

Geometri Rangka Sepeda Yang Ergonomis Dan Efisien (Studi Kasus Pengembangan Sepeda Untuk Berbagai Bentuk dan Ukuran Tubuh Pengendara)

I Made Londen Batan

Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS

Kampus ITS Sukolilo Surabaya

Email: londbatan@me.its.ac.id

Abstrak

Secara umum perancangan sepeda mengacu pada ukuran rangka yang standar, seperti distance from head tube to seat pin, distance from seat pin to bottom bracket axle, wheel base (JIS, Richard et al., 2006). Standarisasi dimensi rangka dimaksudkan untuk menjaga ukuran sepeda selalu tetap. Artinya tetap nyaman dan aman dikendarai oleh pengendara dengan ukuran tubuh tertentu (normal). Jika ukuran tubuh seseorang tidak sesuai dengan ukuran tubuh normal, maka sepeda dengan rangka standar tidak sesuai lagi dengan ukuran tubuh pemakai sepeda tersebut.

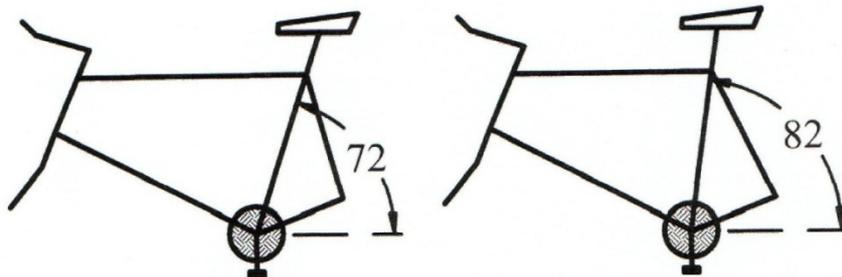
Pada penelitian ini dianalisa aspek ergonomi sebagai input awal dari penentuan ukuran rangka. Sebagai transportasi massa, dihitung energi kayuh yang dibutuhkan untuk menggerakkan sepeda pada pada berbagai jalan (mendatar dan menanjak). Dari penelitian ini dapat dihasilkan sebuah geometri rangka sepeda dengan nilai kenyamanan pengendara dan energi kayuh optimal. Dari simulasi CATIA dan perhitungan manual, dapat disimpulkan; untuk frame model mountain bike (posisi sadel dan stang sama tinggi), dimana sudut sandaran antara garis sadel dan horizontal 82° , jarak ideal sandaran sadel ke ujung rangka depan dari rangka sepeda untuk orang dewasa adalah 555 mm. Akan tetapi dengan merubah sudut sandaran menjadi 75° , kebutuhan energi kayuh turun 14%, sehingga jarak optimal sandaran sadel ke ujung rangka depan sepeda adalah 610 mm. Geometri rangka sepeda tersebut mempunyai nilai risiko cedera 2 (aman dan nyaman).

