

## BAB IV

### HASIL RANCANGAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Rancangan

Simulasi yang telah dibuat pada tugas akhir ini yaitu tentang mensimulasikan gearless transmission telah selesai dibuat. Dari hasil pembuatan dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2016 didapat bahwa gearless transmission dapat beroperasi dengan normal dan tanpa kendala.

Dengan adanya perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2016 sangat membantu dan memudahkan dalam pembuatan tugas akhir ini. Dengan berbagai fitur-fitur yang telah ditawarkan oleh software tersebut sehingga produk yang dirancang dapat menjawab ekspektasi dari penulis maupun pembaca.

Dan dari tugas akhir ini pula dapat diketahui bahwa *Gearless transmission* lebih efisien dibandingkan dengan transmisi menggunakan gear baik dari segi pembuatan material, perawatan, dan juga yang terpenting dari tenaga yang disalurkan melalui shaft, wheel, dan siku-siku yang menghubungkan dari input ke output. Walaupun masih berupa simulasi tetapi sudah menggambarkan lebih dari 50% dari gambaran produk tersebut jika akan direalisasikan ke produk sebenarnya.

Dari segi pembuatan perancang hanya membutuhkan 4 jenis komponen utama dan pembuatannya sangat mudah. Membuat shaft hanya memerlukan 2 buah besi/baja untuk input dan output yang berukuran panjang 300mm dan diameter jadinya 25mm. Untuk bagian input diberi lubang untuk masuknya pengantar dari motor listrik. Wheel atau roda dibuat dengan ukuran 100mm dengan tebal 25mm. Pada permukaan wheel diberi 4 lubang dengan diameter 10mm dengan jarak dari titik tengah yaitu 35mm. Tidak lupa memberi cawakan pada bagian tengah wheel dengan diameter sesuai shaft dan kedalaman 12mm. Untuk membuat siku penyalur dari input ke output hanya membutuhkan besi/baja

berukuran 10mm dengan panjang 600mm dibagi dua untuk membentuk sudut  $90^\circ$  dan harus presisi.

Dari segi perawatan, transmisi yang menggunakan gear akan memerlukan pelumasan berupa oli agar tidak cepat aus dalam pemakaiannya. Sebaliknya jika menggunakan *gearless transmission* perawatan hanya menggunakan pelumasan *grease* atau sering disebut dengan gemuk. Umur dari gearless sendiri lebih lama karena minim gesekan.

Kegunaan transmisi adalah menyalurkan daya/tenaga dari input ke output dan *gearless transmission* lebih baik dibandingkan dengan transmisi menggunakan gear. Karena transmisi gear terdapat kerenggangan atau jarak bebas perkaitan antara dua roda gigi dan menjadikan tenaga yang tersalur berkurang. Ini terbukti dari perbandingan torsi yang dihasilkan oleh keduanya. Jika transmisi gear menghasilkan torsi yang besar, maka sebaliknya gearless malah menghasilkan torsi yang kecil.

Berikut pembahasan detail dari perancangan *gearless transmission* yang telah dibuat dalam tugas akhir ini:

#### 4.2 Perbandingan Roda Gigi dengan *Gearless*

*Gearless transmisi* ini mampu mentransmisikan gerakan pada jarak tetap yaitu  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$ . Perbandingan ini akan membahas tidak hanya dalam metode manufaktur atau prinsip kerja tetapi juga aspek lainnya. Aspek yang telah dibahas di bawah ini:

##### A. Metode Manufaktur

Tujuan dibuatnya *gearless transmission* ini sama seperti roda gigi bevel, roda gigi lurus, ataupun roda gigi spiral. Membutuhkan perhitungan yang tepat pada setiap pasang rangkaian roda gigi dan dibuat bersamaan agar tidak ada pertukaran. *Gearless transmission* memiliki keunggulan yaitu bisa digerakkan dan diproduksi mesin konvensional sehingga itu memberikan kebebasan pergerakan.

