

Perancangan Sistem Transmisi V-Belt Mesin Kubota 8.5 HP Pada Pembangunan *Mini Wheel Excavator* Berbasis *Home Industry* Di *Workshop* Alat Berat PNJ

Mohamad Rizki¹, Sonki Prasetya¹ dan Iwan Susanto^{2*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Perancangan sistem transmisi baru dibutuhkan untuk dapat menggerakkan mini wheel excavator yang ada di Workshop Alat Berat, PNJ. Hal ini dikarenakan sistem transmisi sebelumnya tidak mampu menggerakannya. Tujuan penelitian adalah membuat rancangan dan perhitungan transmisi pulley dan v-belt, membuat estimasi pengeluaran biaya pembuatan, serta menentukan spesifikasi akhir dengan analisa software yang mampu menggerakkan mini wheel excavator. Metode yang diterapkan yaitu metode generic product development yang terdiri dari perencanaan, pengembangan konsep, sistem level rancangan, detail rancangan dan uji simulasi. Hasil yang didapatkan untuk spesifikasi sistem transmisi yaitu kecepatan maksimum pulley output 160 rpm dengan asumsi reduksi roda 1:10, torsi maksimum 718,7659 N.m. Rancangan poros pertama menggunakan diameter 30 mm dengan panjang 280 mm dan poros kedua berdiameter 42 mm dengan panjang 650 mm. Menggunakan 3 pulley 4 inch, 2 pulley 8 inch dan 2 pulley 10 inch. Setiap pulley memiliki 3 buah jalur untuk V-belt tipe B dengan panjang 43 inch, 62 inch dan 67 inch. Estimasi biaya yang direncanakan sekitar ± Rp4.000.000. Torsi perancangan didapatkan sebesar 7187,669 N.m mampu untuk menggerakkan mini wheel excavator berdasarkan hasil analisa teoritis.

Kata-kata kunci: Transmisi Pulley Vbelt, Mini Wheel Excavator, Perancangan Mesin

Abstract

A new design of transmission system is needed to be able to run the mini wheel excavator at Workshop Alat Berat, PNJ because the previous transmission was not able to run it. Research purposes are designing and calculating the transmission of pulleys and v-belts, drafting and estimating manufacturing costs, and determining final specifications with software analysis that can drive a mini wheel excavator. The method applied is the generic product development which consist of planning, concept developing, system level design, detail design and simulation testing. The results obtained for the specifications are maximum speed of the pulley output of 160 rpm with the assumption of a wheel reduction of 1:10, the maximum torque of 718.7659 N.m. The first shaft uses Ø30 mm – 280 mm of length and the second shaft uses Ø55 mm - 650 mm of length. Using pulleys : 3 pcs - 4 inch, 2 pcs - 8 inch, 2 pcs - 10 inch. Each pulley has 3 grooves for type B of V-belts 43, 62 and 67 inch. The estimated cost are ± Rp. 4,000,000. The design torque obtained is 7187,669 N.m capable to run the mini wheel excavator based on theoretical analysis.

Keywords: Pulley Vbelt Transmission, Mini Wheel Excavator, Mechanical Design

* Corresponding author E-mail address: iwan.susanto@mesin.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan penggunaan Alat Berat diberbagai sektor industri kian terus bertambah. Jika melihat dari data yang dihimpun oleh Perhimpunan Agen Tunggal Alat Berat Indonesia (PAABI) penjualan alat berat di seluruh sektor pada Agustus 2021 mencapai 8.821 unit atau meningkat 99% dari penjualan bulan Januari-Agustus 2020 sebanyak 4.440 unit. [5] Melihat hal ini, peluang dalam produksi pembuatan alat berat ini sangatlah baik. Hal ini didukung juga oleh membaiknya kondisi pasca pandemi *Covid-19* di Indonesia khususnya pada keempat sektor industri alat berat yaitu sektor agro, kehutanan, konstruksi dan pertambangan. Menurut Kemenperin (2021), pihak kementerian perindustrian turut mendukung kondisi baik ini dalam upaya meningkatkan produksi alat berat di dalam negeri salah satunya yaitu upaya melakukan penguatan terhadap Industri Kecil dan Menengah (IKM) untuk dapat menjadi bagian rantai pasok dan mengurangi biaya produksi industri alat berat ini.