Kata Kunci: geometri, rangka sepeda, ergonomi, energi kayuh, efisiensi

1. Pendahuluan

Geometri sepeda ditentukan oleh bentuk dan ukuran rangkanya. Sedangkan ukuran rangka ditentukan oleh ukuran tubuh pengendara, sehingga ukuran sepeda dibebepara negara yang ukuran tubuhnya tidak sama. Memang sebatas ukuran sepeda terlihat sama, tetapi masing-masing negara mempunyai standar sendiri. Penetapan ukuran bagian sepeda secara umum didasarkan atas jarak head tube dengan seat pin, jarak seat pin dengan bottom bracket axle, dll). Persyaratan penting yang ditetapkan dalam perancangan sepeda adalah aman, nyaman dan efisien [Batan, et al, 2007]. Aman dapat diketahui dari kekuatan frame sepeda, sedangkan nyaman (ergonomis) didapat dari kecilnya tingkat risiko cedera tubuh pada saat mengayuh. Selanjutnya efisien dapat diketahui dari jumlah energi (power) yang dikeluarkan pengendara saat mengendari sepeda. Energi yang dikeluarkan untuk mengayuh tergantung juga pada berat ringannya sepeda. Semakin ringan sepeda, semakin mudah untuk dikayuh, sehingga energi yang dikeluarkan seseorang pengendara semakin kecil. Menurut [Ricard et, al., 2006] selain karena berat sepeda, energi yang dikeluarkan seorang pengendara tergantung dari geometri frame, khususnya besarnya sudut yang terbentuk antara garis sadel terhadap garis horizontal. Sudut tersebut disebut sebagai *seat tube angle* (STA). Secara umum sudut tersebut ditetapkan sebesar 70° sampai 76° . Posisi duduk pengendara saat ini mirip dengan seseorang yang sedang duduk diatas kursi dengan kedua kaki tertekuk. Hal ini diperkuat oleh penelitian [Burke, 1994], yang meneliti geometri rangka sepeda ini dengan sudut STA diatas 76° . Dengan variasi STA mulai dari 72° sampai dengan 82° dengan 2° kenaikan [Ricard et al., 2006], dihitung energi kayuh yang dibutuhkan oleh orang dewasa, seperti terlihat pada gambar 1. Dari beberapa kali percobaan, diketahui dengan sudut STA sebesar 82° , energi yang dikeluarkan pengayuh sepeda adalah minimal yaitu 9,8 W/kg. Sedangkan [Garside dan Doran, 2000; Hunter et al., 2003; Millet et al., 2001; Price dan Donne, 1997] menyatakan bahwa,

dengan STA diatas 76° , kayuhan sepeda paling nyaman dan efisiensi. Garside dan Doran tahun 2000 telah membandingkan performansi kayuhan setelah menempuh jarak tempuh 40 km dengan STA sebesar 73° dan 81° . Mereka melakukan penelitian dengan hasil yang sangat signifikan pada jarak tempuh 5 km dari 10 km dengan STA 81° . Selanjutnya untuk mengurangi jumlah energi yang dikeluarkan, Heiden dan Burnett tahun 2003 menyarankan untuk menetapkan STA sebesar 82° . Karena kondisi tersebut dapat mengurangi tarikan otot paha pengendara, khususnya pada kayuhan jarak jauh. Seluruh penelitian diatas berdasarkan asumsi, bahwa jalan yang dilalui sepeda adalah rata dan tidak menanjak. Untuk itu pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh besarnya sudut STA terhadap energi kayuh yang dibutuhkan pada berbagai kondisi jalan (mendatar dan menanjak) dengan nilai risiko cedera pengendara terkecil. Risiko cedera pengayuh dianalisa dengan metode RULA yang sudah ada didalam software CATIA.



Gambar 1. Sketsa Rangka Sepeda secara umum [Ricard et al, 2003]

2. Metode Penelitian

Sepeda dirancang sebagai transportasi yang nyaman, aman dan efisien bagi manusia. Artinya, sepeda harus ergonomis, aman, kuat dan ringan. Sebagai langkah awal dari penelitian ini adalah penetapan bentuk dan ukuran tubuh pengendara, dimana ukuran tubuh pengendara disesuaikan dengan antropometri tubuh orang Indonesia. Orang dewasa dan remaja adalah pengendara yang ditetapkan sebagai subyek. Hal ini dimaksudkan untuk membuat suatu kesimpulan umum, karena ukuran tubuh orang dewasa hampir sama dengan ukuran tubuh remaja. Sedangkan pengendara yang berumur 11-17 tahun dikategorikan sebagai pengendara anak-anak dan pada penelitian ini tidak dianalisa secara detail. Dengan metode RULA dicari posisi ideal pengendara, yaitu dengan membuat sebuah manikin-sebuah model pengendara dengan bantuan software CATIA. Kemudian dari posisi manikin tersebut dihitung nilai risiko cedera tubuh yang mungkin terjadi pada pengendara saat mengayuh pedal sepeda. Berdasarkan posisi tubuh ideal (manikin yang sudah dievaluasi) ini dirancang geometri dan dimensi rangka. Untuk mengetahui berapa besar energi yang dikeluarkan untuk mengayuh sepeda dengan geometri dan dimensi rangka sepeda tertentu, dihitung gaya dorong dan energi kayuh pengendara saat mengayuh sepeda pada berbagai geometri, khususnya dengan sudut STA yang bervariasi mulai STA 65° sampai 75° pada kondisi jalan mendatar. Sebagai langkah akhir penelitian dihitung pula energi kayuh yang dikeluarkan pengendara pada jalan yang menanjak, mulai dari sudut tanjakan $\theta = 0^\circ$ sampai 45° . Dari perhitungan ini, diharapkan dapat diketahui perubahan geometri dan dimensi rangka yang sesuai dengan sudut tanjakan jalan, dimana energi kayuh yang dikeluarkan pengendara tetap minimal.