##### B. Prinsip Kerja

Roda gigi kerucut terdapat gigi-gigi dipermukaannya yang berbentuk kerucut. Gigi-gigi yang bersinggungan akan menggerakkan roda gigi yang lain setelah mendapat daya dari input. Sementara kerja *gearless* telah dijelaskan di bab sebelumnya dan itu jelas sangat berbeda dari yang di atas.

#### C. Penyebab Kerusakan

Pada umumnya kerusakan yang terjadi akibat tekanan yang berlebihan. Berbagai jenis kerusakan misalnya, keropos, korosi, aus, dll. Penggantian pada roda gigi yang rusak meliputi seluruh komponen dan itu memerlukan biaya yang tidak sedikit. *Gearless* juga mengalami kerusakan yang sama tetapi tidak separah kerusakan pada roda gigi. Kerusakannya yaitu terjadi pada siku, biasanya bengkok atau retak, tetapi itu bisa diatasi dengan mengganti siku yang rusak.

#### D. Bahan

Bahan yang dipilih harus mempunyai sifat:

- Mudah didapat
- Mampu diproses dalam pengujian
- Memiliki sifat fisik yang diperlukan. Roda gigi umumnya rusak karena bengkok, kelelahan dan benturan pada roda gigi juga menyebabkan kerusakan komponen dalam roda gigi maka pembuatannya harus diperhitungkan dengan matang karena bisa menyebabkan kerontokan pada gigi.

#### E. Pelumasan dan Pendinginan

Beberapa roda gigi dengan model terbuka biasanya dilumasi dengan gemuk namun pada *gearless* hanya memerlukan pelumasan oli pada bagian yang bersinggungan. Cara pelumasannya pun sederhana dan mudah, karena bisa juga menggunakan oli bekas. Pelumas ini juga berfungsi sebagai media pendinginan. Panas yang dihasilkan kemudian menyebar ke daerah lain. Pada pelumasan yang sekaligus pendinginan pada *gearless* dilakukan pada setiap komponen utama.

Efisiensi mekanisme dipengaruhi oleh pelumasan, meski sistem dari pelumasan dan pendingin bersifat kompleks namun memberi hasil

yang baik. Pendinginan pada gearless tidak hanya saat pelumasan oli, tetapi juga saat panas yang disebabkan karena gesekan antara siku dan *wheel* tersebut disalurkan ke komponen lain.

#### F. Kapasitas Torsi

Roda gigi menghasilkan torsi yang tinggi sementara *gearless transmission* hanya menghasilkan torsi yang sedikit.

#### G. Ketahanan dan Efisiensi

Usia pakai artinya periode operasi total terlepas dari apapun variasi torsi atau kecepatan yang mungkin terjadi pada saat itu industri. Roda gigi mempunyai efisiensi sekitar 40% dan pasti mengalami *backlash*, tidak stabil dll. tidak bisa dihilangkan. Pada *gearless*, meski usia pakainya belum dihitung tetapi diasumsikan bahwa usianya dapat dibandingkan dengan roda gigi dengan efisiensinya bisa mencapai 85% hingga 92% dengan pelumasan dan pendinginan yang tepat.

#### H. Perbandingan

Roda gigi dengan *gearless* tidak bisa dibandingkan jika penerapannya pada gearbox.

#### I. Kinerja Alat

Proses pemesinan yang baik adalah hal penting bagi sebuah alat saat dibutuhkan kecepatan untuk operasi tertentu memang sangat sulit didapat untuk roda gigi tapi bisa dengan mudah didapat oleh *gearless*, ini akan meningkatkan usia alat, produktifitas, dan hemat energi.

J. Kecepatan yang berbeda pada delapan sudut ( $0^\circ$  sampai  $90^\circ$ ) sulit didapat pada roda gigi.

K. Efisiensi dapat ditingkatkan dengan menambah siku, proses pemesinan yang presisi, memilih bahan yang sesuai dan pelumasan yang baik.

