

# Analisis Pengaruh Variasi Diameter *Driven Pulley* terhadap *Output* Kecepatan Putar dan Torsi Akhir pada Trainer Transmisi *Toyota Kijang Innova E 2.0 M/T*

Febri Panji Diharja<sup>1</sup>, Mochammad Arif Irfa'i<sup>1</sup>, dan Mohammad Munib Rosadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari, Jombang, Indonesia

[febripanji.diharja98@gmail.com](mailto:febripanji.diharja98@gmail.com), [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id), [munib.rosadi@gmail.com](mailto:munib.rosadi@gmail.com)

## Abstrak

*Pulley* merupakan alat penerima dan pengubah tenaga putar dan momen gaya yang berhubung satu sama lain menggunakan *v-belt*, sedangkan transmisi merupakan mekanisme pengkonversi tenaga dari tenaga *input* menghasilkan tenaga *output* yang bervariasi. Torsi (momen gaya) dan kecepatan putar dipengaruhi oleh perbandingan gigi atau ukuran *pulley*. Ukuran *pulley* pada poros *input* juga sangat mempengaruhi torsi dan RPM. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan sebuah uji coba ukuran *driven pulley*. Maka dilakukannya penelitian ini untuk mengamati pengaruh ukuran *driven pulley* terhadap *output* kecepatan putar dan torsi akhir dari ukuran *driven pulley* yang digunakan. Penelitian ini memakai 3 macam ukuran *driven pulley*. *Driven pulley* 1 (150 mm), torsi tertinggi diperoleh 1013,23 Nm dan *output* kecepatan putar tertinggi sebesar 1339,5 rpm. Pada *driven pulley* 2 (200 mm), torsi tertinggi diperoleh 1350,97 Nm dan *output* kecepatan putar tertinggi sebesar 1004,62 rpm. Sedangkan *driven pulley* 3 (250 mm), torsi tertinggi diperoleh 1688,74 Nm dan *output* kecepatan putar tertinggi sebesar 803,7 rpm. Pada hasil uji ANOVA tidak terdapat perbedaan signifikan antara ketiga jenis variasi diameter *pulley*, ditunjukkan nilai Sig. 0,395 untuk *output* kecepatan putar dan Sig. 0,491 untuk torsi akhir.

Kata kunci: Torsi Akhir, *Output* Kecepatan Putar, Ukuran *Driven Pulley*.

## Abstract

*Pulley* is a receiver or converter of rotary power and moment of force associated with each other using a *v-belt*, while the transmission is a mechanism to convert power from input power to produce variable output power. Torque and RPM are affected by gear ratio or pulley size. The size of pulley on the input shaft also greatly influences torque and RPM. Where necessary to do a trial-driven pulley size. Therefore, this research was conducted to determine the effect of driven pulley size on the output rotational speed and final torque of driven pulley size used. This research uses 3 kinds of driven pulley sizes. Driven pulley 1 (150 mm), the highest torque is 1013.23 Nm and the highest output rotational speed is 1339.5 rpm. In driven pulley 2 (200 mm), the highest torque is 1350.97 Nm and the highest output rotational speed is 1004.62 rpm. While driven pulley 3 (250 mm), the highest torque is 1688.74 Nm, and the highest output rotational speed is 803.7 rpm. In the ANOVA test results, there were no significant differences between the three of pulley diameter variation, indicated by the Sig. 0.395 for output rotational speed and Sig. 0.491 for final torque.

Keywords: Final Torque, Output Rotational Speed, Driven Pulley Size.

## 1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya kemajuan teknologi dari tahun ke tahun, dengan tidak sadar kita akan mengikuti perkembangannya. Terutama bidang kendaraan transportasi, yang sangat penting dibutuhkan oleh masyarakat luas. Maka sebab itu, alat transportasi berupa kendaraan sangat diperlukan apalagi untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Dalam sebuah kendaraan pastinya terdapat mekanisme penunjang sebagai pendukung kinerja kendaraan (Aminullah dkk., 2017). Mekanisme tersebut adalah transmisi, merupakan mekanisme pengkonversi tenaga dari sumber tenaga yang menghasilkan bervariasi tenaga yang diperlukan. Tenaga tersebut berupa kecepatan akhir dan torsi. Hasil konversi yang mengubah kecepatan putar tinggi menjadi putaran rendah tetapi menghasilkan tenaga yang lebih kuat, atau sebaliknya. Sedangkan torsi yang dihasilkan oleh transmisi, dibutuhkan kendaraan terutama pada saat mulai bergerak yang membutuhkan torsi yang tinggi. Selain itu, torsi tinggi sangat dibutuhkan kendaraan saat berjalan pada medan yang menanjak naik, jalan datar dan menurun. Penggunaan transmisi tidak hanya kita temukan di dunia otomotif atau kendaraan, melainkan di dunia perindustrian banyak menerapkan sistem transmisi sebagai pengkonversi tenaga. Dalam industri yang umum digunakan *gear box*, rantai, atau *v-belt*.

Transmisi kendaraan sangat penting diperlukan karena mesin kendaraan umumnya menggunakan sistem pembakaran dalam yang menghasilkan putaran antara 600-6000 rpm. Sedangkan untuk roda kendaraan yang digerakkan umumnya berputar pada kecepatan putar antara 0-2500 rpm (Editorial, 2019). Indonesia sendiri, umumnya ada beberapa macam tipe transmisi (*gear box*) yang dipakai, antara lain transmisi tipe

### Info Makalah:

Dikirim : 10-11-2021;  
Revisi 1 : 01-04-2022;  
Revisi 2 : 03-14-2022;  
Revisi 3 : 04-18-2022;  
Diterima : 04-18-2022.