3. Analisa Dan Diskusi

1. Bentuk dan Ukuran Tubuh Pengendara

Ukuran rangka sepeda ditentukan oleh bentuk dan ukuran tubuh manusia. Artinya ukuran rangka sangat ditentukan oleh panjang pendeknya anggota dan bentuk tubuh. Kedua parameter tersebut akan menentukan posisi titik-titik simpul penting dari anggota tubuh saat mengendarai sepeda, misalnya pergelangan tangan, titik simpul bahu, sikut, lutut, pinggul posisi leher. Posisi anggota tubuh beserta simpulnya pada saat mengayuh sepeda sangat ditentukan oleh model sepeda, yaitu sepeda gunung, sepeda balap, dan sepeda santai. Model sepeda ini akan menentukan bentuk dan ukurannya – ini yang disebut sebagai geometri sepeda. Dengan kata lain, geometri sepeda ditentukan oleh bentuk

dan ukuran rangkanya. Kedua parameter ini sangat ditentukan oleh ukuran tubuh pengendara, sehingga ukuran frame di beberapa negara tidak sama. Ukuran tubuh manusia Indonesia (disebut sebagai antropometri) secara normal berbeda sesuai dengan usia, yaitu usia anak-anak, remaja dan dewasa. Ukuran tubuh remaja sangat bervariasi, dan cenderung tidak berbeda dengan ukuran tubuh orang dewasa. Oleh karena itu dalam penetapan ukuran tubuh pengendara ukuran remaja tidak perlu dianalisa. Berdasarkan tabel antropometri (lampiran A) ukuran tubuh manusia Indonesia, anak-anak dan dewasa dapat dilihat pada tabel I.

Tabel I. Perbandingan tinggi tubuh orang dewasa dan anak-anak

Kategori	Jenis kelamin	Rata-rata (m)	5% (percentile)	95% (percentile)	Rentang tinggi (m)
Dewasa	Laki-laki	1,632	1,532	1,732	1,55 – 1,75
	Wanita	1,563	1,464	1,662	
Anak-anak	Laki-laki	1,458	1,346	1,570	1,35 – 1,55
	Perempuan	1,474	1,354	1,590	

2. Analisa Posisi Ideal Pengendara

Seperti yang sudah disebutkan diatas, ukuran rangka ditujukan untuk kenyamanan pengendara (ergonomis bagi pengayuh). Untuk menentukan apakah ukuran rangka sesuai dengan posisi tubuh pengayuh saat mengendarai, maka dilakukan penetapan posisi ideal pengendara. Posisi ini ditentukan oleh posisi anggota tubuh saat beraktifitas. Metode yang bisa dipakai untuk mengevaluasi posisi tubuh yang paling aman dan nyaman saat melakukan kegiatan adalah metode RULA. Metode ini dikembangkan oleh McAtemney tahun 1989 dan sangat populer dalam bidang ergonomi terapan (*applied ergonomic*). Tingkat keamanan dan kenyamanan pengendara diketahui dengan mengevaluasi posisi dan gerakan tubuh pada saat mengayuh sepeda. Evaluasi dilakukan pada 2 (dua) bagian tubuh, yaitu bagian tubuh atas dan bawah. Bagian tubuh ini akan menerima beban, baik beban dalam (otot berkontraksi) maupun beban luar (eksternal). Beban yang dimaksud mungkin akan mengakibatkan cedera tubuh. Oleh karena itu, setiap posisi anggota tubuh saat bergerak diberi score sesuai dengan variasi beban. Tingkat kenyamanan seorang pengendara saat mengendarai sepeda ditunjukkan oleh nilai risiko cedera (risk value) mulai dari nilai 1 sampai pada nilai 9. Semakin besar nilai yang terjadi, semakin besar kemungkinan terjadinya risiko cedera pada tubuh. Nilai 1-2 adalah nilai ideal, yaitu nilai dengan tingkat risiko cedera paling kecil. Sesuai dengan antropometri masyarakat Indonesia dan hasil pemodelan dengan manikin dengan software CATIA, posisi ideal tubuh (risiko cedera rendah dengan nilai 2 pada kedua sisi tubuh pengendara) saat mengendarai sepeda ditunjukkan oleh gambar 2.