Pada era saat ini, jenis alat berat sangat beragam jika dilihat berdasarkan fungsi dan kegunaannya. Untuk sektor konstruksi dan pembangunan suatu proyek yang membutuhkan kecepatan dalam mencapai target pembangunan maka diperlukan penggunaan alat berat diantaranya *excavator*, *dump truck* dan *tower crane*. Penggunaan jenis dan jumlah alat berat juga disesuaikan dengan kondisi tanah lapangan dan volume pengerjaan karena jika tidak memperhatikan kondisi di lapangan maka pengerjaan dapat menjadi terhambat atau menjadi lambat dari jadwal target yang ditentukan. [1]

Politeknik Negeri Jakarta memiliki beberapa program studi dan salah satunya adalah program studi Alat Berat yang saat ini memiliki penelitian dalam mengembangkan dan membuat *mini wheel excavator* berbasis *home industry*. *Mini wheel excavator* merupakan salah satu jenis alat berat dengan kegunaan untuk menggali parit-parit atau pembersihan saluran air, mengangkat, menggali dan membawa material. Pembuatan dan pengembangan *mini wheel excavator* di Politeknik Negeri Jakarta ini bertujuan untuk dapat menekan biaya dan dapat digunakan oleh instansi kecil menengah dalam menangani berbagai keperluan yang telah disebutkan khususnya di daerah perkotaan yang memiliki permukaan tanah yang telah banyak diaspal.

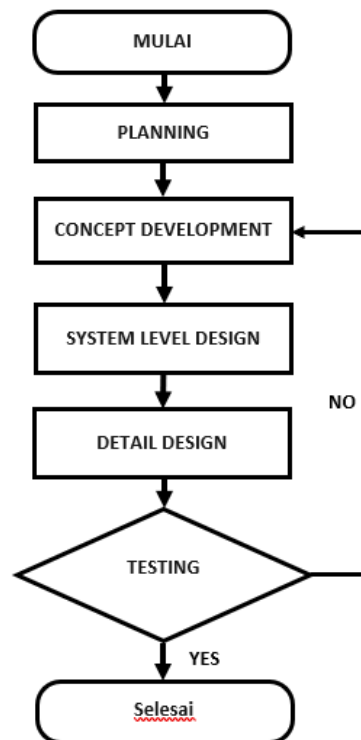
Pada mesin alat berat pada umumnya memiliki beberapa komponen yang sama. Salah satu komponen tersebut adalah sistem transmisi. Transmisi adalah salah satu sistem pemindahan tenaga dari penggerak ke yang digerakkan dengan beberapa jenis dari sistem pemindahan tersebut diantaranya sabuk dan puli, rantai dan *sprocket* serta roda gigi. [4]

Pada pengembangan pembuatan *mini wheel excavator* berbasis *home industry* tersebut masih memerlukan beberapa pengembangan pada komponen-komponen di dalamnya, salah satunya adalah sistem transmisi mesin. Kondisi pengembangan saat ini, mesin *mini wheel excavator* yang sedang dikembangkan oleh Politeknik Negeri Jakarta belum memiliki sistem transmisi untuk mesin kubota 8.5 HP. Hal ini disebabkan oleh pergantian mesin yang dilakukan. Sistem transmisi yang akan digunakan adalah transmisi *pulley* dan *v-belt*.

Penggunaan sistem transmisi *pulley* dan *v-belt* dipilih dikarenakan faktor kemudahan pemasangan dan penggantian khususnya saat proses *maintenance*. Faktor lainnya dikarenakan ingin mencapai kebutuhan biaya yang diinginkan dan meminimalisir suara bising yang sering ditimbulkan oleh transmisi lain. Penelitian sistem transmisi *pulley* dan *v-belt* pada pengembangan *mini wheel excavator* ini didukung oleh penelitian sebelumnya yaitu penelitian untuk menganalisa perhitungan *pulley* dan *v-belt* pada mesin pencacah [3]. Penelitian tersebut menggunakan sistem transmisi yang sama berupa *pulley* dan *v-belt*. *Pulley* dan *v-belt* dibuat menggunakan poros tengah sejajar dengan dua buah pulley berukuran diameter berbeda sebagai penurun kecepatan. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merancang transmisi *pulley* dan *v-belt* yaitu kecepatan yang diinginkan, daya yang dimiliki motor dan torsi yang ingin didapatkan.

