



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENGEMBANGAN SEPEDA MULTIGENDER UNTUK
CIVITAS AKADEMIKA ITS**

**RUDI ANDREAN
NRP 2109 100 022**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng**

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015**



TUGAS AKHIR - TM 141585

DEVELOPMENT OF UNISEX BIKE FOR ITS

RUDI ANDREAN
NRP 2109 100 022

Academic Supervisor
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng

Departement Of Mechanical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

PENGEMBANGAN SEPEDA MULTIGENDER UNTUK CIVITAS AKADEMIKA ITS

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Bidang Studi Manufaktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

RUDI ANDREAN

NRP. 2109 100 022

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen B, M.Eng

NIP. 1958 1106 1986 01 1002

(Pembimbing)

2. Prof. Dr. Ing. Suhardjono, M.Sc

NIP. 1962 0604 1987 01 1001

(Penguji I)

3. Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA

NIP. 1965 0810 1991 02 1001

(Penguji II)

4. Ir. Sampurno, MT.

NIP. 1965 0404 1989 03 1002

(Penguji III)

**SURABAYA
JANUARI 2015**

PENGEMBANGAN SEPEDA MULTIGENDER UNTUK CIVITAS AKADEMIKA ITS

Nama Mahasiswa : Rudi Andrian
NRP : 2109100022
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen
Batun, M.Eng

Abstrak

Sepeda saat ini semakin digemari dari berbagai kalangan, baik itu kalangan tua maupun muda dan laki maupun perempuan. Maka pada tahun 2013 Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk mengembangkan sepeda multigender., Namun dari hasil uji kayuh ternyata masih terdapat kekurangan, yaitu 2 dari 5 responden nilai RULA masih bernilai 4. Berdasarkan hal diatas, maka pada penelitian ini dilakukan pengembangan sepeda multigender untuk civitas akademika ITS.

Langkah- langkah penelitian yang dilakukan adalah merancang sepeda multigender. Untuk merancang sepeda ITS tidak terlepas dari pengembangan hasil evaluasi sepeda multigender yang ada. Setelah itu dilakukan evaluasi resiko cedera pengendara, baik laki- laki maupun perempuan dengan perhitungan RULA (Rapid Upper Limb Assessment).selanjutnya menghitung kekuatan material. Langkah selanjutnya adalah proses pembuatan dan perakitan prototype. Sedangkan langkah terakhir adalah uji prototype untuk mengetahui energi kayuh, heart rate dan tegangan otot kaki pengendara untuk mengayuh sepeda ITS ini.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah sepeda ITS hasil pengembangan dari sepeda multigender memiliki desain rangka berdasarkan huruf "ITS" sehingga sepeda kampus ITS memiliki identitas dan mudah dikenali. Rangka sepeda terbuat dari material ST45 yang berbentuk oval dan mampu menahan beban 100 kg dengan tegangan maksimum sebesar 6,6 Mpa. Nilai

RULA untuk tinggi 157,5 hingga 180 cm adalah 3. Sepeda ITS juga mampu mengurangi energi kayuh yang dibutuhkan pengendara serta meminimalkan selisih tegangan otot yang terjadi sebelum dan sesudah mengayuh.

Kata kunci: multi gender, sepeda, prototype, aman, ergonomis, heart rate, energy kayuh

DEVELOPMENT OF UNISEX BIKE FOR ITS

Name : Rudi Andrian
NRP : 2109100022
Departement : Mechanical Engineering
FIT- ITS
Academic Supervisor : Prof. Dr. Ing. I Made
Londen Batan, M.Eng

Abstract

Bike today increasingly popular from various circles, both the young and old and men and women. Then in 2013 the Laboratory of Design and Product Development to develop a multigender bike. But from the results of the test paddle turns out there are still shortcomings, namely 2 of 5 respondents value RULA still worth 4. Based on the above, it is in this research multigender bike development for the academic community ITS.

The steps of the research is to design a bike multigender. To design a bike ITS is inseparable from the development of the evaluation results multigender existing bike. After the evaluation of the risk of injury to riders, both male and female with RULA calculation (Rapid Upper Limb Assessment). Next calculate the strength of the material. The next step is the process of making and assembling the prototype. While the final step is to test the prototype to determine energy of paddle, heart rate and muscle tension leg fatherly rider's pedaling ITS.

The results obtained from this study is the result of the development of ITS bike multigender bike frame design based on the letters "ITS" so that the bike has the ITS campus and easily recognizable identity. Bike frame made of material ST45 oval and capable of withstanding a load of 100 kg with a maximum voltage of 6.6 MPa. Rula for high value 157.5 to 180 cm is 3. Bicycle ITS also able to reduce the energy required pedal riders as well as minimizing the difference between muscle tension that occurred before and after paddling.

Key words: unisex, sepeda, prototype, safety, ergonomic, heart rate, energy of paddle

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, pertunjuk serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan kerja praktek dan dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir di jurusan Teknik Mesin ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) yang wajib dilaksanakan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi 10 Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi dan bantuan baik moril maupun materil oleh banyak pihak. Oleh karena itu, dengan sepenuh ketulusan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta selaku motivator utama bagi penulis
2. Bapak Bambang Pramudjati selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS
3. Bapak Arief Wahyudi selaku dosen koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS
4. Bapak Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng selaku dosen pembimbing kami
5. Bapak Prof. Dr. Ing. Suhardjono, M.Sc, Dr. Agus Sigit Pramono, DEA dan Ir. Sampurno, MT selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir saya
6. Bapak Dani M42 yang banyak membantu dalam proses pembuatan dan perakitan sepeda ITS
7. Saudara Agus M56, Jemy LJ 2012, Gandi LJ 2012, Fahmi M54 dan Imron M52 serta saudari Wardayani LJ 2012, Irma LJ 2012 dan Mufti LJ 2012 selaku responden pada Tugas Akhir ini
8. Alfie M52, Ivan M52, Ihsan M51 dan Listianto M51 selaku teman seperjuangan di Lab. P3

9. Saudara- saudara M52 dan teman- teman lab. P3
10. Saudari Rohmanisa yang telah memberi dukungan serta sebagai motivator
11. Dan juga teman- teman semua yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Tak ada gading yang tak retak, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang pembaca berikan untuk kebaikan kedepannya.

Hormat Kami,

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak	iii
Abstrac.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	xiv
Daftar Tabel.....	xviii
Daftar Gambar	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Sepeda Kota.....	7
2.2. <i>Multigender Bike</i>	9
2.3. Karakteristik Rangka Sepeda.....	12
2.3.1. Bentuk Profil Rangka	12
2.3.2. Tahap Metode RULA.....	12
2.4.3. Tebal Dan Material Rangka Sepeda	13
2.4. Teori- Teori Kegagalan.....	15
2.4.1. Teori- Teori Kegagalan Statik	15
2.4.2. Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum.....	16
2.5. Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	17
2.5.1. Penentu Faktor Keamanan.....	18
2.6. Analisa Resiko Cedera Dengan Metode RULA	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Langkah-Langkah Penelitian	23
3.1.1. Studi Literatur Dan Studi Lapangan	23
3.1.2. Pengembangan Konsep.....	24
3.1.3. Perhitungan Kekuatan Material Rangka	24
3.1.4. Pembuatan Dan Perakitan Prototipe	24
3.1.5. Uji Prototipe	24

3.1.6. Kesimpulan Dan Saran.....	25
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	25
BAB 4 PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA KAMPUS ITS	
4.1. Evaluasi Sepeda Multigender Yang Ada.....	27
4.2. Pengembangan Konsep Sepeda ITS.....	28
4.1. Konsep Rangka Sepeda ITS.....	29
BAB 5 ANALISA KONSEP SEPEDA	
5.1. Analisa Kekuatan Material.....	35
5.1.1. Perhitungan Manual Rangka Sepeda Konsep 1.....	35
5.1.2. Perhitungan Manual Rangka Sepeda Konsep 2.....	41
5.2. Analisa RULA.....	47
5.2.1. Analisa RULA Sepeda Konsep 1.....	47
5.2.2. Analisa RULA Sepeda Konsep 2.....	49
5.3. Pemilihan Konsep.....	51
BAB 6 PEMBUATAN, PERAKITAN DAN UJI PROTOTIPE	
6.1. Proses Pembuatan Rangka.....	57
6.2. Proses Perakitan Rangka.....	58
6.3. Pengujian Dan Analisa Prototipe Sepeda ITS.....	61
6.3.1. Uji Kayuh Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS..	61
6.3.2. Pengukuran Tegangan Otot Kaki Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS.....	69
6.3.3. Analisa Risiko Cedera Tubuh Pengendara Sepeda ITS Dengan Metode RULA.....	75
6.3.4. Pengujian Performasi Sepeda ITS.....	81
6.4. Pengujian Dan Analisa Sepeda Multigender.....	82
6.4.1. Uji Kayuh Dengan Variasi Kecepatan Sepeda Multigender.....	82
6.4.2. Pengukuran Tegangan Otot Kaki Dengan Variasi Kecepatan Sepeda Multigender.....	85
6.5. Perbandingan Antara Sepeda ITS Dengan Sepeda Multigender.....	88
6.5.1. Perbandingan Hasil Pengujian Uji Tegangan Otot..	89
6.5.2. Perbandingan Hasil Pengujian Uji Kayuh.....	91

6.6. Kelebihan Sepeda ITS	94
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1. Kesimpulan	97
7.2. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	101
BIOGRAFI PENULIS	

[Halaman Sengaja Dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Momen Inersia Untuk Profil Lingkaran, Oval, Kotak Dan Segitiga.....	13
Tabel 2.2. Faktor Keamanan Pada Material.....	19
Tabel 2.3. Tahapan Aplikasi Metode Rula.....	19
Tabel 2.4. Tabel Rula Bagian A.....	20
Tabel 2.5. Tabel Rula Bagian B.....	21
Tabel 2.6. Tabel Rula Bagian C.....	22
Tabel 2.7. Nilai Tingkat Resiko Cedera.....	22
Tabel 4.1. Spesifikasi Sepeda Wanita.....	29
Tabel 4.2. Spesifikasi Sepeda Pria.....	29
Tabel 4.3. Daftar Kebutuhan Sepeda Its.....	30
Tabel 5.1. Besar Gaya Yang Terjadi Pada Tiap Batang Rangka Sepeda 1.....	40
Tabel 5.2. Tegangan Pada Tiap Batang Rangka Sepeda 1.....	40
Tabel 5.3. Besar Gaya Yang Terjadi Pada Tiap Batang Rangka Sepeda 2.....	45
Tabel 5.4. Besar Tegangan Pada Tiap Batang Rangka 2.....	45
Tabel 5.5. Daftar Kebutuhan Sepeda Its.....	52
Tabel 5.6. Perbandingan Kriteria Sepeda Konsep 1 Dan Sepeda Konsep 2.....	55
Tabel 6.1. Proses Manufaktur Bagian Rangka Its.....	57
Tabel 6.2. Responden Dan Perhitungan IMT.....	63
Tabel 6.3. Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Sepeda Its.....	66
Tabel 6.4. Hasil Pengukuran Tegangan Otot Kaki.....	72
Tabel 6.5. Hasil Pengukuran Responden 1.....	77
Tabel 6.6. Hasil Pengukuran Responden 2.....	78
Tabel 6.7. Hasil Pengukuran Responden 3.....	79
Tabel 6.8. Hasil Pengukuran Responden 4.....	79
Tabel 6.9. Hasil Pengukuran Responden 5.....	80
Tabel 6.10. Data Hasil Pengujian Menggunakan Sepeda Multigender.....	83
Tabel 6.11. Hasil Pengukuran Tegangan Otot Kaki.....	86

Tabel 6.12. Perbandingan Selisih Tegangan Sepeda Its Dan Multigender.....	89
Tabel 6.13. Perbandingan Detak Jantung Sepeda Its Dan Multigender.....	92
Tabel 6.14. Perbandingan Energi Kayuh Speeda Its Terhadap Multigender.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sepeda Kuat Dan Ringan Dengan Bahan <i>Alluminium Alloy</i> Rancangan Novi Hari Nugroho.....	2
Gambar 1.2. Sepeda Multigender Hasil Rancangan Reinaldi Hendarto.....	4
Gambar 2.1. Bagian Utama Rangka Sepeda Kota.....	7
Gambar 2.2. Sepeda Wanita Dengan Top Tube Rendah Sedangkan Sepeda Pria Dengan Top Tube Tinggi.....	9
Gambar 2.3. Sepeda Multigender Dengan Posisi <i>Top Tube</i> Lebih Tinggi Dari Sepeda Wanita Namun Lbih Rendah Dari Sepeda Pria.....	10
Gambar 2.4. Posisi Punggung Yang Melengkung Dan Siku Yang Membentuk Sudut Kurang Lebih 15^0 Merupakan Posisi Yang Baik Saat Bersepeda Karena Mudah Menyerap Getaran.....	11
Gambar 2.5. Posisi Kaki Yang Baik Saat Bersepeda Cepat (Gambar Kiri) Dengan Posisi Kaki Tegak Lurus Dan Bersepeda Santai (Gambar Kanan) Dengan Posisi Kaki Mebentuk Kurang Lebih 27^0 Sampai 30^0	11
Gambar 2.6. Lingkaran Mohr Prinsipal Sebagai Dasar Teori Kegagalan.....	17
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	26
Gambar 4.1. Bentuk <i>Down Tube</i> Dan <i>Additional Tube</i> Pada Sepeda Multigender Rancangan Reinaldi Hendarto.....	27
Gambar 4.2. Posisi Pedal Pada Sepeda Multigender.....	28
Gambar 4.3. Rancangan Konsep Sepeda 1.....	30
Gambar 4.4. Posisi Pedal Pada Sepeda Konsep 1 Berada Pada Satu Garis Dengan <i>Seat Post</i>	31

Gambar 4.5. Bentuk Pipa Rangka <i>Down Tube</i> Pada Sepeda Konsep 1 Berbentuk <i>Oval</i> Sehingga Rangka Lebih Kuat Dan Lebih Ulat.....	32
Gambar 4.6. Rancangan Konsep Sepeda 2.....	32
Gambar 4.7. <i>Double Down Tube</i> Pada Konsep Sepeda 2, Berguna Agar Rangka Lebih Kuat Dan Stabil.....	33
Gambar 5.1. <i>Free Body Diagram</i> Rangka Sepeda Konsep 1.....	36
Gambar 5.2. Detil Gambar <i>Set Tube</i> Dan <i>Chain Stay</i>	36
Gambar 5.3. <i>Free Body Diagram</i> Rangka Sepeda Konsep 2.....	42
Gambar 5.4. Detil Gambar <i>Set Tube</i> Dan <i>Chain Stay</i>	43
Gambar 5.5. Analisa RULA Sepeda Konsep 1 Dengan Postur 150 Cm.....	47
Gambar 5.6. Analisa RULA Sepeda Konsep 1 Dengan Postur 160 Cm.....	48
Gambar 5.7. Analisa RULA Sepeda Konsep 1 Dengan Postur 170 Cm.....	48
Gambar 5.8. Analisa RULA Sepeda Konsep 1 Dengan Postur 180 Cm.....	49
Gambar 5.9. Analisa RULA Sepeda Konsep 2 Dengan Postur 150 Cm.....	49
Gambar 5.10. Analisa RULA Sepeda Konsep 2 Dengan Postur 160 Cm.....	50
Gambar 5.11. Analisa RULA Sepeda Konsep 2 Dengan Postur 170 Cm.....	50
Gambar 5.12. Analisa RULA Sepeda Konsep 2 Dengan Postur 180 Cm.....	52
Gambar 5.13. Berat Rangka Sepeda ITS Konsep 1 Dan 2 Dari Hasil Simulasi <i>Software CATIA</i>	53
Gambar 5.14. Sepeda Konsep 1 Dengan Desain Terinspirasi Dari “ITS”.....	54
Gambar 5.15. Sepeda Konsep 2 Dengan Desain Terinspirasi Dari Sepeda Kampus Saat Ini.....	55
Gambar 6.1. Gambar Sepeda ITS Beserta Bagiannya.....	57
Gambar 6.2. <i>Jig & Fixture</i> Sepeda Yang Digunakan Selama Proses Perakitan.....	58

Gambar 6.3. Sub Perakitan Rangka Sepeda Ya.....	59
Gambar 6.4. Diagram Perakitan Rangka Depan.....	59
Gambar 6.5. Diagram Perakitan Rangka Belakang.....	60
Gambar 6.6. Rangka Sepeda Setelah Proses Pengelasan.....	60
Gambar 6.7. Sepeda ITS.....	61
Gambar 6.8. Set Up Uji Kayuh Sepeda ITS.....	62
Gambar 6.9. <i>Indoor Bicycle Trainer</i> Minoura M50.....	63
Gambar 6.10. <i>Stopwatch</i>	64
Gambar 6.11. Alat Ukur Detak Jantung.....	64
Gambar 6.12. <i>Speedo Meter</i> Cateye Velo 7.....	64
Gambar 6.13. Grafik Hubungan <i>Heart Rate</i> - Kecepatan.....	67
Gambar 6.14. Grafik Hubungan Energi Kayuh Terhadap Kecepatan.....	68
Gambar 6.15. <i>Indoor Bicycle Trainer</i> Minoura M50.....	70
Gambar 6.16. <i>Speedo Meter</i> Cateye Velo 750.....	70
Gambar 6.17. <i>Stopwatch</i>	71
Gambar 6.18. <i>Leg Dynamometer</i>	71
Gambar 6.19. Grafik Hubungan Kecepatan Dan Selisih Tegangan Otot.....	74
Gambar 6.20. <i>Set Up</i> Pengukuran Posisi Tubuh Dengan Metode RULA.....	76
Gambar 6.21. Goniometer.....	76
Gambar 6.22. Set Up Uji Kayuh Sepeda Multigender.....	83
Gambar 6.23. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Terhadap <i>Heart Rate</i>	84
Gambar 6.24. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Dengan Energi Kayuh.....	85
Gambar 6.25. Grafik Hubungan Kecepatan Dan Selisih Tegangan Otot.....	88

[Halaman Sengaja Dikosongkan]



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, sepeda sebagai alat transportasi darat semakin digemari dari berbagai kalangan, baik itu kalangan tua maupun muda. Bukan tanpa alasan transportasi darat ini semakin digemari dan berkembang. Sepeda adalah alat transportasi yang ramah lingkungan, juga alat transportasi yang harganya terjangkau meskipun ada juga sepeda yang harganya bisa dikatakan tidak murah. Namun itu sebanding dengan kualitas dari sepeda tersebut. Di Indonesia, sepeda sudah tidak lagi sebagai alat transportasi saja, namun sepeda sudah menjadi gaya hidup seseorang di kota-kota besar, termasuk di Surabaya.

