

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M7-008 Pengaruh Sudut STA (Seat Tube Angle) Rangka Sepeda Terhadap Nilai Risiko Cedera Tubuh Pengendara Sepeda

*I Made Londen Batan, **Eko Nurmianto dan *Putu Pusparini

* Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS

** Jurusan Teknik Industri FTI-ITS

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

Phone & FAX: +62-31-5938773, E-mail: londbatan@me.its.ac.id

ABSTRACT

Penelitian-penelitian tentang geometri rangka sepeda masih terfokus pada pengaruh STA terhadap energi yang dibutuhkan untuk mengayuh pedal, yaitu melalui perhitungan kebutuhan oksigen pengayuh pada saat mengendarai sepeda. Penelitian ini membahas pengaruh sudut STA rangka sepeda terhadap risiko cedera tubuh pengendara ditinjau dari aspek ergonomis dan gaya-gaya yang bekerja pada segmen utama tubuh (punggung dan kaki). Sebagai pembanding kedua analisa tersebut, dilakukan percobaan mengayuh oleh 15 pengayuh. Dari hasil analisa yang dilakukan, didapatkan bahwa, pada metode RULA didapatkan nilai risiko cedera tubuh pengendara pada geometri rangka sepeda dengan STA 68° adalah 3, sedangkan sepeda dengan STA yang berkisar 69° hingga 84° bernilai 2. Dari analisa biomekanik pada segmen punggung, ternyata kenaikan STA mengakibatkan gaya-gaya yang bekerja pada segmen punggung semakin kecil. Sedangkan untuk segmen kaki, terjadi sebaliknya, dimana gaya-gaya yang bekerja semakin besar. Sedangkan dari percobaan pengayuhan sepeda dengan variasi STA didapatkan bahwa kenaikan STA menyebabkan rata-rata keluhan kelelahan pada responden meningkat.

Keywords: seat tube angle (STA), nilai risiko cedera, geometri rangka, sepeda ergonomis, RULA

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Pendahuluan

Sepeda ditemukan oleh James Starley berkebangsaan Inggris, dimana menjadi salah satu transportasi yang personal, dan memiliki jarak tempuh yang relatif sedang, sehat, murah, mudah dalam penggunaannya dan ramah lingkungan. Di Indonesia sepeda kini berperan sebagai "Green Vehicle" atau kendaraan ramah lingkungan yang tidak memerlukan bahan bakar minyak dan tidak menghasilkan emisi gas buang apapun.

Sebagai alat transportasi massa (masyarakat umum), sepeda harus nyaman dan aman dinaiki. Disamping itu, karena sepeda bergerak akibat dikayuh dengan kaki melalui pedal, maka sepeda harus juga mudah dan ringan dikayuh. Artinya rancangan sepeda, khususnya geometri rangka harus sesuai dengan ukuran dan bentuk tubuh pengendara, sehingga terasa nyaman saat dinaiki. Rangka sebagai bagian utama sebuah sepeda sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan keamanan, serta energi kayuh yang dibutuhkan pengendara sepeda. Geometri rangka, khususnya sudut yang terbentuk antara garus sumbu sadel (sumbu seat tube) dengan garis horisontal (chain stay) – disebut sebagai "Seat Tube Angle (STA)" sangat berpengaruh terhadap kenyamanan pengayuh dan juga terhadap energi kayuh (jumlah oksigen yang dibutuhkan seorang pengayuh) [Jackson et al 2008, Richard et al 2006]. Richard et al, menyarankan pada rancangan geometri rangka sepeda sudut STA yang optimal adalah 72° hingga 82° . Menurut Jackson et al, tidak ada perbedaan kebutuhan oksigen yang signifikan yang dibutuhkan pengayuh percobaan kayuh dengan rangka sepeda pada sudut STA 73° dan 81° . Artinya, jumlah energi yang dikeluarkan oleh pengayuh sepeda pada sudut tersebut relatif sama. Oleh karena itu, Jackson et al menyarankan, sudut STA dari rangka adalah berkisar antara 73° - 81° .

