

PEMBUATAN SISTEM PENGUJIAN STAMINA TERHADAP POSISI TUBUH PENGGUNA SEPEDA

(Designing Stamina Measurement Tool Based on Bicycle User's Position)

Iwan Aang Soenandi

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jurusan Teknik Industri
Universitas Kristen Krida Wacana – Jakarta
iwan.as@ukrida.ac.id

Abstrak

Sepeda saat ini telah menjadi produk yang digunakan oleh banyak orang. Beberapa jenis sepeda yang paling sering digunakan adalah jenis MTB (*Mountain bike Terrain*), yang dapat digunakan untuk berbagai bidang. Tetapi dengan konstruksi sepeda yang ada pengguna seringkali sulit untuk menentukan posisi kontrol yang optimal dan nyaman dalam hal penyesuaian ketinggian sadel dan stang, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk merancang sebuah alat pengujian stamina dari posisi tubuh menggunakan sepeda yang digunakan oleh subjek dan diamati menggunakan kamera dengan merekam gambar diam atau gambar bergerak. Dari hasil pengumpulan data dan analisis dapat disimpulkan terdapat perbedaan tingkat kelelahan pada setiap posisi sadel dan tinggi stang. Tinggi optimal sadel dicapai pada ketinggian 60 cm dari pusat pedal dengan tinggi subjek 166 cm dan tinggi 70 cm dari pusat stang ke roda depan. Tester ini juga dapat digunakan pada jenis sepeda lainnya dan juga berbagai macam sepeda seperti pelana, bentuk stang, dan lain-lain. Tester ini juga tidak luput dari kekurangan yang memerlukan evaluasi dan pengembangan yang lebih baik di masa depan.

Kata Kunci: biomekanik, desain dan pengembangan alat uji, kelelahan, sepeda

Abstract

To date bicycles have become a popular vehicle. One type of bike most frequently used is the MTB (Mountain Terrain bike) which can be used on various fields. The existing bicycle's construction however often results in users's difficulty determining the control position optimally and comfortably in terms of adjusting the heights of saddle and handlebar. This study aimed at designing a tool to test bicycle users' stamina based on their body positions. A camera was also utilized to record still or moving images. The data collection and analysis results suggested that the levels of fatigue varied depending on saddle position and handlebar height. Optimum saddle height occurred to the 166 cm high subject at the heights of 60 cm from the pedal's center and 70 cm from the handlebar's center to the front wheel. This tool also works for other types of bikes and bike's parts such as saddles, handlebar shapes, etc. Further evaluation and modification are necessary to improve the tool.

Keywords: *biomechanics, design and development of test tool, fatigue, bicycles*

Tanggal Terima Naskah : 02 Maret 2013
Tanggal Persetujuan Naskah : 05 April 2013

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari banyak hal yang dilakukan dengan menggunakan kemampuan fisik, namun kegiatan tersebut kadangkala menimbulkan rasa lelah yang berlebihan, misalnya pegal, kram otot, dan sebagainya. Salah satu kegiatan yang saat ini disarankan oleh pemerintah sebagai wujud dari tindakan efisiensi energi dan mengurangi polusi adalah kegiatan bersepeda. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mencari posisi yang tepat dari para pengguna sepeda dengan menggunakan prinsip biomekanika.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

- Adanya perbedaan tingkat kelelahan, baik secara otot ataupun fisik bila posisi di atas sepeda tidak benar.
- Belum adanya alat untuk mengukur biomekanika di atas sepeda.
- Menemukan *setting* posisi tubuh yang tepat di atas sepeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan-tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Membuat alat pengukuran biomekanika di atas sepeda.
- Mengamati tingkat kelelahan pada variasi posisi di atas sepeda.
- Menentukan posisi ketinggian sadel dan stang (*handlebar*) yang optimal.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Dapat melakukan pengamatan terhadap posisi kayuh sepeda dalam berbagai variasi posisi.
- Menjadi rancangan awal untuk dasar pengembangan pengukuran variasi lainnya terhadap pengguna sepeda.

