

PERANCANGAN MODIFIKASI BECAK UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS DAN MERINGANKAN GAYA KAYUH

Aulia Fauzan Isyaki^a, Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D.^b, Totok Suwanda, S.T., M.T.^c
^{a,b,c} Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar selatan, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia (55183)
Telephone/fax 0274-387656
^a e-mail: aulia.fauzan120@gmail.com

Abstract

Traditional transportation can be defined as moving people or goods from one place to another using a vehicle driven by human or animal. Pedicabs are one of the traditional means of transportation. The type of mover uses human power in a padded way. The purpose of this design is to produce a light wight and stable steering wheel, smaller megntitude of paddle force, and lightweight body of rickshaws.

The design process started with measuring the existing rickshaw. Suspension system is adjusted for the comfort of pessangers, the steering system was modified for improding stability. The suspension system was adapted from gokart and steering system was using Suzuki Baleno's car. A multiple *sprocket* system was selected for the drive system.

The design results in a lightweight and stable steering system of *Rack and Pinion*. The drive system was a multiple *sprocket*. The body was mode of glass fibre composite system in order to obtained lightweight rickshaw structure.

Keywords: *design, pedicab, Rack and Pinion, Sprocket, traditional transportation*

1. PENDAHULUAN

Transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakan oleh manusia atau mesin (Perda DIY No.5 Tahun 2016). Transportasi tradisional menggunakan tenaga manusia atau tenaga hewan. Transportasi tradisional sering digunakan untuk mempermudah aktivitas sehari-hari pada berbagai bidang seperti pendidikan, pariwisata, dan perekonomian. Alat transportasi tradisional memiliki berbagai keunikan, diantaranya pada gambar yang ada pada becak kebanyakan pemandangan pedesaan atau alam. Keunikan alat transportasi ini menjadi daya tarik bagi para wisatawan domestik maupun mancanegara.

Becak adalah salah satu alat transportasi tradisional. Jenis penggerak menggunakan tenaga manusia dengan cara di kayuh. Kapasitas penumpang paling banyak ada 2 (dua) orang atau tidak melebihi kemampuan daya dorong dan daya dukung lainnya (Perda DIY No.5 Tahun 2016). Beberapa jenis penggerak becak di Indonesia yaitu becak kayuh dan becak bermotor. Posisi pengemudi becak dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu becak dengan pengemudi berada di belakang dan becak dengan pengemudi berada di samping.

Pada becak yang sudah ada ditemukan masalah pada sistem kemudi. Karena saat berbelok bagian kursi penumpang juga ikut berbelok. Maka tenaga yang diperlukan saat membelokkan sangat besar. Ketika berbelok sistem kemudi menjadi tidak stabil.

Saat becak beroperasi di jalan, ditemukan pengemudi yang mengeluhkan beratnya kayuhan becak saat menanjak. Pada saat jalan menanjak pengemudi membutuhkan tenaga yang besar. Sehingga pengemudi memilih untuk mendorong becaknya saat di jalan menanjak.

Umumnya body becak memiliki beban yang berat karena terbuat dari kayu. Sehingga beban yang terdapat pada becak akan menjadi lebih berat. Bahan pada body becak juga tidak tahan air maka akan mengalami pengeroposan.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, maka disimpulkan bahwa sistem kemudi pada becak sangat berat saat berbelok karena kursi penumpang ikut berbelok, pada saat menanjak pengemudi mengeluhkan beratnya kayuhan becak dan bahan dari body becak yang memiliki beban berat dan tidak tahan air.