Beberapa penelitian tentang pengaruh geometri rangka sepeda terhadap kekuatan kayuh pengendara sepeda, seperti Price dan Donne (1997) telah meneliti kebutuhan jumlah oksigen pengayuh sepeda pada STA 68° , 74° and 80° selama 4 menit kayuhan. Mereka menyatakan, bahwa ada perbedaan kebutuhan oksigen yang signifikan antara STA 80° dan 68° . Selanjutnya mereka menyimpulkan, bahwa kebutuhan oksigen yang paling minimum adalah pada STA 68° . Artinya, energi kayuh yang dikeluarkan oleh pengendara sepeda untuk mengayuh pedal sepeda yang paling efisien (paling minimal) adalah pada STA 68° . Akan tetapi penelitian ini tidak dilengkapi dengan penelitian pada kelenturan otot pengayuh. Studi lain yang memanfaatkan ketegangan otot (aero bars) memberikan hasil yang berbeda diantara keempat STA (69° , 76° , 83° dan 90°), dimana pada sudut STA 69° , energi kayuh paling kecil, artinya pada geometri tersebut tenaga kayuh yang dikeluarkan adalah paling kecil – disebut sebagai yang paling efisien [Heil et al, 1997]. Peneliti lain menyatakan, program latihan khusus akan dapat membantu penelitian geometri sepeda lebih efektif [Heil, DP et al, 1997, Peveler W. Et al, 2004 dan 2005]. Pernyataan tersebut didasarkan atas perbandingan beberapa program latihan mengayuh dengan masing-masing sepeda yang mereka kembangkan.

Penelitian-penelitian tentang geometri rangka sepeda yang sudah banyak dilakukan, seperti halnya penelitian-penelitian diatas masih terfokus pada penelitian pengaruh sudut STA terhadap kebutuhan oksigen oleh pengayuh sepeda atau energi yang dikeluarkan untuk mengayuh pedal sepeda.

Penelitian ini membahas pengaruh sudut STA rangka sepeda terhadap risiko cedera tubuh pengendara ditinjau dari aspek ergonomis dan gaya yang bekerja pada segmen utama tubuh (punggung dan kaki). Sebagai pembanding kedua analisa tersebut, dilakukan percobaan mengayuh oleh 15 pengayuh.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisa risiko cedera tubuh (ergonomis) dan percobaan pengayuhan sepeda. Analisa nilai risiko cedera tubuh memakai metode RULA (Rapid upper limb assessment) yang terdapat pada software CATIA V5R14. RULA adalah sebuah metode untuk mengevaluasi rancangan posisi gerak tubuh bagian atas (diatas pinggang khususnya) selama melakukan aktifitas. Hasil evaluasi dinyatakan dalam bentuk numerik – nilai, yaitu 1-2 artinya gerakan ideal (sangat ergonomis) – posisi bagian tubuh saat beraktifitas sangat nyaman, 3-4 gerakan dalam aktifitas bisa diterima, tetapi untuk pengembangan kedepan perlu dilakukan investigasi lanjutan. Nilai 4-5 menunjukkan desain gerakan akan mendatangkan risiko cedera tubuh tinggi. Sedangkan nilai 6-7 menunjukkan nilai risiko cedera tubuh sangat tinggi, rancangan gerakan dalam aktifitas ini sangat tidak ergonomis (tidak nyaman) dan harus dirancang ulang. Sesuai dengan tujuan metode RULA, analisa ergonomis yang dilakukan hanya pada bagian tubuh diatas penggang. Analisa tersebut akan dibandingkan dengan analisa gaya dengan metode biomekanik, khususnya analisa gaya yang terjadi pada bagian punggung saat pengendara mengayuh sepeda. Kedua analisa diatas akan dilakukan pada geometri sepeda dengan sudut STA 68° , 72° , 76° , 80° dan 84° .

Untuk verifikasi kedua analisa diatas, maka dilakukan percobaan pengayuhan sepeda oleh 15 pengayuh sebagai responden. Masing-masing responden mengayuh sepeda selama 5 menit untuk masing-masing sudut STA. Mereka harus mengisi form isian nodic body map, yang berisi 27 segmen tubuh yang mungkin mengalami keluhan kelelahan setelah mengayuh sepeda. Sesuai dengan petunjuk pengujian kenyamanan (ke-ergonomian) tubuh manusia Indonesia, dimana tiap keluhan akan diberi nilai berturut-turut 1, 2, 3, 4 atau 5. Semakin besar nilai keluhan, semakin lelah segmen tubuh setelah beraktifitas [Nurmianto, 2004]. Data keluhan dianalisa dengan software Minitab dan selanjutnya dilakukan uji statistik untuk mengetahui apakah berpengaruh STA terhadap keluhan kelelahan segmen tubuh pengayuh.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Analisa Risiko Cedera dengan Metode RULA