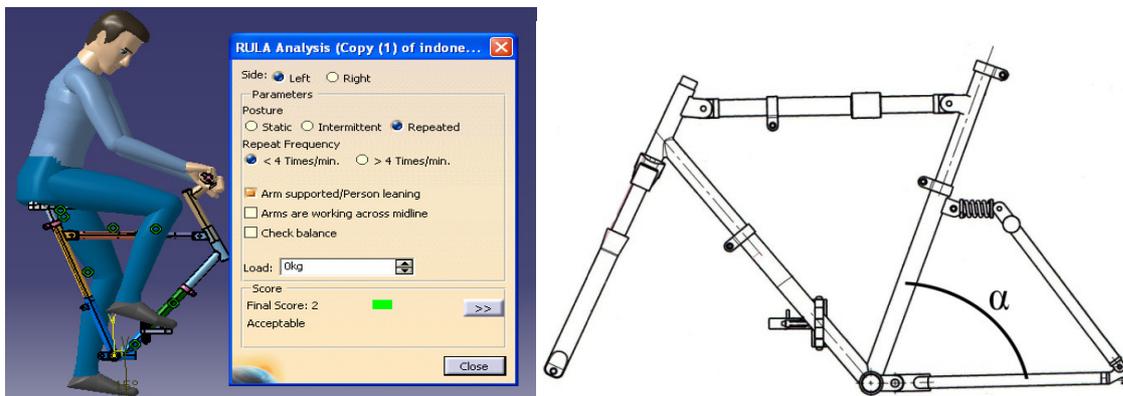
Gambar 2. Posisi ideal tubuh pengendara – manikin (dengan risiko cedera rendah)

3. Analisa Geometri Ideal Rangka

Geometri Ideal sebuah rangka dimaksudkan sebagai ukuran yang paling nyaman, aman dan Efisien. Nyaman (ergonomis) didefinisikan sebagai tingkat risiko cedera yang paling kecil dari pengendara saat mengayuh pedal sepeda. Sedangkan aman yang dimaksud adalah rangka dapat menahan beban tertentu, baik karena pengendara dan rangka sendiri maupun beban luar lainnya, seperti beban angkut atau beban ekstra. Efisien adalah jumlah energi kayuh (energi dorong) terkecil yang dikeluarkan oleh pengendara untuk menempuh jarak tertentu, baik pada jalan menanjak, maupun mendatar.

Analisa Kenyaman Pengendara

Seperti yang sudah disebutkan diatas, dengan posisi ideal ditetapkan geometri dan dimensi rangka sepeda. Untuk maksud tersebut, maka posisi manikin yang sudah dievaluasi dengan metode RULA ditetapkan sebagai titik-titik simpul perancangan rangka sepeda, seperti terlihat pada gambar 3a.



Gambar 3a). Geometri rangka sepeda berdasar manikin berisiko rendah, b) free body diagram rangka sepeda

Dari titik-titik simpul yang didapat dari manikin (gambar 3a), ukuran frame sepeda dengan nilai risiko cedera tubuh rendah dapat ditetapkan dan besarnya dapat dilihat pada tabel II.