### Penulis Korespondensi:

Telp : +62-895-3424-62938  
e-mail : [febripanji.diharja98@gmail.com](mailto:febripanji.diharja98@gmail.com)

pemindah gigi dengan cara manual dan tipe pemindah sudah otomatis atau semi otomatis. Selain itu jenis dari transmisi juga terdapat beberapa tipe, antara lain roda gigi yang dihubungkan dengan rantai antara satu roda gigi dengan roda gigi lain, yang kedua menggunakan *v-belt* sebagai pengganti rantai, dan yang terakhir dengan *gear box* dengan roda gigi akan saling berhubungan langsung, tanpa adanya konektor tambahan seperti rantai atau *v-belt*. Berdasarkan dari tiga jenis tersebut *v-belt* merupakan yang paling familiar digunakan, karena dari perawatan yang mudah dan tidak menimbulkan suara bising. Teknik prosedur transmisi manual merupakan sistem pengkonversi tenaga mesin dengan pengoperasian secara manual, menggunakan tuas untuk menggeser gigi-gigi didalam transmisi untuk memilih tenaga yang diperlukan sesuai kondisi kemampuan mesin. Sedangkan tipe pemindah otomatis, ialah sistem transmisi dengan pengoperasian pemindah gigi tidak manual lagi, melainkan secara semi otomatis atau otomatis penuh bersumber pada putaran mesin (besar kecil penekan pedal gas), kekencangan laju kendaraan, dan tanpa memerlukan dukungan tuas kopling (Susanto dkk., 2017). Mekanisme transmisi di kendaraan telah dirancang khusus guna mendapatkan hasil momen gaya yang terlampau besar ketika suatu kendaraan mulai bergerak, jalanan naik atau mengangkat beban berat dan melangsungkan akselerasi.

Momen gaya (torsi) yang didapatkan dari mesin cenderung tetap (stabil), namun sesudah dihubungkan pada sistem transmisi, torsi akan divariasikan. Variasi torsi dilakukan dengan mereduksi kecepatan putar, melalui komparasi jumlah masing-masing gigi transmisi. Untuk memperoleh kecepatan putar tinggi harus menurunkan momen gaya, sedangkan untuk mendapatkan momen gaya yang tinggi harus menurunkan kecepatan putar (Wakid, 2011). Torsi standarnya diperoleh dari multiplikasi gaya tangensial ( $F_t$ ) dengan jarak yang tegak lurus terhadap arah gaya untuk mendapatkan suatu putaran (Irawan, 2016).

Berlandaskan konsep bidang elemen mesin, dipaparkan bahwa perencanaan struktur transmisi harus faham berapa nilai komparasi jumlah setiap gigi yang dipakai untuk mendapatkan varian nilai torsi yang diharapkan. Berdasarkan dari konsep tersebut, juga mendalami perhitungan rumus rpm, momen gaya dan komparasi gigi dari putaran mesin sesudah di konversi oleh susunan gigi transmisi. Kebanyakan untuk mengetahui rpm, momen gaya dan komparasi gigi beraskan dari tenaga mesin kendaraan. Pada peluang ini, peneliti ingin mengerjakan sebuah riset dengan mengganti sumber tenaga menggunakan motor listrik AC dengan modifikasi diameter *driven pulley* pada poros masuk sebuah trainer peraga transmisi sebagai trainer pembantu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang dihasilkan dari perubahan diameter *driven pulley* terhadap trainer transmisi.

Handoyo, *et al.* (2019) telah meriset bahwa ukuran *pulley* dapat mempengaruhi putaran yang dihasilkan. Jika *pulley* memiliki ukuran diameter yang besar, maka akan menghasilkan putaran rpm yang pelan, kebalikannya bila ukuran diameter lebih kecil akan menghasilkan putaran rpm yang cepat. Berdasarkan dari data riset, Munandar, *et al.* (2019) telah melakukan eksperimental terhadap variasi diameter *pulley*, dengan ukuran *pulley* 6, 9, dan 13 inci. Hasil tersebut diperoleh rpm dari ketiga *pulley*. Besaran rpm kecil hanya didapatkan pada ukuran diameter *pulley* yang berukuran besar, sedangkan *pulley* berdiameter kecil mampu menghasilkan putaran rpm yang besar. Pambudi, *et al.* (2019) telah membuktikan peran rasio juga mempengaruhi rpm akhir dan torsi, baik itu rasio *pulley* atau roda gigi. Didapatkan data dari riset tersebut, ukuran nilai rasio mempengaruhi nilai torsi akhir dengan nilai rasio gigi awal 3,85 menghasilkan torsi 207,3 Nm dan nilai rasio gigi akhir (*output*) didapatkan 11,52 dengan nilai torsi 600 Nm.

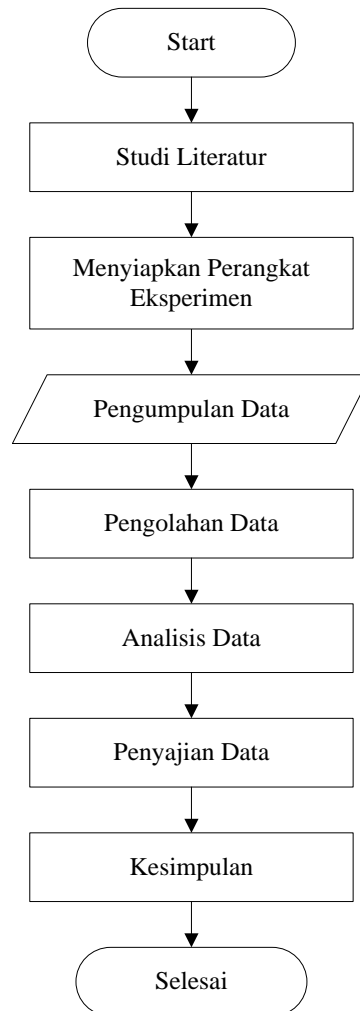
Penelitian ini dilakukan karena ingin memperoleh hasil dari efek variasi diameter *driven pulley* yang dipasangkan pada poros masuk trainer transmisi terhadap hasil nilai kecepatan putar akhir, torsi akhir dan juga melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara ketiga ukuran diameter *driven pulley* tersebut. Fungsi dari trainer transmisi ini untuk mendapatkan varian hasil nilai data yang dihasilkan dari setiap *driven pulley*. Pada penelitian ini, akan menggunakan variasi ukuran diameter *driven pulley* 150, 200 dan 250, dengan satuan ukuran mili meter yang akan dipasang pada poros masuk alat peraga trainer transmisi mobil, dengan sumber tenaga putarnya didapatkan dari motor listrik AC. Alasan penelitian menggunakan *pulley* dan *v-belt* dibandingkan *gear* dan rantai yakni dari segi perawatan akan lebih mudah menggunakan *pulley* dan *v-belt* dan suara yang dihasilkan juga lebih halus atau tidak berisik.