Oleh karena beberapa permasalahan dan latar belakang tersebut maka fokus pembahasan ini adalah merancang sebuah desain sistem transmisi *pulley* dan *v-belt* untuk dapat diaktualisasikan pada pembuatan *mini wheel excavator* di *Workshop* Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta. Rancangan dibuat dengan memperhatikan analisis perhitungan pada sistem transmisi *pulley* dan *v-belt* tersebut karena sebelumnya sistem transmisi tidak kuat untuk menjalankan *mini wheel excavator*.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah metode *generic product development* dari buku *Product Design and Development*. [7] Penelitian mengambil data dan objek pada mini wheel excavator yang berada di *Workshop Alat Berat*, Politeknik Negeri Jakarta.

Planning atau perencanaan merupakan langkah pertama yang dilakukan untuk dapat mengidentifikasi peluang yang ada pada produk melalui *opportunity statements* dan juga merumuskan *input-output* penelitian.

Concept development atau pengembangan konsep berisikan tentang identifikasi kebutuhan pasar atau kebutuhan konsumen. Data-data yang diambil juga berada pada tahap ini yang diambil berdasarkan kondisi aktual untuk mengetahui identifikasi kebutuhan. Dalam tahap ini dilakukan pembuatan 3 buah alternatif konsep dan nantinya akan dipilih satu konsep untuk dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya. Proses perhitungan dilakukan untuk dapat mendapatkan spesifikasi kemampuan sistem yang diinginkan sebagai hasil dari produk penelitian serta sebagai bahan untuk pengembangan lanjutan.

System level-design merupakan tahapan untuk dapat mengelompokkan setiap komponen yang dibutuhkan atau masuk dalam desain yang dirancang untuk kemudahan identifikasi jika ditemukan terjadinya permasalahan.

Detail design merupakan salah satu bentuk dari hasil penelitian berupa hasil rancangan yang dituangkan dalam drawing gambar Teknik (2 Dimensi) sebagai acuan fabrikasi atau pembuatan. Tahap ini juga akan merincikan terkait list rencana anggaran serta penggunaan material yang ada pada desain terpilih.

Testing atau pengujian merupakan tahap akhir dari penelitian. Pengujian dilakukan berupa simulasi menggunakan *software* untuk mengetahui kemampuan dari poros yang digunakan dan analisa yang dilakukan secara teoritis untuk mengetahui kemampuan yang dimiliki oleh desain sesuai tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

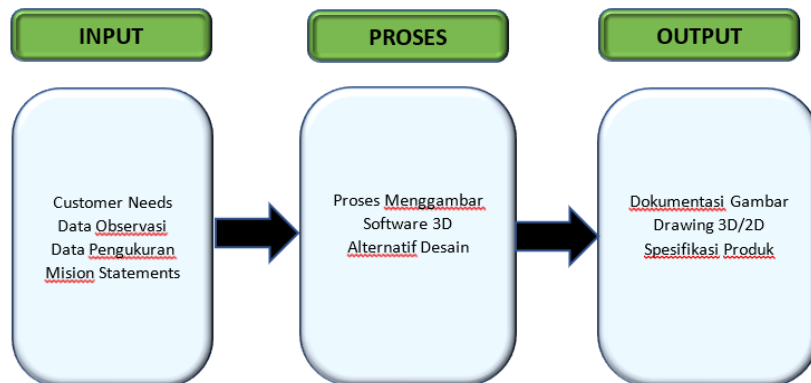
Planning atau Perencanaan

Penelitian pembuatan sistem transmisi untuk mini wheel excavator seperti yang tercantum pada penelitian yaitu guna memenuhi permasalahan pada kondisi aktual yaitu sistem transmisi sebelumnya tidak mampu untuk menjalankan alat berat tersebut.

