

Rancang Bangun Transmisi Roda Gigi Pada Mesin Uji Universal Sederhana

Romi To'kau^{1*}, Sudirman², Muhammad Firdan Nurdin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ^{1*}romitokau@gmail.com, ²sudirman_dhuha@borneo.ac.id, ³firdan@borneo.ac.id
*Corresponding author**

ABSTRACT

Transmission is a method of distributing or transferring power from a source (diesel engine, gasoline engine, turbine, electric motor, etc) to a machine that requires power. The goal of this study was to design and test a gear transmission mechanism on a basic universal testing machine. This study employed analytical methods as well as a literature review in which the gear transmission design was carried out using calculations and several references related to the design. The results of this study indicated that a worm gear transmission design has been carried out on a universal testing machine with a gear ration of 1:50 and an electric motor power of 0,446 kW, the worm thread material was SF 50, the worm head diameter was 39,24 mm, the worm foot diameter was 28,44 mm. While the worm wheel material was bronze, the worm wheel head diameter was 134,23 mm, the worm wheel foot diameter was 119 mm.

Keywords: machine universal testing machine, transmission, worm gear

ABSTRAK

Transmisi adalah suatu cara untuk menyalurkan atau memindahkan daya dari sumber daya (motor diesel, motor bensin, turbin, motor listrik, dll) ke mesin yang membutuhkan daya. Tujuan penelitian ini adalah mendesain dan merancang mekanisme transmisi roda gigi pada mesin uji universal sederhana. Penelitian ini menggunakan metode analitis dan studi pustaka dimana perancangan transmisi roda gigi dilakukan berdasarkan perhitungan serta menggunakan beberapa referensi-referensi yang terkait dengan perancangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa telah dilakukan perancangan transmisi roda gigi *worm gear* pada mesin uji universal dengan rasio roda gigi 1:50 dan daya motor listrik 0,446 kW, bahan ulir *worm* adalah SF 50, diameter kepala *worm* 39,24 mm, diameter kaki *worm* 28,44 mm. Sedangkan bahan *worm wheel* adalah perunggu, diameter kepala *worm wheel* 134,23 mm, diameter kaki *worm wheel* 119 mm.

Kata Kunci: mesin uji universal, transmisi, *worm gear*

I. PENDAHULUAN

Transmisi adalah suatu cara untuk menyalurkan atau memindahkan daya dari sumber daya (motor diesel, motor bensin, turbin, motor listrik, dll) ke mesin yang membutuhkan daya [1]. Untuk melakukan pengujian menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) membutuhkan daya penggerak seperti hidrolik, motor listrik dan transmisi roda gigi. Pengaplikasian sistem kerja hidrolik pada mesin UTM digunakan untuk pengujian material dengan kekuatan uji yang besar [2]. Sistem hidrolik ini terbilang sangat multi-guna, efisiensi dan sederhana dalam pengalihan *power/* tenaga. Sedangkan untuk pengaplikasian sistem kerja motor listrik pada UTM digunakan pada pengujian material dengan kekuatan uji yang tidak besar. Putaran dari motor listrik kemudian akan diteruskan ke transmisi roda gigi.

Fungsi transmisi roda gigi yaitu untuk menurunkan putaran dari motor listrik yang kemudian digunakan untuk menggerakkan hidrolik. Putaran pada motor listrik memiliki torsi yang sangat rendah sehingga perlu dinaikkan dengan cara menurunkan putaran motor. Adapun transmisi roda gigi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *worm gear* atau roda gigi cacing. Roda gigi cacing menghasilkan perbandingan reduksi yang besar, sehingga dapat menghasilkan putaran yang rendah dengan torsi yang tinggi [3].

Berdasarkan penjelasan di atas, maka akan dilakukan rancang bangun transmisi roda gigi pada mesin uji universal sederhana. Dengan adanya mesin uji universal ini diharapkan dapat menguji dan mengetahui kekuatan tarik, kekuatan tekan dan kekuatan tekuk pada suatu material.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi, analitis dan studi pustaka dimana perancangan transmisi roda gigi dilakukan berdasarkan perhitungan serta menggunakan beberapa referensi-referensi yang terkait dengan perancangan juga untuk menentukan jenis transmisi yang akan digunakan pada mesin uji universal.