2. BIOMEKANIKA

Mekanika adalah salah satu cabang ilmu dari fisika yang mempelajari gerakan dan perubahan bentuk suatu materi yang diakibatkan oleh gangguan mekanik yang disebut gaya. Mekanika adalah cabang ilmu yang tertua dalam fisika. Mekanika teknik atau disebut juga mekanika terapan adalah ilmu yang mempelajari penerapan dari prinsip-prinsip mekanika [1].

Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh makhluk hidup. Dalam biomekanika prinsip-prinsip mekanika digunakan dalam penyusunan konsep, analisis, desain, pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran.

Dengan kerangka seperti ini, maka gerakan tubuh sistem biologis dapat diakui sebagai hasil interaksi sistem biologis dengan lingkungan sekelilingnya. Beberapa faktor turut menentukan interaksi tersebut, diantaranya:

- Struktur dari lingkungan (bentuk dan stabilitas)

- Medan dari gaya (arah relatif terhadap gravitasi, kecepatan gerakan)
- Struktur dari sistem (susunan tulang, aktifitas otot, susunan bagian dari tubuh, ukuran, integrasi motorik yang dibutuhkan untuk mendukung postur)
- Peranan dari keadaan psikologis (*level* keaktifan, motivasi)
- Bentuk gerakan yang akan dikerjakan (tahap gerakan).

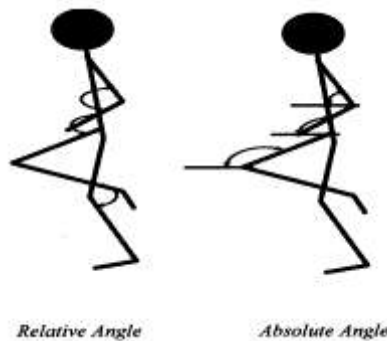
2.1 Angular Kinematic

Angular kinematic atau disebut juga kinematik sudut digunakan untuk menghitung sudut-sudut tubuh operator dalam melakukan gerakan [2]. Terdapat berbagai satuan yang digunakan dalam *angular kinematic*, seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Satuan *kinematic*

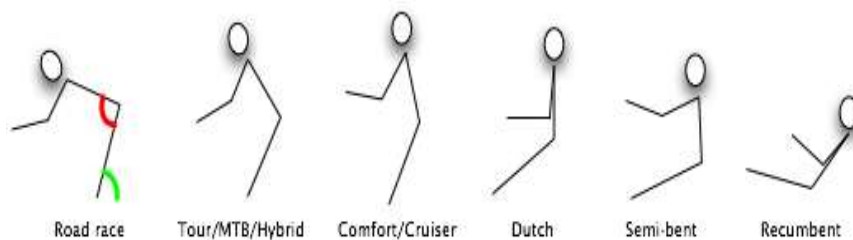
Posisi	Radian (θ)
Kecepatan	Rad/s (ω)
Percepatan	Rad/s ² (α)

Satuan tersebut digunakan untuk menghitung sudut yang akan dipakai untuk analisis dari gambar. Pengambilan sudut dalam *Angular kinematic* dibagi menjadi dua jenis, yaitu dengan perhitungan *Relative Angle* dan *Absolute Angle*. Kedua pengambilan sudut ini dibedakan dengan jarak sisi tubuh yang digunakan untuk perhitungan sudut. Untuk *Relative Angle* sudut yang dihitung antara sumbu longitudinal dari dua segmen tubuh, contohnya dari segmen lengan atas dan lengan bawah. Untuk *Absolute Angle* pengambilan sudut dihitung dari salah satu segmen tubuh dan garis lurus sejajar sumbu x yang diambil dari akhir segmen yang dihitung.