Untuk menganalisa nilai risiko cedera tubuh digunakan metode RULA yang terdapat di dalam software CATIA V5R14. Dengan software CATIA disimulasikan posisi gerakan tubuh sebagai model pengendara saat mengayuh sepeda. Sebagai langkah awal dari yang simulasi ini dibuat model manusia yang akan menjadi obyek. Langkah pembuatan model manusia ini disebut sebagai human builder. Human builder adalah suatu sistem yang membuat model orang yang secara detail dapat menginvestigasi desain orang terhadap tempat kerja sebelum diaplikasikan. Orang yang akan dirancang dalam human builder ini kemudian disebut manikin. Pada human builder tool manikin dibangun sesuai dengan besar percentile, jenis kelamin, direct kinematics dan inverse kinematics. Human builder akan diakses melalui aplikasi ergonomic design dan analysis pada software CATIA.

3.1.2 Simulasi Risiko Cedera pada berbagai Sudut STA

Untuk mendapatkan posisi tubuh yang memiliki risiko cedera yang rendah dapat diketahui dari hasil simulasi dengan menggunakan software CATIA V5R14. Pada simulasi ini ditampilkan manikin yang disesuaikan dengan ukuran tubuh manusia (antropometri) Indonesia. Simulasi RULA dilakukan pada pengendara sepeda dengan geometri rangka sepeda – sudut STA mulai dari 68° , 72° , 76° , 80° dan 84° . Hasil simulasi dan nilai risiko cedera tubuh pengendara pada sudut STA 68° dapat dilihat pada gambar 1.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 1. Analisa RULA pada STA Sebesar 68°

Nilai akhir RULA untuk sepeda STA 68° adalah nilai 3. Nilai tersebut menyatakan, bahwa sepeda yang dirancang ini cukup dapat diterima namun masih belum ideal (comment : investigate further), untuk itu dibutuhkan investigasi lebih lanjut dan mendalam untuk mengurangi nilai risiko cedera yang didapatkan. Dengan kata lain, rancangan sepeda, khususnya yang berpengaruh terhadap punggung perlu dievaluasi ulang, agar risiko cedera punggung dapat dihindari. Artinya, sepeda dengan STA 68° masih belum aman dan belum nyaman untuk dikendarai.

Dengan cara yang sama, dapat disimulasikan nilai risiko cedera tubuh pengendara sepeda pada sudut STA yang lain, hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran A1, dan nilai risiko cedera tubuh yang mungkin terjadi pada pengendara dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil simulasi RULA pada variasi STA

No	Seat Tube Angle	Nilai Risiko Cedera
1	68°	3
2	72°	2
3	76°	2
4	80°	2
5	84°	2

Dari tabel 1 dapat dilihat, bahwa setelah STA 68°, yaitu mulai 72° - 84° , nilai akhir RULA adalah 2. Nilai 2 tersebut menyatakan bahwa, sepeda yang dirancang dapat diterima (acceptable) dan nyaman untuk dinaiki. Akan tetapi rancangan sepeda belum ideal, karena risiko cedera > 1.

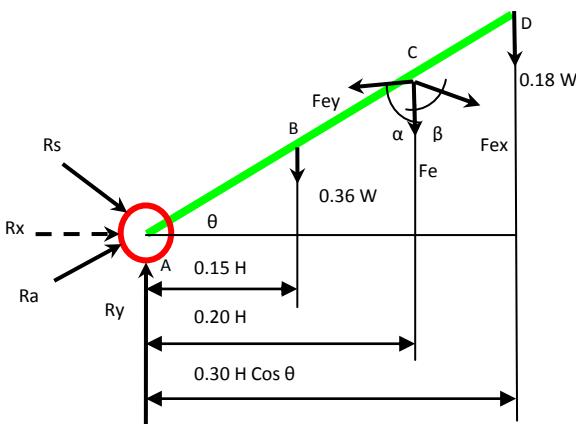
3.2. Analisa Biomekanika Pengendara Sepeda

Analisa biomekanika dilakukan dengan membuat free body diagram dari segmen tubuh yang melakukan gerakan (aktivitas), seperti terlihat pada gambar 2. Pada penelitian ini, analisa biomekanik dilakukan pada segmen tubuh saat pengendara sepeda sedang mengayuh sepeda, yaitu pada segmen tubuh bagian atas yaitu bagian punggung dengan pinggang dianggap sebagai pusat. Selanjutnya analisa biomekanik dilakukan pada segmen tubuh bagian bawah adalah kaki yang mengayuh dengan lutut

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

sebagai pusatnya. Pada segmen ini yang diambil adalah pada saat akan mengayuh sehingga membentuk sudut.