Kebutuhan konsumen terhadap sepeda bermacam-macam, ada yang digunakan untuk transportasi, namun ada juga yang digunakan sebagai media hobi dan olahraga. Sehingga saat ini semakin banyak tipe dan model sepeda yang beredar di pasaran. Secara garis besar sepeda di bagi menjadi 3 jenis, yaitu sepeda balap (*sport bike*), sepeda gunung (*mountain bike*) dan sepeda kota (*city bike*). Karena pemakaian sepeda yang sangat luas fungsinya, maka kebutuhan konsumen akan sepeda semakin meningkat. Oleh karena itu di butuhkan sepeda yang nyaman, kuat, sederhana dan praktis untuk di kendarai oleh semua kalangan. Tetapi sesuatu desain yang baik adalah desain yang mampu untuk di rakit, di ukur, dapat di daur ulang dan mempunyai kemampuan untuk di manufaktur.

Sejak tahun 2004 Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk Jurusan Teknik Mesin ITS mulai mengembangkan berbagai jenis sepeda. Mulai dari Novi Hari Nugroho [2004] merancang dan membuat sepeda ringan dan kuat dengan *frame* berbahan *aluminium alloy* (Al 6061) dengan berat total sepeda tersebut 10 kg, seperti terlihat pada gambar 1.1. Material ini sangat ringan kuat untuk menahan beban statik lebih



dari 120 kg. Dari dimensi frame yang sudah ditetapkan berdasarkan keinginan konsumen, ternyata berat frame sepeda tidak lebih dari 6,669 kg. Tetapi saat sepeda digunakan belum stabil dan belum nyaman, dan cenderung mengakibatkan kelelahan yang sangat besar jika dikendarai. Oleh karena itu Erick Rinaldi [2011] melakukan Pengujian lanjutan terhadap sepeda kota (*city bike*) dengan melakukan uji ergonomis pada sepeda tersebut dimana nilai resiko cedera pengendara tersebut adalah 3. Nilai tersebut didapatkan dari perhitungan metode RULA baik secara manual maupun dengan *software* simulasi CATIA dengan melakukan simulasi manekin.



Gambar 1.1 Sepeda kuat dan ringan dengan bahan *alluminium alloy* rancangan Novi Hari Nugroho (2004)

Menjamurnya transportasi sepeda tidak hanya di Surabaya, namun juga kota-kota besar lainnya. Hal ini juga memicu Institusi pendidikan untuk menerapkan *bike to campus* pada lingkungan pendidikannya. Tidak terkecuali Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang sejak tahun 2009 mulai mencanangkan “ITS *eco campus*”. Pembuatan infrastruktur di lingkungan ITS terus dikembangkan, salah satunya terciptanya jalur sepeda di sepanjang jalan ITS. Hal ini diharapkan meningkatkan minat mahasiswa untuk bersepeda baik itu di luar maupun di dalam kampus. Untuk mendukung hal ini, inovasi perlu dilakukan yaitu menciptakan konsep sepeda ITS. Sepeda



ITS adalah sepeda yang dapat digunakan oleh civitas akademik ITS, karena bentuk geometrinya memenuhi berbagai macam kriteria anatomi tubuh pria dan wanita.

Untuk maksud tersebut Reinaldi Hendarto [2013] merancang dan membuat sepeda multigender atau *unisex bike*, seperti terlihat pada gambar 1.2. Sepeda ini adalah sepeda yang dapat digunakan oleh pria dan wanita, karena bentuk geometrinya memenuhi kriteria anatomi tubuh pria maupun wanita. Dari hasil uji coba kayuh yang dilakukan pada sepeda tersebut, ternyata masih terdapat kekurangan pada sepeda tersebut yaitu:

- Posisi pedal terlalu kedepan dan satu garis dengan *seat tube*. Hal ini berpengaruh kepada 2 hal. Pertama posisi kaki saat mengayuh menjadi tidak maksimal dan yang kedua karena posisi pedal yang terlalu kedepan mengakibatkan telapak kaki membentur roda saat sepeda berbelok.
- Nilai RULA masih terdapat nilai 4
Dengan geometri dan dimensi sepeda multigender yang dirancang, berpengaruh pada bentuk dan posisi tubuh pengendara. Hasil pengujian sepeda ini, dari 5 responden dengan tinggi badan yang berbeda, terdapat 2 responden yang memiliki nilai RULA 4 dan 3 responden lainnya memiliki nilai RULA 3.

Untuk itu perlu dilakukan pengembangan dari sepeda multigender yang telah dibuat dengan memperbaiki kekurangannya. Dari pengembangan tersebut diharapkan dapat dirancang dan dibuat sepeda yang aman, kuat dan ergonomis. Disamping itu agar sepeda tersebut dapat dengan mudah dikenali sebagai sepeda kampus ITS diharapkan ada bentuk bentuk tertentu yang bisa menunjukkan simbol ITS.



Gambar 1.2 Sepeda multigender hasil rancangan Reinaldi Hendarto (2013)

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka permasalahan dapat dirumuskan yaitu bagaimana merancang dan mengembangkan sepeda ITS yang aman dan nyaman digunakan oleh civitas akademika di ITS.

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penulisan Tugas Akhir ini lebih terarah dan sistematis, maka batasan masalah akan ditetapkan sebagai berikut:

1. Rancangan dilakukan hanya pada rangka utama
2. Komponen standar tidak di desain ulang.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah merancang dan mengembangkan sepeda ITS yang aman dan nyaman digunakan oleh civitas akademika ITS.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Memberikan gambaran sepeda yang dapat digunakan oleh civitas akademika ITS



-
2. Dengan desain sepeda yang menarik dapat meningkatkan minat civitas akademik ITS untuk bersepeda di kampus mendukung program ITS sebagai *green campus*.



[halaman ini sengaja dikosongkan]



BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sepeda Kota (*City Bike*)

Setiap benda memiliki tulang penyangga atau fondasi untuk menopang benda tersebut agar dapat berdiri sesuai dengan rancangannya. Begitu pula dengan sepeda yang mempunyai tulang penyangga agar dapat digunakan sesuai dengan rancangannya. Tulang penyangga sepeda biasanya disebut dengan rangka sepeda atau *frame*. Rangka sepeda memiliki peranan penting, karena selain sebagai penopang, rangka juga menentukan berat ringan serta tingkat kenyamanan dari sepeda. Rangka utama pada sepeda berfungsi sebagai tempat dipasangnya komponen-komponen penting lainnya, seperti roda, rantai, sadle, *handlebar*, dsb. Secara umum rangka sepeda kota terdiri dari 6 bagian utama, seperti pada gambar berikut:



Keterangan:

1. Head Tube	4. Seat Tube
2. Top Tube	5. Seat Stay
3. Down Tube	6. Chain Stay

Gambar 2.1 Bagian utama rangka sepeda kota [Polygon, 2013]



Gambar sepeda kota seperti terlihat pada gambar 2.1, memiliki bagian- bagian dan fungsi yang berbeda, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Top Tube** : merupakan bagian dari frame sepeda bagian atas. Bagian rangka ini menghubungkan *head tube* dan *seat tube*.
2. **Down Tube** : Merupakan bagian dari frame sepeda, melintang dari *head tube* terhubung langsung dengan *Seat Tube* dan pedal sepeda.
3. **Head Tube** : Bagian dapan *frame* yang didalamnya terdapat bearing dan komponen lainnya yang berfungsi untuk menghubungkan *fork (suspense)* depan dengan stem dan *handlebar*.
4. **Seat Tube** : Dudukan sadle dan penghubung antara sadel dengan *frame* sepeda. Posisi *vertical* disesuaikan dengan kenyamanan pengemudi.
5. **Seat Stay** : Merupakan bagian belakang *frame* yang menghubungkan bagian atas *seat tube* dengan roda belakang sepeda
6. **Chain stay** : Bagian rangka sepeda yang menghubungkan pedal sepeda dengan roda belakang sepeda.

Selain rangka sepeda atau *frame*, komponen penting lain pada sepeda adalah stem. Stem merupakan bagian kokpit sepeda, yang berfungsi sebagai untuk menghubungkan *handlebar*, *headtube* dan *fork*.

Stem juga sangat mempengaruhi posisi pengemudi sepeda, karena derajat kemiringan dari stem dapat menentukan kondisi dan posisi lengan. Derajat kemiringan $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ membuat posisi tubuh lebih tegap dan bisa lebih mudah maneuver. Pada posisi ini lebih ditunjukkan untuk bersepeda pelan atau santai. Stem dengan derajat kemiringan 0° adalah kondisi badan normal, tidak terlalu tegap dan tidak terlalu membungkuk. Derajat kemiringan ini umum digunakan pada sepeda- sepeda kebanyakan. Sedangkan derajat kemiringan $-5^{\circ} \sim -25^{\circ}$ membuat



posisi tubuh membungkuk dan akan menjadikan posisi yang lebih aerodinamis. Pada posisi ini baik digunakan untuk bersepeda cepat. Namun derajat kemiringan tidak bisa menjadi acuan untuk menentukan posisi tubuh saat bersepeda, karena tinggi orang bermacam-macam.

Pada dasarnya sepeda kota digunakan untuk bersepeda santai dan nyaman, serta tidak mengeluarkan energi terlalu banyak. Hanya saja pada sepeda kota, bentuk dan geometri *frame* mengharuskan posisi duduk pengendara membentuk sudut 90^0 . Pada posisi ini membuat sepeda lebih berat untuk dikendarai. Lebih berat yang dimaksud adalah membutuhkan energi yang lebih besar untuk mengayuh. Pengembangan sepeda kota saat ini mulai beraneka ragam, mulai jenis sepeda lipat dengan geometri *frame* yang lebih kecil, sehingga mudah di lipat. Hingga sepeda listrik yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak.

2.2 Multigender Bike

Multigender adalah jenis sepeda kota yang dirancang agar nyaman digunakan untuk laki-laki dan perempuan. Karena sifatnya yang multi gender, maka bentuk sepeda ini campuran dari sepeda wanita dan sepeda pria. Seperti pada gambar 2.2, jenis sepeda yang tidak memiliki *top tube* juga biasa disebut dengan sepeda wanita, sedangkan sepeda pria adalah yang memiliki *top tube* tinggi, dengan desain *frame* berbentuk berlian.



Gambar 2.2 Sepeda wanita (kiri) dengan *top tube* rendah sedangkan sepeda pria (kanan) dengan *top tube* tinggi



Dari segi komponen penyusunnya, sepeda multigender tidak terdapat perbedaan dengan sepeda kota, yang membedakan hanya bentuk dari *frame*. Pada sepeda multigender bentuk rangka sepeda hamper mirip dengan sepeda wanita, yaitu posisi *top tube* lebih rendah dari sepeda kota, namun lebih tinggi dari sepeda wanita. Hal ini berfungsi agar pengguna yang menggunakan rok atau gaun dapat mudah mengendarai sepeda, sama fungsinya seperti sepeda wanita.



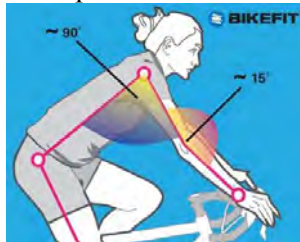
Gambar 2.3 Sepeda multigender dengan posisi *top tube* lebih tinggi dari sepeda wanita namun lebih rendah dari sepeda pria [publicbikes.com]

Konsep sepeda multigender ini sesuai dengan konsep sepeda ITS, dimana civitas akademika ITS terdiri dari laki-laki dan perempuan. Namun perlu dikembangkan lagi, agar lebih aman dan nyaman. Hal yang perlu diperhatikan yaitu bentuk dan posisi dari komponen pada sepeda multigender seperti posisi *frame*, *stem*, *handlebar*, *saddle*, *pedals*, dll. Bentuk dan posisi sangat penting karena berpengaruh juga pada bentuk tubuh saat bersepeda.

Posisi yang baik saat bersepeda adalah bentuk dari punggung melengkung. Posisi punggung dengan lengan kurang lebih 90° . Punggung yang melengkung cenderung lentur dan mudah menyerap getaran dan guncangan yang diterima oleh tubuh. Hal ini dapat meminimalisir cedera yang didapat saat bersepeda. Sedangkan bentuk siku yang baik saat bersepeda adalah bentuk siku harus sedikit menekuk dan tidak lurus

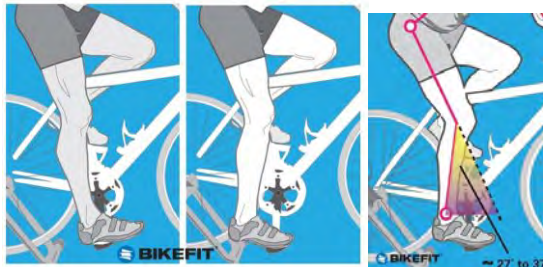


mengunci. Dengan posisi siku menekuk ini otot lengan berfungsi juga sebagai peredam atau suspensi.



Gambar 2.4 Posisi punggung yang melengkung dan siku yang membentuk sudut kurang lebih 15° merupakan posisi yang baik saat bersepeda karena mudah menyerap getaran [Bikefit.com]

Posisi pedal juga sangat penting, karena posisinya mempengaruhi kekuatan putaran kaki saat bersepeda. Posisi pedal yang baik adalah sejajar dengan *seat tube*. Hal ini agar memaksimalkan otot kaki saat mengayuh pedal. Karena saat posisi berada pada paling bawah, kaki memungkinkan untuk tegak lurus dengan permukaan tanah. Posisi kaki yang tegak lurus dengan tanah adalah posisi kaki yang baik untuk bersepeda cepat. Sedangkan untuk bersepeda santai, posisi kaki yang baik saat memutar pedal adalah menekuk sekitar $27^{\circ} \sim 30^{\circ}$.



Gambar 2.5 Posisi kaki yang baik saat bersepeda cepat (gambar kiri) dengan posisi kaki tegak lurus dan bersepeda santai (gambar kanan) dengan posisi kaki membentuk sudut kurang lebih 27° sampai 30° [bikefit.com]



2.3 Karakteristik Rangka Sepeda

Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka berkembang pula karakteristik dari rangka sepeda. Karakteristik rangka terdiri dari tebal rangka, bentuk profil dan material rangka yang digunakan. Karakteristik setiap sepeda berbeda- beda, tergantung dari jenis sepedanya, dan yang pasti juga berpengaruh terhadap harga dari sepeda tersebut.

2.3.1 Bentuk Profil Rangka

Secara umum profil rangka sepeda adalah lingkaran, profil rangka ini paling banyak digunakan karena proses manufakturnya yang mudah. Namun selain lingkaran juga terdapat profil seperti oval, segitiga dan kotak. Yang membedakan dari bentuk profile ini adalah dari segi tegangan bending dan proses manufaktur. Untuk mengetahui jenis profil yang lebih baik maka harus diketahui terlebih dahulu tegangan bending yang terjadi pada profil. Berikut adalah persamaan dasar mencari tegangan bending.

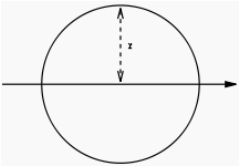
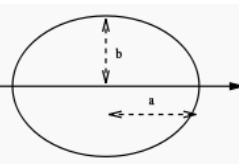
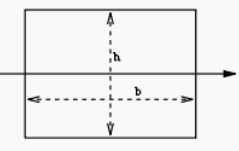
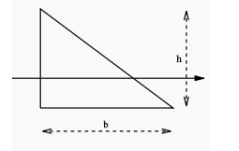
$$\sigma_b = \frac{My}{I}$$

Keterangan: σ_b : Tegangan bending
M : Moment
y : Jarak vertikal dari sumbu axis
I : Moment inersia

Dimana momen inersia untuk setiap profile berbeda- beda, berikut momen inersia pada setiap profil bantuk rangka dijabarkan pada tabel 2.1



Tabel 2.1 Momen Inersia Untuk Profil Lingkaran, Oval, Kotak Dan Segitiga

No	Profil	Momen Inersia
1		$I_x = \frac{\pi}{4}r^4$ $I_y = \frac{\pi}{4}r^4$ $I_z = \frac{\pi}{2}r^4$
2		$I_x = \frac{\pi}{4}ab^3$ $I_y = \frac{\pi}{4}a^3b$
3		$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{b^3h}{12}$
4		$I_0 = \frac{bh^3}{36}$

2.3.2 Tebal dan Material Rangka Sepeda

Tebal rangka berpengaruh pada tegangan pada setiap batang rangka, semakin tebal rangka maka tegangan yang terjadi semakin kecil, namun risikonya yaitu rangka semakin berat serta proses manufakturnya semakin sulit. Secara umum, untuk sepeda



kota, tebal rangka yang digunakan bervariasi, yaitu 1,4 mm, 1,6 mm, 1,8 mm dan 2,2 mm. tebal rangka yang digunakan juga tergantung dari material yang digunakan.

Material yang digunakan untuk rangka sepeda saat ini semakin banyak, mulai dari rangka besi, aluminium, *carbon*, dll. Berikut adalah material rangka yang ada dipasaran:

- *Steel*

Bahan ini kaku dan berat. Karena berat maka biasanya didesain dengan diameter tube kecil. Selain berat, dapat lebih mudah timbul karat. Jenis ini mulai ditinggalkan oleh industri sepeda karena saat menyambungkan/mengelas frame sulit dilakukan oleh robot karena *tube* yang kecil maka diperlukan orang yang mempunyai keahlian dan ketelitian tinggi untuk mengelas frame baja.

- Al 6061

Merupakan aluminium campuran yang memiliki nilai unggul dibanding besi yakni anti korosi (dalam kondisi extreme tetap mengalami korosi ringan berupa kerak bukan karat), Dalam segi kekuatan *alloy* tidak sekuat besi sehingga biasanya *frame alloy* digunakan *tube* yang berdiameter besar biasanya pengerjaan sambungan terlihat bidang las yang lebih besar menyerupai sisik ikan. Al 6061 masih memiliki kelenturan ataupun keuletan, walau tidak sebaik besi.

- *Carbon Fiber*

Juga disebut *composite*, berupa campuran benang-benang karbon dan *epoxy resin*. Seperti *fiberglass* namun dengan campuran benang-benang *carbon*. *Carbon fiber* kuat dan ringan. Frame dapat dibuat kaku dan dapat dibuat elastis. Keunggulan dari *carbon fiber* adalah mudah dibentuk, tidak berkarat, sangat ringan namun kuat. Sedangkan kekurangan dari bahan ini yaitu mahal, tidak tahan api.