2. METODE PENELITIAN

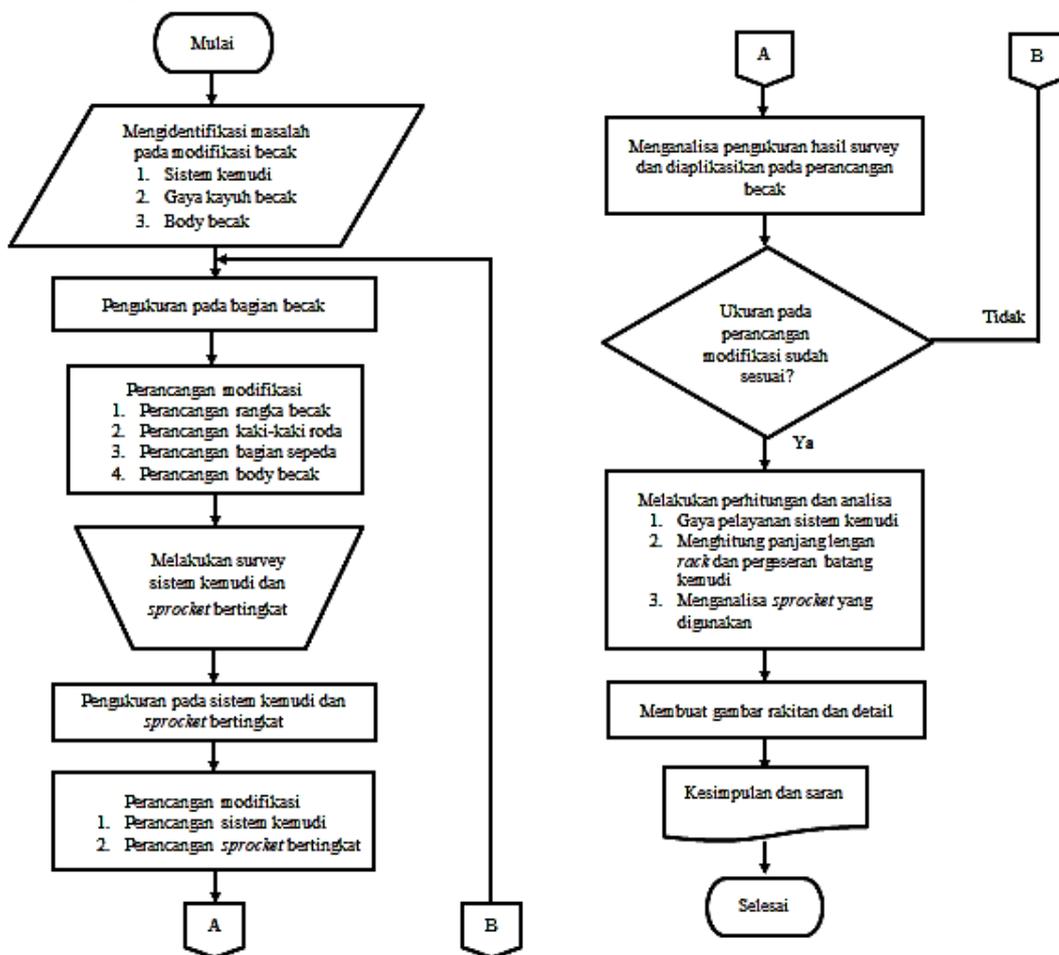
2.1. Modifikasi

Modifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mempermudah penggunaan transportasi becak. Becak akan di modifikasi dengan sistem kemudi supaya bagian ban saja yang akan berbelok, *sprocket* yang akan digunakan adalah *sprocket* bertingkat, perbaikan pada kontruksi rangka becak, dan body becak nantinya akan menggunakan material komposit atau *fiberglass*. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan dan pengukuran untuk memperoleh hasil desain yang dapat dijadikan acuan untuk proses selanjutnya.

2.2. Alat dan bahan

- **Alat** : Laptop G40, Software *Autodesk Inventor 2016*, Jangka sorong, Mistar Gulung, Penggaris, Busur derajat, dan Kalkulator.
- **Bahan** : Unit becak

2.3. Diagram alir



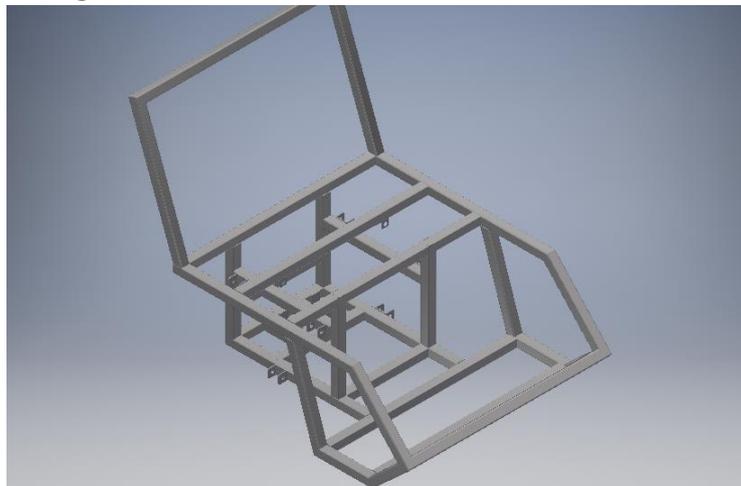
2.4. Tahap perancangan

Ada beberapa tahapan dalam perancangan modifikasi becak sesuai dengan data-data yang telah diperoleh di lapangan.

1. Tahapan pertama yang akan dilakukan adalah melakukan pengumpulan data dan permasalahan yang ada pada becak. Hal ini dilakukan untuk memudahkan perancangan modifikasi tersebut.
2. Tahapan kedua adalah proses pengukuran semua obyek becak dan pemilihan bahan untuk perancangan modifikasi tersebut.
3. Tahapan ketiga dilakukan proses perancangan rangka becak yang telah dimodifikasi berdasarkan hasil pengukuran.
4. Tahapan keempat dilakukan observasi dan perancangan kaki-kaki mobil gokart yang akan diaplikasikan pada rangka becak.
5. Tahapan kelima dilakukan oservasi dan perancangan sistem kemudi yang menggunakan model *Rack and Pinion* dengan disesuaikan pada rangka tersebut.
6. Tahapan keenam dilakukan proses perancangan rangka sepeda yang berdasarkan hasil pengukuran pada sepeda dibecak.
7. Tahapan ketujuh dilakukan proses perancangan sistem penggerak dengan *sprocket* bertingkat yang diaplikasikan pada sepeda becak.
8. Tahapan kedelapan proses perancangan body becak dengan material komposit atau fiberglass.
9. Tahapan terakhir pemasangan seluruh komponen yang telah dirancang dan disesuaikan dengan ukuran yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Modifikasi rangka becak



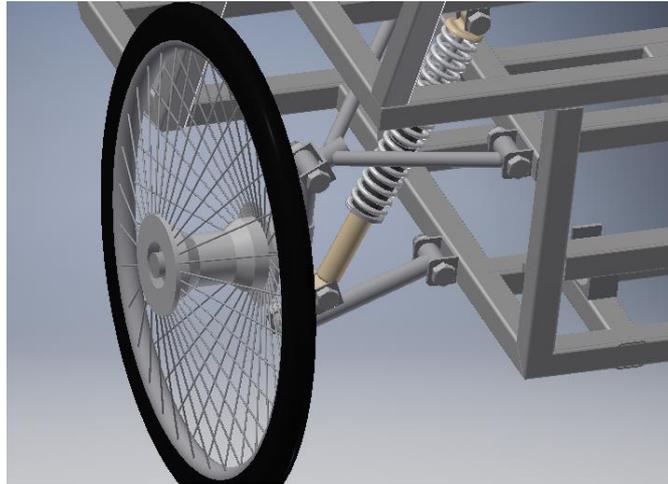
Gambar 3.1 Rangka becak

Kesimpulan pada Gambar 3.1 desain rangka becak ini akan menggunakan material besi hollow karena karakteristik material ini sederhana, ringan dan kokoh. Total berat modifikasi rangka ini adalah 24.897 kg. Penggunaan material ini juga akan mempermudah untuk pemasangan body becak nantinya. Pada desain rangka becak bagian kaki penumpang di buat agak miring supaya rangka becak dan roda depan tidak bertabrakan pada saat berbelok

3.2 Modifikasi kaki-kaki dan suspensi

Pada modifikasi ini dilakukan observasi terlebih dahulu tentang kaki-kaki mobil gokart dan suspensi yang akan digunakan. Kali ini menggunakan kaki-kaki gokart yang

akan diaplikasikan pada modifikasi becak sebagai penghubung antara rangka becak dengan as roda.