Berdasarkan observasi yang diambil di lapangan dapat diketahui bahwa *opportunity statements* yaitu :

1. Membuat sistem transmisi yang tidak berisik seperti yang digunakan sebelumnya.
2. Memenuhi kebutuhan pasar dengan harga terjangkau dengan proses *research and development*.
3. Memenuhi kebutuhan penggunaan alat berat khususnya di area parit atau saluran air perkotaan dengan harga yang terjangkau.

Perumusan *input-output* ditampilkan pada gambar diagram berikut.



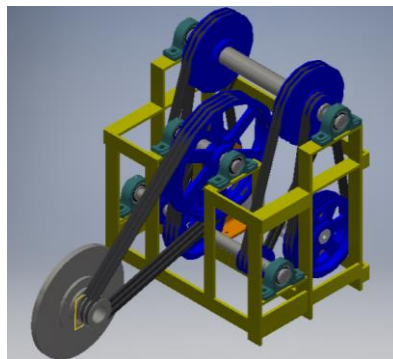
Gambar 2. Diagram *Input-Output*

Concept Development atau Pengembangan Konsep

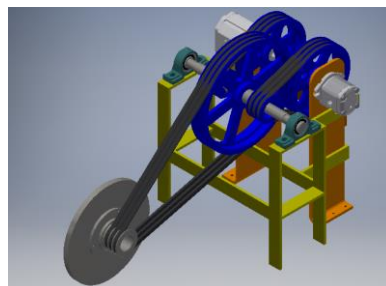
Identifikasi kebutuhan yang didapat setelah dilakukan proses observasi adalah sebagai berikut :

1. Menggantikan sistem transmisi sebelumnya yang bising (*reduce bising*).
2. Sisa ruang berdimensi $(1 \times 0.65) \text{ m}^2$.
3. Rancangan dapat menjalankan *mini wheel excavator*.
4. Menyesuaikan transmisi dengan engine terbaru yaitu Kubota 8.5 HP.

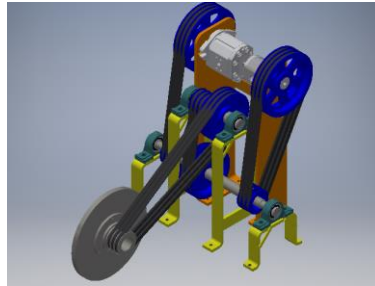
Alternatif rancangan dibuat sebanyak 3 buah yang akan digunakan sebagai panduan untuk dapat mengambil keputusan terbaik.



Gambar 3. Alternatif Desain Pertama



Gambar 4. Alternatif Desain Kedua



Gambar 5. Alternatif Desain Ketiga

Pemilihan alternatif desain dipilih berdasarkan beberapa kriteria yang telah disusun berdasarkan data-data yang didapat pada kondisi aktual. Pada tabel 1, dirumuskan beberapa kriteria disertai pembobotan yang digunakan sebagai alat untuk dapat membandingkan dan memilih desain yang ideal dengan kondisi aktual.

Tabel 1. Pemilihan Konsep

Pemilihan Konsep		Konsep					
		I		II		III	
Kriteria Seleksi	Bobot (%)	Nilai	Bobot	Nilai	Bobot	Nilai	Bobot
Ergonomis	20	3	12	3	12	4	16
Efisiensi dan Efektivitas	25	2	10	2	10	4	20
Kemudahan Manufaktur	15	2	6	5	15	4	12
Keamanan	20	5	20	2	8	3	12
Kemudahan Maintenance	20	2	8	5	20	3	12
Total Nilai Bobot		56		65		72	
Peringkat		3		2		1	
Kelanjutan Konsep		Tidak Lanjut		Tidak Lanjut		Lanjut	

Keterangan :

Sangat Baik	= 5
Baik	= 4
Cukup	= 3
Kurang	= 2
Sangat Kurang	= 1

Desain ketiga terpilih untuk lanjut pada tahap berikutnya, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk dapat menentukan spesifikasi pada sistem transmisi. Spesifikasi mesin Kubota 8.5 HP (RD 85 DI-2B) memiliki torsi maksimum 3.4 Kg.m dengan kecepatan 1600 rpm.