Tabel II. Dimensi rangka sepeda untuk menopang posisi tubuh dengan nilai risiko cedera yang rendah

Kategori	Jarak poros bawah sadel ke poros setang	Tinggi setang dari rangka depan atas	Tinggi sadel ke rangka depan atas	Sudut miring poros sadel ke sumbu horizontal - α (STA)
Dewasa	555 mm	218 mm	153 mm	$65^\circ - 75^\circ$
Anak-anak	457 mm	122 mm	153 mm	$65^\circ - 75^\circ$

Analisa Efisien Rangka Sepeda

Untuk menghitung efisiensi dari pemakaian sepeda oleh pengendara, maka perlu dihitung dan dianalisa besarnya daya dorong dan energi kayuh yang dibutuhkan pengendara pada jalan mendatar dan menanjak. Dasar perhitungan adalah geometri dan dimensi rangka sepeda, dimana risiko cedera tubuh yang terjadi adalah paling kecil (nilai 2), seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.

a. Analisa Gaya Dorong

Setelah kekuatan rangka dianalisa, dilakukan perhitungan analisa gaya dorong dan energi kayuh yang dibutuhkan untuk mengayuh sepeda. Sebagai langkah awal, dibuat diagram bebas (*free body diagram* - *FBD*) sebuah sepeda yang dikayuh pada jalan menanjak, seperti yang terlihat pada gambar 4. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4 diatas, jika sepeda bergerak membentuk sudut θ terhadap bidang datar, maka gaya maksimum (F_{max}) yang dibutuhkan untuk mendorong (menarik) sepeda dapat dihitung dengan persamaan berikut [Sutantra, 2001]:

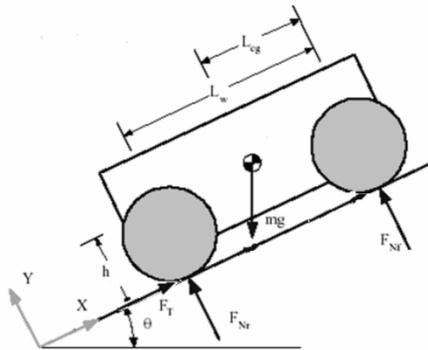
$$F_{\max} = W_r \cdot C_{rr} = \frac{m \cdot g \cdot L_{cg} \cdot \cos \theta + R_a \cdot h_a + h_a \cdot w / g + R_a \cdot h_d + w \cdot h \cdot \sin \theta}{L_w} (C_{rr}) \quad (1)$$

Dengan asumsi kecepatan konstan (percepatan sama dengan nol), maka persamaan gaya untuk mendorong sepeda bergerak pada tanjakan menjadi:

$$F_{\max} = W_r \cdot C_{rr} = \frac{m \cdot g \cdot L_{cg} \cdot \cos \theta + w \cdot h \cdot \sin \theta}{L_w} (C_{rr}) \quad (2)$$

Dimana,

- F_{\max} = Gaya dorong maksimum yang dibutuhkan sepeda untuk bergerak pada tanjakan (N)
- W_r = Gaya normal yang bekerja pada roda belakang (N)
- L_{cg} = Jarak antara poros roda depan dengan titik pusat sepeda (m)
- θ = Sudut yang dibentuk antara tanjakan dan garis horisontal ($^{\circ}$)
- L_w = Jarak titik pusat dengan roda depan (m)
- C_{rr} = Koefisien rolling resisten



Gambar 4. *Free body diagram (FBD)* transportasi roda dua (sepeda) saat menanjak dengan sudut θ

b. Analisa Energi Kayuh

Berdasarkan atas persamaan (2), maka energi kayuh sepeda sepanjang jarak kayuh S dapat dihitung dengan persamaan (3), yaitu:

$$E_{\max} = F_{\max} \times S \quad (3)$$

dimana:

- E_{\max} = Energi kayuh maksimum (N.m)
- F_{\max} = Gaya dorong (N)
- S = Perpindahan atau jarak kayuh (m)

c. Perhitungan Gaya Dorong dan Energi Kayuh Sepeda

Gaya dorong dan energi kayuh yang dibutuhkan seorang pengendara sepeda akan dihitung dengan asumsi, berat pengendara dan sepeda 65 kg (berat orang dewasa 50 – 70 kg berat), dan pada sudut tanjakan θ yang bervariasi dari 0° - 45° . Sudut tanjakan $\theta = 45^{\circ}$ adalah posisi pengendara sudah tidak stabil lagi (pengendara berguling kebelakang). Artinya posisi pengendara yang paling berisiko, sedangkan gerakan menurun tidak dianalisa, karena energi kayuh dari pengendara terbantu oleh berat badan dan kecepatan gerakan.