2.4 Teori- Teori Kegagalan

Kegagalan dari suatu elemen mesin yang menerima pembebanan dinyatakan apabila elemen tersebut tidak dapat berfungsi lagi dengan baik sesuai dengan fungsinya. Oleh sebab itu perlu diberikan kriteria- kriteria kapan elemen mesin tersebut dapat dikatakan gagal. Secara umum untuk pembebanan *static* terdapat dua tipe kriteria, yaitu:

1. Distorsi (*distorsion*) atau deformasi plastis (*plastic strain*)

Deformasi plastik adalah perubahan bentuk yang merupakan kelanjutan dari deformasi elastik yang bersifat permanen meskipun tegangan dihilangkan. Elemen dinyatakan gagal apabila material dari elemen mesin tersebut sudah mengalami deformasi *plastic* karena sudah melewati harga batas tertentu. Harga batas ini adalah tegangan atau lulur (*yield point*) material. Atau jika material tidak memiliki data *yield point*, maka dapat digunakan standar 0.2 *offset yield point*

2. Patah/ rusak (*fracture*)

Kegagalan ini dinyatakan apabila material dari elemen mesin tersebut sudah patah atau terpisah menjadi dua bagian atau lebih. Untuk tipe kegagalan ini dipergunakan batas harga tegangan maksimum (tarik maupun tekan) yang diijinkan pada material. Untuk pembebanan dinamik atau beban siklik kriteria kegagalan untuk pembebanan statik dapat dipergunakan, sedangkan pada prediksi keadaan tegangan dikombinasikan dengan *fatigue* limitnya.

2.4.1 Teori- Teori Kegagalan Statik

Teori- teori kegagalan statik adalah suatu teori yang menjelaskan kegagalan pada suatu spesimen tes standar. Jika luluh terjadi, maka ini mungkin disebabkan oleh beban yang melebihi kapasitas kemampuan dari materialnya, yang terdiri dari masing-masing kapasitas bertahan terhadap tegangan normal, tegangan geser, regangan normal, regangan geser, kapasitas



menyerap energi regangan dan kapasitas untuk menyerap distorsi energi. Hasil-hasil dari tes standar digunakan untuk mengaplikasikan besar kapasitas yang dipilih. Jadi, jika dari tes tarik standar diketahui suatu material mempunyai kekuatan luluh misalnya 100 ksi, maka asumsi harus selalu diambil bahwa material tersebut akan luluh bila menerima sembarang kombinasi-kombinasi pembebanan statik yang mana bisa salah satu dari kondisi berikut, jika:

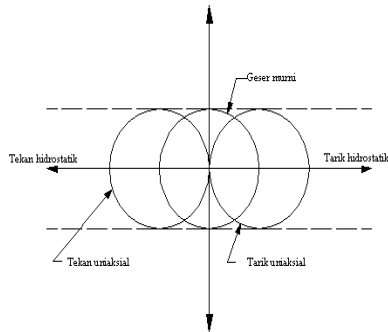
- a) Tegangan normal maksimum melebihi 100 ksi
tegangan geser maksimum melebihi 50 ksi
- b) Regangan normal maksimum melebihi harga maksimum yang dimiliki material
- c) Energi regangan total maksimum melebihi harga yang dimiliki material
- d) Distorsi energi maksimum melebihi harga yang dimiliki material.

2.4.2 Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum (*Maximum Shear Stress Theory*)

Ide tentang tegangan geser yang berperan dalam menimbulkan kegagalan pertama kali diperankan oleh ilmuwan Perancis, Coulomb (1376-1806). Formula kriteria tegangan geser maksimum dipublikasikan oleh Tresca (1864) dan Guest (1900) membuktikan lewat eksperimen. Sehingga teori ini sering disebut teori Tresca atau Guest law. Teori ini khusus untuk material yang ulet dengan dasar bahwa kegagalan terjadi bila tegangan geser maksimum yang terjadi, melewati harga tegangan geser yang diijinkan pada material.

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \dots \dots \dots (2.1) \text{ atau}$$

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{us}}{N} \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.6 Lingkaran Mohr Prinsipal sebagai dasar teori kegagalan tegangan geser maksimum

Gambar diatas menunjukkan kondisi tegangan dengan metode grafis lingkaran mohr. Batas- batas dari semua lingkaran Mohr. Batas- batas dari semua lingkaran Mohr principal tidak menunjukkan kegagalan pada arah garis *horizontal* $\pm \tau_{ys}$ ataupun $\pm \tau_{us}$. Teori ini memprediksi bahwa kegagalan tidak terjadi oleh tegangan hidrostatik murni.

2.5 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan merupakan faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum, yang secara matematis sebagai berikut:

$$N = \frac{S}{\sigma \max} \dots\dots\dots(2.3)$$

Pada kasus material yang ulet misalnya baja lunak dimana tegangan luluhnya telah diketahui maka

$$N = \frac{S_{yp}}{\sigma \max} \dots\dots\dots(2.4)$$



Sedangkan pada material yang getas misalnya besi tuang dimana tegangan luluhnya sulit diprediksi maka faktor keamanannya diambil dari tegangan maksimum (*Ultimate Strength*) material.

$$N = \frac{UTS}{\sigma_{\max}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- S : *Strength of material*
- S_{yp} : *Yield Strength*
- UTS : *Ultimate Tensile Strength*
- σ_{\max} : Tegangan maksimal

Persamaan tersebut hanya berlaku pada pembebanan statis.

2.5.1 Penentuan Faktor Keamanan

Penentuan besarnya faktor keamanan yang sesuai tergantung pada beberapa pertimbangan antara lain material, proses pembuatan, tipe pembebanan, kondisi kerja dan bentuk komponen. Berikut merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan faktor keamanan yaitu:

1. Ketahanan sifat-sifat pada material selama proses pembebanan.
2. Keandalan pada saat menerima pembebanan.
3. Tingkat pembebanan.
4. Menurunnya umur komponen saat terjadi kegagalan.
5. Kerugian material bila terjadi kegagalan.

Penentuan faktor keamanan haruslah cermat karena tingginya faktor keamanan akan menyebabkan besarnya dimensi komponen dan borosnya material, sedangkan rendahnya faktor keamanan menyebabkan besarnya resiko yang tidak diinginkan.

**Tabel 2.2** Faktor Keamanan Pada Material

Material	Steady Load	Live Load	Shock Load
Besi Tuang	5-6	8-12	16-20
<i>Besi Tempa</i>	4	7	10-15
<i>Baja</i>	4	8	12-16
<i>Material lunak dan paduan</i>	6	9	15
<i>Kulit</i>	9	12	15
<i>Kayu</i>	7	10-15	20

(Novi Hari Nugroho, *Perancangan dan Pembuatan Sepeda Ringan dan Kuat*)

2.6 Analisa Resiko Cedera Dengan Metode RULA

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah suatu metode penilaian terhadap bagian tubuh dan otot seseorang saat beraktivitas, yang diukur dengan tingkat risiko cedera (*degree of injury risk*). Risiko yang dimaksud adalah risiko kecelakaan atau cedera tubuh atau otot, akibat dari bagian tubuh bergerak, karena tidak sesuai dengan pola gerak yang benar disebut sebagai gerak bagian tubuh yang tidak ergonomis. Menurut [McAtamney, 93], untuk menerapkan metode RULA pada gerak atau kerja tubuh ada 3 (tiga) langkah yang perlu dilakukan, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Tahapan Aplikasi Metode RULA [McAtamney, 93]

LANGKAH	URAIAN
1	Penilaian postur kerja tubuh
2	Penilaian kelompok postur kerja tubuh
3	Penjumlahan nilai total



Analisa Postur Tubuh

Untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat untuk digunakan, tubuh dibagi dalam segmen-segmen yang membentuk dua kelompok atau grup yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, punggung, dan kaki. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian.

1. Group A. Bagian Lengan Bawah Atas, Lengan Bagian Bawah dan Pergelangan Tangan.

Tabel 2.4 Tabel RULA Bagian A

A. Arm and Wrist Analysis		Table A: Wrist Posture Score					
Step 1: Locate Upper Arm Position: +1 Step 1a: Adjust... If shoulder is raised: -1 If upper arm is abducted: -1 If arm is supported or person is leaning: -1 Upper Arm Score		1	2	3	4		
Step 2: Locate Lower Arm Position: +1 Step 2a: Adjust... If either arm is working across midline or out to side of body: Add -1 Lower Arm Score		1	2	3	4		
Step 3: Locate Wrist Position: +1 Step 3a: Adjust... If wrist is bent from midline: Add -1 Wrist Score		1	2	3	4		
Step 4: Wrist Twist: +1 If wrist is twisted in mid-range: -1 If wrist is at or near end of range: -2 Wrist Twist Score		1	2	3	4		
Step 5: Look-up Posture Score in Table A: Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.		1	2	3	4		
Step 6: Add Muscle Use Score: If posture remains static (i.e. hold 10 minutes), Or if action is repeated occurs 45% per minute: -1 Muscle Use Score		1	2	3	4		
		1	2	3	4	5	6
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	3	3	3	4
2	1	2	3	3	3	3	4
2	2	3	3	3	3	4	4
2	3	3	4	4	4	4	5
3	1	3	3	4	4	4	5
3	2	3	4	4	4	4	5
3	3	4	4	4	4	4	5
4	1	4	4	4	4	4	5
4	2	4	4	4	4	4	5
4	3	4	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
5	2	5	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
6	2	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9

Jangkauan untuk gerakan lengan atas (*upper arm*) nilainya adalah:

- 1 untuk ekstensi 20° dan fleksi 20°
- 2 untuk ekstensi lebih dari 20° atau fleksi antara 20-45°;
- 3 untuk fleksi antara 45-90°;
- 4 untuk fleksi lebih dari 90°.



2. Group B. Bagian Leher, Punggung dan Kaki

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: -1
If neck is side bending: -1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: -1
If trunk is side bending: -1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: -2

Table B: Trunk Posture Score

Trunk Posture Score	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
-1	1	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	4
-2	2	3	2	3	4	5	2	3	4	5	6	7
-3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
-4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
-5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
-6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load = 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): -2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: -3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Includes boxes for: Neck Score, Trunk Score, Leg Score, Posture Score B, Muscle Use Score, Force/Load Score, and Neck, Trunk & Leg Score.

Tabel 2.5 Tabel RULA Bagian B

Sebagai tambahan, jika leher (*neck*) dipuntir nilai bertambah 1. Jika leher bergerak menyamping, maka nilai ditambah 1. Nilai yang didapatkan akan dimasukkan pada tabel B pada kolom leher. Dari hasil tabel A dan B, kemudian ditempatkan pada tabel C, seperti tabel 2.5 dibawah ini:



Tabel 2.6 Tabel RULA bagian C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Berikut penjelasan nilai dari tabel 2.5, terlihat pada tabel 2.6

Tabel 2.7 Nilai Tingkat Resiko Cedera

Range Skor	Keterangan
1 dan 2	Diterima selama tidak dijaga atau berulang untuk waktu yang lama.
3	Diterima namun dibutuhkan penyelidikan lebih jauh
4	Dibutuhkan penyelidikan lebih jauh dan mungkin saja perubahan diperlukan
5 dan 6	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan segera
7	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan sesegera mungkin (mendesak)



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Langkah- Langkah Penelitian

Dalam perancangan sepeda ITS dilakukan berdasarkan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur dan lapangan
2. Perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian
3. Evaluasi sepeda multigender yang ada
4. Pengembangan konsep
5. Analisa kekuatan material
6. Analisa ergonomi
7. Pembuatan dan perakitan prototipe
8. Uji prototipe
9. Kesimpulan dan saran.

3.1.1 Studi Literatur dan Lapangan

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa buku, ebook, artikel, jurnal yang ada kaitannya dengan perancangan dan pengembangan produk. Serta mempelajari *software* program *CATIA* dan perhitungan metode RULA.

Pada tahap ini studi lapangan dilakukan dengan pengumpulan data mengenai sepeda multigender yang ada. Studi lapangan dilakukan dengan cara mengamati serta menggunakan langsung sepeda multigender. Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap sepeda multigender *bike* rancang bangun oleh saudara Reinaldi Hendrarto [2013].



3.1.2 Pengembangan Konsep

Pengembangan konsep dilakukan dengan merancang ulang desain sepeda yang ada saat ini dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, kekuatan material, manufaktur, perakitan dan desain rangka sepeda yang memiliki ciri khas ITS

3.1.3 Perhitungan Kekuatan Material Rangka

Setelah mendapatkan rancangan desain baru dengan nilai ergonomi yang cukup ideal (nilai RULA 2-3), penelitian ini dilanjutkan dengan perhitungan kekuatan material pada rangka yang menerima beban maksimal, perhitungan dilakukan secara manual.

3.1.4 Pembuatan dan Perakitan Prototipe

Setelah dilakukan perancangan secara detail, maka pada tahap ini akan direncanakan proses pembuatan dan perakitan sepeda. Perencanaan proses yang dimaksud meliputi:

- Merencanakan proses manufaktur rangka sepeda
- Merencanakan proses *assembly* rangka sepeda

Setelah rangka dibuat dan dirakit, perakitan sepeda ITS dilakukan dengan melengkapi rangka dengan bagian-bagian pelengkap yang digunakan sepeda, seperti ban, setang, sadel, dsb, sehingga menjadi sebuah prototipe sepeda ITS.

3.1.5 Uji Prototipe

Setelah pembuatan dan perakitan prototipe. Maka langkah selanjutnya adalah pengujian prototipe. Pengujian yang akan dilakukan yaitu meliputi uji kayuh, pengukuran tegangan otot kaki pengendara. Hasil yang didapatkan dari uji kayuh adalah energi kayuh dengan variasi kecepatan yang berbeda. Sedangkan untuk pengukuran tegangan otot akan dihasilkan selisih tegangan



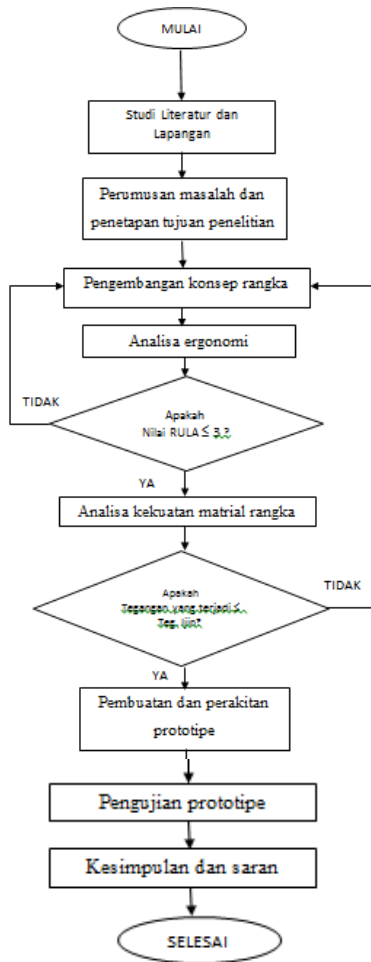
otot kaki pengendara sepeda sebelum dan sesudah mengayuh. Setelah itu pengukuran posisi tubuh pengendara dengan alat goniometer. Goniometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur *angel* posisi bagian tubuh terhadap referensi tertentu. Dengan goniometer akan memberikan besarnya sudut dari posisi pengendara saat bersepeda. Besarnya sudut ini akan digunakan menghitung nilai resiko cedera tubuh dengan metode RULA.

3.1.6 Kesimpulan dan Saran

Mengambil kesimpulan dari setiap analisa yang dilakukan mulai dari awal sampai akhir penelitian. Jika di analisa ada yang perlu diperbaiki, akan dibuatkan usulan atau saran.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Untuk menjelaskan langkah- langkah penelitian agar lebih sistematis, maka dibuat diagram alir penelitian, seperti gambar 3.6 di bawah ini.



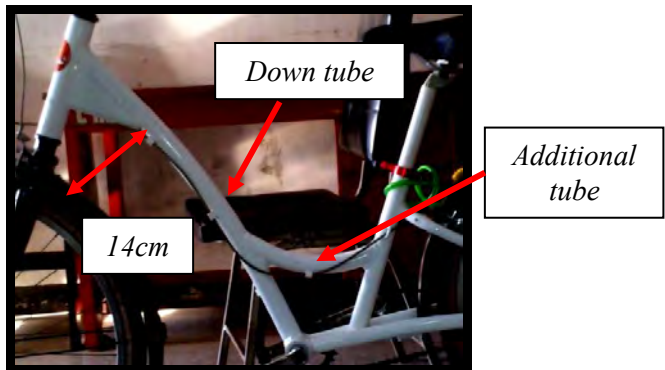
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



BAB IV PENGEMBANGAN RANGKA SEPEDA KAMPUS ITS

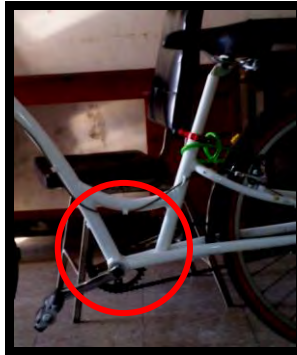
4.1 Evaluasi Sepeda Multigender Yang Ada

Pada gambar 4.1 menunjukkan sepeda multigender rancangan Reinaldi Hendarto [2013] tidak menggunakan *top tube*, namun terdapat *additional tube*. Jenis *tube* ini berbeda dari *tube* jenis sepeda wanita. Penggunaan *additional tube* selain untuk menambahkan kekuatan pada rangka, juga memungkinkan pengendara yang menggunakan rok atau gaun akan lebih mudah saat menggowes sepeda. Namun tidak demikian dikarenakan posisi dari *down tube* yang terlalu kebelakang, sehingga menimbulkan ruang kosong kurang lebih 14 cm diantara ban dengan *down tube*.



Gambar 4.1 Bentuk *down tube* dan *additional tube* pada sepeda multigender rancangan Reinaldi Hendarto [2013]

Lalu pada gambar 4.2 menunjukkan posisi dari pedal yang ada pada sepeda multigender. posisi pedal terlalu kedepan dan tidak segaris dengan *seat tube*. Posisi pedal ini berpengaruh pada 2 hal, yaitu pertama posisi kaki saat mengayuh menjadi tidak maksimal dan yang kedua karena posisi pedal yang terlalu kedepan mengakibatkan telapak kaki membentur roda saat sepeda berbelok.



Gambar 4.2 Posisi pedal pada sepeda multigender rancangan Reinaldi Hendarto [2013]

Evaluasi selanjutnya yaitu geometri dan dimensi sepeda multigender. Pada pengujian analisa resiko cedera tubuh pengendara dengan metode RULA, hasil yang didapat dari 5 responden didapatkan 2 responden masih memiliki nilai RULA 4, sedangkan 3 responden lainnya memiliki nilai RULA 3. Untuk lebih lengkapnya hasil pengujian RULA sepeda multigender dapat dilihat pada lampiran.