Perhitungan dilakukan untuk dapat mengidentifikasi nilai-nilai yang terdapat pada poros, *pulley* dan *v-belt*. Berdasarkan desain, perhitungan akan dilakukan untuk menentukan 7 buah *pulley*, 4 *v-belt* sistem dan 2 poros yang digunakan.

Perhitungan Sabuk V dan *Pulley*

Mencari daya dan momen torsi perencanaan seperti berikut,

$$P_d = F_c \times P \quad (1)$$

Dimana,

- Pd = Daya yang direncanakan (kW)
- Fc = Faktor koreksi daya (1,0 ~ 2,0)
- P = Daya *Engine* (kW)

$$\tau_d = 974000 \times \frac{P_d}{N} \quad (2)$$

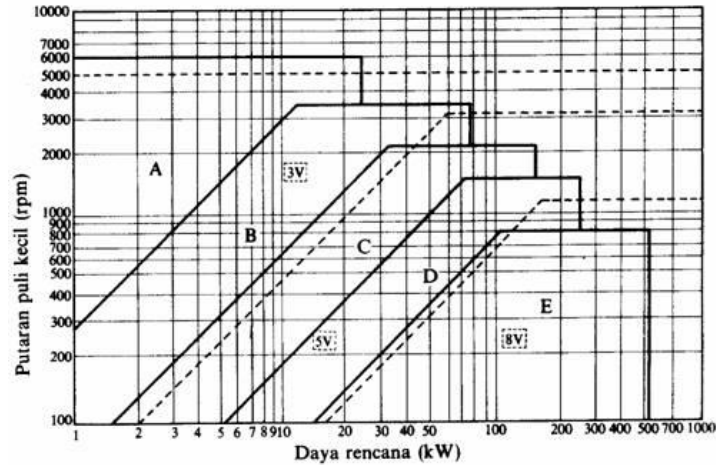
Dimana,

τ_d = Momen Torsi (kgf.m)

P_d = Daya yang direncanakan (kW)

N = Kecepatan putar poros (Rpm)

Menentukan tipe sabuk V melalui diagram pemilihan sabuk V. [6]



Gambar 6. Diagram Pemilihan Sabuk V

Menentukan diameter pulley yang digunakan dengan persamaan berikut,

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (3)$$

Dimana,

D_1 = Diameter pulley penggerak (mm)

D_2 = Diameter pulley yang digerakkan (mm)

N_1 = Kecepatan putar pulley penggerak (Rpm)

N_2 = Kecepatan putar pulley yang digerakkan (Rpm)

Menentukan panjang sabuk yang akan dipakai,

$$L = \pi(R_1 + R_2) + 2X + \frac{(R_1 - R_2)^2}{X} \quad (4)$$

Dimana,

L = Panjang *Belt* (mm) ~ Sebagian besar pasar menggunakan satuan (inch)

R_1 = Radius *pulley* pertama (mm)

R_2 = Radius *pulley* kedua (mm)

X = Panjang jarak antar poros (mm)

Mencari kecepatan keliling pulley dan sabuk,

$$V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot 1000} \quad (5)$$

Dimana,

V_p = Kecepatan keliling *pulley* dan sabuk (m/s)

D = Diameter *Pulley* (mm)

N = Putaran *pulley* (Rpm)

Melakukan analisis tegangan yang terjadi pada setiap sabuk melalui persamaan (6) sampai persamaan (10). Persamaan (6) dan (7) berikut merupakan persamaan untuk mencari sudut kontak yang terjadi pada setiap sistem.

$$\sin(\alpha) = \frac{D_2 - D_1}{2X} \quad (6)$$

$$\theta = (180^\circ - 2\alpha) \frac{\pi}{180^\circ} \quad (7)$$

Dimana,

D_1 = Diameter pulley penggerak (mm)

D_2 = Diameter pulley yang digerakkan (mm)

θ = Sudut kontak pulley (rad)

Perhitungan sudut kontak yang didapatkan selanjutnya dimasukkan pada persamaan (8),

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \theta \cdot \mu \cdot \cos ec \beta \quad (8)$$

Dimana,

T_1 = Tegangan pada sisi kencang (N)

T_2 = Tegangan pada sisi kendur (N)