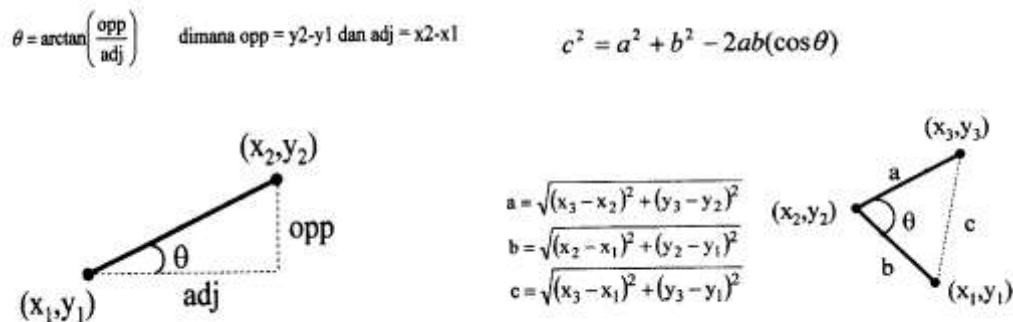
Gambar 1. *Relative angles (joint angles)* dan *absolute angles (segment angles)*

Pengambilan sudut ini digunakan untuk mengetahui besarnya sudut dari tiap-tiap sendi tubuh. Untuk dapat menghitung sudut tersebut dibutuhkan koordinat dari setiap sendi tubuh yang diperoleh dari pemetaan *stig figure* untuk dimasukkan ke dalam sumbu x dan y.



Gambar 2. Sudut posisi pengendara sepeda

Dari sumbu yang didapat pada *stig figure* dapat dihitung besarnya sudut pada sendi-sendi untuk *Absolute Angles*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 [3].



Gambar 3. *Relative angles*

Dalam perhitungan sudut terdapat standar CSB (*Canadian Society of Biomechanics*) yang digunakan untuk mengatur cara pengambilan gambar serta sudut yang digunakan.



Gambar 4. Posisi anatomi *segment angles* dan *relative angles* dengan *right sagital view*

2.2 *Linear Kinematic*

Linear Kinematic atau kinematik garis digunakan untuk mengetahui pergerakan dari benda tanpa keterkaitan antara masa dan gaya yang mempengaruhi gerakan tersebut. *Linear Kinematic* mempelajari bagaimana perubahan benda dengan waktu. Satuan di dalam *linear kinematic* adalah kecepatan dan percepatan. *Velocity* adalah perpindahan rata-rata dari posisi dan akselerasi adalah rata-rata perubahan dari kecepatan. *Velocity* dan akselerasi adalah dua prinsip utama dalam menjelaskan perubahan posisi [4].

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

- *Bike trainer stand* dan *rollers*
- Sepeda MTB

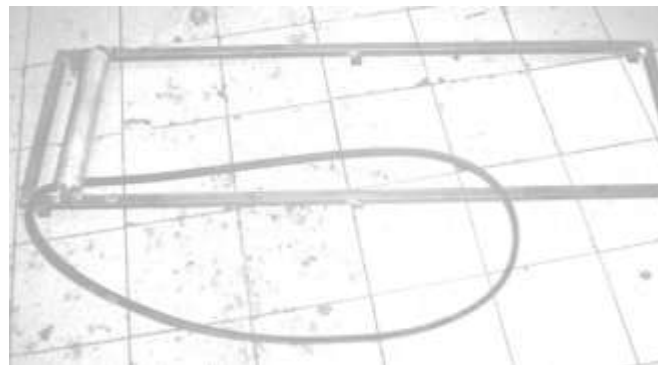
- Komputer dengan perangkat lunak analisis *video Tracker*
- Kamera digital dengan fungsi rekam
- *Waterpass level*
- Alat ukur detak jantung, tekanan darah, meteran
- *Form data*
- Alat-alat pembuka baut
- Penanda kertas



Gambar 5. *Trainer stand*



Gambar 6. Dudukan *roller*



Gambar 7. Sistem *rollers*



Gambar 8. Peralatan sepeda setelah dirakit

3.2 Antropometrik Data Subjek

Antropometrik data subjek terdiri dari:

- *Height*
Dalam kaus kaki atau kaki telanjang, berdiri dengan tumit dan bokong dinding serta kaki 8" terpisah. Berdiri tegak dan pengukuran dari tanah ke bagian atas kepala Anda.
- *Sternum Notch*
Dalam kaus kaki atau kaki telanjang, berdiri dengan tumit dan bokong dinding serta kaki 8" terpisah. Temukan takik di bagian atas tulang rusuk Anda/bawah leher Anda. Ukur dari tanah ke bagian bawah *sternum*.
- *Inseam*
Dalam kaus kaki atau kaki telanjang, berdiri dengan kaki 8" terpisah. Ambil tingkat sekitar 2 ft panjang dan letakkan di antara kaki Anda. Tarik tingkat ke atas dengan tekanan yang sama yang Anda rasakan ketika duduk di pelana.
- *Arm Length*
Berdiri dengan kedua lengan keluar sisi paralel ke tanah dan ukuran dari ketiak Anda menyentuh tulang rusuk pada *web* antara ibu jari dan jari telunjuk. (Kira-kira tengah telapak tangan) Harap diperhatikan: Jangan mengukur ke ujung jari Anda.
- *Shoulder Width*
Ukur lebar bahu Anda dengan bagian luar tonjolan tulang di bagian atas bahu Anda.
- *Flexibility*
Dalam kaus kaki atau kaki telanjang, berdiri dengan kaki 8" terpisah dan lutut terkunci *bend* atas dan dilihat seberapa jauh Anda dapat meregang. Untuk mengambil pengukuran ini dengan benar, Anda perlu melakukan pemanasan seperti ketika naik sepeda.
- *Weight* (Berat Badan)
- *Shoe Size* (Ukuran Sepatu)
- *Trunk*
Duduk di bangku dengan punggung lurus dan panggul keras. Pastikan punggung Anda lurus dan panggul adalah dinding. Tempatkan tingkat di atas (*acromioclavicular*) bersama AC dan dinding. AC adalah benjolan tulang di atas bahu Anda. Ukur dari dasar tingkat ke atas bangku. Ukur kedua sisi tubuh Anda dan hitung rata-rata pengukuran.

- *Forearm*
Pegang benda silinder (spidol sangat ideal) dalam kepalan tangan Anda. Turunkan lengan Anda ke sisi Anda, dan rentangkan lengan Anda di depan Anda. Jauhkan benda tegak lurus di tangan Anda, dan pengukuran dilakukan dari pusat objek.
- *Thigh*
Duduk di bangku lagi, pastikan punggung Anda lurus. Pastikan tulang paha Anda sejajar dengan tanah dan tibia Anda tegak lurus ke tanah. Tempatkan tingkat di bagian depan kedua tempurung lutut Anda, kemudian pengukuran dilakukan dari muka bagian dalam. Ambil pengukuran ini dari kedua kaki, kemudian hitunglah rata-ratanya.
- *Lower Leg*
Posisi subjek pengukuran sedang duduk. Tempatkan jajaran di tepi atas tempurung lutut Anda (di mana terhubung ke otot paha depan bagian bawah). Ukur dari dasar tingkat ke tanah.

Tabel 2. Data *anthropometric* subyek

Data Anthropometric	Ukuran
<i>Height</i>	166 mm
<i>Sternum Notch</i>	136 mm
<i>Inseam</i>	70 mm
<i>Arm Length</i>	68 mm
<i>Shoulder Width</i>	40 mm
<i>Flexibility</i>	3
<i>Weight</i>	66 kg
<i>Shoe Size</i>	42
<i>Trunk</i>	60 mm
<i>Forearm</i>	42 mm
<i>Thigh</i>	50 mm
<i>Lower Leg</i>	44 mm