Gambar 3.2 Desain kaki-kaki dan suspensi

Kesimpulan pada Gambar 3.2 perancangan desain modifikasi ini menggunakan kaki-kaki yang digunakan pada mobil gokart. Material yang digunakan untuk pembuatan kaki-kaki becak dengan pipa baja. Suspensi becak nantinya akan menggunakan suspensi sepeda motor. Fungsi dari desain modifikasi ini. Maka selama perjalanan di jalan tidak merata, penumpang tetap merasakan kenyamanan. Ban yang digunakan untuk bagian depan tidak menggunakan ban becak pada umumnya akan tetapi menggunakan ban sepeda bmx yang memiliki diameter ban kecil. Modifikasi kaki-kaki juga untuk mempermudah pemasangan sistem kemudi.

3.3 Modifikasi kaki-kaki dan suspensi

Untuk mengatasi sistem kemudi supaya menjadi ringan dan stabil, maka dilakukan modifikasi dengan menambahkan sistem kemudi mobil jenis *Rack and Pinion* yang akan diaplikasikan pada becak. Sebelum dilakukan modifikasi, maka dilakukan observasi pada sistem kemudi *Rack and Pinion* pada mobil Suzuki Baleno. Bentuk *Rack and Pinion* mobil Suzuki Baleno, seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Hasil observasi



Gambar 3.4 Hasil modifikasi

Pada Gambar 3.4, Hasil modifikasi yang akan diaplikasikan pada becak. Jenis sistem kemudi *Rack and Pinion* yang dipilih karena sistem kemudi ini dimanfaatkan pada kendaraan berukuran kecil hingga sedang. Dari hasil pengukuran pada sistem kemudi

Rack and Pinion, akan ditentukan perhitungan gaya pelayanan atau tarikan stang kemudi, panjang lengan rack, dan pergeseran batang kemudi, yaitu:

1. Menentukan gaya pelayanan pada sistem kemudi, antara lain:

Pinion dibuat dari bahan (baja celup dingin dan temper, dengan $\sigma_{a1} = \sigma_{a2} = \sigma_{OP} = 10,2 \frac{Kg}{mm^2}$ sama dengan 100 Mpa), seperti pada Gambar 3.5 (Sularso dan Suga, 2004), dengan demikian desain akan didasarkan pada pinion.

Bahan	Perlakuan panas	Kekerasan permukaan minimum		Tegangan lentur yang diizinkan (kg/mm ²)	Tegangan kontak yang diizinkan (kg/mm ²)
		H _B	H _R C		
Baja	Celup dingin sementasi	625	60	22,7	189
	Celup dingin sementasi	575	55	22,7	151
	Celup dingin frekwensi tinggi	500	50	10,2	144
	Celup dingin dan temper	440		18,9	144
	Celup dingin dan temper	300		14,4	102
	Celup dingin dan temper	180		10,2	92
Besi cor	Pegecoran	200		5,3	49
	Pengecoran	175		3,1	38
	Pengecoran	—		2,0	23

Gambar 3.5 Bahan pinion

- Perhitungan modul gigi pada pinion jumlah gigi = 20
 Diketahui nilai h atau tinggi pinion sebesar 3 mm sesuai hasil pengukuran yang telah dilakukan.

$$m = \frac{h}{2,7341} = \frac{3}{2,7341} = 1,09$$
 sama dengan modul standar 1 mm
- Jumlah gigi yang formatif atau setara untuk pinion
 Diketahui nilai Z_p dari jumlah gigi pinion yaitu 20/m dengan kemiringan pada gigi pinion 45°.

$$Z_E = \frac{Z_p}{\cos^3 x \alpha} = \frac{20/m}{\cos^3 x 45^\circ} = \frac{20/m}{(0,707)^3} = \frac{56,59}{m}$$
- Faktor bentuk gigi untuk pinion
 Diketahui nilai Z_E dari jumlah gigi ekuivalen yaitu 56,59/m.

$$y_p = 0,175 - \frac{0,841}{Z_E}$$

$$= 0,175 - \frac{0,841}{56,59/m} = 0,175 - 0,014 m$$
- Perhitungan kecepatan periferal
 Diketahui diameter pinion sebesar 20 mm diubah menjadi 0,02 m dan putaran pinion dengan mengasumsikan 600 rpm.

$$v = \frac{\pi \times D_p \times N_p}{60} = \frac{\pi \times 0,02 \times 600}{60} = 0,62 \text{ m/s}$$
- Faktor kecepatan
 Diketahui kecepatan periferal yang didapat adalah 0,62 m/s.

$$C_v = \frac{0.75}{0.75 + \sqrt{v}} = \frac{0.75}{0.75 + \sqrt{0.62}} = 0.48$$

Untuk lebar muka maksimum (b) pada gigi heliks dapat diambil sebesar 12,5 m hingga 20 m, dimana m adalah modul. Oleh karena itu dibuat (hasil pengukuran), (Khurmi dan Gupta, 2005).