## 2. Metode dan Bahan

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif, merupakan suatu metode riset yang memperoleh hasil data riset berupa nilai numerik yang diperoleh berdasarkan konsep dalam ilmu iptek dan serta menganalisisnya memakai statistika (Sugiyono, 2015). Sesudah mendapatkan data berupa nilai numerik, dilanjutkan menganalisis dan pengolahan menjadi suatu penjelasan dari himpunan data-data valid dan rasional untuk hasil sebuah riset (Martono, 2016). Proses penelitian atau riset berikut menggunakan metode eksperimental yang melakukan pengujian terhadap beberapa perbedaan diameter *driven pulley* pada hasil kecepatan putar akhir dan nilai torsi akhir terhadap mekanisme transmisi mobil yang dipakai.

Variabel bebas dari penelitian ini, diameter *driven pulley* yang berukuran 150, 200, dan 250 dengan satuan mili meter. Pada variabel terikatnya yaitu rpm akhir (kecepatan putar) dan hasil akhir dari perhitungan torsi, karena rpm akhir (kecepatan putar) dan torsi akhir, dipengaruhi oleh ukuran *driven pulley*. Sedangkan variabel terkontrol tidak lain satu unit trainer mekanisme transmisi milik *toyota kijang innova tipe E 2.0 MT* dan motor listrik AC yang memakai ukuran *pulley* penggerak 60 mm. Pada penelitian ini menggunakan *pulley* diameter 60 mm yang merupakan standar bawaan dari motor listrik AC yang digunakan dan juga berguna untuk mendapatkan torsi putar yang besar

untuk memutar poros masuk transmisi. Karena dalam kinerja transmisi mobil tenaga untuk memutarinya diperoleh dari proses konversi energi dalam mesin bakar yang mampu menghasilkan tenaga torsi yang besar, sehingga dalam penelitian ini tetap menggunakan *pulley* standar motor listrik AC 60 mm agar mendapatkan torsi yang cukup kuat memutar sebuah trainer transmisi mobil untuk membantu mendapatkan hasil nilai perbandingan dari ketiga variasi ukuran diameter *driven pulley*. Penggunaan *driven pulley* 150, 200, dan 250 mm merupakan ukuran *pulley* yang sering atau umum digunakan dalam sebuah mekanisme pada alat penggerak. Adapun skema alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian.

Pada Gambar 1 menjelaskan dengan singkat, hasil dari perhitungan data akan diolah untuk memperoleh sebuah data yang pasti (valid). Di awali dengan studi literatur, sebuah tahapan proses mengkaji dari berbagai sumber yang memiliki keterkaitan dengan judul penelitian tersebut. Setelah itu dilanjutkan dengan mempersiapkan perangkat eksperimen seperti objek penelitian, instrumen pengukur, dan alat penunjang lainnya. Pengumpulan data disini tahapan mencari data yang digunakan berupa wawasan narasi seputar media yang dianalisis dan perhitungan untuk mencari rpm, perbandingan roda gigi (*gear ratio*) pada trainer transmisi, dan torsi awal untuk memutar *driven pulley*. Setelah data sudah terkumpul, dilanjutkan menghitung atau mencari kecepatan putar akhir dan torsi akhir dari ketiga varian *driven pulley*, jika terdapat data yang belum valid, maka akan kembali mengulangnya. Pengolahan data merupakan proses data-data akan di olah kembali dari hasil perhitungan. Pengolahan data tersebut digunakan untuk memverifikasi apabila terdapat kekurangan atau kesalahan dari tahapan sebelumnya dalam mendapatkan data (Narbuko dkk., 2013). Setelah itu dilakukannya proses analisis data, tahapan ini melakukan pengecekan ulang dan mengevaluasi kembali hasil perhitungan apakah terdapat kesalahan atau tidak, jika data sudah benar dinyatakan valid maka data akan disajikan kedalam bentuk tabel maupun bentuk grafik agar mempermudah mencari kesimpulan dari penelitian tersebut. Jika semua sudah, tinggal menarik kesimpulan dari hasil penelitian tersebut secara singkat dan jelas.

## 2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat-alat untuk proses eksperimental antara lain 1 unit mekanisme *gear box* (transmisi) milik mobil *Toyota kijang innova* tipe *E 2.0 M/T*, neraca pegas gantung 10 Newton, motor listrik AC, *v-belt*, sedangkan bahannya variasi ukuran diameter *driven pulley* dari 150, 200, dan 250 satuan mili meter.