Gambar 2. Free body diagram untuk analisa biomekanik pada segmen punggung dari pengendara sepeda

Analisa Gaya-Gaya pada Segmen Punggung

Dalam perhitungan biomekanika digunakan Hukum Newton I tentang kesetimbangan gaya yang digunakan pada segmen tubuh punggung, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sum F_y = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$Ry - 0.36 W - Fey - 0.18 W = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$Rx = -Fex$$

$$Fex = Fe \cos \beta$$

$$Fey = Fe \sin \beta$$

$$\sum M_A = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

$$(Fex \sin \theta \times 0.20 H) - Fey (0.20 H \cos \theta) - (0.36 W \times 0.15 H \cos \theta) - (0.30 H)(0.18 W) \cos \theta = 0$$

$$Ra = Ry \sin \theta + Rx \cos \theta$$

$$Rs = -Ry \cos \theta + Rx \sin \theta$$

Analisa Gaya-gaya pada Segmen Kaki

$$\sum F_y = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

$$-Fm \sin h - 0.85 W - 0.1 W - 0.15 W - 0.25 W + Ry = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

$$Fm \cos h - Rx = 0$$

$$\sum M_C = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

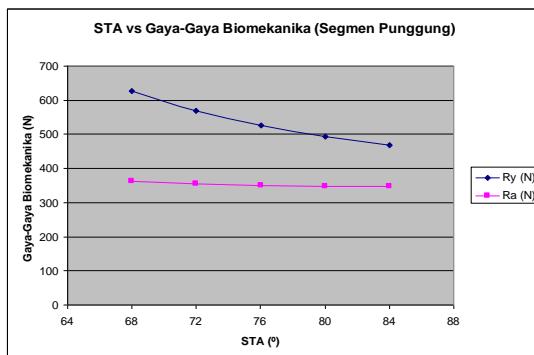
$$Fm \sin h (AC) \cos f + 0.85 W (AC) \cos h - Fm \cos h (AC) \sin f + 0.1 W (AB) \cos f = 0$$

Dengan persamaan-persamaan diatas, maka akan dihitung gaya-gaya yang bekerja pada segmen punggung dan kaki, dimana data antropometri manusia Indonsia (lihat tabel A-1 pada lampiran) adalah sbb : Tinggi tubuh (h) = 173.2 cm = 1.732 m ; Berat tubuh (W) = 61 Kg (61 Kg x 9.8 m/s = 597. 8 N)

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

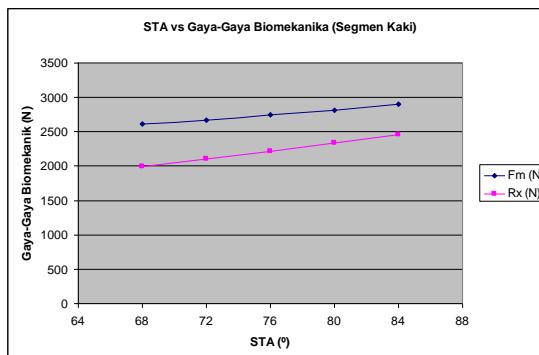
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Dari hasil permodelan pada tubuh pengendara sepeda untuk setiap kondisi pengayuhan sepeda, dengan geometri rangka sepeda pada STA 68° , 72° , 76° , 80° dan 84° didapat besarnya gaya-gaya reaksi yang terjadi, seperti gambar 3 dan 4.