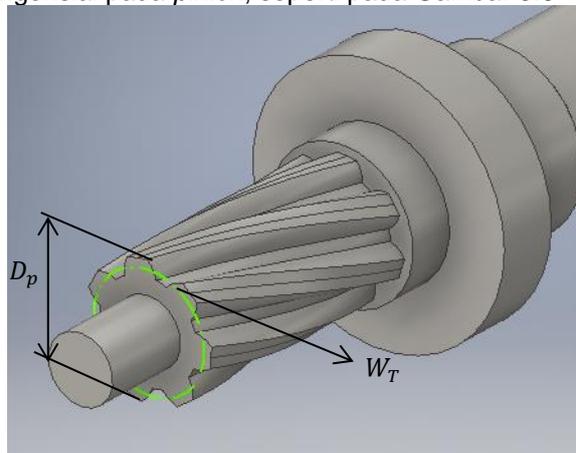
$$b = 37 \text{ mm}$$

f. Beban tangensial (W_T)

Diketahui bahan *pinion* atau σ_{OP} sebesar 100 MPa, panjang *pinion* adalah 37 mm.

$$\begin{aligned} W_{Ta} &= (\sigma_{OP} \times C_v) b \times \pi \times m \times y_p \\ &= (100 \times 0.48) 37 \text{ m} \times \pi \times m \times (0.175 - 0.014 \text{ m}) \\ &= 5579 \text{ m}^2 (0.175 - 0.014 \text{ m}) = 898 \text{ N} \end{aligned}$$

g. Beban gigi tangensial pada *pinion*, seperti pada Gambar 3.6

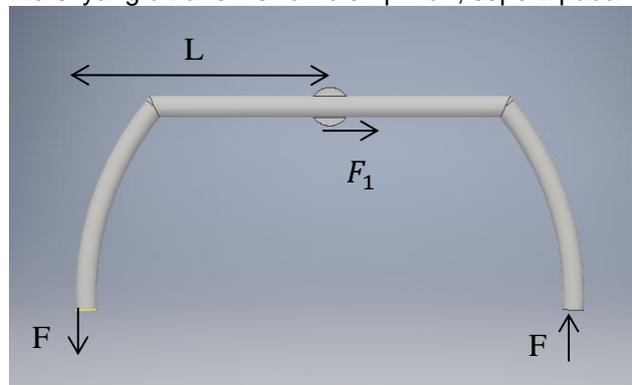


Gambar 3.6 *Pinion*

Hasil pengukuran sistem kemudi mobil Suzuki Baleno, diketahui bahwa diameter pinion sebesar 20 mm, beban tangensial maximum sebesar 898 N.

$$\begin{aligned} W_{Ta} \leq \frac{T}{D_p/2} &= 898 \leq \frac{T}{D_p/2} = T = \frac{898 \times D_p}{2} \\ T &\leq \frac{898 \times 20}{2} = 8980 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

h. Perhitungan torsi yang ditransmisikan oleh pinion, seperti pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Stang kemudi

Diketahui torsi sudah didapat dari perhitungan diatas yaitu 8980 N.mm. Untuk nilai L adalah panjang stang kemudi sebesar 250 mm. Sehingga dilakukan perhitungan untuk mencari F atau gaya dorong pada stang kemudi.

$$T = 2 \times F \times L = 8980 = 2 \times F \times L$$

$$F = \frac{8980}{2 \times 250} = 17,96 \text{ N}$$

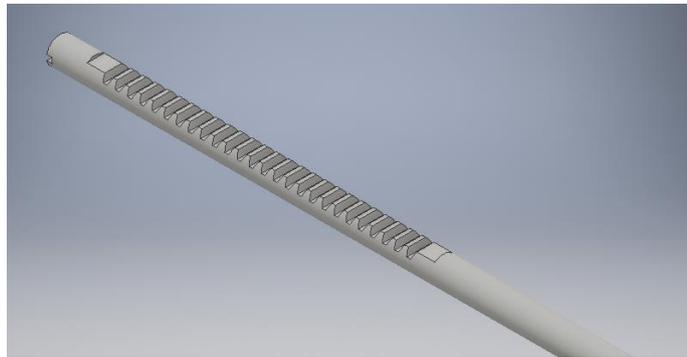
Untuk memecahkan ungkapan ini dengan metode hit and trial dan untuk mencari gaya pelayanan, diketahui gaya dorong sebesar 17,96 N, diameter pinion sebesar 20 mm, dan panjang stang kemudi adalah 250 mm.

$$F_1 = F \times \frac{D_p}{2 \times L} = 17,96 \times \frac{2 \times 250}{20} = 449 \text{ N}$$

Kesimpulannya bahwa nilai dari F_1 atau gaya pelayanan lebih kecil dari nilai W_{Ta} atau gaya tangensial maximum, dimana $F_1 = 449 \text{ N} < W_{Ta} = 898 \text{ N}$

2. . Menentukan panjang lengan rack

Diketahui jumlah gigi rack sebanyak 25 seperti pada gambar. Berdasarkan hasil pengukuran pada waktu observasi dan m adalah modul, seperti pada Gambar 3.8



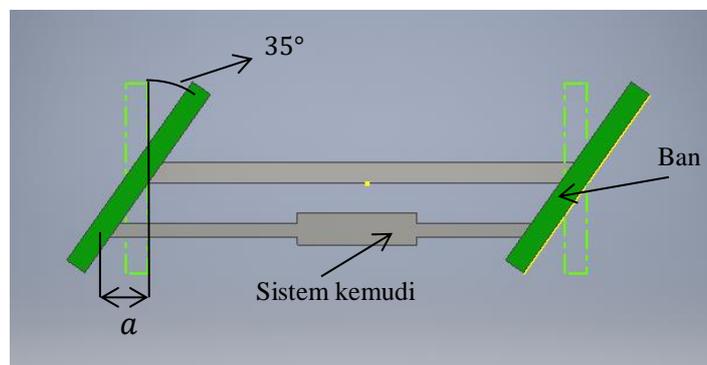
Gambar 3.8 Rack

$$L_{rack} = Z_{rack} \times \pi \times \frac{m}{\cos \alpha} = 25 \times \pi \times \frac{1}{\cos 45^\circ}$$

$$= 110 \text{ sampai } 115 \text{ mm}$$

3. . Menentukan pergeseran batang kemudi

Diketahui panjang rack adalah 110 mm dengan sudut belok sebesar 35 derajat dan dapat dilihat pada Gambar 3.9