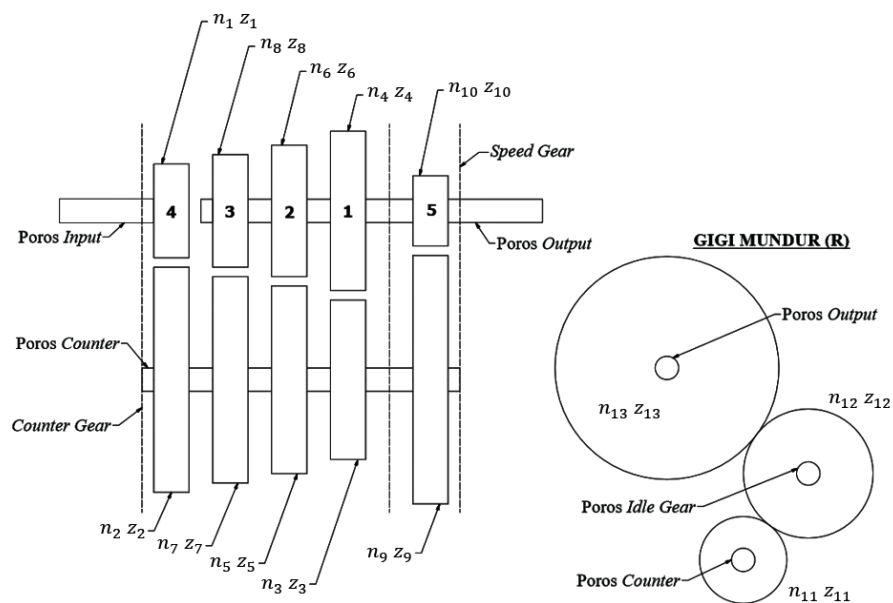


Gambar 2. Roda Puli yang Digunakan



Gambar 3. Transmisi milik Toyota Kijang Innova Tipe E 2.0 M/T yang Digunakan.

Transmisi yang digunakan adalah milik kendaraan mobil *Toyota*, dengan merk *kijang innova* tipe E tahun 2008 generasi ke 3 dengan jenis transmisi manual. Berdasarkan referensi, kendaraan itu terbilang mengusung mesin berkapasitas silinder 1998 cc, tenaga maksimalnya didapat sebesar 136 PS terhadap putaran 5600 rpm dan nilai torsi maksimal yang dihasilkan sekitar 18,6 Kg.m terhadap putaran 4000 rpm. Jenis kendaraan tersebut mempunyai pengoperasian tipe transmisi penggerak manual dengan didukung 5 gigi percepatan dan 1 gigi mundur (Febrian, 2019).



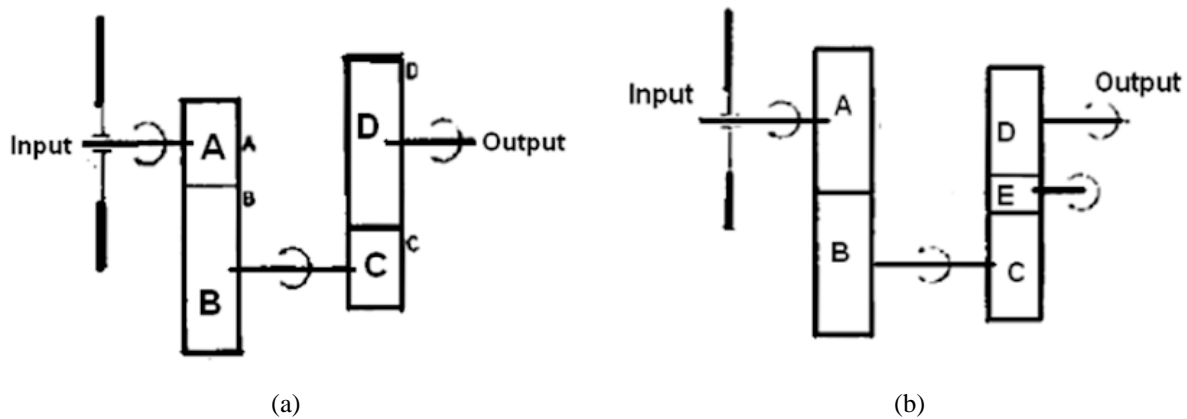
Gambar 4. Struktur Penataan Gigi-Gigi di dalam Transmisi Milik *Toyota Kijang Innova* Tipe *E 2.0 M/T*.

Skema pada Gambar 4 merupakan gambaran konstruksi susunan roda gigi yang ada didalam transmisi. Transmisi terdapat 5 gigi percepatan (*speed gear*) dengan satu roda gigi mundur. Spesifikasi dari motor dapat melihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Spesifikasi Motor Listrik AC sebagai Sumber Tenaga Putar.

Motor listrik tersebut adalah motor listrik 1 fasa dengan memerlukan daya 250 Watt, untuk kecepatan putar yang dihasilkan dari motor listrik sebesar 2850 rpm, dengan menggunakan *pulley* berdiameter 60 mm.



Gambar 6. (a) Perbandingan Rasio 4 Roda Gigi. (b) Perbandingan Rasio 5 Roda Gigi atau Gigi Mundur.

## 2.2 Perhitungan Nilai *Gear Ratio*, Torsi Rencana, *Output* Kecepatan Putar dan Torsi Akhir

Untuk mengetahui berapa nilai rasio dari transmisi maka harus menggunakan rumus perbandingan dari 4 roda gigi dan rumus perbandingan 5 gigi (gigi mundur). Nilai rasio ( $GR_x$ ) tersebut dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 (Wakid, 2011). Pada persamaan tersebut  $x$  adalah posisi gigi transmisi.

$$GR_x = \frac{z_B}{z_A} \times \frac{z_D}{z_C} \quad (1)$$

Jumlah roda gigi ada 5 untuk gigi mundur, maka menggunakan rumus Persamaan 2.

$$GR_x = \frac{z_B}{z_A} \times \frac{z_E}{z_C} \times \frac{z_D}{z_E} \quad (2)$$

Perhitungan torsi rencana ( $T_r$ ) dicari agar mengetahui nilai torsi yang dibutuhkan motor listrik AC untuk memutar *driven pulley* terhadap setiap gigi transmisi. Perhitungan torsi rencana dapat menggunakan rumus Persamaan 3 (Sularso dkk., 2013).

$$T_r = F \cdot r \quad (3)$$

Menentukan kecepatan putar atau rpm akhir pada transmisi menggunakan perbandingan dari nilai  $z$  setiap gigi yang diketahui ketetapan rpm sumber penggerak motor listrik ( $n_d$ ) adalah 2850 rpm, dengan menggunakan ukuran diameter *pulley* penggerak ( $d_d$ ) adalah 60 mm. Rumus yang digunakan adalah rumus Persamaan 4 (Pambudi dkk., 2019).