Gb. 3. Gaya-Gaya Biomekanika pada Segmen Punggung

Gambar 3 menunjukkan besarnya gaya biomekanik pada pengayuh dari segmen punggung dengan STA tertentu. Sedangkan gambar 4 menunjukkan besarnya gaya-gaya biomekanik yang terjadi pada segmen kaki. Pada gambar 3 terlihat, bahwa keadaan segmen punggung yang paling nyaman adalah pada STA 84° , karena gaya yang terjadi pada punggung paling kecil ($Ry=467.627$ N dan $Ra=361.346$ N). Sedangkan pada STA 68° terlihat tidak nyaman. Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya gaya-gaya biomekanika yang bekerja pada segmen ini cukup besar, yaitu: $Ry=626.058$ N dan $Ra=361.346$ N.



Gb. 4. Gaya-Gaya Biomekanika pada Segmen Kaki

Sedangkan pada segmen kaki kondisi kayuh yang paling nyaman adalah pada STA 68° . Hal ini disebabkan oleh gaya-gaya biomekanika yang bekerja adalah paling kecil dibandingkan dengan gaya-gaya biomekanika pada STA lainnya. Terlihat pada STA 84° memiliki gaya otot pada lutut (Fm) sebesar 2898.49 N, gaya ini adalah paling besar, dibandingkan dengan STA 68° yang memiliki Fm sebesar 2608.59 N.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3.3 Percobaan Pengayuh pada variasi Sudut STA

Pada percobaan ini, akan dilakukan pengambilan data keluhan rasa lelah pengendara sepeda pada segmen tubuh tertentu, setelah mengayuh sepeda dalam waktu tertentu. Pengambilan data ini akan menggunakan nordic body map dan hasilnya dianalisa secara statistik dengan bantuan software Minitab.

3.3.1 Peralatan dan Responden Percobaan

- Sepeda yang dapat diubah sudut STA (68° , 72° , 76° , 80° dan 84°).
- Indoor bicycle trainer device
- Stop watch.
- Alat ukur detak jantung (Pulse watch).
- Alat ukur kecepatan (Cat eye).
- Busur Bilah (Bevel Protractor).

3.3.2 Skema Percobaan dan peralatan

3.3.3



Gambar 5. Skema Peralatan Percobaan Pengayuhan

Responden sebagai pengayuh berusia sekitar 20-23 tahun, tinggi rata-rata 170-175 cm, berat badan sekitar 60-65 kg, sehat tanpa adanya keluhan sakit (ada 15 orang).

3.3.2. Pengumpulan, Pengolahan dan Analisa Data Percobaan

Seperti yang sudah diuraikan pada metode penelitian sebelumnya, percobaan dilengkapi dengan form risian yang disebut dengan nordic body map. Body map ini berisi 27 segmen tubuh pengendara sepeda (responden), yang akan dicatat kondisinya setelah percobaan kayuh. Pada body map tercantum nilai masing-masing segmen dengan nilai 1-5. Semakin besar nilai tersebut, semakin besar tingkat keluhan kelelahan pengendara sepeda. Nilai keluhan kemudian dihitung dengan persamaan [Nurmianto, 2004]:

$$\text{Rata-rata keluhan} = \frac{\sum \text{Jumlah responden Pengendara Sepeda} \times \text{Bobot}^*}{\text{Jumlah responden Pengendara Sepeda}} \quad (7)$$

Hasil dari percobaan dapat dan rata-rata tingkat keluhan sakit atau kelelahan dapat dilihat pada tabel 2.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 2. Hasil percobaan kayuh 15 responden

NO	Segmen Tubuh	Tingkat Keluhan					Rata- Rata Keluhan
		1	2	3	4	5	
1	Leher	5	0	0	0	0	1
2	Bahu Kiri	5	0	0	0	0	1
3	Bahu Kanan	5	0	0	0	0	1
4	Lengan Atas Kiri	5	0	0	0	0	1
5	Lengan Atas Kanan	5	0	0	0	0	1
6	Punggung	5	0	0	0	0	1
7	Pinggang	5	0	0	0	0	1
8	Bawah Pinggang (Perut)	5	0	0	0	0	1
9	Pantat	4	1	0	0	0	1.2
10	Siku Kiri	5	0	0	0	0	1
11	Siku Kanan	5	0	0	0	0	1
12	Lengan Bawah Kiri	5	0	0	0	0	1
13	Lengan Bawah Kanan	5	0	0	0	0	1
14	Pergelangan Tangan Kiri	5	0	0	0	0	1
15	Pergelangan Tangan Kanan	5	0	0	0	0	1
16	Telapak Tangan Kiri	5	0	0	0	0	1
17	Telapak Tangan Kanan	5	0	0	0	0	1
18	Paha Kiri	0	4	1	0	0	2.2
19	Paha Kanan	0	4	1	0	0	2.2
20	Lutut Kiri	2	3	0	0	0	1.6
21	Lutut Kanan	2	3	0	0	0	1.6
22	Betis Kiri	2	3	0	0	0	1.6
23	Betis Kanan	2	3	0	0	0	1.6
24	Pergelangan Kaki Kiri	5	0	0	0	0	1
25	Pergelangan Kaki Kanan	5	0	0	0	0	1
26	Telapak Kaki	5	0	0	0	0	1