Tabel 3. Data sepeda

Model	Polygon MTB Broadway
Model Sadel	<i>United MTB</i>
Kemiringan Sadel	3 derajat
Panjang <i>Crank</i>	160 mm
Jarak <i>top tube length</i>	58 mm
Jangkauan <i>overall</i>	62 mm

3.3 Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data adalah sebagai berikut [5]:

- 1) Pasang sepeda pada *trainer* dengan baik (tidak miring dan kuat). Tutupi warna yang menyolok pada sepeda untuk mengurangi kesalahan pengukuran pada pengolahan data dengan perangkat lunak.
- 2) Posisikan kamera dengan jarak yang cukup untuk mengambil gambar seluruh sepeda dengan pengendaranya (*frontal and sagittal planes*) [6].
- 3) Ratakan *level* kamera sejajar dengan lantai.
- 4) Buatlah *form* untuk cara pengumpulan data.
- 5) Cek tekanan angin ban sesuai dengan spesifikasi.
- 6) Catat data *anthropometrics* dari subjek: *inseam, height at minimum*.

- 7) Catat data tekanan darah dan *pulse* sebelum mengayuh sepeda.
- 8) Catat dimensi sepeda yang digunakan: ketinggian *saddle*, sudut sadel , jarak sadel ke stang, panjang *crank* pedal.
- 9) Pasang penanda pada subjek, terdiri dari *sagittal* (kaki, *ankle*, lutut, *hip*, *shoulder*, *elbow*, *wrist*).
- 10) Subjek mulai pemanasan dengan mengayuh sepeda selama 10 menit, peneliti mengarahkan kegiatan yang harus dilakukan dan pengambilan data diambil setelah subjek telah terbiasa atau sekitar 10 menit dengan rotasi kayuhan yang konstan dan denyut nadinya diukur setiap 2 menit.
- 11) Set kamera pada *video mode*.
- 12) Mulai perekaman gambar.
- 13) Ulangi kegiatan ini dengan beberapa variasi ketinggian sadel dan stang dengan terlebih dahulu subjek beristirahat sampai denyut nadi dan tekanan darah normal kembali.
- 14) Lakukan penyesuaian posisi jika diperlukan.
- 15) Catat nama *file* video tersebut.
- 16) Catat data tekanan darah dan *pulse* setelah mengayuh sepeda pada setiap variasi.
- 17) Lakukan analisis dengan menggunakan data yang telah diambil.

3.4 Variabel Pengukuran

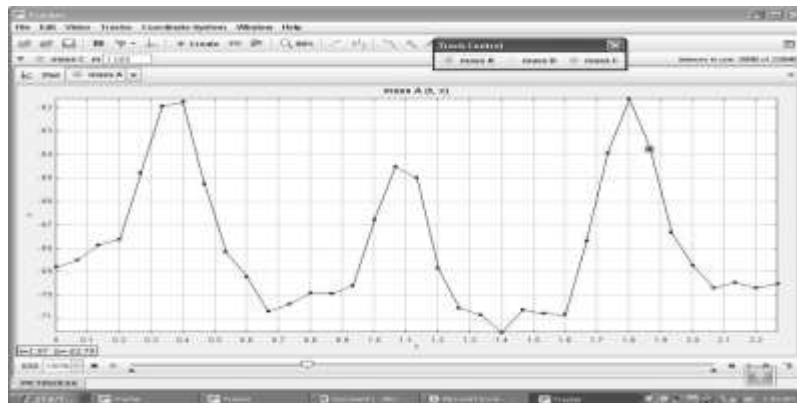
Pada penelitian ini divariasikan lima posisi dalam mengayuh sepeda dan pada setiap posisi dikumpulkan data tentang denyut nadi dan tekanan darah pada kecepatan kayuhan yang sama.