4.2 Pengembangan Konsep Sepeda ITS

Dalam melakukan pengembangan konsep sepeda, dilakukan studi literatur mengenai bentuk *frame* dan bagian-bagian komponen sepeda, juga geometri, posisi dan bentuk yang baik saat bersepeda. Juga informasi lain dari buku- buku referensi dan jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas. Serta dimensi dari sepeda wanita dan pria di pasaran guna menjadi referensi ukuran sepeda yang ada di pasaran dengan konsep sepeda yang dirancang. Tabel ukuran sepeda pria dan wanita dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

**Tabel 4.1** *Spesifikasi Sepeda Wanita*

No	Geometri Rangka Sepeda	Ukuran
1.	<i>Head Angle</i>	70°
2	<i>Seat Angle</i>	74°
3	<i>Top tube</i>	56.13 cm
4	<i>Head Tube</i>	15.49 cm
5	<i>Chain Stay</i>	45.21 cm
6	<i>Wheelbase</i>	106.42 cm
7	<i>Stand over height</i>	57.65 cm

Sumber: Giant-bicycle.com

Tabel 4.2 *Spesifikasi Sepeda Pria*

No	Geometri Rangka Sepeda	Ukuran
1.	<i>Head Angle</i>	71°
2	<i>Seat Angle</i>	73°
3	<i>Top tube</i>	58.42 cm
4	<i>Head Tube</i>	13.97 cm
5	<i>Chain Stay</i>	45.21 cm
6	<i>Wheelbase</i>	108.2 cm
7	<i>Stand over height</i>	73.66 cm

Sumber: Giant-bicycle.com

4.3 Konsep Rangka Sepeda ITS

Setelah studi lapangan dan evaluasi yang telah dilakukan, maka dilakukan perancangan ulang desain sepeda dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, kekuatan material, manufaktur dan perakitan. Untuk itu dibuat desain konsep sepeda yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Sebagai langkah awal dari pengembangan konsep disusun daftar kebutuhan dari sepeda ITS yang terbagi menjadi 5 kriteria. Detil kebutuhan dapat dilihat pada tabel 4.3.



Tabel 4.3 Daftar Kebutuhan Sepeda ITS

No	KRITERIA	URAIAN
1	Kuat dan aman	Kuat menahan beban 100 Kg
		Aman dikendarai semua orang
		Tidak mudah rusak
2	Ergonomis	Nyaman untuk di kendarai
		Nilai resiko cedera maksimal 3
3	Berat	Mudah diangkat dan dipindahkan
		Berat sepeda maksimal 15 kg
4	desain	Terdapat ciri khas ITS
5	serba guna	Terdapat aksesoris penunjang mahasiswa

Konsep sepeda yang dibuat terdiri dari 2 rancangan dengan geometri rangka sepeda yang berbeda dan konsep sepeda yang berbeda namun masih memenuhi kriteria dari daftar kebutuhan sepeda ITS.

A. Konsep Sepeda 1



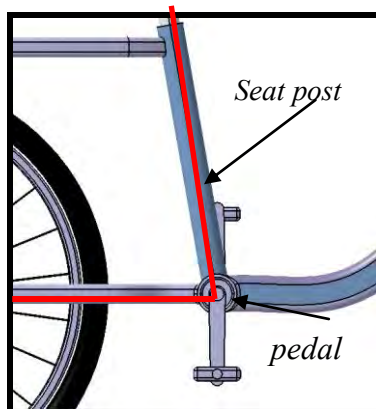
Gambar 4.3 Rancangan konsep sepeda 1



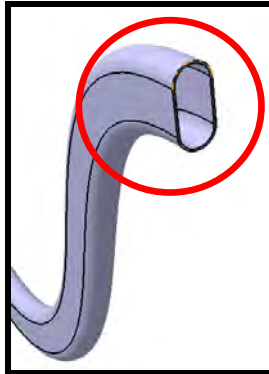
Pada gambar 4.3 merupakan konsep sepeda 1 yang dibuat hasil dari evaluasi dan pengembangan dari sepeda multigender rancangan dari Reinaldi Hendarto [2013]. Pengembangan yang dilakukan antara lain tinggi dan posisi *handlebar post* disesuaikan dengan posisi ideal tubuh manusia mulai dari tinggi 150 cm hingga 180 cm. Hal ini berhubungan dengan ergonomi, dimana nantinya analisa yang digunakan untuk mengetahui tinggi dan posisi yang ideal dari *handlebar* yaitu dengan menggunakan *software* CATIA.

Salah satu evaluasi yang didapat dari sepeda multigender adalah kaki terbentur ban saat sepeda berbelok, maka dari itu posisi pedal pada konsep sepeda dibuat segaris dengan *seat post*, seperti terlihat pada gambar 4.4. Dengan posisi ini maka saat berbelok menjadi lebih aman, namun juga kaki akan menjadi lebih maksimal saat memutar pedal.

Lalu dari bentuk pipa pada sepeda konsep 1, *down tube* tidak berbentuk lingkaran melainkan berbentuk *oval*. seperti yang terlihat pada gambar 4.5. Bentuk pipa ini memungkinkan agar sepeda lebih ulet dan lebih stabil saat dikendarai.



Gambar 4.4 Posisi pedal pada sepeda konsep 1 berada pada satu garis dengan *seat post*



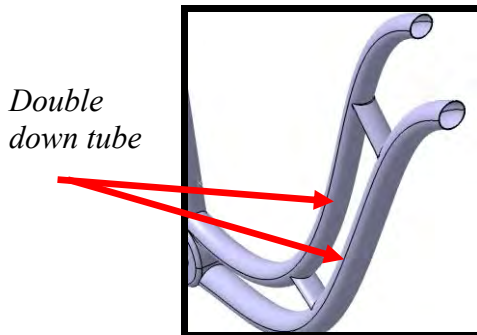
Gambar 4.5 Bentuk pipa rangka *down tube* pada sepeda konsep 1 berbentuk *oval* sehingga rangka lebih kuat

B. Konsep Sepeda 2



Gambar 4.6 Rancangan konsep sepeda 2

Pada gambar 4.6 merupakan konsep sepeda yang ke 2. Terdapat beberapa perbedaan dari konsep sepeda yang pertama. Diantaranya yaitu bentuk pipa tidak berbentuk *oval* melainkan lingkaran. seperti yang terlihat pada gambar 4.7. Lalu pada rangka menggunakan *double down tube*, hal ini berguna agar rangka lebih kuat dan stabil saat dikendarai. Serta bentuk pipa yang melingkar akan memudahkan dalam proses manufaktur.



Gambar 4.7 *Double down tube* pada konsep sepeda 2, berguna agar rangka lebih kuat dan stabil

Sama dengan sepeda konsep 1, pada sepeda konsep 2, tinggi dari *handlebar post* dan *head tube* disesuaikan dengan posisi ideal pengendara, sehingga pengendara dengan tinggi berapapun akan aman dan nyaman saat mengendarai.



[halaman ini sengaja dikosongkan]



BAB V ANALISA KONSEP SEPEDA

5.1 Analisa Kekuatan Material

Dalam merancang sepeda, perlu diperhitungkan faktor keamanan dari rangka sepeda agar rangka dapat menahan beban yang terjadi. Beban yang ada pada sepeda ini ada 2 yaitu: beban berat pengendara dan berat rangka sepeda itu sendiri. Dari kedua konsep tersebut, masing-masing rangka akan dianalisa kekuatan material rangkanya, sehingga nantinya dapat dibandingkan tegangan maksimal yang terjadi pada rangka sepeda konsep 1 dan konsep 2.

5.1.1 Perhitungan Manual Rangka Sepeda Konsep 1

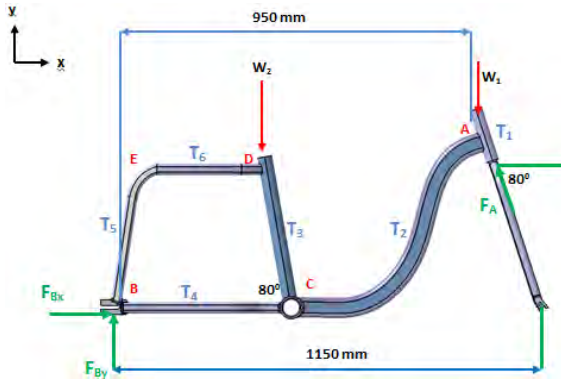
a. Gaya reaksi tumpuan

Gaya reaksi pada sepeda terjadi akibat adanya gaya berat dan pengendara. Namun dalam perhitungan, gaya berat rangka diabaikan karena hanya memiliki pengaruh yang kecil, sehingga diasumsikan gaya yang berpengaruh disebabkan oleh gaya berat pengendara saja. Gaya reaksi tumpuan terjadi pada *head tube* dan *forged end*, seperti pada gambar 5.1

1. Gaya berat pengendara diasumsikan 100 kg dengan distribusi 1/3 beratnya pada *head tube* dan 2/3 pada *seat tube* (Tri Laksana, 2010). Rangka menggunakan bahan *steel* dengan *yield strength* 240 MPa dan *Ultimate strength* 400 MPa (www.wikipedia.com)

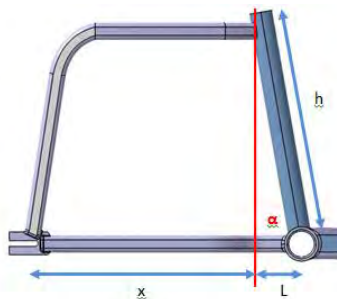
$$\begin{aligned}W_1 &= m_1 \times g \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times \\ &9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 327 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_2 &= m_2 \times g \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times \\ &9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 654 \text{ N}\end{aligned}$$



Gambar 5.1 *Free body diagram* rangka sepeda konsep 1

- Keterangan:
- A – E : titik simpul
 - $T_1 - T_6$: Gaya pada batang
 - W_1 : gaya berat pengendara (1/3 berat total)
 - W_2 : gaya berat pengendara (2/3 berat total)
 - F_A : gaya reaksi tumpuan pada *head tube*
 - F_{Bx} : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah horisontal
 - F_{By} : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah vertikal



Gambar 5.2 Detail gambar *set tube* dan *chain stay*



Keterangan : α : *Seat Tube Angle*
h : *Panjang seat tube*
x + L : *Jarak titik B-C dalam arah horizontal*

2. perhitungan gaya- gaya pada rangka sepeda.

a) Data yang diperoleh:

1. STA : 80^0
2. H : 0,4 m

b) Menghitung panjang L:

$$\begin{aligned}L &= h \cdot \cos \alpha \\ &= 0,4 \text{ m} \cdot \cos 80^0 \\ &= 0,069 \text{ m}\end{aligned}$$

c) Menghitung panjang x:

$$\begin{aligned}X &= 0,43 \text{ m} - L \\ &= 0,43 \text{ m} - 0,069 \text{ m} \\ &= 0,361 \text{ m}\end{aligned}$$

d) Menghitung F_A

Besarnya F_A dapat diketahui dengan cara menghitung momen pada titik B.

$$\begin{aligned}\curvearrowright \Sigma M_B &= 0 \\ F_A \sin 80^0 (1,15 \text{ m}) - W_1(0,95 \text{ m}) - W_2(x) &= 0 \\ F_A (0,98)(1,15 \text{ m}) - 327(0,95) - 654(0,361 \text{ m}) &= 0 \\ 1,127 F_A &= 546,744 \\ F_A &= 485,13 \text{ N}\end{aligned}$$

e) Menghitung F_{By}

Besarnya F_{By} dapat diketahui dengan cara menghitung gaya arah vertikal.

$$\begin{aligned}\uparrow \Sigma F_{By} &= 0 \\ F_{By} + F_A \sin 80^0 - W_1 - W_2 &= 0 \\ F_{By} + 485,13 (0,98) - 327\text{N} - 654\text{N} &= 0 \\ F_{By} &= 505,57 \text{ N}\end{aligned}$$

f) Menghitung F_{Bx}

Besarnya F_{Bx} dapat diketahui dengan cara menghitung gaya arah horizontal.

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0$$



$$\begin{aligned}
 F_A \cos 80^\circ - F_{Bx} &= 0 \\
 485,13 (0,1736) - F_{Bx} &= 0 \\
 F_{Bx} &= 84,21 \text{ N}
 \end{aligned}$$

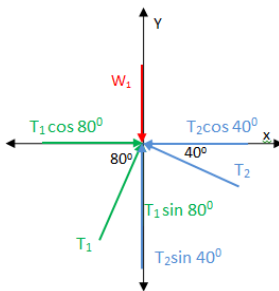
Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai masing-masing dari gaya yang bekerja pada sepeda yaitu:

- $F_{bx} = 84,21 \text{ N}$
- $F_{by} = 505,57 \text{ N}$
- $F_A = 485,13 \text{ N}$

b. Gaya Pada Tiap Batang

Mencari besarnya gaya yang diterima masing-masing batang rangka sepeda menggunakan metode sambungan. Berikut ini adalah analisa gaya pada tiap titik simpul :

➤ Titik A



$$\begin{aligned}
 + \uparrow \Sigma F_y &= 0 \\
 - W_1 + T_1 \sin 80^\circ + T_2 \sin 40^\circ &= 0 \\
 -327 + T_1 0,98 + T_2 0,642 &= 0 \\
 T_1 0,98 + T_2 0,642 &= 327 \dots(1)
 \end{aligned}$$

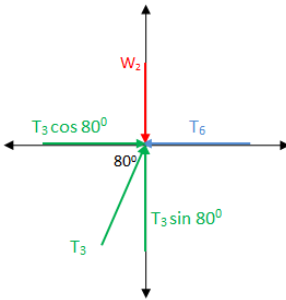
$$\begin{aligned}
 + \rightarrow \Sigma F_x &= 0 \\
 T_1 \cos 80^\circ - T_2 \cos 40^\circ &= 0 \\
 T_1 0,173 &= T_2 0,766 \\
 T_2 &= T_1 0,225 \dots(2)
 \end{aligned}$$

Persamaan (1) dan (2)

- $T_1 0,98 + (T_1 0,225) 0,642 = 327$
 $T_1 1,143 = 327$
 $T_1 = 286 \text{ N (tekan)}$
- $T_2 = T_1 0,225$
 $T_2 = (286) 0,225$
 $T_2 = 64,35 \text{ N (tekan)}$



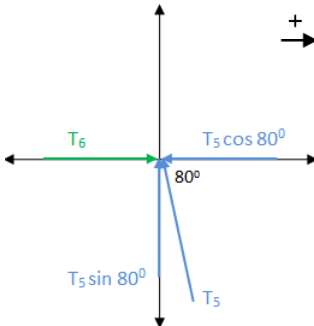
➤ Titik D



$$\begin{aligned} + \uparrow \Sigma F_y &= 0 \\ - W_2 + T_3 \sin 80^\circ &= 0 \\ - 654 + T_3 \cdot 0,98 &= 0 \\ \mathbf{T_3} &= \mathbf{667,34 \text{ N (tekan)}} \end{aligned}$$

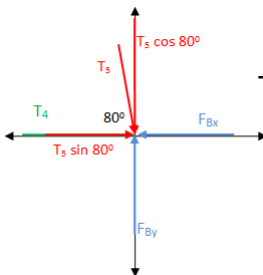
$$\begin{aligned} + \rightarrow \Sigma F_x &= 0 \\ T_3 \cos 80^\circ - T_6 &= 0 \\ (667,34 \text{ N}) \cdot 0,173 &= T_6 \\ \mathbf{T_6} &= \mathbf{115,45 \text{ N (tekan)}} \end{aligned}$$

➤ Titik E



$$\begin{aligned} + \rightarrow \Sigma F_x &= 0 \\ T_6 - T_5 \cos 80^\circ &= 0 \\ 115,45 - T_5 \cdot 0,173 &= 0 \\ \mathbf{T_5} &= \mathbf{667,34} \end{aligned}$$

➤ Titik B



$$\begin{aligned} + \rightarrow \Sigma F_x &= 0 \\ T_5 \sin 80^\circ + T_4 - F_{Bx} &= 0 \\ (667,34 \text{ N}) \cdot 0,98 + T_4 - 84,21 &= 0 \\ \mathbf{T_4} &= \mathbf{- 569,78 \text{ N (tarik)}} \end{aligned}$$



Tabel 5.1 Besar Gaya Yang Terjadi Pada Setiap Batang Rangka Sepeda 1

NO	Nama	gaya (N)
1	T1	286
2	T2	64,35
3	T3	667,34
4	T4	569,78
5	T5	667,34
6	T6	115,45

c. Tegangan Pada Tiap Batang

Berdasarkan analisa diatas, telah didapatkan besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing batang. Maka tegangan terbesar pada batang dapat diketahui dengan cara memberikan gaya pada bagian yang memiliki luasan terkecil pada batang. Tegangan yang terjadi adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 Tegangan Pada Tiap Batang Rangka Sepeda Konsep 1

NO	Nama	gaya (N)	Jenis	Luasan Terkecil (m ²)	Tegangan (N/m ²)
1	T1	286	tekan	0,000126	2269841,27
2	T2	64,35	tekan	0,000188	342287,23
3	T3	667,34	tekan	0,000238	2803949,58
4	T4	569,78	tarik	0,000738	772059,62
5	T5	667,34	tekan	0,000101	6607326,73
6	T6	115,45	tekan	0,000101	1143069,3
maksimum					6607326,73



Berdasarkan tabel 5.2 dapat diketahui bahwa tegangan terbesar terjadi pada batang T₅ sebesar 6,6 MPa. Untuk perhitungan faktor keamanan. data yang diketahui yaitu :

$$S_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 6,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0 \text{ MPa (asumsi tidak ada tegangan dalam arah melintang)}$$

$$\tau_{xy} = 0 \text{ MPa (asumsi tidak ada tegangan geser)}$$

$$N = 4$$

Dengan menggunakan metode *Maximum Shear Stress Theory* (MSS). Perhitungan kekuatan material dengan mempertimbangkan faktor keamanan adalah sebagai berikut :

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \tau_{max}$$

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

$$\text{Dimana, } \frac{S_{yp}}{2N} = \frac{240 \text{ MPa}}{2 \times 4} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Sedangkan, } \left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2} =$$

$$\left[\left(\frac{0 \text{ MPa} - 6,6 \text{ MPa}}{2} \right)^2 + 0^2 \right]^{1/2} = 3,3 \text{ MPa}$$

karena tegangan ijin ($\frac{S_{yp}}{2N}$) lebih besar dari tegangan yang terjadi, maka material rangka aman untuk digunakan.