θ = Sudut kontak sabuk dan *pulley* (rad)

μ = Koefisien gesek sabuk dan *pulley*

β = Setengah sudut *V-grooved pulley* ($^\circ$)

Nilai *V-grooved pulley* pada penelitian ini memiliki nilai sebesar 34° . Nilai koefisien gesek (μ) yang terjadi dapat diambil melalui tabel berikut. [2]

Tabel 2. Koefisien Gesek *Pulley* dan Sabuk V

Bahan Sabuk	Bahan <i>Pulley</i>						
	Besi Tuang, Baja			Kayu	Kertas Press	Leather Face	Rubber Face
	Kering	Basah	Berminyak				
Leather oak tanned	0.25	0.2	0.15	0.3	0.33	0.38	0.40
Leather chrome tanned	0.35	0.32	0.22	0.4	0.45	0.48	0.50
Convass-stitched	0.20	0.15	0.12	0.23	0.25	0.27	0.30
Cotton wooven	0.22	0.15	0.12	0.25	0.28	0.27	0.30
Rubber	0.20	0.18	-	0.32	0.35	0.40	0.42
Balata	0.32	0.20	-	0.35	0.38	0.40	0.42

Mencari nilai tegangan maksimum dan tegangan sentrifugal,

$$T_{\max} = T_1 + T_c \quad (9)$$

Dimana,

T_{\max} = Tegangan maksimum sabuk (N)

T_1 = Tegangan pada sisi sabuk kencang (N)

T_c = Tegangan sentrifugal (N)

$$T_c = m + V_p^2 \quad (10)$$

Dimana,

T_c = Tegangan sentrifugal (N)

m = Berat sabuk per satuan panjang (kg/m)

V_p = Kecepatan keliling *pulley* dan *V-belt* (m/s)

Massa per satuan panjang *belt* diambil melalui tabel berikut. [2]

Tabel 3. Massa per Meter Sabuk V

Tipe Sabuk	Daya (kW)	Minimum diameter pitch pulley (D) mm	Lebar atas (b) mm	Tebal (t) mm	Berat per meter (N)
A	0.7 - 0.35	75	13	8	1.06
B	Feb-15	125	17	11	1.89
C	7.5 - 75	200	22	14	3.43
D	20 - 150	355	32	19	5.96
E	30 - 350	500	38	23	-

Perhitungan Poros Transmisi

Poros menggunakan bahan S45C dengan nilai ultimate tensile strength sebesar 686 MPa. *Permissible shear stress* untuk poros yang tidak tertera pada spesifikasi yang ditentukan, besarnya tidak boleh melebihi 18% *ultimate tensile strength* bahan atau tidak boleh lebih dari 30% dari batas elastisitas tekanan bahan. [1]

$$\tau_s = 0,30(\sigma_{el}) = 0,18(\sigma_{ul}) \quad (11)$$

Menentukan diameter poros dengan momen puntir *equivalent* serta berdasarkan momen puntir dan momen *bending* yang terjadi seperti yang tercantum pada persamaan berikut.

$$T_{eq} = \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} \quad (12)$$

Dimana,

M = Momen bending (N.mm)

T = Momen torsi (N.mm)

Km = Faktor kombinasi tumbukan dan lelah untuk momen bending

Kt = Faktor kombinasi tumbukan dan lelah untuk momen torsi atau puntir

Dengan,

$$T_{eq} = \frac{\pi}{16} \times \tau_s \times d^3 \quad (13)$$

$$T = (T_1 - T_2)R \quad (14)$$

$$M = M_{max} = F \times l \quad (15)$$

Dimana,

τ_s = tegangan geser (MPa)

d = diameter poros (mm)

R = jari-jari pulley (mm)

F = beban yang dialami pada sebuah titik poros (N)

l = jarak antara pembebanan dengan titik tumpuan momen (mm)

Persamaan (13) merupakan persamaan torsi *equivalent* untuk momen puntir konstan. Sedangkan, persamaan (14) adalah persamaan untuk mencari torsi akibat momen puntir. Momen bending maksimum didapatkan melalui persamaan (15).