Setelah dilakukan observasi terhadap mesin uji universal, selanjutnya dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan referensi-referensi yang relevan dengan penelitian, sehingga akan sangat mendukung dalam pengolahan data dan mendapatkan hasil yang baik. Pada studi literatur juga dilakukan diskusi kelompok mengenai kebutuhan daya atau torsi yang harus ditransmisikan untuk mengoperasikan mesin uji universal agar alat yang dihasilkan dari perancangan ini dapat berkerja. Tahapan selanjutnya dilakukan perancangan dan perhitungan pada proporsi transmisi. Dalam penelitian ini akan digunakan transmisi roda gigi cacing atau *worm gear* dipilih karena mampu menerima beban lebih tinggi dan efisiensi pemindahan dayanya lebih tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil [4]. Pada tahapan ini ukuran-ukuran roda gigi serta material roda gigi cacing akan ditentukan berdasarkan referensi-referensi yang terkait dengan penelitian ini. selanjutnya akan dilakukan desain transmisi roda gigi cacing menggunakan *software solid work*.

Tahapan selanjutnya yaitu proses manufaktur. Pada tahapan ini transmisi yang telah direncanakan dan telah dihitung akan dibuat sesuai dengan ukuran-ukuran yang telah dihitung. Selanjutnya dilakukan pengujian dan pengambilan data. Proses ini akan melakukan pengujian terhadap perbandingan putaran roda gigi dan menghitung torsi yang ditransmisikan roda gigi. Pengujian transmisi roda gigi dilakukan dengan mengoperasikan mesin uji universal, jika pada pengujian material dengan mesin uji universal roda gigi dapat mentransmisikan daya yang dibutuhkan untuk melakukan uji material pada mesin uji universal, maka transmisi roda gigi dapat diaplikasikan pada mesin uji universal. Namun jika roda gigi tidak dapat mentransmisikan daya sesuai perencanaan, maka perlu dilakukan perencanaan dan perhitungan ulang pada transmisi roda gigi [5].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perencanaan dan Perhitungan Transmisi Roda Gigi

Pada perencanaan transmisi ini untuk mereduksi putaran motor listrik digunakan roda gigi cacing. Roda gigi cacing merupakan pasangan dari ulir cacing dan roda gigi cacing yang berkait pada ulir cacing. Roda gigi cacing dipilih karena mampu menerima beban lebih tinggi dan efisiensi pemindahan dayanya lebih tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.

Untuk melakukan perhitungan diperlukan data-data pendukung dari elemen mesin uji universal yang terhubung dengan transmisi roda gigi. Adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Daya motor listrik $P = 0,446$ kW

Putaran motor listrik $N = 1500$ rpm

Putaran poros engkol $N_e = 30$ rpm

Menghitung Rasio Roda Gigi

Rasio roda gigi adalah angka yang menunjukkan tingkat ukuran besar kecilnya antara gigi-gigi pada transmisi. Rasio roda gigi ini menunjukkan percepatan yang dihasilkan dari kombinasi gigi-gigi atau gear pada transmisi. Untuk menghitung rasio transmisi roda gigi menggunakan persamaan berikut [1].

$$i = \frac{N}{N_e} = \frac{1500}{30} = 50 \text{ (1: 50)}$$

Menghitung Momen Puntir Ulir Worm/ Ulir Cacing

Ulir worm ketika meneruskan putaran dari motor listrik mendapatkan gaya puntir, sehingga perlu dihitung momen puntir dengan persamaan berikut [6].

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P}{N} = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,446}{1500} = 28,96 \text{ kg. mm}$$

Menghitung Momen Puntir Worm Wheel/ Roda Cacing

Worm wheel ketika mentransmisikan daya/ putaran mendapatkan gaya puntir akibat gesekan antara gigi worm dan worm wheel. Momen puntir dapat dihitung dengan persamaan berikut [6].