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

	Kiri						
27	Telapak Kaki	5	0	0	0	0	1
	Kanan						

3.3.3 Uji Statistik Pengaruh STA terhadap Rata-Rata Keluhan

Rata-rata keluhan kelelahan yang dirasakan responden pada saat mengendarai sepeda dengan STA sebesar 68° , 72° , 76° , 80° , dan 84° diuji secara statistik. Pengujian ini bertujuan menganalisa hubungan antara pengaruh perubahan STA terhadap rata-rata keluhan kelelahan pengendara. Uji statistik ini dilakukan dengan cara uji mean pada two-way anova dengan menggunakan software Minitab. Ada dua hipotesa yang dilakukan pada pengujian ini yaitu:

H_0 = Perubahan STA tidak mempengaruhi rata-rata kelelahan pengendara

H_1 = Perubahan STA mempengaruhi rata-rata kelelahan pengendara

Dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha = 5\%$, akan dihitung P-value. Jika $P\text{-value} < \alpha$, maka H_0 akan ditolak. Dengan bantuan software minitab, hubungan antara STA dengan rata-rata keluhan pengendara yang uji statistik dapat dilihat pada tabel 2.

Dari hasil uji statistik tabel 2, dimana $P\text{-value} < \alpha$, maka Hipotesa awal H_0 ditolak (H_1 diterima). Artinya perubahan STA mempengaruhi rata-rata keluhan kelelahan pengendara sepeda.

Tabel 2. Hasil uji statistik rata-rata kelelahan pengayuh terhadap STA

Two-way ANOVA: RATA2 KELELAHAN versus SEAT TUBE					
ANGLE, SEGMENT TUBUH					
Source	DF	SS	MS	F	P
SEAT TUBE ANGLE	4	2.3899	0.597481	9.72	0.000
SEGMENT TUBUH	26	13.1615	0.506211	8.23	0.000
Error	104	6.3941	0.061481		
Total	134	21.9455			
$S = 0.2480$ $R-Sq = 70.86\%$ $R-Sq(\text{adj}) = 62.46\%$					

3.3.4 Analisa Pengaruh STA Terhadap Rata-Rata Keluhan

Selanjutnya dengan software Minitab dapat juga diketahui STA yang menyebabkan rata-rata keluhan kelelahan yang paling besar pada masing-masing pembebahan. Melalui uji statistik dengan pengujian mean dengan One-Way Anova didapatkan hasil seperti terlihat pada tabel 3.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 3. Rata-rata keluhan 27 segmen tubuh hasil percobaan kayuh 15 responden

One-way ANOVA: RATA2 KELELAHAN versus SEAT TUBE ANGLE					
Source	DF	SS	MS	F	P
SEAT TUBE ANGLE	4	2.390	0.597	3.97	0.004
Error	130	19.556	0.150		
Total	134	21.945			

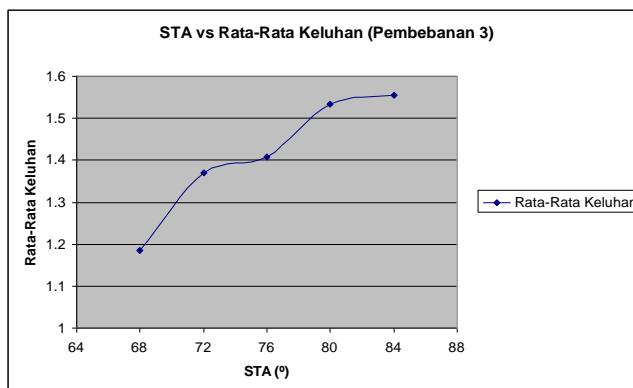
S = 0.3878 R-Sq = 10.89% R-Sq(adj) = 8.15%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+	
68	27	1.1852	0.3634	(-----*-----)	
72	27	1.3704	0.2757	(-----*-----)	
76	27	1.4074	0.3441	(-----*-----)	
80	27	1.5333	0.3883	(-----*-----)	
84	27	1.5556	0.5243	(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----+	
		1.20	1.40	1.60	1.80