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \quad (4)$$

Menentukan putaran akhir dari transmisi yang dihasilkan dari variasi *driven pulley* dengan membandingkan nilai rpm ( $n$ ) dengan diameter *pulley* ( $d$ ) pada motor terhadap variasi ukuran *driven pulley* yang sedang digunakan ( $d_x$ ). Jika sudah diketahui rpm yang dihasilkan  $d_x$  maka dapat dihitung antara gigi-gigi yang bersinggungan, menggunakan rumus yang sama Persamaan 4. Sedangkan perhitungan torsi akhir dapat menggunakan rumus Persamaan 5 (Rosadi dkk., 2019).

$$T_A = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_x} \quad (5)$$

Pada rumus Persamaan 5,  $P_d$  merupakan daya yang direncanakan dari motor listrik sebesar 250 Watt atau 0,25 kW, sedangkan  $n_x$  adalah nilai kecepatan akhir yang dihasilkan oleh varian *driven pulley* terhadap setiap gigi-gigi transmisi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan berisi data hasil perhitungan berdasarkan teori dan metode yang digunakan, selain itu juga berisi hasil dampak ukuran dari roda puli yang digerakkan (*driven pulley*) pada hasil rpm akhir (kecepatan putar) dan torsi akhir serta penjelasan berdasarkan uji ANOVA.

#### 3.1 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan berisi data-data yang disajikan dalam bentuk tabel-tabel sedemikian rupa, sehingga mempermudah pembaca untuk melakukan referensi rujukan terkait penelitian ini. Isi tabel-tabel berikut tidak lain mencantumkan jumlah gigi (nilai  $z_x$ ) setiap gigi-gigi yang ada dalam transmisi, nilai perbandingan roda gigi, torsi rencana, rpm akhir (kecepatan putar) dan torsi akhir.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Jumlah Gigi (Nilai  $z$ ) Transmisi Milik Toyota Kijang Innova Tipe E 2.0 M/T.

Nilai Jumlah Setiap Gigi Transmisi ( $z$ )					
<b>Z<sub>1</sub></b>	=	27	<b>Z<sub>6</sub></b>	=	27
<b>Z<sub>2</sub></b>	=	45	<b>Z<sub>7</sub></b>	=	31
<b>Z<sub>3</sub></b>	=	14	<b>Z<sub>8</sub></b>	=	26
<b>Z<sub>4</sub></b>	=	33	<b>Z<sub>9</sub></b>	=	47
<b>Z<sub>5</sub></b>	=	21	<b>Z<sub>10</sub></b>	=	24
			<b>Z<sub>11</sub></b>	=	13
			<b>Z<sub>12</sub></b>	=	29
			<b>Z<sub>13</sub></b>	=	37

Jumlah nilai gigi yang ditunjukkan pada Tabel 1 diperoleh dari menghitung dari setiap gigi-gigi yang ada didalam transmisi, yang memiliki peran penting dalam kinerja mengkonversi tenaga. Setelah diketahui nilai  $z_x$  dari setiap gigi-gigi transmisi, dilanjutkan menghitung nilai perbandingan roda gigi (*gear ratio*).

Tabel 2. Nilai Perbandingan Roda Gigi Transmisi Milik Toyota Kijang Innova Tipe E 2.0 M/T.

Nilai Perbandingan Roda Gigi Transmisi						
Posisi Gigi	1	2	3	4	5	R
<b>Nilai Rasio</b>	3,93	2,14	1,4	1	0,85	4,74

Pada Tabel 2 nilai rasio tertinggi dihasilkan dari perbandingan pada gigi R (mundur), gigi 1, gigi 2, gigi 3, gigi 4, dan gigi 5.

Tabel 3. Hasil Nilai Torsi Rencana dari Ketiga Ukuran *Driven Pulley* terhadap Transmisi.

Torsi Rencana (Nm)			
Posisi Gigi	<i>Driven Pulley</i>		
	1	2	3
<b>1</b>	839,13	1118,82	1398,62
<b>2</b>	457,7	610,27	762,84
<b>3</b>	298,57	398,1	497,62
<b>4</b>	213,6	284,8	356
<b>5</b>	181,78	242,38	302,97
<b>R</b>	1013,23	1350,97	1688,74

Torsi rencana ( $T_r$ ) yang dirangkum dalam Tabel 3 dicari untuk membandingkan dengan hasil torsi akhir, sehingga dapat diketahui jika ketahu hasil data torsi akhir lebih besar ( $>$ ) dibandingkan torsi awal (rencana) berarti spesifikasi alat layak untuk beroperasi. Semakin besar margin maka akan semakin baik, berarti alat akan lebih mampu memutar beban. Margin didapatkan dari selisih antara torsi akhir dan torsi awal.

Tabel 4. Hasil Nilai Kecepatan Putar Akhir dari Ketiga Ukuran *Driven Pulley* terhadap Transmisi.

Driven Pulley	Hasil Kecepatan Putar Akhir (rpm)					
	Posisi Gigi					
	1	2	3	4	5	R
1	290,18	532	815,54	1140	1339,5	240,32
2	217,64	399	611,65	855	1004,62	180,24
3	174,1	319,2	489,32	684	803,7	144,19

Dalam menentukan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4 dapat menggunakan rumus Persamaan 4, pertama mencari putaran rpm *driven pulley* ( $n_{D1}$ ,  $n_{D2}$ , ataupun  $n_{D3}$ ) dengan membandingkan dengan rpm dari motor penggerak ( $n_d$ ) adalah 2850 rpm. Setelah diketahui rpm *driven pulley*, maka dilanjut mencari nilai rpm poros *counter gear* yang diputar gigi 4. Jika sudah didapat nilai rpm poros *counter gear*, maka sudah bisa mencari nilai setiap gigi dari transmisi. Diketahui rpm dari *driven pulley* = rpm gigi 4 ( $n_1$ ), sedangkan rpm poros *counter gear* sama semua ( $n_2 = n_3 = n_5 = n_7 = n_9 = n_{11}$ ) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil nilai dari kecepatan putar akhir, akan dipakai untuk mencari nilai torsi akhir dengan menggunakan rumus pada persamaan 5.