5.1.2 Perhitungan manual rangka sepeda konsep 2

a. Gaya reaksi tumpuan

Sama seperti pada konsep 1, gaya reaksi pada sepeda terjadi akibat adanya gaya berat dan pengendara. Namun dalam perhitungan, gaya berat rangka diabaikan karena hanya memiliki pengaruh yang kecil, sehingga diasumsikan gaya yang berpengaruh disebabkan oleh gaya berat

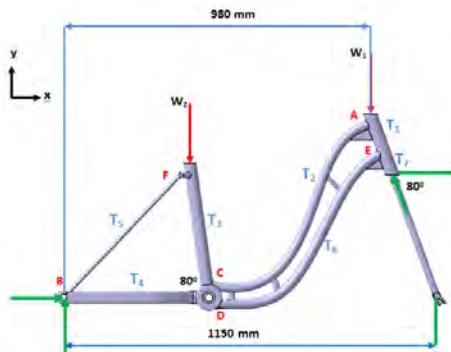


pengendara saja. Gaya reaksi tumpuan terjadi pada *head tube* dan *forged end*, seperti pada gambar 5.3

1. Gaya berat pengendara diasumsikan 100 kg dengan distribusi 1/3 beratnya pada *head tube* dan 2/3 pada *seat tube* (Tri Laksana, 2010). Rangka menggunakan bahan *steel* dengan *yield strength* 250 MPa dan *Ultimate strength* 400 MPa (www.wikipedia.com)

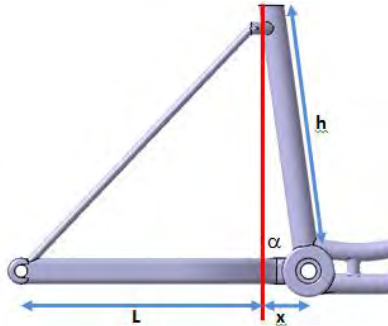
$$\begin{aligned} W_1 &= m_1 \times g \\ &= \left(\frac{1}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times \\ &9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 327 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= m_2 \times g \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 100 \text{ Kg}\right) \times \\ &9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 654 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 5.3 *Free body diagram* rangka sepeda konsep 2

- Keterangan:
- A – F : titik simpul
 - $T_1 - T_7$: Gaya pada batang
 - W_1 : gaya berat pengendara (1/3 berat total)
 - W_2 : gaya berat pengendara (2/3 berat total)
 - F_A : gaya reaksi tumpuan pada *head tube*
 - F_{Bx} : gaya reaksi tumpuan pada *forged end*
 - F_{By} : gaya reaksi tumpuan pada *forged end* pada arah vertikal



Gambar 5.4 Detail gambar *set tube* dan *chain stay*

Keterangan : α : *Seat Tube Angle*
 h : Panjang *seat tube*
 $x + L$: Jarak titik B-C dalam arah horizontal

3. perhitungan gaya- gaya pada rangka sepeda.

g) Data yang diperoleh:

3. STA : 80°

4. H : 0,4 m

h) Menghitung panjang L:

$$\begin{aligned} L &= h \cdot \cos \alpha \\ &= 0,4 \text{ m} \cdot \cos 80^{\circ} \\ &= 0,069 \text{ m} \end{aligned}$$

i) Menghitung panjang x:

$$\begin{aligned} X &= 0,43 \text{ m} - L \\ &= 0,43 \text{ m} - 0,069 \text{ m} \\ &= 0,361 \text{ m} \end{aligned}$$

j) Menghitung F_A

Besarnya F_A dapat diketahui dengan car menghitung momen pada titik B.

$$\sum M_B = 0$$

$$F_A \sin 80^{\circ} (1,15 \text{ m}) - W_1(0,95 \text{ m}) - W_2(x) = 0$$

$$F_A (0,98)(1,15 \text{ m}) - 327(0,95) - 654(0,361 \text{ m}) = 0$$

$$1,127 F_A = 546,744$$

$$F_A = 485,13 \text{ N}$$



- k) Menghitung F_{By}
 Besarnya F_{By} dapat diketahui dengan cara menghitung gaya arah vertikal.

$$\begin{aligned} \uparrow + \Sigma F_{By} &= 0 \\ F_{By} + F_A \sin 80^\circ - W_1 - W_2 &= 0 \\ F_{By} + 485,13 (0,98) - 327\text{N} - 654\text{N} &= 0 \\ F_{By} &= 505,57 \text{ N} \end{aligned}$$

- l) Menghitung F_{Bx}
 Besarnya F_{Bx} dapat diketahui dengan cara menghitung gaya arah horizontal.

$$\begin{aligned} \rightarrow + \Sigma F_x &= 0 \\ F_A \cos 80^\circ - F_{Bx} &= 0 \\ 485,13 (0,1736) - F_{Bx} &= 0 \\ F_{Bx} &= 84,21 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai masing-masing dari gaya yang bekerja pada sepeda yaitu:

- $F_{bx} = 84,21 \text{ N}$
- $F_{by} = 505,57 \text{ N}$
- $F_A = 485,13 \text{ N}$

b. Gaya Tiap Batang

Dengan menggunakan metode sambungan seperti pada perhitungan batang rangka konsep 1, didapatkan besarnya gaya- gaya yang diterima masing- masing batang rangka. Dengan menggunakan cara yang sama seperti pada konsep 1, maka didapatkan nilai dari tiap- tiap batang sebagai berikut:



Tabel 5.3 Besar Gaya Yang Terjadi Pada Tiap Batang Rangka Sepeda 2

NO	Nama	gaya (N)
1	T1	280
2	T2	71,12
3	T3	365,36
4	T4	24,649
5	T5	91,7
6	T6	65,45
7	T7	290,925

c. Tegangan Pada Tiap Batang

Berdasarkan analisa diatas, telah didapatkan besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing batang. Maka tegangan terbesar pada batang dapat diketahui dengan cara memberikan gaya pada bagian yang memiliki luasan terkecil pada batang. Tegangan yang terjadi adalah sebagai berikut :

Tabel 5.4 Besar Tegangan Pada Tiap- Tiap Batang Rangka Sepeda Konsep 2

NO	Nama	gaya (N)	Jenis	Luasan Terkecil (m ²)	Tegangan (N/m ²)
1	T1	280	tekan	0,000126	2222222,22
2	T2	71,12	tekan	0,000147	483809,52
3	T3	365,36	tekan	0,000238	1535126,05
4	T4	24,649	tekan	0,000738	33399,72
5	T5	91,7	tekan	0,000101	907920,79



6	T6	65,45	tekan	0,000147	445238,09
7	T7	290,925	tekan	0,000126	2308928,57
maksimum					2308928,57

Berdasarkan tabel 5.4 dapat diketahui bahwa tegangan terbesar pada rangka sepeda konsep 2 terjadi pada batang T₇ sebesar 2,3 MPa. Untuk perhitungan faktor keamanan. data yang diketahui yaitu :

$$S_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 2,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0 \text{ MPa (asumsi tidak ada tegangan dalam arah melintang)}$$

$$\tau_{xy} = 0 \text{ MPa (asumsi tidak ada tegangan geser)}$$

$$N = 4$$

Dengan menggunakan metode *Maximum Shear Stress Theory* (MSS). Perhitungan kekuatan material dengan mempertimbangkan factor keamanan adalah sebagai berikut :

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \tau_{max}$$

$$\frac{S_{yp}}{2N} \geq \left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

$$\text{Dimana, } \frac{S_{yp}}{2N} = \frac{240 \text{ MPa}}{2 \times 4} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Sedangkan, } \left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

$$\left[\left(\frac{0 \text{ MPa} - 2,3 \text{ MPa}}{2} \right)^2 + 0^2 \right]^{1/2} = 1,15 \text{ MPa}$$

karena tegangan ijin $\left(\frac{S_{yp}}{2N} \right)$ lebih besar dari tegangan yang terjadi, maka material rangka aman untuk digunakan.

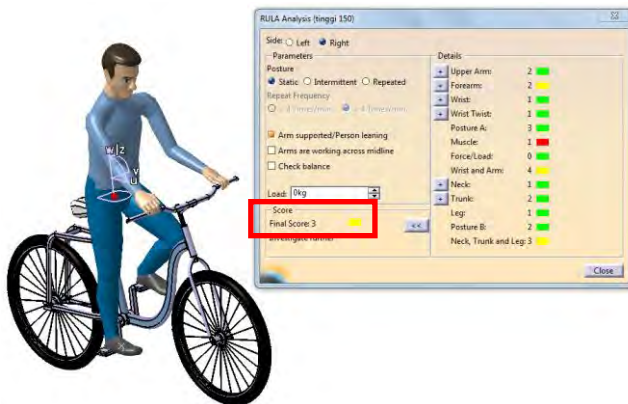


5.2 Analisa RULA

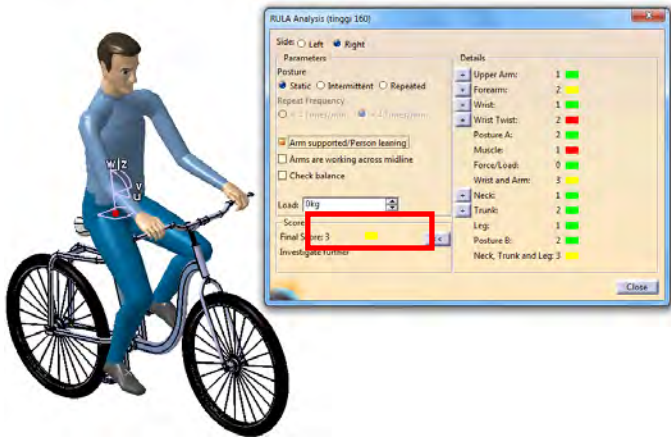
Setelah menghitung kekuatan material dari masing-masing konsep sepeda, selanjutnya yaitu menganalisa RULA atau analisa ergonomi. Analisa ini menggunakan *software* CATIA V5R20. Tujuan dari analisa ergonomi ini adalah untuk mengetahui nilai resiko cedera yang terjadi pada pengendara, semakin kecil nilai RULA pada sepeda, maka semakin ergonomi sepeda tersebut. Analisa RULA menggunakan manikin dengan postur tubuh yang berbeda-beda, mulai dari tinggi 150 cm, 160 cm, 170 cm dan 180 cm.

5.2.1 Analisa RULA sepeda konsep 1

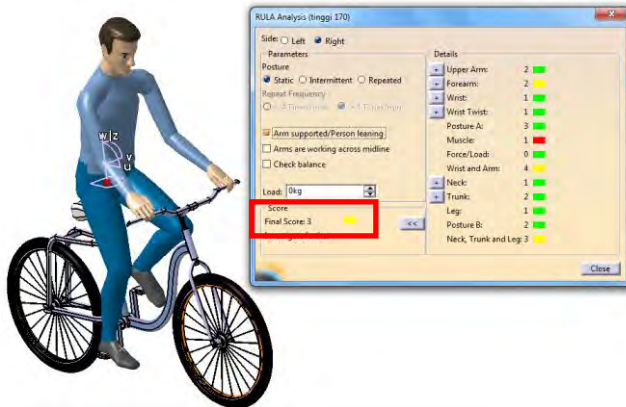
Berikut hasil analisa RULA sepeda konsep 1 dengan menggunakan *software* CATIA V5R20:



Gambar 5.5 Analisa RULA sepeda konsep 1 dengan postur tubuh 150 cm



Gambar 5.6 Analisa RULA sepeda konsep 1 dengan postur tubuh 160 cm



Gambar 5.7 Analisa RULA sepeda konsep 1 dengan postur tubuh 170 cm



Gambar 5.8 Analisa RULA sepeda konsep 1 dengan postur tubuh 180 cm

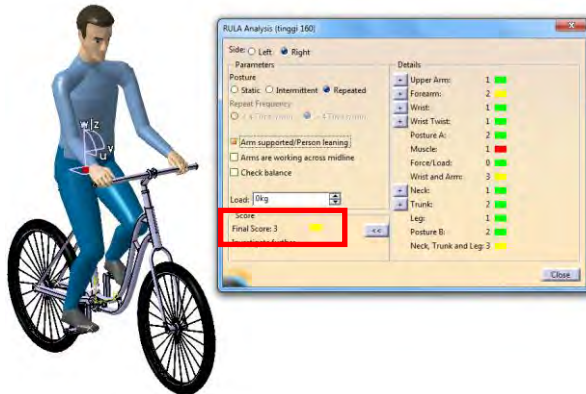
Dari hasil analisa RULA pada sepeda konsep 1, didapatkan *final score* RULA dari masing- masing tinggi tubuh sama, yaitu 3. Nilai 3 mengartikan bahwa desain dapat diterima, namun perlu dianalisa lebih lanjut agar nilai RULA bisa semakin kecil.

5.2.2 Analisa RULA sepeda konsep 2

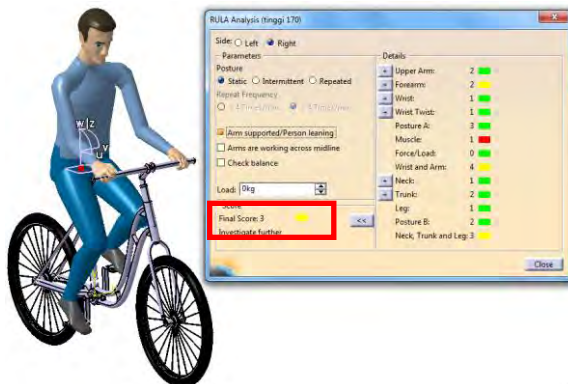
Berikut hasil analisa RULA sepeda konsep 2 dengan menggunakan *software* CATIA V5R20.



Gambar 5.9 Analisa RULA sepeda konsep 2 dengan postur tubuh 150 cm



Gambar 5.10 Analisa RULA sepeda konsep 2 dengan postur tubuh 160 cm



Gambar 5.11 Analisa RULA sepeda konsep 2 dengan postur tubuh 170 cm



Gambar 5.12 Analisa RULA sepeda konsep 2 dengan postur tubuh 180 cm

Hasil dari analisa RULA pada sepeda konsep 2 untuk masing- masing tinggi tubuh badan sama seperti pada sepeda konsep 1, yaitu 3. Hal ini mengartikan bahwa desain dari sepeda konsep 3 juga diterima, namun perlu dilakukan analisa lebih lanjut agar didapatkan nilai RULA yang lebih kecil.

5.3 Pemilihan Konsep

Setelah melakukan analisa konsep kekuatan material dan analisa konsep ergonomi masing- masing konsep sepeda, maka selanjutnya yaitu pemilihan konsep terpilih. Sebelumnya telah ditentukan kriteria yang dibutuhkan pada sepeda ITS, seperti pada tabel berikut:



Tabel 5.5 Daftar Kebutuhan Sepeda ITS

No	KRITERIA	URAIAN
1	Kuat dan aman	Kuat menahan beban 100 Kg
		Aman dikendarai semua orang
		Tidak mudah rusak
2	Ergonomis	Nyaman untuk di kendarai
		Nilai resiko cedera maksimal 3
3	Berat	Mudah diangkat dan dipindahkan
		Berat sepeda maksimal 15 kg
4	desain	Terdapat ciri khas ITS
5	serba guna	Terdapat aksesoris penunjang mahasiswa

Selanjutnya untuk mengembangkan konsep kriteria yang sesuai pada tabel, akan diuraikan secara lebih rinci seperti dibawah ini:

1. Kuat dan Aman

Semua rangka sepeda membutuhkan kriteria ini, kuat. Definisi dari kuat yaitu kemampuan dalam menerima beban, baik tekanan maupun tarikan. Dari hasil analisa kekuatan material yang telah dilakukan di atas, dengan pembebanan 100 kg, kedua konsep sepeda sama-sama kuat dan aman. Sehingga desain kedua konsep sepeda memenuhi kriteria ini.

2. Ergonomis

Definisi dari nyaman yaitu berkaitan dengan aspek ergonomi, yaitu bentuk dan posisi rangka disesuaikan dengan bentuk tubuh dari pengendara sepeda. Faktor yang berpengaruh yaitu RULA (*Rapid Upper Limb*

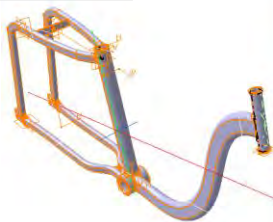


Assessment). Dari analisa RULA yang telah dilakukan diatas, didapatkan nilai RULA kedua konsep yaitu 3. Dimana nilai 3 ini mengartikan bahwa desain dari produk dapat diterima, namun diperlukan evaluasi lanjutan. Sehingga untuk kriteria ergonomis, kedua konsep sepeda ITS memenuhi.

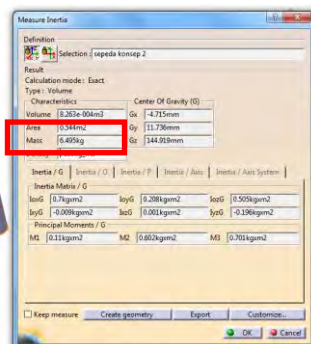
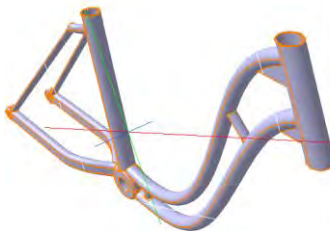
3. Berat

Pada hasil simulasi CATIA, dengan material besi, berat rangka pada sepeda konsep 1 yaitu 4,38 kg sedangkan pada sepeda konsep 2 yaitu 6,495 kg.

Konsep 1



Konsep 2



Gambar 5.13 Berat rangka sepeda ITS konsep 1 dan 2 dari hasil simulasi *software* CATIA



4. Desain

Desain sepeda ITS yang ada saat ini adalah seperti desain sepeda pada umumnya, sehingga tidak memiliki ciri khas tertentu. Untuk itu perlu dirancang desain sepeda yang memiliki ciri khas pada rangkanya sehingga sepeda kampus ITS memiliki identitas dan tidak terlepas dari aspek kekuatan material dan ergonomi.

Pada sepeda konsep 1 desain rangka terinspirasi dari “ITS”, seperti yang terlihat pada gambar 5.14. Pada konsep ini rangka sepeda memiliki karakteristik di setiap batangnya sehingga terlihat huruf ITS, dan pemberian warna akan mempertegas konsep tersebut. Dengan ini maka sepeda kampus ITS memiliki ciri khas dan mudah dikenali.