### 4.3 Pemilihan Bahan

Pemilihan material yang tepat merupakan tujuan utama dalam pembuatan produk. Pemilihan bahan didasarkan pada faktor-faktor berikut:

- Ketersediaan bahan.
- Kesesuaian bahan terhadap kondisi kerja.
- Biaya.

- Sifat fisika dan kimia material.
- Sifat mekanik material. Sifat mekanik logam adalah kemampuan material untuk menahan kekuatan mekanik dan beban. Beberapa sifat mekanik material seperti berikut:

a. Kekuatan (*strength*)

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung

b. Kekakuan (*Stiffness*)

Adalah kemampuan material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi asatu difleksi.

c. Elastisitas

Sifat yang dimiliki oleh suatu material yang menyebabkan benda/material akan kembali ke bentuk semula setelah diberi beban dan mengalami perubahan bentuk. Sifat ini diperlukan untuk digunakan dalam pembuatan alat dan mesin. Perlu dicatat bahwa baja lebih elastis dibanding karet.

d. Plastisitas (*plasticity*)

Adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).

e. Keuletan

Adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material ductile ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dll.

f. Kegetasan (*brittleness*)

Adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kerapuhan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent. Material yang rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi keregangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

g. Kelunakan (*Malleability*)

Adalah sifat bahan yang mengalami deformasi plastis terhadap beban tekan yang bekerja sebelum benar patah. Bahan lunak yang biasa digunakan dalam praktek permesinan adalah timbal, baja lunak, besi tempa, tembaga dan aluminium.

h. Ketangguhan (*toughness*)

Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Ketangguhan material berkurang saat dipanaskan. Hal ini diukur dengan jumlah yang diserap setelahnya dipertimbangkan sampai titik patah. Properti ini diinginkan di bagian yang dikenakan untuk mengejutkan beban benturan.

i. Kelenturan (*resilience*)

Adalah sifat material yang mampu menerima beban impak tinggi tanpa menimbulkan tegangan lebih tinggi pada batas elastisitas

j. Melar (*creep*)

Merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi. Properti ini dipertimbangkan dalam mendesain pembakaran internal mesin, boiler dan turbin.

k. Kekerasan (*hardness*)

Merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi / penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (wear resistance) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.. Ini juga berarti kemampuan logam untuk memotong logam lain. Kekerasan biasanya dinyatakan dalam jumlah, yang mana tergantung pada metode pembuatan tes. Kekerasan logam mungkin terjadi ditentukan oleh tes uji kekerasan brinell, uji kekerasan rockwell, uji kekerasan vickers (juga disebut diamond pyramid) dan uji shore scleroscope.

Pemilihan bahan tergantung pada faktor keamanan. Dengan memperhatikan factor-faktor berikut, diantaranya:

- a. Tahan uji
- b. Tahan terhadap beban
- c. Tingkat ketahanan bahan saat proses pemesinan
- d. Kerugian akibat kerusakan
- e. Hilangnya sifat bahan akibat kerusakan

Bahan yang dipilih dalam rancangan ini adalah baja karbon rendah, motor penggerak, lengan dan poros. Sementara bahan yang digunakan adalah baja ringan dengan alasan:

- a. Baja yang tersedia di pasaran. Baja dengan jenis *low carbon steel* dengan kandungan karbon sebesar 0,20% - 0,30%, karena sifatnya yang mudah ditempa dan mudah dimesin.
- b. Ekonomis
- c. Tersedia dalam ukuran standar
- d. Memiliki sifat mekanik yang baik yaitu mudah diproses dengan mesin
- e. Memiliki faktor keamanan yang moderat, karena faktor keamanan menghasilkan Pemborosan materi dan seleksi yang tidak perlu. Faktor keamanan rendah berakibat pada kegagalan kegagalan yang tidak perlu
- f. Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
- g. Memiliki tingkat pemuaian rendah

#### 4.4 Desain Produk

Desain sebuah produk berhubungan dengan seni merancang struktur dari sebuah produk (alat/mesin). *Gearless* adalah kombinasi dari ketahanan alat dengan keterbatasan gerak relatif yang digunakan untuk menyalurkan energi dalam bentuk lain menjadi energi mekanik atau menyalurkan dan memodifikasi bentuk yang sudah ada menjadi bentuk yang baru atau menjadi alat yang lebih baik atau peningkatan dari desain sebelumnya menjadi sedemikian rupa sehingga mengubah dan mengontrol gerakan baik dengan menyalurkan daya ataupun tidak. Ini adalah pengaplikasian yang praktis dari sebuah alat berupa desain dan konstruksi serta struktur alat.