Selengkapaknya perhitungan gaya dorong dan energi kayuh dilakukan pada kondisi sebagai berikut:

- Massa total pengendara dan sepeda = 65 kg
- Percepatan gravitasi (g) = $9,8 \text{ m/s}^2$
- Jarak poros roda depan dengan titik pusat (L_{cg}) = 0,65 m

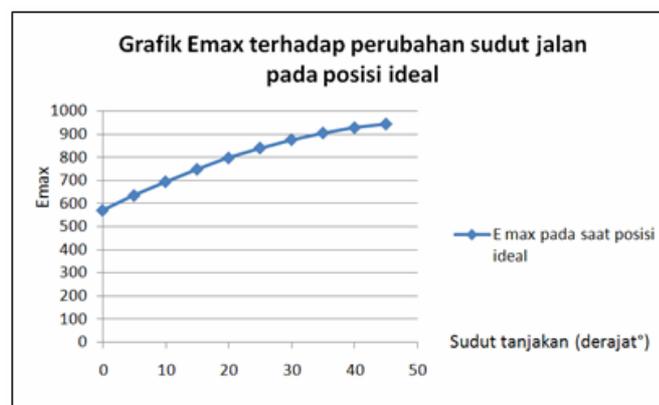
- Tinggi titik berat massa dari jalan (h) = 0,87 m
- Jarak antar pusat roda (L_w) = 1,01 m
- Koefisien rolling resisten ban *knobby tires* = 0.014
- Sudut tanjakan $\alpha = 0^\circ - 45^\circ$ dan Jarak tempuh 100 meter (S)

Berdasarkan atas persamaan (2) dan (3), maka gaya dorong dan energi kayuh sepeda dapat dihitung, dan hasilnya ditampilkan pada tabel III.

Tabel III. Gaya dorong dan energi kayuh sepeda pada sudut tanjakan tertentu (posisi ideal).

ρ (°)	Lcg (m)	h (m)	Lw (m)	Fmax(N)	E _{max} (N.m)
0	0.65	0.87	1.01	5.75	575
5	0.65	0.87	1.01	6.4	640
10	0.65	0.87	1.01	7	700
15	0.65	0.87	1.01	7.54	754
20	0.65	0.87	1.01	8.04	804
25	0.65	0.87	1.01	8.47	847
30	0.65	0.87	1.01	8.83	883
35	0.65	0.87	1.01	9.12	912
40	0.65	0.87	1.01	9.35	935
45	0.65	0.87	1.01	9.51	951

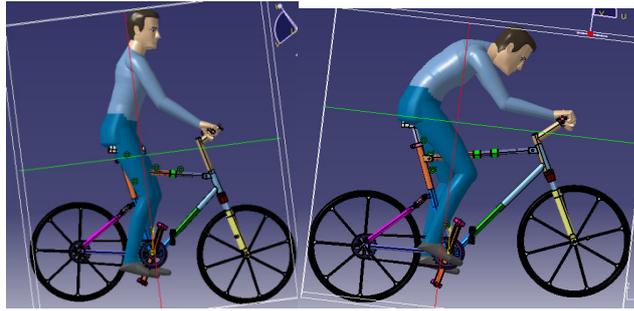
Dari tabel III diatas, dibuat grafik perubahan energi kayuh terhadap perubahan sudut tanjakan, seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Energi kayuh dan sudut tanjakan pada posisi pengendara normal (ideal)

d. Optimasi Geometri dan Dimensi Rangka Sepeda

Untuk optimasi geometri dan dimensi rangka sepeda, maka dilakukan evaluasi terhadap posisi pengendara sepeda. Posisi pengendara berpengaruh terhadap posisi titik berat sistem (sepeda dan pengendara), seperti ditunjukkan oleh hasil simulasi pada gambar 6 a & b. Pada posisi awal pada saat mengendarai dengan posisi normal (gbr 6a), dan setelah dilakukan perubahan posisi dengan menundukkan posisi tubuh ke arah depan (gbr. 6b) terjadi perubahan posisi titik berat.