Gambar 5.14 Sepeda konsep 1 dengan desain terinspirasi dari kampus “ITS”

Tidak berbeda dengan sepeda konsep 1, pada sepeda konsep 2 juga terinspirasi dari kampus “ITS”, namun dengan beberapa perbedaan, seperti yang terlihat pada gambar 5.15. Desain disesuaikan dengan sepeda kampus yang sudah ada saat ini, dengan *double down tube* tetapi dengan dimensi dan posisi yang lebih ergonomis



Gambar 5.15 Sepeda konsep 2 dengan desain terinspirasi dari sepeda kampus saat ini

5. Serba Guna

Serba guna yang dimaksud yaitu terdapat fitur asesoris tambahan pada sepeda. Sebagai contoh, ditambahkan keranjang serba guna, bel, lampu, dll.

Setelah dilakukan penguraian kriteria sepeda kepada kedua konsep diatas, maka didapatkan hasil perbandingan sebagai berikut:

Tabel 5.6 Perbandingan Kriteria Sepeda Konsep 1 Dan Sepeda Konsep 2

NO	KRITERIA	SEPEDA KONSEP 1	SEPEDA KONSEP 2	KESIMPULAN
1	Kuat dan aman	Dapat menahan beban 100 kg	dapat menahan beban 100 kg	sama
2	Ergonomis	memiliki nilai RULA 3 untuk tinggi badan 150 sampai 180	memiliki nilai RULA 3 untuk tinggi badan 150 sampai 180	sama



3	Berat	Memiliki berat rangka 4,38 kg	memiliki berat rangka 6,49 kg	rangka konsep 1 lebih ringan
4	Desain	Desain rangka terinspirasi dari huruf "ITS" sehingga sepeda konsep 1 memiliki ciri khas	desain konsep 2 kurang memiliki ciri khas ITS karena desain seperti sepeda kebanyakan	Desain konsep satu lebih memiliki ciri khas ITS
5	Serba Guna	Dapat dipasang aksesoris tambahan	Dapat dipasang aksesoris tambahan	sama

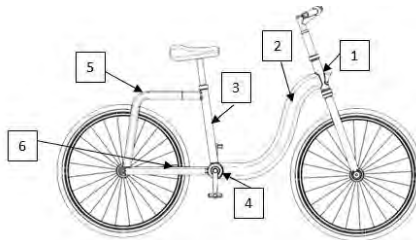
Dari hasil perbandingan kriteria diatas diketahui bahwa pada kriteria 1, 2 dan 3, kedua konsep sama, yaitu sama- sama kuat menahan beban 100 kg, sama- sama memiliki nilai ergonomi 3 dan serba guna. Namun untuk kriteria berat rangka konsep 1 lebih ringan dan pada konsep 1 desain rangka lebih memiliki ciri khas ITS. Oleh sebab itu, konsep terpilih untuk sepeda ITS yaitu konsep 1.



BAB VI PEMBUATAN, PERAKITAN DAN UJI PROTOTIPE

6.1 Proses Pembuatan Rangka

Proses pembuatan rangka secara umum terdiri dari proses pemotongan pipa dan proses *roll bending*. Hasil yang akan didapat adalah bagian-bagian dari rangka sepeda yang kemudian akan dirakit menjadi sebuah rangka sepeda ITS. Berikut ini merupakan gambar dan tabel 6.1 yang menggambarkan proses tersebut:



Gambar 6.1 Gambar sepeda ITS beserta bagiannya

Tabel 6.1 Proses Manufaktur Bagian Rangka Sepeda ITS

No. Bagian	Nama Bagian Rangka	Proses Manufaktur
1	Head Tube	Pipe Cutting
2	Down Tube	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian roll bending
3	Seat Tube	pipe cutting
4	Bottom Bracket	pipe cutting kemudian turning



5	Seat Stay	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian roll bending
6	Chain Stay	Pipe Cutting lalu pipa direduksi kemudian bending

6.2 Proses Perakitan Rangka

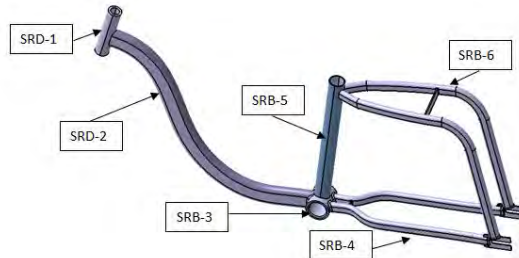
Proses perakitan rangka adalah proses penggabungan per-part bagian dari rangka sepeda dengan menggunakan metode pengelasan (*welding*). Namun sebelum proses pengelasan, part-part bagian rangka dipasang pada *jig and fixture* seperti yang terlihat pada gambar 6.2. Selanjutnya dilakukan proses pengelasan. Sedangkan metode pengelasan yang digunakan adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).



Gambar 6.2 *Jig & fixture* sepeda yang digunakan selama proses perakitan.

Secara keseluruhan urutan perakitan rangka dapat dilihat pada diagram perakitan rangka berikut:

1. Sub Perakitan Rangka Depan (SRD)
2. Sub Perakitan Rangka Belakang (SRB)



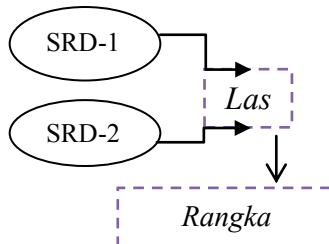
Gambar 6.3 Sub perakitan rangka sepeda

1. Sub Perakitan Rangka Depan

Sub Perakitan Rangka Depan terdiri dari SRD:

- SRD-1 : *Head Tube*
- SRD-2 : *Down Tube*

Sedangkan untuk *flowchart* perakitan dapat dilihat pada gambar 6.4



Gambar 6.4 Diagram Perakitan Rangka Depan

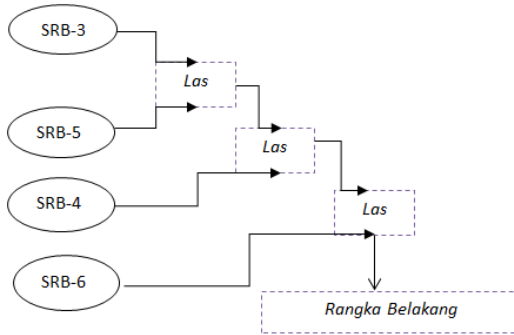
2. Sub Perakitan Rangka Belakang

Sub Perakitan Rangka Belakang terdiri dari 4 SRB, yaitu:

- SRB-3 : *Bottom Bracket*
- SRB-4 : *Chain Stay*
- SRB-5 : *Seat Post*
- SRB-6 : *Seat Stay*



Sedangkan untuk *flowchart* perakitan dapat dilihat pada gambar 6.5



Gambar 6.5 Diagram Perakitan Rangka Belakang



Gambar 6.6 rangka sepeda yang telah jadi setelah proses pengelasan

Pada gambar 6.6 merupakan bentuk dari rangka sepeda yang telah selesai proses pengelasan. Setelah proses *assembly* selesai, kemudian rangka dicat sesuai desain dan ditambahkan aksesoris sesuai dengan kebutuhan sebuah sepeda, lalu dilakukan perakitan lengkap menjadi sebuah prototype sepeda ITS seperti yang terlihat pada gambar 6.7.



Gambar 6.7 Sepeda ITS

6.3 Pengujian Dan Analisa Prototype Sepeda ITS

Pengujian yang akan dilakukan meliputi uji kayuh, pengukuran tegangan otot dan pengukuran posisi tubuh pengendara dengan alat ukur goniometer. Hasil yang dihasilkan dari pengujian ini yaitu, untuk uji kayuh hasil yang akan di dapat adalah energi kayuh yang dihasilkan pengendara sepeda ITS dengan variasi kecepatan yang berbeda. Lalu pada uji tegangan otot akan didapatkan selisih tegangan otot pengendara sebelum dan sesudah bersepeda dengan variasi kecepatan yang berbeda. Uji tegangan otot ini menggunakan alat ukur *leg dynamometer*. Pengujian yang terakhir yaitu pengukuran posisi tubuh pengendara. Pengujian ini digunakan untuk menganalisa kenyamanan sepeda dengan postur pengendara yang bervariasi. Pengukuran posisi tubuh ini menggunakan alat ukur goniometer, sedangkan untuk mengevaluasi kenyamanan sepeda, dilakukan dengan menggunakan metode RULA. Berikut hasil dari ketiga percobaan seperti pada uraian dibawah.

6.3.1 Uji Kayuh Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS

a. Tujuan Percobaan

Percobaan uji kayuh bertujuan untuk mengetahui besarnya energi kayuh yang terjadi pada pengendara.



Besarnya energi kayu dapat diketahui dengan menggunakan *heart rate monitor* serta denyut nadi selama percobaan dengan satuan (detak/ menit). Pada percobaan uji kayu ini dilakukan dengan variasi kecepatan yang berbeda, kecepatan yang dijadikan variable percobaan adalah 10, 13, 16, 19 dan 22 km/jam. *Set up* dari pengujian dapat dilihat pada gambar 6.8



Gambar 6.8 *Set up* uji kayu sepeda ITS

Dalam percobaan ini dibutuhkan 5 responden yang memiliki kualifikasi sebagai berikut, yakni usia rata-rata 21 – 25 tahun, tinggi badan 150 – 180 cm, berat badan 50 – 100 kg dan sehat jasmani. Salah satu kriteria untuk penentuan sample dalam penelitian- penelitian, selain umur adalah indeks massa tubuh. Indeks massa tubuh yang ideal adalah 19 s/d 25. Perhitungan indeks massa tubuh dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut: [*sandowsky, 2000*]

$$\text{IMT (indeks massa tubuh)} = \frac{\text{Berat Badan (Kg)}}{[\text{Tinggi Badan (m)}]^2} \dots\dots\dots(6.1)$$

Hasil perhitungan indeks massa tubuh masing- masing responden dapat dilihat pada tabel 6.2



Tabel 6.2 Responden Dan Perhitungann IMT Masing-Masing Responden

No	Nama	Umur	Tinggi	Berat	IMT
1	Agus	20	180 cm	63	19,44
2	Jemy	23	173 cm	60	20,04
3	imron	24	157,5 cm	57	22,9
4	Fahmi	22	161,5 cm	87	33,5
5	Gandi	23	165 cm	60	22,03

b. Peralatan Percobaan

Pada penelitian ini diperlukan beberapa peralatan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Sepeda ITS

Sepeda yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda ITS (gambar 6.7)

2. *Indoor bicycle trainer*

Alat ini digunakan untuk pembebanan pada saat sepeda dikayuh. *Indoor bicycle trainer* dapat dilihat pada gambar 6.9



Gambar 6.9 *Indoor bicycle trainer* Minoura M50

3. *Stop watch*

Stop watch digunakan untuk mengukur waktu pengayuhan.



Gambar 6.10 *stop watch*

4. Alat ukur detak jantung (*heart – rate*)
Alat ini berupa jam tangan seperti gambar di bawah ini. Alat ini akan menampilkan jumlah denyut jantung dan besar kalori yang telah dikeluarkan dalam satuan kilo kalori.



Gambar 6.11 Alat ukur detak jantung Sigma PC-15

5. Alat ukur kecepatan
Alat ini berfungsi untuk mengukur kecepatan kayuh sepeda. Gambar alat ukur kecepatan dapat dilihat pada gambar



Gambar 6.12 *speedo meter* Cateye Velo 7



c. Prosedur pengambilan data

Langkah – langkah pengambilan data pengayuhan sepeda adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan alat dan keperluan penelitian
2. Pasang *indoor bicycle trainer* pada roda belakang sepeda dan setting pembebanan pada tingkat *low* (rendah) dan juga pasang *speedometer*
3. Periksa denyut jantung responden dan kemudian lakukan pemanasan selama 2 – 3 menit
4. Responden mulai mengayuh sepeda dan ketika kecepatan sepeda mencapai 10 km / jam, *stopwatch* mulai dijalankan
5. Responden mengayuh sepeda selama 6 menit, dengan kecepatan mengayuh sepeda konstan (10 km/jam)
6. Setelah 6 menit, hasil energi kayuh yang terbaca melalui *heart-rate* dicatat, sedangkan hasil denyut nadi yang terbaca selama percobaan (*average*) dicatat.
7. Responden diberikan istirahat selama 30 menit sebelum mengayuh kembali
8. Ulangi langkah ke – 3 sampai dengan ke – 7 untuk masing – masing variasi kecepatan, yaitu untuk kecepatan 13,16,19,22 km /jam.

d. Energi kayuh percobaan mengayuh

Pengukuran energi berdasarkan denyut jantung dilakukan dengan menggunakan alat ukur, yaitu *heart rate SIGMA PC-15* seperti yang terlihat pada gambar 6.9 Prinsip kerja alat ini yaitu mengubah atau mengkonversikan denyut jantung responden selama mengayuh kedalam bentuk energi kayuh dengan satuan kilo kalori (Kcal). Hasil yang terbaca dari alat tersebut langsung digunakan sebagai data energi kayuh



berdasarkan denyut jantung (*heart rate*), seperti yang terlihat pada tabel 6.3

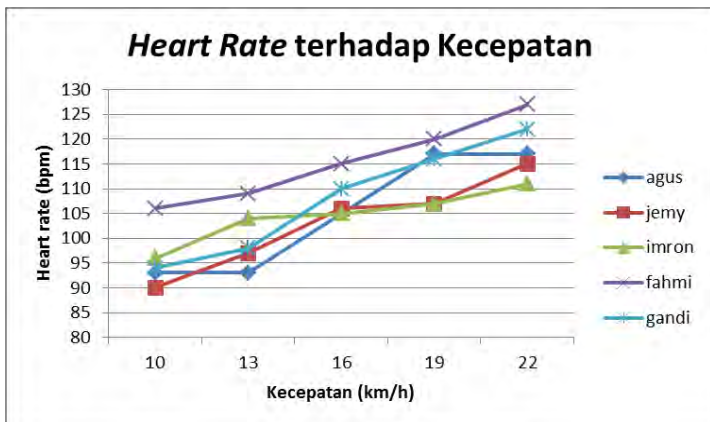
Tabel 6.3 Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Sepeda ITS

Kecepatan	Responden	Denyut Nadi Selama Percobaan (Detak/Menit)	Energi Kayuh Dengan Heart Rate (Kcal)
10 km/jam	Agus	93	4
	Jemy	90	1
	Imron	96	3
	Fahmi	106	3
	Gandi	94	4
13 km/jam	Agus	93	7
	Jemy	97	3
	Imron	104	5
	Fahmi	109	9
	Gandi	98	5
16 km/jam	Agus	105	9
	Jemy	106	8
	Imron	105	11
	Fahmi	115	23
	Gandi	110	10
19 km/jam	Agus	117	15
	Jemy	107	17
	Imron	107	15
	Fahmi	120	29
	Gandi	116	22

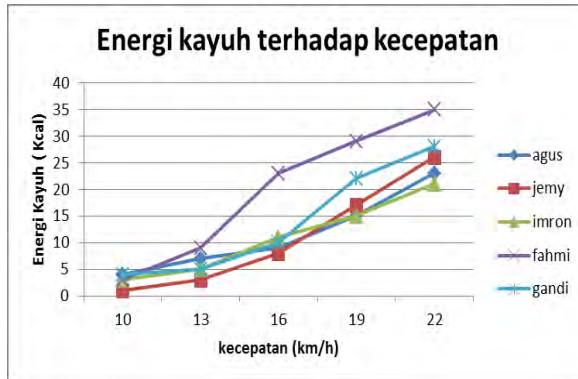


22 km/jam	Agus	117	23
	Jemy	115	26
	Imron	111	21
	Fahmi	127	35
	Gandi	122	28

Dari data yang ada pada tabel 6.3, maka dibuat grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh dan *heart rate* yang dibutuhkan masing-masing responden. Grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh dan *heart rate* terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 6.13 Grafik hubungan *heart rate* terhadap kecepatan pada sepeda ITS



Gambar 6.14 Grafik hubungan energi kayuh terhadap kecepatan pada sepeda ITS

Pada gambar diatas merupakan gambar grafik hubungan antara *heart rate* terhadap kecepatan kayuh masing- masing responden. Lalu pada gambar menunjukan grafik hubungan antara energi kayuh dengan kecepatan kayuh setiap responden.

e. Analisa Hubungan Variasi Kecepatan Dan *Heart Rate*

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa tren grafik setiap esponden mengalami kenaikan. Grafik tersebut menggambarkan bahwa nilai *heart rate* naik seiring dengan kenaikan kecepatan. Dari grafik diketahui bahwa denyut jantung rata- rata terkecil dari sepeda ITS yaitu pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai denyut jantung rata- rata 90 detak/ menit. Sedangkan untuk rata- rata terbesar yaitu pada kecepatan 22 km/jam dengan nilai denyut jantung rata- rata 127 detak/ menit. Secara umum, tren grafik dari masing- masing pengendara mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kecepatan kayuh. Hal ini terjadi karena untuk kecepatan yang cukup rendah yaitu 10 km/jam, jantung memompa dalam keadaan normal dan asupan oksigen juga normal, sehingga detak jantung berdenyut secara normal.



Semakin bertambah kecepatan, maka detak jantung semakin meningkat, seperti pada kecepatan 22 km/jam. Semakin cepat maka jantung akan memompa darah lebih cepat, sehingga diperlukan asupan oksigen yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan nilai detak jantung yang terbaca lebih besar untuk kecepatan sepeda yang lebih tinggi dibandingkan kecepatan sepeda yang lebih rendah.

- f. **Analisa Hubungan Variasi Kecepatan Dengan Energi Kayuh**
- Berdasarkan gambar diatas terlihat tren grafik menunjukkan kenaikan pada setiap responden. Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai energi kayuh rata- rata naik seiring dengan kenaikan kecepatan. Dari grafik diatas, diketahui bahwa energi kayuh rata- rata terkecil dari sepeda ITS yaitu pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai energi kayuh rata- rata 1 kcal. Sedangkan untuk energi kayuh rata- rata terbesar yaitu pada kecepatan 22 km/jam, dengan nilai energi kayuh rata- rata 35 kcal. Pada grafik di atas terlihat tren grafik cenderung naik pada setiap pengendara sepeda ITS. Hal ini terjadi karena ketika kecepatan dinaikan menjadi lebih tinggi, akan berpengaruh pada tubuh untuk mengeluarkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan kecepatan yang lebih rendah. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa berat badan berpengaruh terhadap energi kayuh yang dikeluarkan, semakin berat berat badan pengendara, maka semakin besar energi kayuh yang dikeluarkan.