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P}{N_e} = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,446}{30} = 144,80 \text{ kg. mm}$$

Bahan Poros Worm Wheel

Bahan worm/ ulir cacing dipilih JIS G 3210 SF50 Baja karbon tempa dengan kekuatan tarik $\sigma_B = 50 \text{ kg/mm}^2$ menyatu dengan poros. Faktor keamanan $Sf_1 = 5,6 \div Sf_2 = 2,15$. Bahan worm wheel/ roda cacing perunggu dengan tegangan lentur $\sigma_{ba} = 17 \text{ kg/mm}^2$ [7].

2. Perencanaan Proporsi Worm/ Ulir Cacing

Ukuran proporsi roda gigi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Proporsi Roda Gigi

Keterangan	Ukuran (mm)
Modul	2,50
Jarak Aksial (P_w)	7,85
Tinggi kepala ulir worm (h_k)	2,50
Tinggi kaki ulir worm (h_f)	2,90
Tinggi ulir worm (H)	5,45
Kelongaran puncak ulir worm (c)	0,39
Panjang minimum ulir worm (L_w)	40,35
Diameter jarak bagi worm (d_1)	34,24
Diameter inti worm (d_{r1})	28,44
Diameter luar worm (d_{k1})	39,24
Diameter jarak bagi worm wheel (d_2)	125,00
Diameter kepala/ diameter tengorok worm wheel (d_t)	130,00
Diameter lingkaran kaki worm wheel (d_{r2})	119,00
Jari-jari lengkung puncak worm wheel (r_1)	14,62
Lebar worm wheel (B)	22,50
Lebar sisi efektif (b_e)	27,86
Jarak poros worm dan worm wheel	79,62
Diameter luar worm wheel (d_{k1})	134,23
Sudut kisar (γ)	4,20°

3. Pemeriksaan Kekuatan *Worm Gear*

Pemeriksaan kekuatan *worm gear* dilakukan dengan cara membandingkan beban lentur yang diizinkan atau beban permukaan gigi yang diizinkan dengan beban tangensial yang dialami oleh permukaan gigi cacing. Harga terkecil diantara F_{ab} dan F_{ac} diambil sebagai F_{min} . Roda gigi cacing dikatakan aman jika F_{min} lebih besar dari pada F_t .

Beban tangensial yang terjadi pada roda gigi cacing dapat dihitung dengan persamaan berikut [8].

$$F_t = \frac{102 \cdot N \cdot \eta_w}{v} = \frac{102 \times 0,446 \text{ kW} \times 0,50}{0,196 \text{ m/min}} = 116,05 \text{ kg}$$

Beban lentur yang diizinkan pada bahan *worm gear* dapat dihitung dengan persamaan berikut [8].

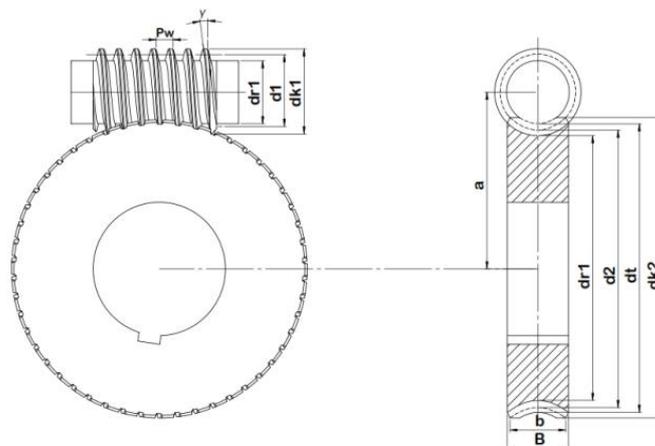
$$F_{ab} = \sigma_{ba} \cdot b_c \cdot h_k \cdot Y = 17 \times 27,69 \times 2,50 \times 0,125 = 147,10 \text{ kg}$$

Beban permukaan gigi yang diizinkan dihitung dengan persamaan berikut [9].

$$F_{ac} = k_c \cdot d_2 \cdot b_c \cdot k_\gamma = 0,035 \times 125 \times 27,69 \times 1,0 = 121,14 \text{ kg}$$

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa harga terkecil diantara F_{ab} dan F_{ac} diambil sebagai F_{min} , yaitu $F_{min} = 121,14 \text{ kg}$. F_{min} lebih besar daripada F_t sehingga dapat disimpulkan bahwa *worm wheel* aman terhadap beban lentur.