Gambar 6. Pergeseran titik berat sepeda, a) titik berat sepeda pada saat pengendara normal, b) posisi pengendara condong 35° ke depan.

Hasil simulasi pergeseran titik berat total pengendara serta sepeda dapat dilihat pada tabel IV.

Tabel IV. Perubahan titik berat pengendara dan sepeda

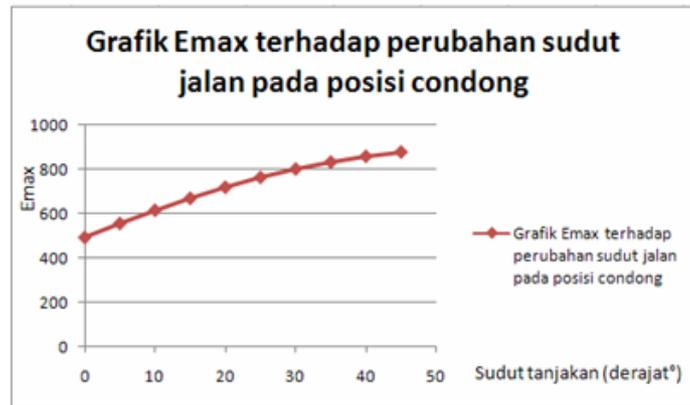
Posisi tubuh	Jarak poros roda depan dengan titik pusat (L_{cg})	Tinggi titik berat massa dari jalan (h)	Jarak antar pusat roda (L_w)
Tegak dengan risiko cedera rendah	0,650 m	0,870 m	1,010 m
Condong ke depan	0,610 m	0,920 m	1,096 m

Selanjutnya dengan persamaan (2) dan (3), dihitung gaya dorong dan energi kayuh yang dibutuhkan seorang pengendara pada posisi condong kedepan 35° , dan hasilnya dapat dilihat pada tabel V.

Tabel V. Perhitungan gaya dorong dan energi kayuh sepeda pada posisi condong 35° kedepan)

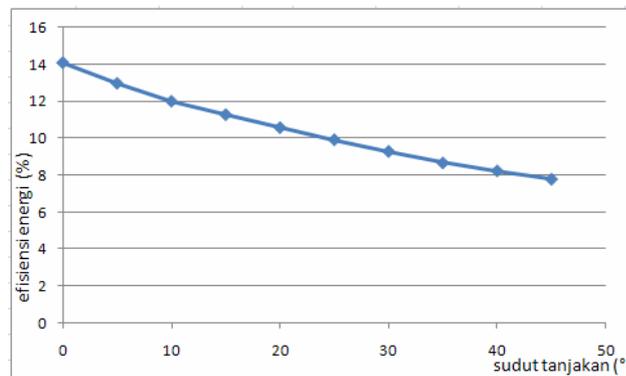
α ($^\circ$)	L_{cg} (m)	h (m)	L_w (m)	F_{max} (N)	E_{max} (N.m)
0	0.61	0.92	1.096	4.94	494
5	0.61	0.92	1.096	5.57	557
10	0.61	0.92	1.096	6.16	616
15	0.61	0.92	1.096	6.69	669
20	0.61	0.92	1.096	7.19	719
25	0.61	0.92	1.096	7.63	763
30	0.61	0.92	1.096	8.01	801
35	0.61	0.92	1.096	8.33	833
40	0.61	0.92	1.096	8.58	858
45	0.61	0.92	1.096	8.77	877

Perubahan sudut tanjakan terhadap energi kayuh yang dibutuhkan pada posisi pengendara condong kedepan, dapat dilihat secara grafis pada gambar 7.