6.3.2 Pengukuran Tegangan Otot Kaki Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS

- a. **Tujuan percobaan**
- Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui tegangan otot pengendara sepeda multi gender sebelum dan setelah mengayuh, lalu dicari selisih tegangan ototnya. Pada



pengujian ini dilakukan pengukuran perubahan tegangan otot kaki masing-masing responden, seperti halnya pada percobaan uji kayuh untuk mendapatkan energi kayuh dan denyut jantung.

b. Peralatan percobaan

1. *Indoor Bicycle Trainer*

Alat ini digunakan untuk pembebanan pada saat sepeda dikayuh. *Indoor bicycle trainer* dapat dilihat pada gambar 6.15



Gambar 6.15 *Indoor bicycle trainer* Minoura M50

2. Pengukur kecepatan (*Speedometer*)

Alat ini berfungsi untuk mengukur kecepatan kayuh sepeda yang dapat dilihat pada gambar 6.16



Gambar 6.16 *speedo meter* Cateye Velo 7

3. *Stopwatch*

Stop watch digunakan untuk mengukur waktu pengayuhan seperti terlihat pada gambar 6.17



Gambar 6.17 *Stopwatch*

4. Alat ukur tegangan otot (*Leg Dynamometer*)

Alat yang digunakan untuk mengevaluasi tegangan otot kaki pengendara sepeda multi gender ini adalah *Leg Dynamometer*. Alat ini berfungsi untuk mengukur tingkat tegangan otot pada pengendara sepeda setelah mengayuh.



Gambar 6.18 *Leg Dynamometer*

c. Prosedur pengukuran tegangan otot kaki

Langkah – langkah pengambilan data pengukuran tegangan otot kaki pengayuh sepeda multi gender adalah sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan keperluan penelitian
2. Pasang *indoor bicycle trainner* pada roda belakang sepeda dan setting pembebanan pada tingkat *low* (rendah) dan juga pasang *speedometer*



3. Tegangan otot kaki responden diuji dengan *leg dynamometer* lalu dicatat datanya sebagai tegangan otot sebelum mengayuh
4. Responden mulai mengayuh sepeda dan ketika kecepatan sepeda mencapai 10 km/jam, *stopwatch* mulai dijalankan
5. Responden mengayuh sepeda selama 6 menit, dengan kecepatan mengayuh sepeda konstan (10 km/jam)
6. Setelah 6 menit, tegangan otot kaki responder diuji dengan *leg dynamometer*
7. Responden diberikan istirahat selama 30 menit sebelum mengayuh kembali
8. Ulangi langkah ke – 3 sampai dengan ke – 7 untuk masing – masing variasi kecepatan, yaitu untuk kecepatan 13, 16, 19, 22 km/jam

d. Tegangan Otot Kaki Hasil Pengukuran

Berikut ini adalah data – data tegangan otot yang diperoleh dari percobaan mengayuh sepeda multi gender:

Tabel 6.4 Hasil Pengukuran Tegangan Otot Kaki
Kecepatan 10 Km/Jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	105	105	0
2	jemy	110	110	0
3	imron	72	70	2
4	fahmi	121	120	1
5	gandi	121	120	1



Kecepatan 13 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	105	100	5
2	jemy	115	118	3
3	imron	59	65	6
4	fahmi	120	115	5
5	gandi	121	118	3

Kecepatan 16 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	100	90	10
2	jemy	115	110	5
3	imron	65	51	14
4	fahmi	118	110	8
5	gandi	119	110	9

Kecepatan 19 km/jam

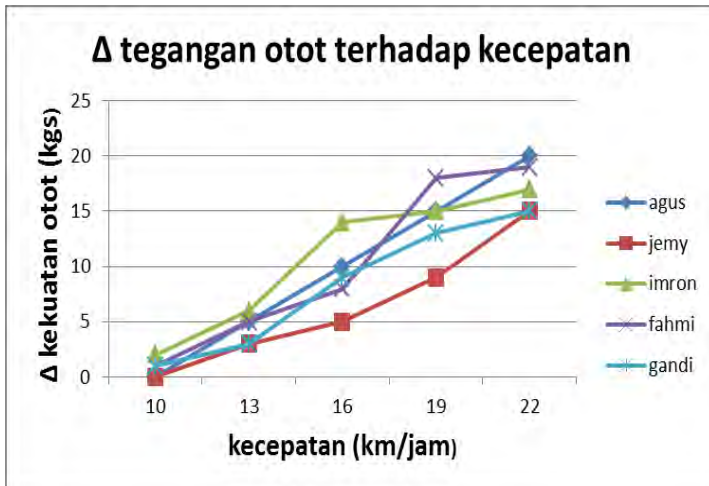
No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	105	90	15
2	jemy	105	96	9
3	imron	73	58	15
4	fahmi	128	110	18
5	gandi	125	112	13



Kecepatan 22 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	105	85	20
2	jemy	100	85	15
3	imron	65	48	17
4	fahmi	100	81	19
5	gandi	130	115	15

Dari data yang diperoleh pada tabel 6.4, maka dapat dibuat grafik hubungan antara perubahan tegangan otot kaki terhadap variasi kecepatan kayuh sepeda seperti yang terlihat pada grafik 6.19



Gambar 6.19 Grafik hubungan kecepatan dan Δ tegangan otot pengendara sepeda ITS



e. Analisa Hubungan Variasai Kecepatan Terhadap Tegangan Otot

Dari gambar 6.19 terlihat bahwa tren grafik dari hasil pengujian tegangan otot menunjukkan kenaikan. Grafik tersebut merupakan nilai Δ tegangan otot pengendara terhadap variasi kecepatan kayuh. Dari grafik tersebut diketahui bahwa Δ tegangan otot terkecil yaitu terjadi pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai Δ tegangan otot 0 kgs, atau tidak terdapat perbedaan tegangan otot pada pengendara. Sedangkan untuk Δ tegangan otot terbesar terdapat pada kecepatan 22 km/jam dengan nilai Δ tegangan otot 20 kgs. Dari hgrafik diatas, terlihat tren grafik cenderung naik pada setiap pengendara sepeda. Tren grafik dari masing- masing mengalami peningkatan seiring dengan naiknya kecepatan. Sebagai perbandingan, yaitu pada kecepatan 10 km/jam perubahan tegangan otot hampir tidak terjadi, hal ini disebabkan kecepatan sepeda cukup rendah. Sedangkan ketika kecepatan dinaikan menjadi 22 km/jam, maka perubahan otot sebelum dan sesudah melakukan percobaan jauh lebih besar. Hal ini disebabkan otot menegang dengan keras, sehingga angka yang diperoleh setelah pengujian jauh lebih kecil jika dibandingkan sebelum pengujian.

6.3.3 Analisa Risiko Cedera Tubuh Pengendara Sepeda ITS Dengan Metode RULA

a. Tujuan Pengukuran

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat nilai resiko cedera pengendara sepeda multi gender secara manual menggunakan tabel RULA. Sedangkan bagian –bagian tubuh yang dievaluasi



meliputi Grup A dan B, yaitu grup A meliputi lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Grup B, meliputi: leher, punggung, dan kaki. Responden yang akan diuji sikap tubuhnya ada 5 orang dengan masing – masing orang memiliki tinggi dan berat badan yang berbeda. Set-up pengukuran posisi tubuh pengendara dapat dilihat pada gambar 6.20



Gambar 6.20 Set up pengukuran posisi tubuh dengan metode RULA

b. Peralatan Percobaan
Pada penelitian ini diperlukan beberapa peralatan sebagai berikut:

1. Sepeda Multi Gender
Sepeda yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda multi gender yang dapat dilihat pada gambar 6.20
2. Goniometer



Gambar 6.21 Goniometer



- c. **Prosedur Pengukuran Posisi Anggota Tubuh**
Langkah – langkah pengukuran adalah sebagai berikut:
1. Persiapkan segala peralatan
 2. Ukur posisi bagian tubuh pengendara dimulai dari lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan (pengukuran posisi bagian tubuh grup A)
 3. Pengukuran dilanjutkan dengan bagian tubuh grup B, yakni leher, punggung, dan kaki.
 4. Data hasil pengukuran dicatat
 5. Mengulangi langkah 2 sampai dengan langkah 4 untuk 4 responden selanjutnya.
 6. Pengukuran selesai
- d. **Hasil Pengukuran Goniometer**
Berikut ini merupakan hasil yang didapatkan dalam pengujian goniometer ini :
- Responden 1. Agus, dengan tinggi badan 180 cm

Tabel 6.5 Hasil Pengukuran Responden 1

Bagian tubuh	sudut yang diperoleh	nilai tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 55^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 19$	2
pergelangan tangan	lengkung $0 - 15^\circ = 14$	2
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
skor total grup A menurut tabel RULA		4
Leher	lengkung $10 - 20^\circ = 17$	2
punggung	lengkung $0 - 20^\circ = 19$	2
kaki	setimbang	1



skor total grup B menurut tabel RULA	2
FINAL SCORE	3

- Responden 2. Jemy, dengan tinggi 173 cm

Tabel 6.6 Hasil Pengukuran Responden 2

Bagian tubuh	sudut yang diperoleh	nilai tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 63^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 14$	2
pergelangan tangan	lengkung $0 - 15^\circ = 10$	2
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
skor total grup A menurut tabel RULA		4
Leher	lengkung $10 - 20^\circ = 14$	2
punggung	lengkung $0 - 20^\circ = 16$	2
kaki	setimbang	1
skor total grup B menurut tabel RULA		2
FINAL SCORE		3



- Responden 3. Gandi, dengan tinggi 165 cm

Tabel 6.7 Hasil Pengukuran Responden 3

Bagian tubuh	sudut yang diperoleh	nilai tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 68^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 27$	2
pergelangan tangan	lengkung $0 - 15^\circ = 14$	2
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
skor total grup A menurut tabel RULA		4
Leher	lengkung $10 - 20^\circ = 18$	2
punggung	lengkung $0 - 20^\circ = 17$	2
kaki	setimbang	1
skor total grup B menurut tabel RULA		2
FINAL SCORE		3

- Responden 4. Fahmi, dengan tinggi 161,5

Tabel 6.8 Hasil Pengukuran Responden 4

Bagian tubuh	sudut yang diperoleh	nilai tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 75^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 23$	2
pergelangan tangan	lengkung $0 - 15^\circ =$	2



	15	
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
skor total grup A menurut tabel RULA		4
Leher	lengkung $10 - 20^\circ = 18$	2
punggung	lengkung $0 - 20^\circ = 15$	2
kaki	setimbang	1
skor total grup B menurut tabel RULA		2
FINAL SCORE		3

- Responden 5. Imron, dengan tinggi 157,5

Tabel 6.9 Hasil Pengukuran Responden 5

Bagian tubuh	sudut yang diperoleh	nilai tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 83^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 18$	2
pergelangan tangan	lengkung $0 - 15^\circ = 14$	2
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
skor total grup A menurut tabel RULA		4
Leher	lengkung $10 - 20^\circ = 16$	2
punggung	lengkung $0 - 20^\circ = 18$	2
kaki	setimbang	1



skor total grup B menurut tabel RULA	2
FINAL SCORE	3

- e. Analisa Hasil Pengukuran Goniometer Dengan Hasil RULA
- Pada metode RULA, tingkat kenyamanan ditentukan oleh nilai resiko cedera pada tubuh. Jika nilai *final score* yang keluar yaitu ≤ 2 , maka dapat dikatakan sepeda ITS ergonomis. Sedangkan untuk nilai 3 yaitu diterima, namun diperlukan investigasi lebih lanjut. Untuk nilai 4 yaitu dibutuhkan perubahan desain dan investigasi serta perubahan jenis gerakan. Lalu untuk nilai > 4 yaitu segera dilakukan investigasi dan perubahan harus dilakukan.

Berdasarkan uji pengukuran goniometer yang telah dilakukan, diperoleh hasil, yaitu semua responden mendapat nilai total 3, yang berarti bahwa desain diterima namun diperlukan investigasi lebih lanjut. Dari tabel diatas, nilai terbesar terletak pada lengan atas dan punggung. Hal ini disebabkan jarak antara *handlebar* dengan *saddle* terlalu jauh. Dengan demikian perlu diberikan usulan perbaikan pada jarak antar *handlebar* dan *stang*. Sedangkan bagian *wrist twist* dan *leg* mendapatkan nilai 1 yang berarti kemungkinan resiko cedera pada pengendara sepeda ITS ini kecil.

6.3.4 Pengujian Performasi Sepeda ITS

Setelah pengujian uji kayuh, uji tegangan otot dan uji RULA pada sepeda ITS terhadap 5 responden, maka selanjutnya pengujian performa sepeda saat digunakan di jalan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan fungsi dari bagian-bagian pada sepeda berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan terhadap 5 responden yang terdiri dari 3 pria dan 2 wanita. Berikut adalah hasil dari pengujian performasi sepeda ITS.

1. Saat berbelok kaki tidak menabrak ban depan, dimana ini adalah salah satu evaluasi dari sepeda sebelumnya. Dari ke 5 responden tidak mengalami kendala saat berbelok



2. *Ground clearance* pada sepeda ITS yaitu 22 cm, sehingga saat melewati jalan yang rusak dan bergelombang masih aman digunakan karena gear tidak menabrak jalan
3. Saat akan menaiki dan turun dari sepeda, responden tidak mengalami kendala, karena jarak dari *saddle* hingga *head tube* cukup lebar, yaitu 55 cm, sehingga pengendara memiliki ruang navigasi yang cukup luas serta aman untuk digunakan
4. Dari segi desain, ke 5 responden menyatakan bahwa sepeda ITS memiliki desain yang unik dan memiliki karakteristik. Sehingga sepeda kampus ITS akan lebih mudah dikenali dan memiliki ciri khas yang membedakan dari sepeda kampus lainnya.

6.4 Pengujian dan Analisa Sepeda Multigender

Sama seperti pada pengujian sepeda ITS, pengujian meliputi uji kayuh, pengukuran tegangan otot dan pengukuran posisi tubuh dengan metode rula. Hasil yang didapat dari pengujian ini nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengujian sepeda ITS. Berikut adalah hasil dari ketiga pengujian pada sepeda multigender dengan variasi kecepatan dan responden yang sama.

6.4.1 Uji Kayuh Dengan Variasi Kecepatan Sepeda Multigender

Prosedur percobaan uji kayuh pada sepeda multigender prinsipnya sama dengan percobaan uji kayuh pada sepeda ITS. Dengan cara percobaan yang sama, baik prosedur, responden, maupun variable dan parameter yang ditetapkan, set-up uji kayuh sepeda multigender dapat dilihat pada gambar 6.22



Gambar 6.22 *set-up* uji kayuh sepeda multigender

Hasil uji kayuh oleh lima responden untuk sepeda multigender dapat dilihat pada tabel 6.10

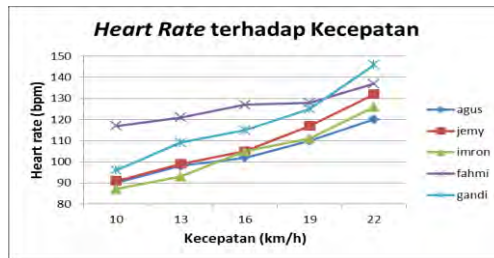
Tabel 6.10 Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Sepeda Multigender

Kecepatan	Responden	Denyut Nadi Selama Percobaan	Energi Kayuh Dengan Heart Rate
10 km/jam	Agus	90	6
	Jemy	91	8
	Imron	87	5
	Fahmi	117	38
	Gandi	96	16
13 km/jam	Agus	98	10
	Jemy	99	14
	Imron	93	17
	Fahmi	121	41
	Gandi	109	35
16 km/jam	Agus	102	14
	Jemy	105	26
	Imron	105	21
	Fahmi	127	44

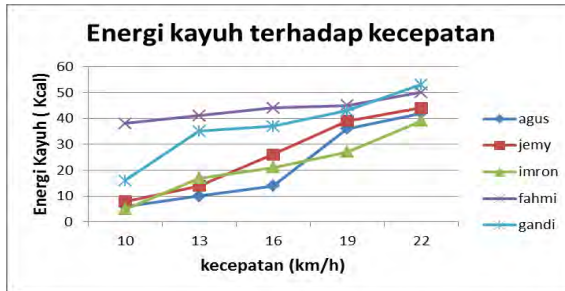


	Gandi	115	37
19 km/jam	Agus	110	36
	Jemy	117	39
	Imron	111	27
	Fahmi	128	45
	Gandi	125	43
22 km/jam	Agus	120	42
	Jemy	132	44
	Imron	126	39
	Fahmi	137	50
	Gandi	146	53

Berdasarkan data dari hasil uji kayuh di tabel 6.10, didapatkan grafik hubungan antara kecepatan kayuh dengan energi kayuh dan *heart rate* yang dibutuhkan oleh masing-masing pengendara. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 6.23 dan 6.24.



Gambar 6.23 Grafik hubungan antara kecepatan terhadap *heart rate*



Gambar 6.24 Grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh

Pada gambar 6.23 diatas merupakan gambar grafik hubungan anantara kecepatan terhadap *heart rate*. Sama seperti pada pengujian sepeda ITS sebelumnya, tren grafik meningkat. Hal ini mengartikan bahwa rata- rata detak jantung pengendara akan meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan. Sedangkan pada gambar 6.24 merupakan gambar grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh. Tren grafik setiap responden pada pengujian ini meningkat, hal ini menjelaskan bahwa energi kayuh yang dibutuhkan setiap kenaikan kecepatan selalu meningkat.

6.4.2 Pengukuran Tegangan Otot Dengan Variasi Kecepatan Pada Sepeda Multigender

Prosedur pengukuran tegangan otot pada sepeda multigender pada prinsipnya sama dengan pengukuran tegangan otot pada sepeda ITS, baik jumlah responden, peralatan, maupun cara mengolah data hasil pengukurannya. Hasil pengukuran tegangan otot oleh lima responden untuk sepeda multigender dapat dilihat pada tabel 6.11



Tabel 6.11 Hasil Pengukuran Perubahan Tegangan Otot Kaki Pada Sepeda Multigender

Kecepatan 10 Km/Jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	117	115	2
2	jemy	105	105	0
3	imron	97	96	1
4	fahmi	101	97	4
5	gandi	119	120	1

Kecepatan 13 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	110	102	8
2	jemy	110	105	5
3	imron	95	100	5
4	fahmi	103	90	13
5	gandi	119	125	6



Kecepatan 16 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	108	95	13
2	jemy	110	100	10
3	imron	83	68	15
4	fahmi	105	90	15
5	gandi	120	135	15

Kecepatan 19 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	121	105	16
2	jemy	115	102	13
3	imron	95	66	25
4	fahmi	108	92	16
5	gandi	125	108	17

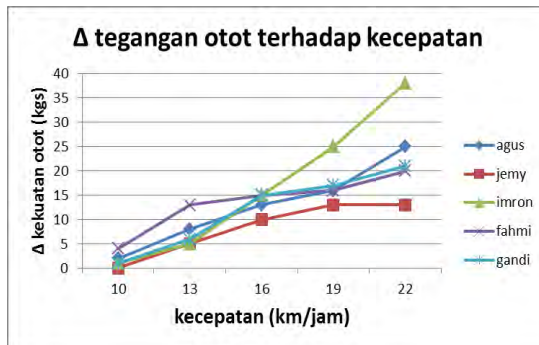
Kecepatan 22 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	agus	110	85	25
2	jemy	113	100	13
3	imron	83	45	38



4	fahmi	102	82	20
5	gandi	120	99	21

Dari data yang tertera pada tabel 6.11, didapatkan grafik hubungan antara perubahan tegangan otot kaki dengan variasi kecepatan kayuh untuk masing-masing responden. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6.25



Gambar 6.25 Grafik hubungan kecepatan dan Δ kekuatan otot pengendara sepeda multigender

Pada gambar 6.25 merupakan grafik hubungan antara kecepatan kayuh pengendara terhadap perubahan tegangan otot yang terjadi setelah mengayuh sepeda multigender. Tren grafik yang diperlihatkan dari setiap responden cenderung meningkat, hal ini mengartikan bahwa perubahan tegangan otot yang terjadi selalu meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan kayuh.