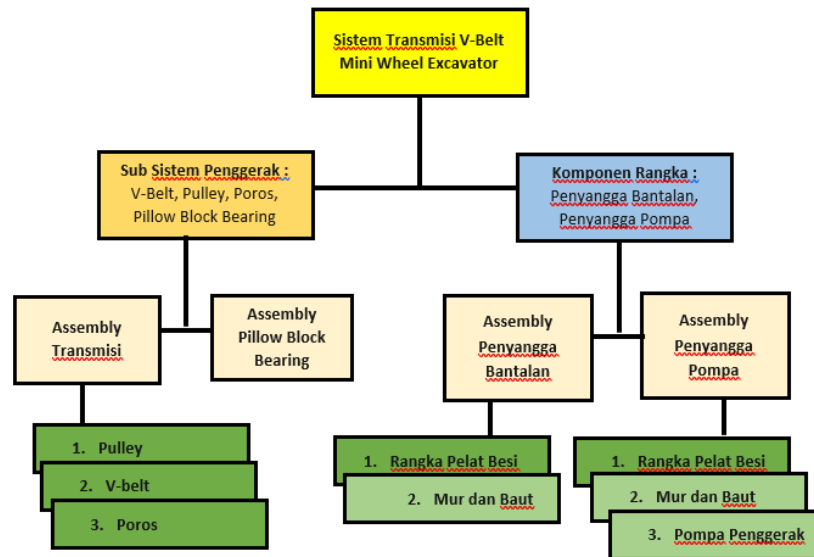
Nilai faktor kombinasi tumbukan dan lelah untuk momen bending (Km) dan momen torsi (Kt) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Nilai Faktor Kombinasi

Beban		Km	Kt
1. Poros tetap/diam			
(a)	beban diterapkan gradual	1.0	1.0
(b)	beban diterapkan tiba-tiba	1.0 - 2.0	
2. Poros berotasi			
(a)	beban diterapkan gradual	1.5	1.0
(b)	beban diterapkan tiba-tiba dengan tumbukan kecil	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
(c)	beban diterapkan tiba-tiba dengan tumbukan besar	2.0 - 3.0	1.5 - 3.0

Hasil Rancangan

Hasil rancangan mendapatkan susunan komponen-komponen yang digunakan dan dikelompokkan pada diagram system-level desain pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram System-Level Desain

Analisa kemampuan dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan torsi secara teoritis berdasarkan aktual dan hasil rancangan yang dapat menjalankan mini wheel excavator seberat 1,8 ton. Berdasarkan perhitungan melalui persamaan (16) dan (17) didapatkan hasil bahwa untuk menjalankan excavator tersebut memerlukan torsi sebesar 7063,2 N.m dan kecepatan 17 rpm. Sedangkan hasil rancangan mendapatkan torsi sebesar 7187,669 N.m dan kecepatan 16 rpm dengan reducer gearbox sebesar 1:10, sehingga dapat dikatakan desain mampu untuk menjalankan mini wheel excavator.

$$\tau = F \times R_w \quad (16)$$

$$\tau = \frac{P_d \cdot 60}{2\pi \cdot N_w} \quad (17)$$

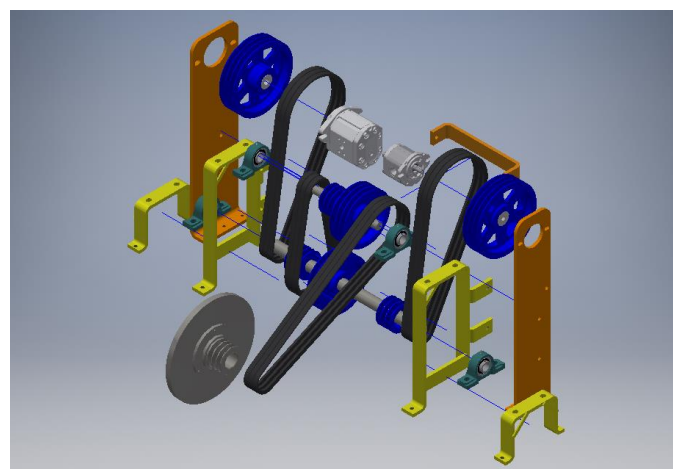
Dimana,

F = Gaya atau massa excavator (N)