Dalam rangka merancang desain yang simple dan memuaskan, pentingnya pengetahuan tentang ilmu terapan. Sebagai tambahan, sifat dan kekuatan bahan termasuk beberapa pengukuran adalah hal penting dan perlu diperhitungkan. Pengetahuan teori tentang sebuah alat dan beberapa cabang mekanika terapan juga diperlukan dalam rangka mengetahui kecepatan gerak

alat, akselerasi dan gaya inersia dari beberapa gerakan siku, dan bentuk alat tersebut adalah termasuk di dalam desain.

Bahan baku yang digunakan seperti pada table berikut beserta ukurannya.

Tabel 4.1 Bahan Baku pembuatan *Gearless Transmission* dan Ukurannya.

No	Nama Part	Material	Jumlah	Ukuran
1	Motor	Standard	1	0.25 hp 1440 rpm
2	Shaft	Baja Karbon Rendah	2	∅25mm x 300mm
3	Wheel	Baja Karbon Rendah	2	∅100 mm x 25 mm
4	Siku	Baja Karbon Rendah	4	∅10 mm x 300 mm
5	Dudukan Shaft	Baja Karbon Rendah	1	200mm x 200mm

Perhitungan rancangan:

Merujuk pada jurnal yang telah dibuat oleh Amit Kumar dkk. tentang gearless transmission, maka diketahui:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ Nm/s}$$

$$\text{Daya motor (P)} = \frac{1}{4} \text{ HP} = 746 \text{ Nm/s} \times 0,25 = 186,5 \text{ Nm/s}$$

$$\text{Rpm motor} = 1440 \text{ rpm}$$

$$\text{Daya motor} = P = 186,5 \text{ watt.}$$

$$P = 2 \pi N T / 60$$

$$\text{Dimana, } N = \text{Rpm motor} = 1440 \text{ rpm}$$

$$T = \text{Torsi yang ditransmisikan}$$

$$186,5 \text{ Nm/s} = 2\pi \times 1440 \times T / 60$$

$$T = \frac{186,5 \text{ Nm/s} \times 60}{2\pi \times 1440 \text{ rpm}}$$

$$T = \frac{11190}{9043,2} \text{ Nm}$$

$$T = 1,23 \text{ Nm}$$

$$T = 1238 \text{ Nmm}$$

#### 4.5 Perancangan Shaft dan Siku

##### a. Bending

Kekuatan material yang dikembangkan pada setiap penampang poros akan meningkat tekanan pada setiap titik. Kekuatan material untuk menahan gaya yang diberikan disebut tegangan lendut (*bending stress*).

##### b. Torsi

Saat poros diputar sedemikian rupa oleh wheel dan siku, maka porosnya terkena torsi murni dan tekanan pada setiap titik penampang melintang adalah torsi atau tegangan geser.

Dasar penelitian pada desain poros dan dengan mempertimbangkan kelebihan beban yaitu 25%, maka total beban menjadi 125% (1,25)

$$T_{\text{maks}} = 1238 \times 1,25 = 1547,5 \text{ Nmm}$$

Tekanan poros pada torsi murni

$$\text{Kita tahu } T = \frac{3,14}{16} \times f_s \times d^3$$

dengan  $f_s$  = tegangan geser

$d$  = diameter poros

$$1547,5 = \frac{3,14}{16} \times f_s \times 25^3$$

$$f_s = \frac{1547,5 \text{ Nmm}}{3066,4 \text{ mm}^3}$$

$$f_s = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

jadi tegangan geser pada poros yaitu sebesar  $0,5 \text{ N/mm}^2$

Torsi yang sama ditransmisikan ke siku

$$\text{Jadi torsi pada masing-masing siku} = \frac{T}{4} = \frac{1547,5}{4} = 386,875 \text{ N mm}$$