Gambar 7. Hubungan energi kayuh dan sudut tanjakan pada posisi pengendara condong kedepan

Dari kedua grafik hubungan energi kayuh maksimum terhadap perubahan sudut tanjakan (gambar 5 dan 7) terlihat bahwa, semakin besar sudut tanjakan terhadap jalan, semakin besar gaya dorong dan energi kayuh yang dibutuhkan untuk menggerakkan sepeda. Untuk itu, dengan merubah posisi pengendara, yaitu dengan menurunkan posisi stang dan setting rangka (geometri dan dimensi rangka) untuk menunjang posisi condong, berpengaruh terhadap penurunan energi kayuh. Artinya posisi pengendara seperti ini lebih efisien dari posisi ideal (normal), karena gaya dorong dan energi kayuh pada saat posisi tubuh condong ke depan lebih kecil daripada posisi pada saat mendatar (normal – dalam gerakan sepeda disebut sebagai posisi yang ideal). Untuk menganalisa pengaruh perubahan posisi pengendara terhadap penurunan energi kayuh yang dibutuhkan dapat dilihat pada gambar 8. Dari grafik dpada gambar 8, terlihat prosentase (efisiensi) energi kayuh pada awal tanjakan mencapai 14% (pada saat mulai menanjak). Hal ini disebabkan, karena beban awal dan torsi awal masih besar. Akan tetapi, dengan naiknya sudut tanjakan, maka prosentase cenderung menurun. Artinya energi kayuh yang dibutuhkan semakin kecil. Secara keseluruhan dapat dikatakan terjadi pengurangan energi kayuh setelah sepeda bergerak normal.



Gambar 8. Perbandingan prosentase energi kayuh maksimum posisi condong

4. Kesimpulan

Dari uraian dan analisa sebelumnya dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Geometri dan dimensi rangka sepeda yang ideal untuk orang dewasa dan anak-anak adalah;

Kategori	Jarak poros bawah sadel ke poros setang	Tinggi setang dari rangka depan atas	Tinggi sadel ke rangka depan atas	Sudut miring poros sadel ke sumbu horizontal - α (STA)
Dewasa	555 mm	218 mm	153 mm	65° - 75°
Anak-anak	457 mm	122 mm	153 mm	65° - 75°

2. Posisi yang paling efisien dari pengendara adalah condong ke depan dengan sudut 35°, dan jarak poros bawah sadel ke poros stang (jarak optimal sandaran sadel ke ujung rangka depan sepeda) adalah 610 mm, dimana terjadi penurunan energi kayuh awal 14% dari posisi pengendara normal.

Daftar Pustaka

- Ali Safrani dan Batan, I Made Londen, (2007), *Rancang Bangun Flexy Bike Sebagai Alat Transportasi Alternatif Keluarga Sepeda. Tugas Akhir Mahasiswa, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.*
- Batan, I Made Londen, Bachtiar Rachman & Kurniawan Pracoyo Adi, (2007), *Simulasi Flexy – Knock Down Bike, Simposium Nasional RAPI IV, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.*
- McAtamney, Lynn and Corlett, E Nigel, (April 1993), *RULA: A Survey Method for Investigation of Work-related Upper Limb Disorders*, Applied Ergonomics, vol. 24 No. 2, p.91-99.
- Nurmianto, Eko (1996), *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya, Guna Widya, Jakarta.*
- Nara Utama, I Komang Gede dan Batan, I Made Londen (2007), *Rancang Bangun Lipatan dan Sambungan Rangka pada Flexy Bike, Tugas Akhir Mahasiswa, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.*
- Novi Hari Nugroho dan Batan, I Made Londen (2004), *Perancangan dan Pembuatan Sepeda Ringan dan Kuat (sebuah Realisasi Permintaan Konsumen), Tugas Akhir Mahasiswa, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.*
- Santoso, Gempur, (2004), *Ergonomi Manusia, Peralatan dan Lingkungan, Prestasi Pustaka. Jakarta*
- Sutantra, I Nyoman (2001). *Teknologi Otomotif, Edisi pertama, Guna Widya, Surabaya.*
- Widhie Akbar Nugroho dan Batan, I Made Londen, (2004), *Perancangan Sepeda Roda Tiga. Tugas Akhir Mahasiswa. Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.*
- Wignjosoebroto, Sritomo (2003), *Ergonomi Studi Gerakan dan Waktu. Guna Widya, Surabaya.*