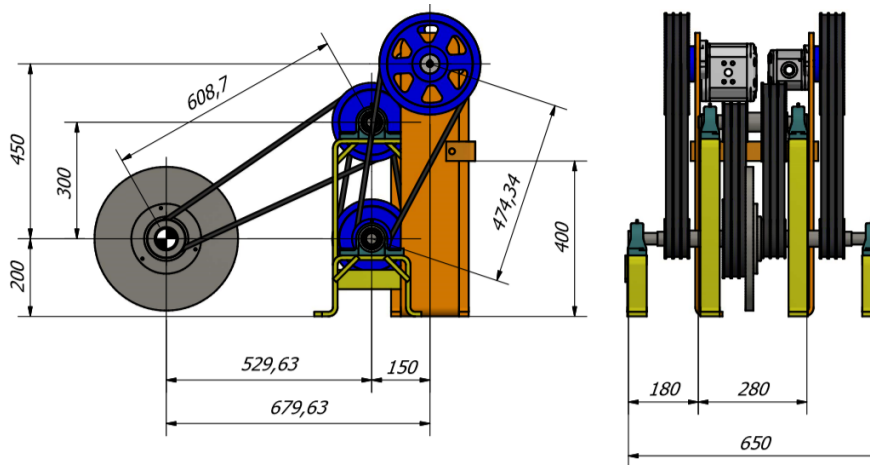
Rw = Jari-jari roda (m)

Pd = Daya perencanaan (W)

Nw = Kecepatan roda (rpm)



Gambar 8. Exploded View Rancangan



Gambar 9. Detail Gambar Posisi

Spesifikasi akhir rancangan seperti yang terlihat pada gambar 8 dan 9 adalah sebagai berikut, dengan total prakiraan anggaran fabrikasi sebesar \pm Rp4.000.000.

1. Maksimum putaran pada poros output pompa yaitu 160 rpm.
2. Menurunkan kecepatan dengan rasio sebesar 10 kali (1:10).
3. Torsi maksimum pada pulley output yaitu 718,7659 [N. m].
4. Menggunakan poros diameter 30 mm panjang 280 mm dan diameter 55 mm panjang 650 mm.
5. Menggunakan 3 pulley 4 inch, 2 pulley 8 inch dan 2 pulley 10 inch.
6. Menggunakan 3 sabuk V pada setiap pulley dengan ukuran 43 inch, 62 inch, 67 inch dan memakai pulley 3 jalur.

4. KESIMPULAN

1. Rancangan menghasilkan putaran pompa 160 rpm dan torsi 718,7659 N.m.
2. Poros pertama berdiameter 30 mm dengan Panjang 280 mm, sedangkan poros kedua berdiameter 42 mm dengan panjang 650 mm.
3. Menggunakan V pulley : 3 buah – 4 inch, 2 buah – 8 inch dan 2 buah – 10 inch.
4. Sabuk V adalah tipe B dengan panjang 43, 62 dan 67 inch.
5. Rencana anggaran berdasarkan rancangan sebesar \pm Rp4.000.000.

REFERENSI

1. Aprilia, K., Winarto, S., & Purnomo, Y. C. S. (2018). Analisa Produktifitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum IAIN Tulungagung. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), 1–11.
2. Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *Machine design*. EURASIA PUBLISHING HOUSE (PVT.) LTD.
3. Mahmudi, H. (2021). Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt Pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(1), 40–46.
4. Siburian, J. D. (2019). Analisa Slip Transmisi Pulley Dan V-Belt Pada Beban Tertentu Dengan Menggunakan Motor Berdaya Seperempat HP.
5. Penjualan Meningkat, Kemenperin Fokus Tingkatkan Produksi Alat Berat, <https://kemenperin.go.id/artikel/22864/Penjualan-Meningkat,-Kemenperin-Fokus-Tingkatkan-Produksi-Alat-Berat?> (akses 3 Juni 2022)
6. Sularso dan K. Suga, Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya Paramita, Jakarta (1997)
7. Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., & Yang, M. C. (2020). *Product Design and Development* (Seventh Ed). McGraw-Hill Education.