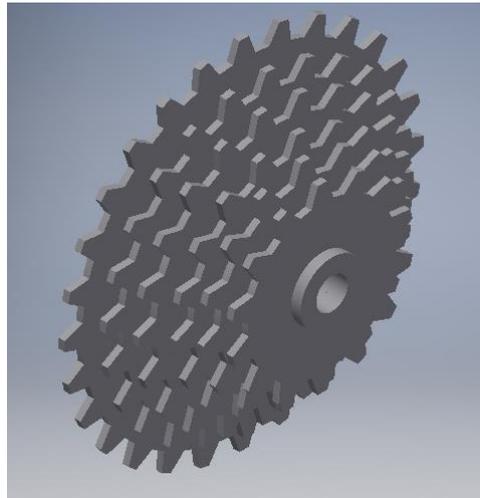


Gambar 3.9 Sudut belok

$$a = \frac{L_{rack}}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ mm}$$

3.4 Modifikasi sistem penggerak

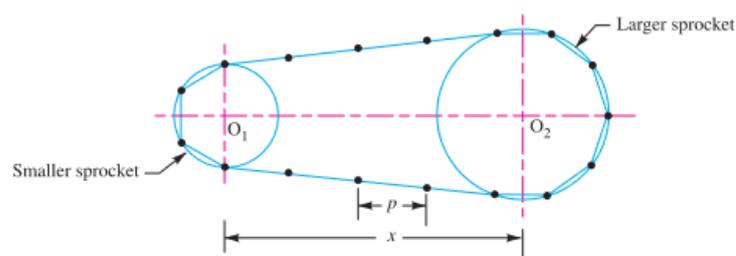
Pada saat jalan menanjak pengemudi membutuhkan tenaga yang besar. Sehingga dilakukan modifikasi pada sistem penggerak becak supaya gaya kayuh menjadi ringan dan tidak memerlukan tenaga yang besar. Maka pada rangkaian sistem penggerak digunakan *sprocket* bertingkat untuk meringankan gaya kayuh sepeda. *Sprocket* bertingkat yang digunakan memiliki 6 tingkatan dari yang besar sampai kecil, seperti pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Sprocket bertingkat

Dalam sistem penggerak ini dilakukan perhitungan untuk menentukan panjang rantai dan jarak center tiap tingkatan *sprocket* dan mencari daya pada tiap tingkatan *sprocket*, yaitu:

1. Menentukan panjang rantai, seperti pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Sistem penggerak

a. Tingkatan Pertama

Menghitung panjang rantai dari jumlah yang diperoleh, diketahui jumlah gigi *sprocket* belakang sebanyak 28, jumlah gigi *sprocket* depan sebanyak 36, pitch atau jarak pin pada rantai sebesar 16 mm, dan jarak *sprocket* depan dan belakang sebesar 515 mm.

$$K = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2x}{p} + \left[\frac{Z_1 + Z_2}{2\pi} \right]^2 \frac{p}{x}$$

$$K = \frac{28 + 36}{2} + \frac{2 \times 515}{16} + \left[\frac{28 + 36}{2 \times \pi} \right]^2 \frac{16}{515}$$

$$K = 32 + 64,37 + 3,22$$

$$K = 100$$

Maka nilai K yang diperoleh dari ekspresi di atas harus didekati dengan bilangan genap terdekat.

Untuk menentukan jarak pusat, diketahui jumlah gigi *sprocket* belakang tingkatan pertama sebanyak 28, jumlah gigi *sprocket* depan sebanyak 36, pitch atau jarak pin pada rantai sebesar 16 mm, dan sejumlah mata rantai sebanyak 100.

$$x = \frac{p}{4} \left[K - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(K - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{Z_2 + Z_1}{2 \pi} \right)^2} \right]$$

$$x = \frac{16}{4} \left[100 - \frac{28+36}{2} + \sqrt{\left(100 - \frac{28+36}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{36+28}{2 \times \pi} \right)^2} \right]$$

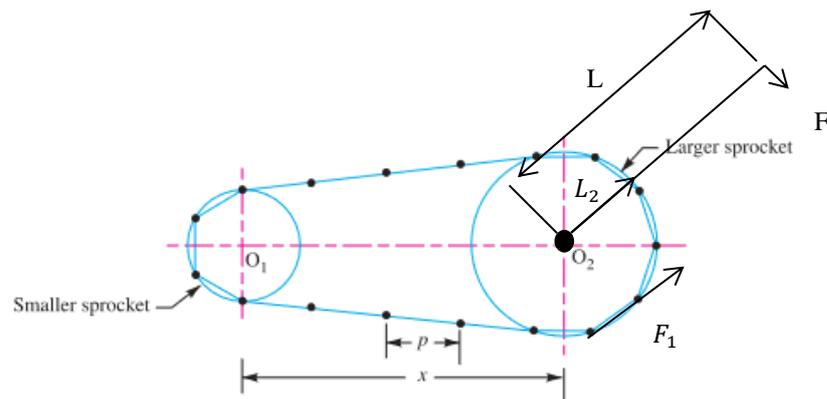
$$x = \frac{16}{4} \left[100 - \frac{28 + 36}{2} + 61,59 \right]$$

$$x = \frac{16}{4} [129,59] = 518,36 \text{ mm}$$

Menghitung panjang rantai, diketahui K atau sejumlah mata rantai sebanyak 100 dan pitch atau jarak pin pada rantai sebesar 16 mm.

$$L = K \cdot p = 100 \times 16 = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

2. Menentukan panjang rantai, seperti pada Gambar 3.12



Gambar 3.12 Ilustrasi mencari daya

Pada perhitungan ini untuk menentukan gaya pada *sprocket* besar dengan diketahui berat rata-rata orang sekitar 75 kg, dan percepatan gravitasi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$.

$$F = m \times g = 75 \times 9,81 = 735,75 \text{ N} = 0,73575 \text{ kN}$$

Diketahui F adalah 0,73575 kN dan panjang lengan pedal 200 mm.

$$T_2 = F \times L = 0,73575 \times 200 = 147,15 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

Diketahui F adalah 0,73575 kN, jarak *sprocket* adalah 75 mm, dan panjang lengan pedal 200 mm.

$$F_1 = \frac{L}{L_2} \times F = \frac{200}{75} \times 0,73575 = 1,96 \text{ N}$$