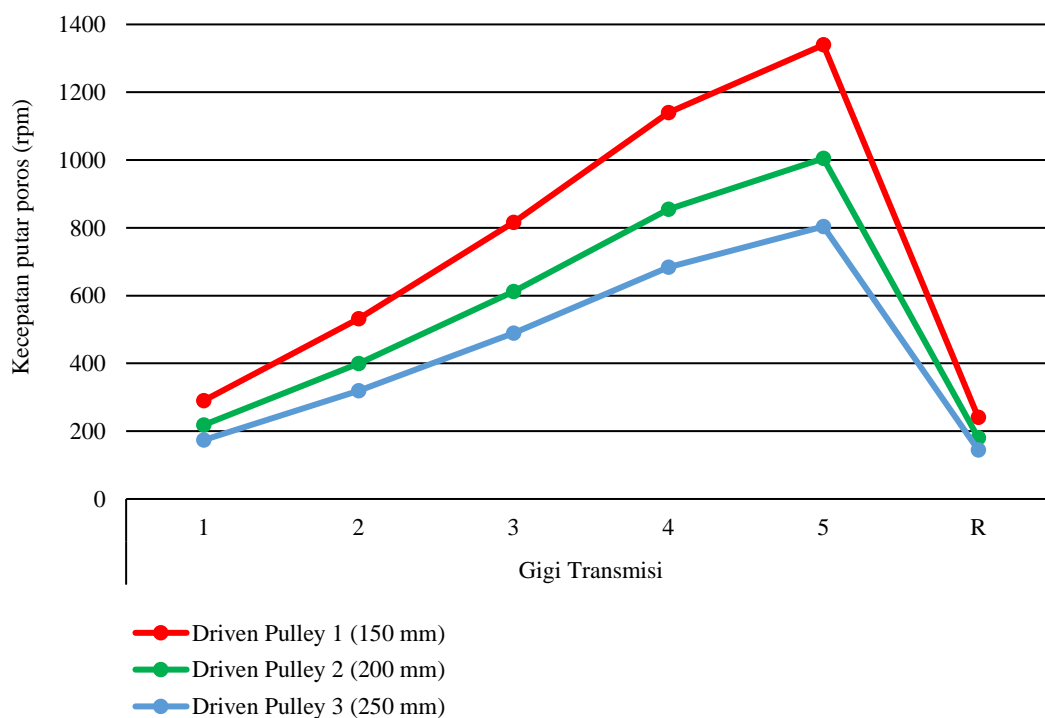
Tabel 5. Hasil Nilai Torsi Akhir dari Ketiga Ukuran *Driven Pulley* terhadap Transmisi.

Driven Pulley	Hasil Torsi Akhir (Nm)					
	Posisi Gigi					
	1	2	3	4	5	R
1	839,13	457,7	298,57	213,6	181,78	1013,23
2	1118,82	610,27	398,1	284,8	242,38	1350,97
3	1398,62	762,84	497,62	356	302,97	1688,74

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5, merupakan hasil dari nilai torsi akhir yang dihasilkan setiap posisi gigi yang dimiliki oleh transmisi terhadap variasi tiga ukuran *driven pulley*.

### 3.2 Akibat Ukuran *Driven Pulley* pada Output RPM (Kecepatan Putar)

Berdasarkan hasil percobaan, untuk menentukan akibat ukuran dari roda puli yang digerakkan (*driven pulley*) pada rpm akhir yang dihasilkan, seperti diperlihatkan pada diagram perbandingan dari ketiga variasi ukuran *pulley* seperti pada yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Perbandingan Hasil Nilai Output Kecepatan Putar.

Hasil pengolahan data pada diagram pada Gambar 7 diperoleh berdasarkan Tabel 4, dijelaskan bahwa tinggi rendahnya kecepatan putar akhir dipengaruhi oleh ukuran diameter *driven pulley* ( $D_p$ ) dan juga nilai perbandingan