Tabel 4. Variabel posisi pengukuran

Posisi	Tinggi Sadel (cm)	Tinggi Stang (cm)
A	55	70
B	58	70
C	60	70
D	62	72
E	64	72

3.5 Analisis Data

Dengan menggunakan *software* TRACKER titik-titik sendi pada setiap gerakan per *frame* yang telah diambil diposisikan, sehingga dapat ditentukan besar sudut yang terjadi pada setiap variabel posisi.



Gambar 9. Tampilan grafik posisi titik A pada *software* TRACKER



Gambar 10. Pengamatan sudut tubuh pada *software* TRACKER

3.6 Hasil Pengolahan Data

Dari pengumpulan data diperoleh hasil untuk gerakan di atas sepeda yang terdiri dari:

- Sudut lutut maksimum
- Sudut lutut minimum
- Sudut Tubuh terhadap garis normal permukaan lantai
- Denyut rata-rata
- Tekanan darah rata-rata *systol*
- Tekanan darah rata-rata *diastol*.

Tabel 5. Analisis data

Posisi	Sudut Lutut Maksimum (derajat)	Sudut Lutut Minimum (derajat)	Sudut Tubuh (derajat)	Denyut Rata-Rata (<i>pulse</i>)	Tekanan Darah Rata-Rata <i>Systol</i> (mm Hg)	Tekanan Darah Rata-Rata <i>Diastol</i> (mm Hg)
A	82,83	17,39	20,3	140	130	69
B	120,4	44,88	21,9	130	130	68
C	148,57	59,84	24	125	125	65
D	166,09	70,40	26,2	130	132	69
E	180	49,16	28,3	132	133	70

Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan tingkat kelelahan terhadap posisi dari pengendara sepeda tersebut pada kecepatan kayuhan yang sama/konstan dan jangka waktu yang sama. Kelelahan tersebut dapat diidentifikasi dengan lebih tingginya jumlah denyut jantung dan naiknya tekanan darah rata-rata.

4. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan didapat beberapa kesimpulan di bawah ini:

- 1) Perancangan alat untuk mengamati gerakan dan pengukuran kinerja tubuh pada saat mengayuh sepeda bekerja sesuai dengan yang diharapkan dan posisi tubuh terhadap tingkat kelelahan (stamina) dapat dianalisis.
- 2) Dari pengumpulan data posisi tubuh pengendara sepeda dapat diketahui tingkat kelelahan dari pengguna sepeda pada setiap posisi yang divariasikan.

- 3) Terdapat perbedaan pada kondisi kelelahan yang terjadi pada pengendara sepeda dengan ketinggian sadel dan stang yang berbeda berdasarkan gerakan yang terjadi di atas sepeda.
- 4) Dari hasil analisis dengan denyut nadi dan vektor gaya dari sendi lutut, posisi yang optimum dari pengolahan data adalah denyut nadi 125 *pulse* dari variasi ketinggian sadel dan stang, yaitu pada posisi C dimana ketinggian sadel 60 cm, ketinggian stang 70 cm, sudut antara garis vertikal dengan punggung adalah 26.3° dan sudut telapak terhadap permukaan tanah adalah 30° pada posisi kaki paling bawah pada saat mengayuh.

REFERENSI

- [1]. Sanders, Mark S., dan Ernest J., "*Human Factors in Engineering and Design*," McCormick, 2000.
- [2]. Wignjosoebroto, Sritomo, "*Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*," Edisi Pertama, Guna Widya, Jakarta, 2003.
- [3]. Nurmianto, Eko, "*Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*," Edisi Kedua. Guna Widya, Surabaya, 2008.
- [4]. Wrenchscience, Tersedia dari <https://www.wrenchscience.com/Login.aspx?ReturnUrl=%2fSecure%2fFit%2fSummary.aspx%3fstylecode%3dR&stylecode=R>, diakses 19 Januari 2012.
- [5]. Cycling Analysis, Tersedia dari <http://cyclinganalysis.com/composition/method-cycling-specific>, diakses 20 Januari 2012.
- [6]. <http://www.dpreview.com/news/2005/1/21/konicaminoltaz20>, diakses 24 Januari 2012.