Pasangan *worm* dan *worm wheel* ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Desain Roda Gigi

Pada proses manufaktur pembuatan roda gigi dan pengabungan elemen-elemen pada mesin uji universal ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Uji Universal

Tabel 2. Hasil Pengujian Putaran Transmisi Roda Gigi

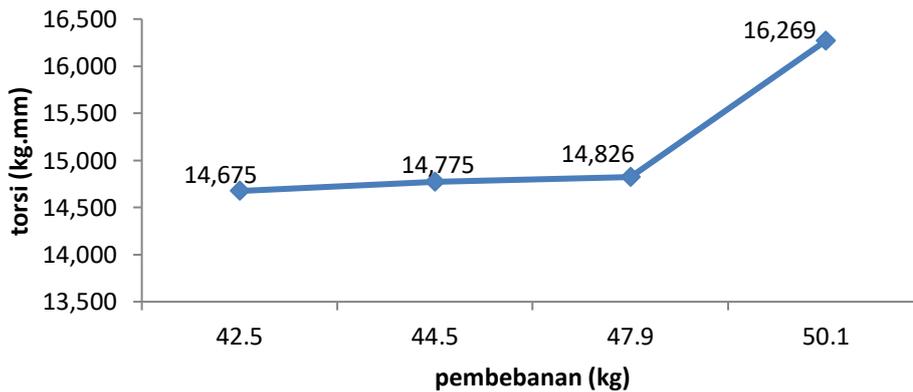
No	Rasio Transmisi Roda Gigi	Input Putaran (n_2)	Output Putaran (n_3)
1	1 : 50	1500 rpm	29,7 rpm
2	1 : 50	1487 rpm	29,6 rpm
3	1 : 50	1492 rpm	29,7 rpm

Hasil pengukuran putaran roda gigi pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa pada saat motor dioperasikan dan dihubungkan dengan roda gigi, putaran *output* roda gigi mengalami penurunan yaitu sebesar 0,3 rpm dari perencanaan awal yaitu putaran 30 rpm menjadi 29,7 rpm. Kemudian dilakukan pengujian berulang dengan cara yang sama *input* putaran motor 1487 rpm dan *output* putaran roda gigi sebesar 29,6 rpm. Pada percobaan pengujian ketiga input putaran motor 1492 dan setelah direduksi *output* putaran roda gigi menjadi 29,7 rpm. Berdasarkan hal tersebut putaran yang dihasilkan roda gigi tidak terlalu jauh dengan hasil perhitungan perencanaan awal. Sehingga putaran tersebut masih sesuai dengan perencanaan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian dengan rasio transmisi 1 : 50.

Tabel 3. Data Pengujian Transmisi pada Pengujian *Bending*

Pembebanan (kg)	Output Putaran Roda Gigi (rpm)	Torsi Roda Gigi (kg.mm)
42,5	29,6	14.675
44,5	29,4	14.775
47,9	29,3	14.826
50,1	26,7	16.269

Data pengujian transmisi pada pengujian *bending* dapat dilihat pada Tabel 3. Adapun perbandingan torsi transmisi roda gigi dan pembebanan pada pengujian *bending*, dapat dilihat berdasarkan grafik berikut.



