Gambar 9. Keausan setiap ulir pada roda gigi cacing.

Published September 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 10 Keausan pada setiap ulir di roda gigi cacing.



Published September 2019

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**KESIMPULAN**

Studi keausan pada roda gigi cacing komposit telah dilakukan secara eksperimental. Untuk mengamati keausan, roda gigi dibebani secara bervariasi dengan pembebanan yang berbeda pada putaran yang berbeda pula. Secara keseluruhan dilakukan 20 kali pengujian yang memberikan hasil hubungan penting antara pembebanan dan putaran. Semakin tinggi pembebanan akan memberikan respon putaran yang semakin kecil. Hasil keausan terbesar pada roda gigi cacing terletak pada bagian tengah yaitu pada ulir nomor 4 dan 5 sebesar 11,54 % dan 12,31% secara berurutan dengan keausan terletak pada bagian *face* sedikit mengenai *flank* mengarah ke diameter *pitch*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Raymond G. Bayer, *Mechanical Wear Fundamentals and Testing*, 2<sup>nd</sup> Ed., Marcel Dekker, Inc.2004.
- [2] A. R. Breeds, S. N. Kukureka, K. Mao, D. Walton and C. J. Hooke, Wear behaviour of acetal gear pairs, *Wear*, 166, 85-91, 1993.
- [3] Alexandre Luís Gasparin, Leandro Luís Corso, Eduardo Kirinus Tentardini, Regina Célia Reis Nunes, Maria Madalena de Camargo Forte, Ricardo Vinicius Bof de Oliveira, Polyamide Worm Gear: Manufacturing and Performance, *Materials Research*, 15(3): 483-489, 2012.
- [4] N.A. Wright, S.N. Kukureka, Wear testing and measurement techniques for polymer composite gears, *Wear* 251, 1567–1578, 2001.
- [5] C Gurunathan, S Kirupasankar, and R Gnanamoorthy, Wear characteristics of polyamide nanocomposite spur gears, *Proc. IMechE Vol. 225 Part J: J. Engineering Tribology*, 2011.
- [6] Eky Fortuna Pradikaa, Achmad Widodob, Ismoyo Haryantob, Diagnosis Kerusakan Roda Gigi dengan Metode Ensemble Emperical Mode Decomposition (EEMD), *ROTASI*, Vol. 20 No. 4 (Oktober 2018) Hal. 207-213.
- [7] Rif'an, Achmad Widodo, Djoeli Satrijo, Deteksi kerusakan roda gigi dengan analisis sinyal getaran berbasis domain waktu, *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 2, No. 3, 2014.