Pada perhitungan ini untuk menentukan laju orang bersepeda santai, diketahui diameter ban sebesar 600 mm dan N_1 adalah asumsi laju kecepatan rata-rata sebesar 100 r.p.m.

$$v = \frac{\pi \times D_b \times N_1}{60} = \frac{\pi \times 600 \times 100}{60} = 3141,59 \text{ m/s}$$

Diketahui kecepatan sebesar $3141,59 \text{ m/s}$ dan diameter ban sebesar 600 mm.

$$N_1 = \frac{60 \times v}{\pi \times D_b} = \frac{60 \times 3141,59}{\pi \times 600} = 100 \text{ r.p.m}$$

a. Tingkatan Pertama

- Perhitungan rasio kecepatan penggerak rantai. Diketahui jumlah gigi *sprocket* belakang sebanyak 28 dan jumlah gigi *sprocket* depan sebanyak 36. Maka rasio kecepatan 1,28.

$$V.R. = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{36}{28} = 1,28$$

Setelah dilakukan pengukuran pada rantai roller dengan jumlah gigi sprocket atau pinion yang lebih kecil (Z_1) untuk rasio kecepatan 1,28

∴ Bahwa daya desain adalah

$$= \text{Nilai daya} \times \text{Faktor Layanan} (K_s)$$

Faktor layanan (K_s) adalah produk dari berbagai faktor K_1 , K_2 , dan K_3 . Nilai-nilai faktor-faktor ini diambil sebagai berikut: (Khurmi dan Gupta, 2005).

Faktor beban (K_1) untuk beban variabel dengan kejut berat= 1.5 (Khurmi dan Gupta, pasal 1).

Faktor pelumasan (K_2) untuk menjatuhkan pelumasan= 1 (Khurmi dan Gupta, pasal 2).

Faktor peringkat (K_3) selama 8 jam per hari= 1 (Khurmi dan Gupta, pasal 3).

∴ Faktor layanan, $K_s = K_1 \times K_2 \times K_3 = 1.5 \times 1 \times 1 = 1.5$

Maka daya desain = $1,96 \times 1.5 = 2,94 \text{ kW}$

Dari Tabel 3.1 (Sularso dan Suga, 2004), Bahwa sesuai dengan kecepatan pinion 100 r.p.m. Daya yang ditransmisikan untuk rantai No. 50 dari Tabel 3.1, yaitu

[Ukuran umum]

Nomor rantai	Jarak bagi p	Diameter rol R	Lebar rol W	Plat mata rantai			Diameter pena D
				Tebal T	Lebar H	Lebar h	
50	15,875	10,16	9,53	2,0	15,0	13,0	5,09

[Ukuran individuil]

Nomor rantai	Rangkaian	Panjang pena $L_1 + L_2$	L_1	L_2	Panjang pena offset L	Jarak sumbu rangkai-an C	Jenis pena	Batas kekuatan tarik JIS (kg)	Batas kekuatan tarik rata-rata (kg)	Beban maksimum yang diizinkan (kg)	Berat kasar (kg/m)	Jumlah sambungan setiap satuan
# 50	1	22,3	10,3	12,0	22,5		Keling	2210	3200	520	1,04	
# 50-2	2	40,5	19,35	21,15	41,8		"	4420	6400	880	2,07	
# 50-3	3	58,6	28,4	30,2	59,9		"	6630	9600	1300	3,09	
# 50-4	4	76,7	37,45	39,25	78,1	18,1	"	8840	12800	1710	4,11	192
# 50-5	5	94,8	46,5	48,3	96,2		"	11050	16000	2020	5,14	
# 50-6	6	113,0	55,6	57,4	114,4		"	13260	19200	2390	6,16	

Tabel 3.1

Pitch, $p = 15,875 \text{ mm}$

Diameter roller, $d = 10,16 \text{ mm}$

Lebar minimum rol

$$w = 9,53 \text{ mm}$$

$$\text{Kekuatan putus, } W_B = 3200 \text{ kg} = 31381,28 \text{ N}$$

- Untuk menghitung lingkaran pitch *sprocket* kecil. Diketahui diameter pitch 15,875 mm dan jumlah gigi *sprocket* belakang sebanyak 28.

$$d_1 = p \operatorname{cosec} \left(\frac{180}{Z_1} \right) = 15,875 \operatorname{cosec} \left(\frac{180}{28} \right) \text{ mm}$$

$$d_1 = 15,875 \times 7,53 = 119,53 \text{ mm} = 0,11953 \text{ m}$$

- Untuk menghitung lingkaran pitch *sprocket* besar. Diketahui diameter pitch 15,875 mm dan jumlah gigi *sprocket* belakang sebanyak 36.

$$d_2 = p \operatorname{cosec} \left(\frac{180}{Z_2} \right) = 15,875 \operatorname{cosec} \left(\frac{180}{36} \right) \text{ mm}$$

$$d_2 = 15,875 \times 9,89 = 157 \text{ mm} = 0,157 \text{ m}$$

- Menentukan kecepatan garis pitch dari *sprocket* yang lebih kecil dan diketahui lingkaran pitch *sprocket* kecil adalah 0,11953 m dan N_1 adalah asumsi laju kecepatan rata-rata sebesar 100 r.p.m.

$$v_1 = \frac{\pi d_1 N_1}{60} = \frac{\pi \times 0,11953 \times 100}{60} = 0,62 \text{ m/s}$$

∴ Muat pada rantai,

$$w = \frac{\text{Nilai daya}}{\text{Kecepatan garis pitch}} = \frac{1,96}{0,62} = 3,16 \text{ kN} = 3160 \text{ N}$$

∴ Menentukan faktor keamanan,

$$\frac{W_B}{W} = \frac{31381,28}{3160} = 9,93$$

Jarak pusat minimum antara *sprocket* yang lebih kecil dan lebih besar harusnya 30 hingga 50 kali pitch. Maka dianggap 30 kali lebih tinggi (Khurmi dan Gupta, 2005).