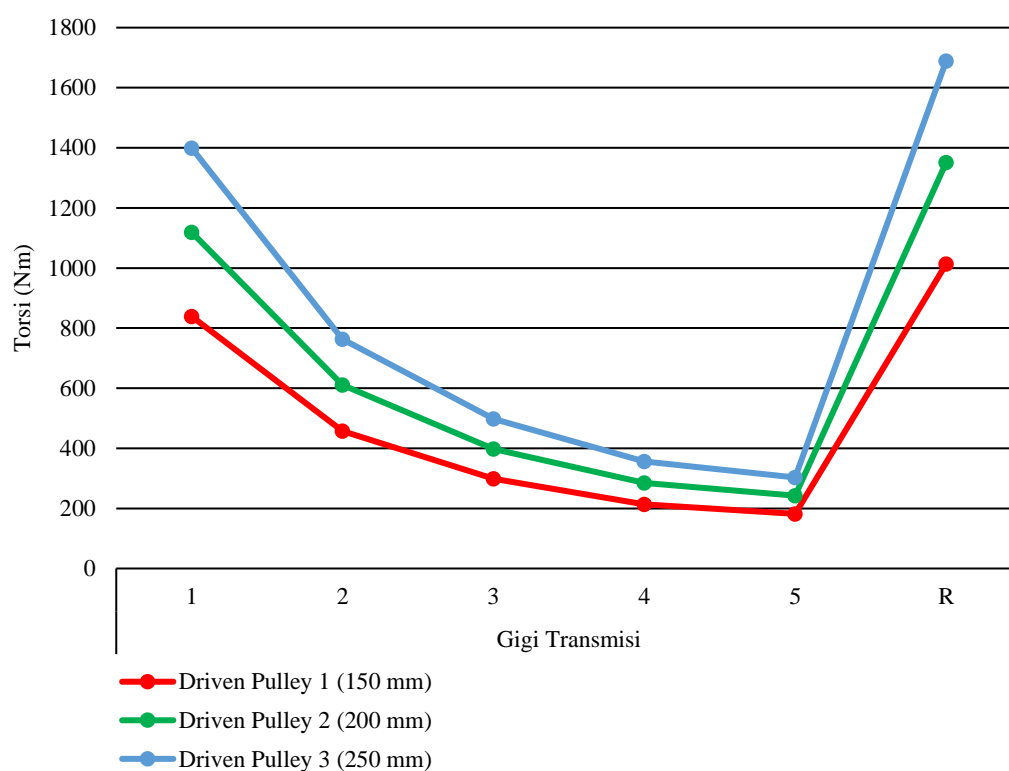


roda gigi (*gear ratio*) pada transmisi itu sendiri. Berdasarkan nilai hasil perhitungan dan yang ditunjukkan diagram diatas, semakin kecil ukuran diameter *driven pulley*, kecepatan putar akhir yang dihasilkan akan semakin tinggi. Diagram tersebut menunjukkan *driven pulley* 1 menghasilkan putaran rpm yang sangat tinggi dibandingkan dengan *driven pulley* 2 dan *driven pulley* 3. Sedangkan untuk *driven pulley* 2 menghasilkan kecepatan putar akhir yang lebih tinggi dari *driven pulley* 3, tetapi masih dibawahnya *driven pulley* 1.

Pada dasarnya nilai perbandingan roda gigi memiliki peran yang berpengaruh terhadap hasil kecepatan putar akhir, dengan dibuktikannya hasil nilai perhitungan pada Tabel 2 dapat menunjukkan bahwasanya ukuran atau nilai perbandingan mempengaruhi nilai akhir yang dihasilkan. Nilai perbandingan roda gigi mendapatkan peranan mengkonversikan putaran rpm yang diperoleh dari poros masuk atau dari *driven pulley*. Jika gigi transmisi didapatkan nilai rasio yang kecil, maka kecepatan putar akhir yang dihasilkan akan semakin besar. Sebaliknya jika nilai rasio pada gigi sangat besar, maka menghasilkan kecepatan putar akhir yang pelan atau lambat. Sehingga, pada diagram di Gambar 7 menunjukkan setiap *driven pulley* menghasilkan kecepatan putar akhir yang sangat bervariasi, mengikuti jumlah dari gigi yang ada pada transmisi.

### 3.3 Akibat Ukuran *Driven Pulley* pada Torsi Akhir

Berdasarkan hasil percobaan, untuk menentukan akibat ukuran dari roda puli yang digerakkan (*driven pulley*) yang dihasilkan, maka dapat melihat pada diagram perbandingan dari ketiga variasi ukuran *pulley* seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Diagram Perbandingan Hasil Nilai Torsi Akhir.

Berdasarkan hasil uji coba pada variasi ukuran *driven pulley* ( $D_p$ ) terhadap torsi akhir yang dihasilkan dari setiap gigi transmisi dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan diagram, menunjukkan bahwa *driven pulley* 3 dengan ukuran diameter besar dapat menghasilkan nilai torsi akhir yang tinggi, sedangkan ukuran diameter *driven pulley* 1 yang lebih kecil menghasilkan torsi akhir yang kecil. Nilai torsi yang dihasilkan oleh setiap *driven pulley* akan dikonversikan lagi oleh nilai perbandingan roda gigi dari seriap jumlah gigi pada transmisi. Jika gigi transmisi memiliki nilai rasio yang besar, maka torsi akhir yang dihasilkan akan tinggi, dengan menerima torsi dari *driven pulley*.

Berdasarkan dari diagram tersebut, nilai torsi akhir yang dihasilkan dari gigi 1-5 mengalami penurunan nilai torsi. Penurunan nilai torsi akhir diakibatkan semakin kecilnya nilai rasio dari gigi 1 ke gigi 5. Sedangkan untuk nilai rasio dapat melihat pada Tabel 2 sebelumnya. Hal tersebut terjadi karena adanya pengkonversian tenaga putar oleh perbandingan ukuran atau jumlah gigi pada mekanisme penggerak dengan yang digerakkan, oleh sebab itu diperoleh hasil nilai akhir yang bervariasi dengan bantuan perhitungan teori rumus yang berlaku.



### 3.4 Analisa Berdasarkan Uji ANOVA

Tabel 6. Hasil Pengujian ANOVA Satu Jalur pada *Output* Kecepatan Putar Akhir.

ANOVA					
RPM					
	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	258453,856	2	129226,928	0,989	0,395
WITHIN GROUPS	1959514,893	15	130634,326		
TOTAL	2217968,749	17			

Pada hasil uji ANOVA satu jalur yang diperlihatkan pada Tabel 6 terhadap hasil kecepatan putar akhir dari setiap ukuran *driven pulley*, dapat ditunjukkan jika ingin mendefisikan  $H_0$  akan diterima, untuk itu ketetapan nilai signifikansinya adalah  $<0,05$  maka  $H_0$  ditolak, sedangkan jika didapatkan nilai *Sig.*  $>0,05$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan dari hasil diatas Tabel 6 didapatkan nilai signifikansi (*Sig.*) adalah  $0,395 > 0,05$ . Maka berarti  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai kecepatan putar akhir rata-rata pada masing-masing diameter *pulley*.

Tabel 7. Hasil Pengujian ANOVA Satu Jalur pada Torsi Akhir.