Pooled StDev = 0.3878

Dari tabel 3 tersebut, dibuat grafik hubungan antara STA dengan nilai rata-rata keluhan kelelahan pengendara sepeda, seperti terlihat pada gambar 6. Dari pengujian statistik dan gambar 6, dapat dikatakan, bahwa rata-rata keluhan kelelahan pada pengendara sepeda yang paling besar adalah pada geometri rangka sepeda dengan STA 84°. Hal ini terlihat pada nilai rata-rata keluhan tertinggi yaitu 1.556. Sedangkan nilai rata-rata keluhan yang paling rendah terjadi pada rangka sepeda dengan STA 68° yaitu sebesar 1.1852.



Gb. 6. Grafik Segmen Tubuh Terhadap Rata-Rata Keluhan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3.3.4 Analisa Pengaruh STA Terhadap Segmen Tubuh Pengendara Sepeda

Setelah diketahui pengaruh STA terhadap rata-rata keluhan kelelahan pengendara. Selanjutnya perlu diketahui segmen tubuh mana yang mengalami kelelahan. Hal ini dibutuhkan untuk mengetahui segmen tubuh mana yang paling tinggi rata-rata keluhan kelelahannya. Hal ini dapat dilakukan dengan pengujian statistik. Uji ini dilakukan dengan menguji mean menggunakan One-Way Anova dengan bantuan software Minitab. Hasil pengujian mean dengan Minitab dapat dilihat pada tabel 4 . Dari uji one-way anova didapatkan rata-rata keluhan kelelahan pada pengendara yang paling besar terjadi pada segmen tubuh no 18 dan 19 yaitu pada paha kiri dan paha kanan terlihat pada mean 2.160.

Dari hasil analisa data percobaan variasi STA rangka sepeda, didapatkan bahwa dengan perubahan STA mengakibatkan perubahan rata-rata keluhan kelelahan pada pengendara sepeda. Selain itu diperoleh bahwa pada sudut STA 84° memiliki rata-rata keluhan kelelahan yang paling besar dibandingkan dengan sudut STA lainnya. Sedangkan pada STA 68° mendapatkan rata-rata keluhan kelelahan yang paling kecil dibandingkan sudut STA yang lainnya. Dari analisa data didapatkan juga bahwa segmen tubuh yang rata-rata dirasakan keluhan kelelahan yang paling tinggi adalah terjadi pada bagian paha kanan, paha kiri, lutut kiri, lutut kanan, pergelangan tangan kanan, pergelangan tangan kiri, betis kiri, dan betis kanan. Dari uraian tersebut dapat dikatakan, bahwa sudut yang memiliki tingkat keluhan kelelahan yang paling rendah adalah geometri rangka STA 68° , artinya geometri rangka ini memiliki tingkat kenyamanan dan ergonomis yang lebih tinggi dibanding dengan sudut STA lainnya.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 4. Rata-rata kelelahan pada segmen tubuh pengendara

- Dengan Pembebanan 3

One-way ANOVA: RATA2 KELELAHAN versus SEGMENT TUBUH					
Source	DF	SS	MS	F	P
SEGMENT TUBUH	26	13.1615	0.5062	6.22	0.000
Error	108	8.7840	0.0813		
Total	134	21.9455			

S = 0.2852	R-Sq = 59.97%	R-Sq(adj) = 50.34%			
Individual 95% CIs For Mean Based on					
Pooled StDev					
Level N Mean StDev					
-----+-----+-----+-----+-----+-----					
1	5	1.0400	0.0894	(-----*-----)	
2	5	1.1200	0.1095	(-----*-----)	
3	5	1.2000	0.1414	(-----*-----)	
4	5	1.2000	0.1414	(-----*-----)	
5	5	1.2000	0.1414	(-----*-----)	
6	5	1.1600	0.1673	(-----*-----)	
7	5	1.1600	0.1673	(-----*-----)	
8	5	1.0400	0.0894	(-----*-----)	
9	5	1.5600	0.3286	(-----*-----)	
10	5	1.1600	0.2191	(-----*-----)	
11	5	1.1600	0.2191	(-----*-----)	
12	5	1.4000	0.2449	(-----*-----)	
13	5	1.4400	0.2608	(-----*-----)	
14	5	1.6800	0.6099	(-----*-----)	
15	5	1.6800	0.6099	(-----*-----)	
16	5	1.5600	0.4336	(-----*-----)	
17	5	1.5200	0.3899	(-----*-----)	
18	5	2.1600	0.2966	(-----*-----)	