∴ Untuk menentukan jarak antara sambungan sproket,
 $= 30 p = 30 \times 15,875 = 477 \text{ mm}$

Untuk mengakomodasi lerengan awal dalam rantai, nilai jarak pusat dikurangi 2 hingga 5 mm.

∴ Untuk menentukan jarak pusat yang benar,
 $x = 477 - 4 = 473 \text{ mm}$

- Menghitung panjang rantai dari jumlah yang diperoleh dan diketahui jumlah gigi *sprocket* belakang sebanyak 28, jumlah gigi *sprocket* depan sebanyak 36, pitch atau jarak pin pada rantai sebesar 15,875 mm, dan jarak *sprocket* depan dan belakang sebesar 473 mm.

$$K = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2x}{p} + \left[\frac{Z_1 + Z_2}{2\pi} \right]^2 \frac{p}{x}$$

$$K = \frac{28 + 36}{2} + \frac{2 \times 473}{15,875} + \left[\frac{28 + 36}{2 \times \pi} \right]^2 \frac{15,875}{473}$$

$$K = 32 + 59,59 + 3,48$$

$$K = 94$$

Maka nilai K yang diperoleh dari ekspresi di atas harus didekati dengan bilangan genap terdekat.

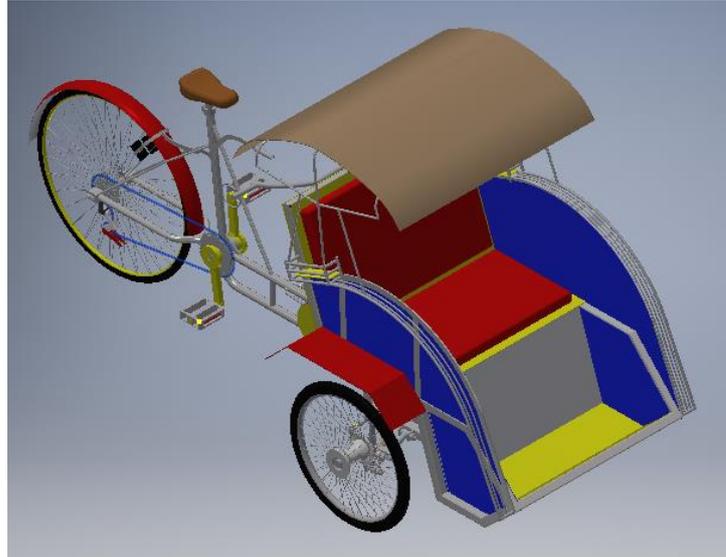
- Menghitung panjang rantai dan diketahui K atau sejumlah mata rantai sebanyak 94 dan pitch atau jarak pin pada rantai sebesar 15,875 mm

$$L = K \cdot p = 94 \times 15,875 = 1492 \text{ mm} = 1,492 \text{ m}$$

3.5 Modifikasi body becak

Pada umumnya body becak terbuat dari material kayu sehingga becak menjadi lebih berat. Bahan pada body becak juga tidak tahan air maka akan mengalami pengerosan. Sehingga dilakukan modifikasi pada body becak dengan menggunakan material

komposit atau *fiberglass*, Karena karakteristik dari komposit sangat ringan, seperti pada Gambar 3.13