$$T = \frac{3,14}{16} \times f_s \times d^3$$

$$386,875 = \frac{3,14}{16} \times f_s \times 10^3$$

$$f_s = \frac{386,875 \text{ Nmm}}{196,25 \text{ mm}^3}$$

$$f_s = 1,9 \text{ N/mm}^2$$

jadi tegangan geser pada setiap sikunya sebesar  $1,9 \text{ N/mm}^2$

#### 4.6 Penggabungan *Shaft* dan *Wheel*

Penyambungan antara *shaft* dan *wheel* dilakukan dengan pengelasan standar, yaitu dengan ukuran las 4mm dengan daya yang digunakan sebesar 65A dan tegangan 110v.

#### 4.7 Keterbatasan Rancangan

Pada rancangan tugas akhir tentang *gearless transmission*, penulis mempunyai beberapa keterbatasan, diantaranya:

a. Acuan yang terbatas

Untuk membuat *gearless transmission* dari jurnal yang diperoleh masih sedikit. Karena rancangan ini masih bersifat dasar dan belum ada proyek yang memproduksinya

b. Dimensi harus menyesuaikan tempat.

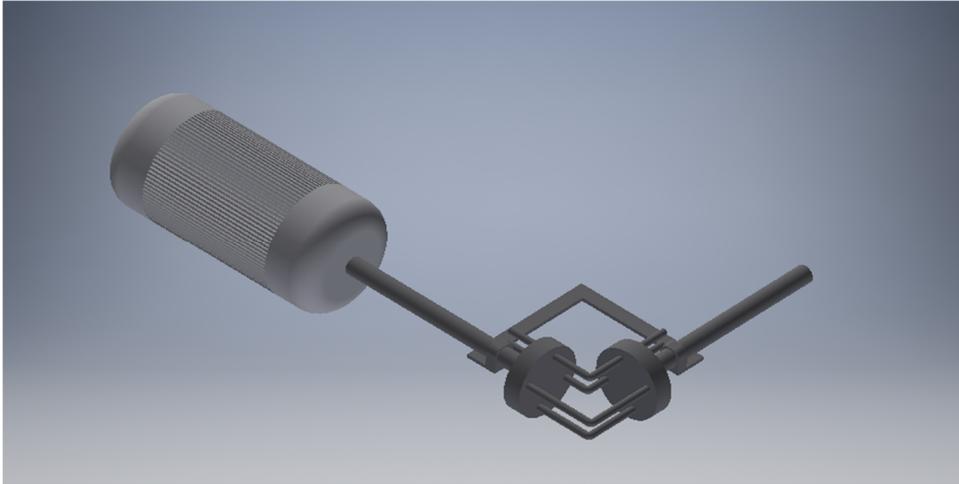
Dikarenakan ruangan yang cukup terbatas dan harus berbagi tempat dengan alat-alat lain di bengkel kampus D3 UMY, maka penulis merancang alat tersebut dengan ukuran minimum dengan tujuan agar dapat ditempatkan di dalam bengkel dan cukup untuk bahan pembelajaran mahasiswa saat praktikum.

c. Perangkat lunak masih versi student

Penulis belum memakai *Autodesk Inventor Professional 2016* selain versi *students*. Karena seharusnya berbeda fitur yang disajikan antara versi *students* dan versi untuk industri besar.

#### 4.8 Hasil Rancangan *Gearless Transmission*

Hasil dari rancangan *gearless transmission* yang merupakan tugas akhir dari penulis adalah seperti dibawah ini:



Gambar 4.1 Hasil Tugas Akhir Rancangan *Gearless Transmission*