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka ada beberapa hal yang dapat disimpulkan seperti:

1. Dengan menggunakan metode RULA didapatkan bahwa nilai RULA untuk STA 68° adalah 3, nilai ini berarti geometri rangka STA ini masih belum nyaman dikendarai. Sedangkan STA 72° , 76° , 80° dan 84° memiliki nilai 2 yang artinya memiliki STA ini tingkat kenyamanan yang baik serta risiko cedera yang cukup rendah.
2. Dari percobaan sepeda dengan variasi STA didapatkan geometri rangka STA yang rata-rata keluhan yang paling tinggi berada pada STA 84° . Sedangkan geometri rangka STA 68° memiliki rata-rata keluhan yang paling rendah.
3. Dalam percobaan sepeda dengan variasi STA, segmen tubuh yang paling tinggi rata-rata keluhannya adalah pada segmen paha.
4. Dengan menggunakan analisa biomekanik didapatkan bahwa pada segmen tubuh punggung gaya yang paling tinggi adalah geometri rangka STA 68° , dan yang paling rendah pada STA 84° . Hal ini sesuai dengan hasil analisa RULA (nilai 3). Sedangkan untuk segmen tubuh kaki yang mengayuh, gaya yang paling besar terjadi pada STA 84° , sedangkan yang memiliki gaya yang paling kecil adalah STA 68° . Hal ini sesuai dengan hasil percobaan kayuh.

Daftar Pustaka

1. Heil DP, Wilcox AR, Quinn CM. Cardiorespiratory responses to seat-tube angle variation during steady-state cycling. *Med Sci Sports Exercise* 1995;7:730-735.
2. Jackson KJ, Mulcare JA, Duncan RC. (2008). The Effect Of Bicycle Seat Tube Angle On The Metabolic Cost Of The Cycle-Run Transition In Thriathletes, Vol 11, No.1.
3. Karl Kroemer, Henrike Kroemer, Katrin Kroemer-Elbert. (2003). Ergonomic: How to Design for Ease and Efficiency; W.J. Fabrucky and J.H. Mize, Editors, Second Edition.
4. Richard, Mark D., Hills Meyer, Patrick, Miller, Michael G., Timothy J. Michael. (2006). The Effect Of Bicycle Frame On Muscle Activation And Power During Wingate Anaerobic Test, *Journal Sport And Science And Medicine*, vol 5,p. 25-32.
5. McAtamney, Lynn and Corlett, E Nigel. (1993). RULA: A Survey Method for Investigation of Work-related Upper Limb Disorders, *Applied Ergonomics*, vol. 24 No. 2, p.91-99.
6. Nurmianto, Eko. (2004). Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya, Edisi Kedua Guna Widya, Surabaya.
7. Peveler W, Bishop P, Smith J, Richardson M. Effects of training in an aero position on anaerobic power output. *JEPonline* 2004;7(5):52-56
8. Peveler W, Bishop P, Smith J, Richardson, M. Effects of training in an aero position on metabolic economy. *JEPonline* 2005;8(1):44-50.
9. Price D, Donne B. Effect of variation in seat tube angle at different seat heights on sub-maximal cycling performance in man. *Journal Sports science* 1997;15:395-402.
10. Wilson, J.R., Corlett E.N. (1995). Evaluation of Human Work, Taylor and Francis Ltd.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Lampiran



Gambar A.1 Analisa RULA Sepeda pada STA 72°

Tabel A-1. Data Antropometri Manusia Indonesia
(Sumber data : Nurmianto, Eko, 2004)

No	Dimensi Tubuh	X Rata-Rata (mm)	SD
1	Tinggi tubuh saat posisi tegak	1.732	61
2	Tinggi bahu pada posisi duduk	621	30
3	Jarak pantat ke lutut	590	27
4	Tinggi lutut	544	29