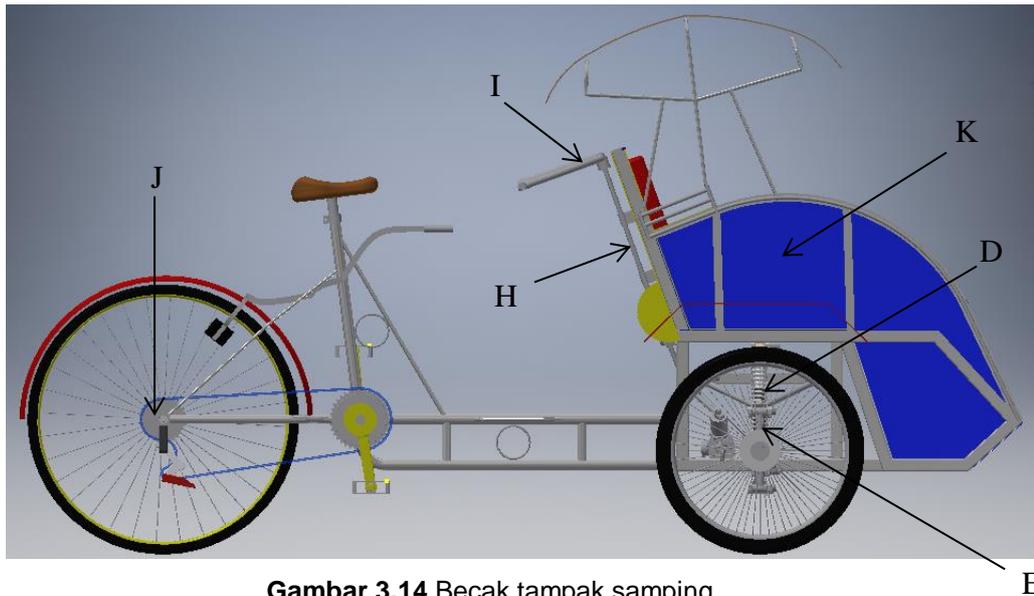


Gambar 3.13 Body becak

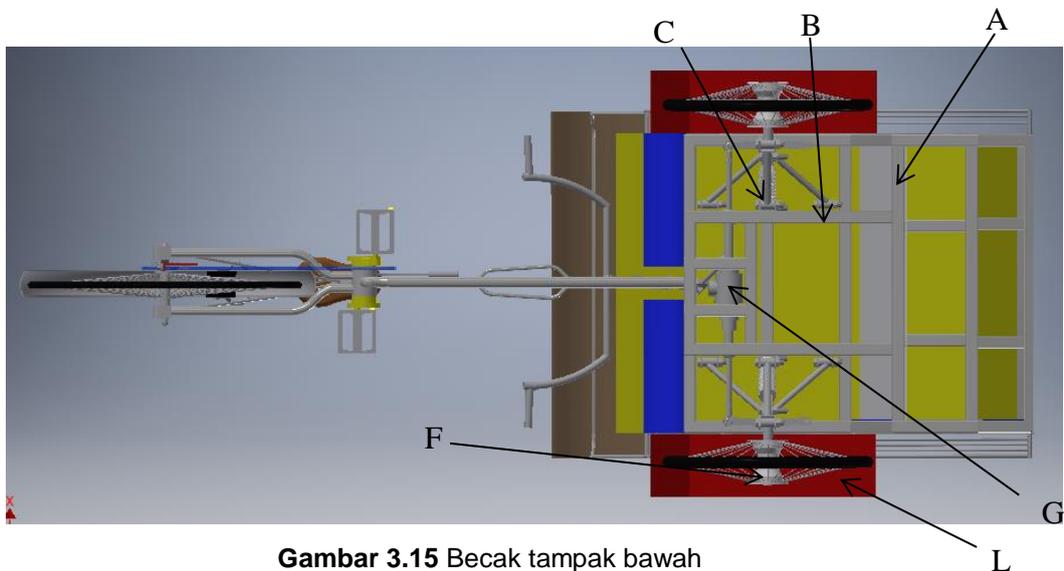
3.6 Bagian yang dimodifikasi

Dari kesimpulan di atas akan menjelaskan, bagian mana saja yang akan dimodifikasi pada becak, antara lain:

- A. Rangka becak, seperti pada Gambar 3.15.
- B. Kaki-kaki bagian atas, seperti pada Gambar 3.15.
- C. Kaki-kaki bagian bawah, seperti pada Gambar 3.15.
- D. Suspensi sepeda motor, seperti pada Gambar 3.14.
- E. As roda, seperti pada Gambar 3.14.
- F. Ban BMX, seperti pada Gambar 3.15
- G. Sistem kemudi jenis *Rack and Pinion*, seperti pada Gambar 3.15.
- H. Batang kemudi, seperti pada Gambar 3.14.
- I. Stang kemudi, seperti pada Gambar 3.14.
- J. *Sprocket* bertingkat, seperti pada Gambar 3.14.
- K. Body becak, seperti pada Gambar 3.14.
- L. *Spack bor*, seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.14 Becak tampak samping



Gambar 3.15 Becak tampak bawah

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang perancangan modifikasi sistem kemudi dan *sprocket* pada transportasi becak yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan sistem kemudi jenis *Rack and pinion* yang diaplikasikan pada becak akan berfungsi untuk meringankan beban pengemudi. Sehingga pada saat berjalan bagian ban saja yang berbelok, maka tenaga yang diperlukan untuk membelokkan becak akan menjadi ringan.
2. Modifikasi kaki-kaki becak berfungsi untuk memberi kenyamanan pada penumpang saat berada di jalan yang tidak merata dan memudahkan pemasangan sistem kemudi yang ditransmisikan pada ban becak.
3. Menggunakan *sprocket* bertingkat bertujuan untuk meringankan gaya kayuh pengemudi. Pada tiap tingkatan *sprocket* bertingkat juga mempengaruhi gaya kayuh dan tenaga yang diperlukan saat mengayuhnya.
4. Bahan yang digunakan untuk body becak menggunakan material komposit atau *fiberglass*. Karena karakteristik dari material ini ringan, kokoh, dan mudah untuk diaplikasikan pada becak. Sehingga beban becak sendiri menjadi lebih ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, 2010. "Eksistensi Angkutan Becak Dalam Perkembangan Transportasi Di Yogyakarta". Yogyakarta: AKPN "Bahtera" Yogyakarta.
- Hamzani, dan Desmi, 2014. "Pengaruh Angkutan Becak Mesin Terhadap Kinerja Jalan" IV (2): Hal 32 Teras Jurnal
- Histeel, 2015. "Profil Baja Siku". <http://histeel.co.id/profil-baja/siku/siku-50-x-50-polos>, Diakses Pada 24 Juni 2018 Pukul 21.00.
- Khurmi R.S, dan Gupta J.K, 2005. "A Textbook Of Machine Design". New Delhi: S. Chand & Company LTD
- Kompas.com, 2010. "Becak Layak Jadi Ikon Wisata". <https://nasional.kompas.com/read/2010/05/29/13520476/becak.layak.jadi.ikon.wisata>, Diakses Pada 22 Agustus 2018 Pukul 16.55.
- Libratama, 2018. "Mengenal Pipa Baja Dalam Industri". <http://libratama.com/mengenal-pipa-baja-dalam-industri/>, Diakses Pada 10 Juli 2018 Pukul 20.34.
- Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 5 Tahun 2016 Tentang Moda Transportasi Tradisional Becak dan Andong.
- Pratama, 2017. "Pembuatan Pipa Vertikultur Hidroponik" <http://eprints.polsri.ac.id/4161/3/bab%20II.pdf>, Diakses Pada 12 Juli 2018 Pukul 10.18.
- Soeleman, dan Putra, 2008. "Analisa Karakteristik Gear Sprocket Standard dan Racing Pada Sepeda Motor" Jurusan Teknik Mesin. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Srihartono, 2012. "Rancang Ulang Sistem Kemudi Pada Mobil Ethanol" Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Otomotif. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Sularso, dan Suga K, 2004. "Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin". Cetakan ke 11. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suryani, dan Mashdurohatun, 2016. "Penegakan Hukum Terhadap Eksistensi Becak Bermotor Umum (Bentor) Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan" III (1): Hal 23-24 Jurnal Pembaharuan Hukum.
- Toyota, 1995. "New Step 1 Training Manual" Cetakan ke 2. Indonesia: PT. Toyota-Astra Motor
- Wiratama, 2017. "Material Fiberglass Serat Kaca". <http://aeroengineering.co.id/2017/09/material-fiberglass-serat-kaca/>, Diakses Pada 25 Juni 2018 Pukul 10.20.
- Yudianto, dan Suhardja, 2013. "Perancangan Becak Motor Ditinjau dari Segi Ergonomi" III, (2): Hal 144 Jurnal Integra