ANOVA					
TORSI					
	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	334260,644	2	167130,322	0,747	0,491
WITHIN GROUPS	3355989,700	15	223732,647		
TOTAL	3690250,344	17			

Sedangkan pada hasil torsi akhir dari uji ANOVA satu jalur, pada Tabel 7 diketahui bilamana mendapatkan  $H_0$  diterima sehingga ketentuannya jika nilai signifikansi  $<0,05$  maka  $H_0$  ditolak, sedangkan bila di dapat nilai signifikansi  $>0,05$  maka  $H_0$  diterima. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 7 didapatkan nilai signifikansi (*Sig.*) adalah  $0,491 > 0,05$ . Sehingga dari tabel tersebut diketahui  $H_0$  diterima sedangkan  $H_1$  ditolak. Maka diperoleh kesimpulan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari nilai torsi akhir terhadap rata-rata setiap masing-masing varian diameter *pulley*.

Bersumberkan nilai data hasil uji ANOVA terbukti bahwa diameter *driven pulley* yang di uji memiliki pengaruh terhadap hasil kecepatan putar dan torsi akhir, dengan perbandingan nilai antara setiap *driven pulley* yang tidak terlalu besar atau tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan dengan melihat hasil dari uji ANOVA di atas.

### Kesimpulan

Didapatkan dari penelitian, percobaan, perhitungan dan hasil pembahasan, ukuran *driven pulley* memiliki pengaruh pada kecepatan putar akhir dan torsi akhir pada trainer transmisi milik *Toyota kijang innova* Tipe E 2.0 M/T. Berdasarkan hasil perhitungan memang ada perbedaan, namun jika dilihat dari kacamata statistik, perbedaan tersebut adalah kecil dan tidak signifikan.

Hasil dari kecepatan putar akhir yaitu diperoleh nilai 1339,5 rpm pada *driven pulley 1*, 1004,62 rpm pada *driven pulley 2*, dan 803,7 rpm pada *driven pulley 3*. Sehingga dinyatakan nilai kecepatan putar akhir terhadap ukuran *pulley*  $D_{p1} > D_{p2} > D_{p3}$ . Sedangkan, torsi akhir diperoleh nilai sebesar 1013,23 Nm pada *driven pulley 1*, 1350,97 Nm pada *driven pulley 2*, dan 1688,74 Nm pada *driven pulley 3*. Semakin kecil ukuran *driven pulley*, maka akan menghasilkan torsi yang kecil juga atau dapat diperjelas hasil nilai pada ukuran *pulley*  $D_{p1} < D_{p2} < D_{p3}$ .

Pada hasil uji ANOVA tidak terdapat perbedaan signifikan antara ketiga jenis variasi diameter *pulley*, ditunjukkan nilai *Sig.* 0,395 untuk kecepatan putar akhir dan *Sig.* 0,491 untuk torsi akhir.

### Daftar Notasi

- $GR_x$  = nilai gigi rasio
- $z_x$  = jumlah gigi
- $T_r$  = torsi rencana [Nm]
- $n_x$  = kecepatan putar pada gigi [rpm]
- $F$  = nilai gaya [N atau Newton]
- $r$  = jari-jari diameter *pulley* [m]
- $D_{px}$  = diameter *pulley* [m]
- $P_d$  = daya yang direncanakan/motor penggerak [kW]

### Daftar Pustaka

- Aminullah, M., & Ansori, A. (2017). Rancang Bangun Trainer Transmisi Otomatis Tipe Planetary Gear. *JRM: Jurnal Rekayasa Mesin*, 04(02), 163-168.

- Editorial. (2019, November 20). *Sistem Transmisi*. Retrieved from Wikipedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem\\_transmisi](https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_transmisi)
- Febrian, R. (2019, March 15). *Toyota New Kijang Innova E 2.0 M/T: Benar-Benar untuk Keluarga*. Retrieved from Berita Seputar Otomotif: <https://rajufebrian.wordpress.com/2009/03/15/toyota-new-kijang-innova-e-20-mt-benar-benar-untuk-keluarga/>
- Handoyo, E., Pramono, C., Salahudin, X., & Hastuti, S. (2019, Maret). Mesin Pengiris Pisang dengan Variasi Diameter Pulley Terhadap Putaran dan Tebal Irisan. *Jurnal Teknik Mesin*, 03(01), 29-35.
- Irawan, A. P. (2016). *Perencanaan Sistem Transmisi Roda Gigi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Martono, N. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif: Analisis Isi dan Analisis Data Sekunder (Edisi Revisi 2)*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Munandar, W. A., Indra, A., & Yendra, A. (2019, Oktober 10). Analisa Variasi Diameter Pully Terhadap Waktu Pemasakan Lempuk Durian Studi Kasus Pada Usaha Lempuk Durian "Citra Rasa". *Peningkatan Kemandirian Teknologi dan Bisnis Untuk Pembangunan Wilayah Pesisir*(2019: SNIT 2019), pp. 80-87.
- Narbuko, C., & Achmadi, A. (2013). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Pambudi, T. A., Pramono, G. E., & Yuliaji, D. (2019, Januari). Analisa Sistem Roda Gigi Diferensial Penggerak Roda Belakang Kendaraan Mobil Listrik (IKSA). *ALMIKANIK*, 01(01), 27-34.
- Rosadi, M. M., Pramitasari, R. E., & Ramadani, A. H. (2019). Rancangan Sistem Penggerak Trainer Transmisi Manual 5 Percepatan Toyota Kijang. *Teknik Mesin*, 3-4.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sularso, & Suga, K. 2013. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Susanto, N., Purwaningsih, R., & Baharullah, I. A. (2017, September). Analisis Pengaruh Transmisi Mobil Manual dan Otomatis Terhadap Tingkat Kesulitan yang Dihadapi Pengemudi Pemula. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(03), 197-205.
- Wakid, M. (2011). *Sistem Transmisi Kendaraan Ringan*. Yogyakarta: Skripta Media Creative.