Gambar 3. Grafik Torsi Roda Gigi vs Pembebanan pada Pengujian *Bending*

Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa pada pengujian *bending* dengan pembebanan 42,5 kg, menghasilkan torsi sebesar 14.675 kg.mm. Untuk pengujian *bending* dengan pembebanan 44,5 kg, menghasilkan torsi sebesar 14.775 kg.mm. Kemudian pada pengujian selanjutnya pembebanan pengujian 47,9 kg menghasilkan torsi sebesar 14.876 kg.mm. Pengujian selanjutnya dengan pembebanan 50,1 kg, menghasilkan torsi sebesar 16,269 kg.mm.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin besar pembebanan saat pengujian, maka torsi yang dihasilkan semakin besar. Sebaliknya, jika pembebanan semakin kecil maka torsi juga semakin kecil. Maka dapat disimpulkan bahwa pembebanan berbanding lurus dengan torsi [10].

4. KESIMPULAN

1. Telah dilakukan desain transmisi roda gigi pada mesin uji universal sederhana dimana mesin uji universal tersebut dapat digunakan untuk melakukan pengujian-pengujian material dengan menggunakan metode *DT* atau *destructive test*.
2. Transmisi roda gigi digerakkan oleh motor dengan daya 0,5 hp, putaran dari motor direduksi kemudian akan diteruskan ke poros engkol yang nantinya berfungsi untuk menggerakkan hidrolis. Tujuan mereduksi putaran motor yaitu supaya didapatkan torsi yang besar.
3. Dari perencanaan dan perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan spesifikasi transmisi *worm gear* dengan jumlah uir $Z_1 = 1$, dan untuk gigi *worm wheel* atau $Z_2 = 50$. Adapun modul yang digunakan dalam perancangan transmisi roda gigi *worm wheel* menggunakan modul 2,50 mm dengan bahan *worm* baja karbon tempa JIS G 3210 SF 50 menyatu dengan poros dan untuk bahan *worm wheel* menggunakan perunggu. Dari perhitungan yang telah dilakukan, proporsi *worm wheel* yaitu $d_1 = 34,24$ mm, $d_2 = 125$ mm, $d_{k1} = 39,24$ mm, $d_{k2} = 134,23$ mm, $d_{r1} = 28,44$ mm, $d_{r2} = 119,2$ mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Esa, semua keluarga penulis, tenaga pendidik/ dosen maupun staf-staf lainnya, dan juga seluruh mahasiswa angkatan di Fakultas Teknik khususnya di Jurusan Teknik Mesin karena sudah memberikan dukungan, motivasi, pembelajaran dan mental kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik masa studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Stolk and C. Kross, *Elemen Konstruksi Bangunan Mesin*, Jakarta: Erlangga, 1993.
- [2] D. A. Permana, *Rancang Bangun Mesin Pres Semi Otomatis*. Associate Degree [Thesis]. UNS, Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2010. [Online]. Available: UNS Institutional Repository.
- [3] D. M. Putra, *Perancangan Mekanisme Sistem Transmisi Contra Rotating Propellers*. Undergraduate [Thesis]. ITS, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018. [Online] Available: ITS Repository.
- [4] I. Renreng, "Rancang Bangun Dongkrang Elektrik Kapasitas 1 Ton," *Mekaika Jurnal Teknik Mesin & Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 345-354, 2012.
- [5] T. Janandi, *Pembuatan Alat Praktikum Perawatan Sistem Transmisi Roda Gigi*. Associate Degree [Thesis]. UNS, Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2010. [Online]. Available: UNS Institutional Repository.
- [6] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2002.
- [7] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Cetakan ke-11, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2004.
- [8] L. R. Mott, *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis*, Yogyakarta: Andi, 2004.
- [9] D. Murdiyanto, B. Crisanto, Y. A. Ang, "Proses Pengerolan Batang Rumput Payung untuk Menghasilkan Serat melalui Metode Reduksi menggunakan Gearbox," *SJME KINEMATIKA*, vol. 6, no. 2, pp. 129-142, 2021.
- [10] S. P. A. Nugraha, T. Setiawan, B. Ariwibowo, "Analisis Pengaruh Pembebanan dan Putaran Mesin Terhadap Torsi dan Daya yang Dihasilkan Mesin Honda GX 200," *JOVEAT*, vol. 2, no. 2, pp. 93-95, 2020.