6.5 Perbandingan Antara Sepeda ITS Dengan Sepeda Multigender

Setelah melakukan 3 pengujian, maka hasil pengujian kedua sepeda tersebut dibandingkan. Tujuan dari perbandingan



ini adalah untuk mengetahui apakah performasi dari sepeda ITS sama atau lebih baik dari sepeda multigender yang telah dirancang sebelumnya. Berikut dipaparkan perbandingan hasil pengujian uji kayuh, pengukuran tegangan otot dan uji ergonomi dengan metode RULA pada sepeda ITS dengan sepeda multigender.

6.5.1 Perbandingan Hasil Pengujian Uji Tegangan Otot

Dari hasil pengujian tegangan otot yang dilakukan pada sepeda ITS dan sepeda multigender diatas, didapatkan selisih nilai tegangan otot yang terjadi sebelum dan sesudah mengayuh sepeda dengan kecepatan yang bervariasi. Berikut perbandingan hasil pengujian tegangan otot dengan variasi kecepatan beserta besar perubahan yang terjadi dalam satuan persen (%).

Tabel 6.12 Tabel Perbandingan Selisih Tegangan Sepeda ITS Terhadap Sepeda Multigender

Kecepatan	No. Responden	Nama	Selisih Tegangan (%)	
			Sepeda ITS	Sepeda Multigender
10 km/jam	1	Agus	0	1.71
	2	Jemy	0	0
	3	Imron	2.78	1.03
	4	Fahmi	0.83	3.96
	5	Gandi	0.83	0.84
13 km/jam	1	Agus	4.76	7.27
	2	Jemy	2.61	4.55
	3	Imron	10.17	5.26
	4	Fahmi	4.17	12.62
	5	Gandi	2.48	5.04



16 km/jam	1	Agus	10	12.04
	2	Jemy	8.7	9.09
	3	Imron	15.38	18.07
	4	Fahmi	8.47	14.29
	5	Gandi	8.4	12.5
19 km/jam	1	Agus	14.29	13.22
	2	Jemy	8.57	11.3
	3	Imron	20.55	26.32
	4	Fahmi	14.06	14.81
	5	Gandi	10.4	13.6
22 km/jam	1	Agus	19.05	22.73
	2	Jemy	15	11.5
	3	Imron	26.15	45.78
	4	Fahmi	19	19.61
	5	Gandi	11.54	17.5

Dari tabel diatas menjelaskan besar selisih tegangan yang terjadi pada setiap pengendara yang memiliki tinggi dan berat yang berbeda. Pada responden 1, dari 5 variasi kecepatan dengan menggunakan sepeda ITS hanya pada kecepatan 19 km/jam selisih tegangan lebih besar dari selisih tegangan saat menggunakan sepeda multigender. Sedangkan pada variasi kecepatan lainnya selisih tegangan yang terjadi saat menggunakan sepeda ITS lebih kecil dibandingkan saat menggunakan sepeda multigender. Pada responden 2 dari 5 variasi kecepatan yang dilakukan terhadap sepeda ITS, selisih tegangan yang terjadi lebih kecil dari selisih tegangan saat menggunakan sepeda multigender, kecuali pada variasi kecepatan 10 km/jam dan 22 km/jam, dimana selisih tegangan sama dan lebih besar dari selisih tegangan sepeda multigender. Lalu pada responden 3, dari 5 variasi kecepatan terdapat 3 yang memiliki



selisih tegangan lebih kecil dari sepeda multigender. Sedangkan untuk responden 4 dan 5 selisih tegangan yang terjadi untuk setiap variasi kecepatan pada sepeda ITS seluruhnya lebih kecil dari sepeda multigender.

6.5.2 Perbandingan Hasil Pengujian Uji Kayuh

Setelah melakukan uji kayuh terhadap sepeda ITS dan sepeda multigender, maka masing- masing didapatkan 2 data yaitu nilai rata- rata detak jantung setiap pengendara, pada tabel 6.13 dan energi kayuh setiap pengendara dengan 5 variasi kecepatan seperti yang terlihat pada tabel 6.14. Data hasil pengujian kedua sepeda tersebut lalu dibandingkan. Berikut hasil pengujian kayuh sepeda ITS dan sepeda multigender.



Tabel 6.13 Perbandingan Detak Jantung Antara Pengendara Saat Mengendarai Sepeda ITS Dan Sepeda Multigender

Kecepatan	No	Nama	Rata - Rata Denyut Nadi (detak/menit)		perbedaan		Keterangan
			Sepeda ITS	Sepeda Multigender	angka	%	
10 km/jam	1	Agus	93	90	3	3.23	+
	2	Jemy	90	91	1	1.11	
	3	Imron	96	87	9	9.38	
	4	Fahmi	106	117	11	10.38	
	5	Gandi	94	96	2	2.13	
13 km/jam	1	Agus	93	98	5	5.38	
	2	Jemy	97	99	2	2.06	
	3	Imron	104	93	11	10.58	+
	4	Fahmi	109	121	12	11.01	
	5	Gandi	98	109	11	11.22	
16 km/jam	1	Agus	105	102	3	2.86	+
	2	Jemy	106	105	1	0.94	+
	3	Imron	105	105	0	0.00	
	4	Fahmi	115	127	12	10.43	
	5	Gandi	110	115	5	4.55	
19 km/jam	1	Agus	117	110	7	5.98	+
	2	Jemy	107	117	10	9.35	
	3	Imron	107	111	4	3.74	
	4	Fahmi	120	128	8	6.67	
	5	Gandi	116	125	9	7.76	
22 km/jam	1	Agus	117	120	3	2.56	
	2	Jemy	115	132	17	14.78	
	3	Imron	111	126	15	13.51	
	4	Fahmi	127	137	10	7.87	
	5	Gandi	122	146	24	19.67	

Keterangan: + = rata- rata detak jantung sepeda ITS lebih besar dari sepeda multigender



Tabel 6.14 Perbandingan Energi Kayuh Antara Sepeda ITS Terhadap Sepeda Multigender

Kecepatan	No. responden	Nama	Energi Kayuh (Kcal)		selisih	%
			Sepeda ITS	Sepeda Multigender		
10 km/jam	1	Agus	4	6	2	33.33
	2	Jemy	1	8	7	87.50
	3	Imron	3	5	2	40.00
	4	Fahmi	3	38	35	92.11
	5	Gandi	4	16	12	75.00
13 km/jam	1	Agus	7	10	3	30.00
	2	Jemy	3	14	11	78.57
	3	Imron	5	17	12	70.59
	4	Fahmi	9	41	32	78.05
	5	Gandi	5	35	30	85.71
16 km/jam	1	Agus	9	14	5	35.71
	2	Jemy	8	26	18	69.23
	3	Imron	11	21	10	47.62
	4	Fahmi	23	44	21	47.73
	5	Gandi	10	37	27	72.97
19 km/jam	1	Agus	15	36	21	58.33
	2	Jemy	17	39	22	56.41
	3	Imron	15	27	12	44.44
	4	Fahmi	29	45	16	35.56
	5	Gandi	22	43	21	48.84
22 km/jam	1	Agus	23	42	19	45.24
	2	Jemy	26	44	18	40.91
	3	Imron	21	39	18	46.15
	4	Fahmi	35	50	15	30.00
	5	Gandi	28	53	25	47.17

Pada tabel 6.11 menjelaskan perbandingan detak jantung yang terjadi saat mengayuh sepeda ITS dan sepeda multigender. Dari perbandingan tersebut didapatkan, untuk responden nomor 1, dari 5 variasi kecepatan menggunakan kedua sepeda tersebut, 3



diantaranya memiliki detak jantung yang lebih besar saat menggunakan sepeda ITS, yaitu pada variasi kecepatan 10, 16 dan 19 km/jam. Lalu pada responden nomer 2, dari 5 variasi kecepatan menggunakan sepeda ITS jumlah detak jantung yang terjadi lebih kecil dari detak jantung saat menggunakan sepeda multigender, kecuali pada variasi kecepatan 16 km/jam, dimana hasil pengukuran yang didapat, detak jantung saat menggunakan sepeda ITS lebih besar 0,94% daripada menggunakan sepeda multigender. Begitu pula pada responden nomer 3, jumlah rata-rata detak jantung saat menggunakan sepeda ITS lebih kecil dari saat menggunakan sepeda multigender, kecuali pada saat variasi kecepatan 13 km/jam, dimana detak jantung saat menggunakan sepeda ITS lebih besar 10,58% dibandingkan saat menggunakan sepeda multigender. Sedangkan untuk responden 4 dan 5, rata-rata detak jantung yang terjadi pada setiap variasi kecepatan saat menggunakan sepeda ITS lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata detak jantung saat menggunakan sepeda multigender.

Pada tabel 6.12 merupakan perbandingan energi kayuh yang terjadi saat mengayuh sepeda ITS dengan sepeda multigender. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa energi kayuh yang terjadi pada sepeda ITS untuk setiap responden dan setiap variasi kecepatan lebih kecil dibandingkan sepeda multigender, dimana selisih terbesar terjadi pada responden 4 saat variasi kecepatan 10 km/jam yaitu 92,11% energi kayuh sepeda multigender lebih besar dari sepeda ITS.

6.6 Kelebihan Sepeda ITS

Setelah dilakukan evaluasi sepeda multigender lalu dilanjutkan pengembangan konsep dan didapatkan konsep terpilih hingga pengujian sepeda ITS, maka dapat diketahui kelebihan yang dimiliki dari sepeda ITS dibandingkan sepeda yang telah ada sebelumnya. Kelebihan dari sepeda ITS adalah sebagai berikut:



1. Dimensi dan kenyamanan
Berikut pada tabel 6.15 adalah dimensi dari sepeda ITS

Tabel 6.15 Dimensi Sepeda ITS

No	Dimensi Rangka Sepeda ITS	Ukuran
1	Head Tube Angle	80 ⁰
2	Seat Tube Angle	80 ⁰
3	Front Center	720 mm
4	Rear Center	460 mm
5	Head Tube	170 mm

Ukuran dimensi dari sepeda berpengaruh pada posisi tubuh pengendara. Dengan dimensi yang ada pada sepeda ITS didapatkan nilai posisi tubuh pengendara lebih nyaman. Dimana dengan metode RULA didapatkan nilai total yaitu 3 untuk 5 responden dengan tinggi badan yang berbeda.

2. Performa Sepeda ITS

- Operasional

Dari evaluasi sepeda sebelumnya, saat berbelok kaki menabrak ban depan. Namun pada sepeda ITS hal itu tidak terjadi, karena jarak antara pedal dan ban depan cukup jauh. Sehingga saat mengendarai sepeda ITS lebih aman.

- Karakteristik sepeda terhadap pengendara

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap sepeda ITS, didapatkan sepeda ITS memiliki selisih tegangan otot kaki lebih kecil serta energi kayuh yang dibutuhkan lebih sedikit. Sehingga sepeda ITS lebih ringan digunakan.



3. Bentuk rangka

Seperti yang telah dijelaskan pada tabel 5.6, pada sepeda ITS, desain rangka terinspirasi dari huruf “ITS”, sehingga sepeda ini memiliki ciri khas dan berbeda dari sepeda-sepeda kampus lainnya. Sedangkan sepeda multigender mempunyai bentuk rangka standar sepeda kota. Pada sepeda ITS, profil pipa *oval* dan rangka berbentuk “S”, sehingga jika sepeda ITS hilang lebih mudah untuk ditemukan dan lebih mudah dikenali.



BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan sepeda multigender yang dihasilkan yaitu sepeda ITS dengan ciri khas bentuk rangka menyerupai huruf “ITS”.
2. Rangka sepeda ITS mampu menahan beban 100kg dengan tegangan maksimum terjadi pada *seat stay* sebesar 6,6 Mpa.
3. Dari hasil uji kayuh, sepeda ITS ringan dikayuh, dimana pada kecepatan 22 km/jam rata- rata terbesar detak jantung pengendara yaitu 127 detak/menit dan energi kayuh terbesar yang dikeluarkan oleh pengendara adalah 35 Kcal
4. Hasil dari uji tegangan otot setelah mengayuh sepeda ITS, menunjukkan bahwa sepeda ITS ringan dikayuh, dimana kenaikan tegangan otot terbesar hanya 19,05% dari tegangan otot sebelum mengayuh sepeda.
5. Nilai RULA dari 5 responden dengan range tinggi 157,5 cm sampai 180 cm saat menggunakan sepeda ITS adalah 3. Sehingga sepeda dapat dikatakan ergonomis.



7.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa saran untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

1. *Handlebar post* dibuat agar dapat diubah-ubah posisi tingginya, dimana ini akan berpengaruh pada posisi dari pengendara.
2. Material sepeda ITS menggunakan aluminium agar lebih ringan.
3. Variasi pembebanan saat pengujian diberikan agar hasil lebih baik
4. Pengujian performasi sepeda dilakukan sesuai dengan standar yang ada.



LAMPIRAN A ANALISA RULA SEPEDA MULTIGENDER

- Responden 1. Agus, dengan tinggi badan 180 cm

Tabel A-1 Hasil Pengukuran Responden 1

Bagian Tubuh	Sudut Yang Diperoleh	Nilai Tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 73^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 19$	2
pergelangan tangan	Lengkung $>15^\circ = 23^\circ$	3
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
Skor Total Grup A Menurut Tabel RULA		4
Leher	Lengkung $10 - 20^\circ = 18^\circ$	2
punggung	Lengkung $0 - 20^\circ = 10^\circ$	2
kaki	setimbang	1
Skor Total Grup B Menurut Tabel		2



RULA	
FINAL SCORE	3

- Responden 2. Jemy, dengan tinggi 173 cm

Tabel A-2 Hasil Pengukuran Responden 2

Bagian Tubuh	Sudut Yang Diperoleh	Nilai Tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 65^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 19$	2
pergelangan tangan	Lengkung $>15^\circ = 20^\circ$	3
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
Skor Total Grup A Menurut Tabel RULA		4
Leher	Lengkung $10 - 20^\circ = 11^\circ$	2
punggung	Lengkung $0 - 20^\circ = 17^\circ$	2
kaki	setimbang	1
Skor Total Grup B Menurut Tabel RULA		2



FINAL SCORE	3
--------------------	---

- Responden 3. Gandi, dengan tinggi 165 cm

Tabel A-3 Hasil Pengukuran Responden 3

Bagian Tubuh	Sudut Yang Diperoleh	Nilai Tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 73^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 21$	2
pergelangan tangan	Lengkung $>15^\circ = 24^\circ$	3
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
Skor Total Grup A Menurut Tabel RULA		4
Leher	Lengkung $10 - 20^\circ = 14^\circ$	2
punggung	Lengkung $0 - 20^\circ = 19^\circ$	1
kaki	setimbang	1
skor total grup B menurut tabel RULA		2
FINAL SCORE		3



- Responden 4. Fahmi, dengan tinggi 161,5

Tabel A-4 Hasil Pengukuran Responden 4

Bagian Tubuh	Sudut Yang Diperoleh	Nilai Tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 70^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 19$	2
pergelangan tangan	Lengkung $>15^\circ = 20^\circ$	3
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
Skor Total Grup A Menurut Tabel RULA		4
Leher	Lengkung $10 - 20^\circ = 17^\circ$	2
punggung	Lengkung $20 - 60^\circ = 33^\circ$	3
kaki	setimbang	1
Skor Total Grup B Menurut Tabel RULA		4
FINAL SCORE		4



- Responden 5. Imron, dengan tinggi 157,5

Tabel A-5 Hasil Pengukuran Responden 5

Bagian Tubuh	Sudut Yang Diperoleh	Nilai Tabel RULA
Lengan atas	Lengkung $45 - 90^\circ = 70^\circ$	3
lengan bawah	lengkung $0 - 60^\circ = 19$	2
pergelangan tangan	Lengkung $>15^\circ = 20^\circ$	3
pergelangan tangan memutar	Berada dalam arah tengah dari puntiran	1
Skor Total Grup A Menurut Tabel RULA		4
Leher	Lengkung $10 - 20^\circ = 15^\circ$	2
punggung	Lengkung $20 - 60^\circ = 21^\circ$	3
kaki	setimbang	1
Skor Total Grup B Menurut Tabel RULA		4
FINAL SCORE		4

Berdasarkan uji pengukuran goniometer yang telah dilakukan, diperoleh hasil, yaitu 3 responden mendapat nilai total 3, yaitu responden 1,2 dan 3. Nilai total 3 berarti bahwa desain diterima namun diperlukan investigasi lebih lanjut. Sedangkan untuk responden 4 dan 5 mendapat nilai total 4. Nilai total 4 berarti bahwa diperlukan investigasi desain dan perubahan jenis gerakan atau perlu perbaikan desain.



[halaman ini sengaja dikosongkan]



LAMPIRAN B

PERBANDINGAN RULA SEPEDA ITS DENGAN SEPEDA MULTIGENDER

Dari pengujian resiko cedera dengan metode RULA, didapatkan nilai RULA masing- masing sepeda dengan responden yang memiliki postur yang berbeda. Perbandingan nilai RULA pengendara saat menggunakan sepeda ITS dibandingkan saat menggunakan sepeda multigender dapat dilihat pada tabel 6.13 dibawah ini.

Tabel B-1 Tabel Perbandingan Nilai RULA Sepeda ITS Dengan Sepeda Multigender

No. responden	Nama	Tinggi Badan	Nilai RULA	
			Sepeda ITS	Sepeda Multigender
1	Agus	180 cm	3	3
2	Jemy	173 cm	3	3
3	Imron	157.5	3	4
4	Fahmi	163	3	4
5	Gandi	165	3	3

Dari hasil perbandingan nilai RULA diatas, dapat dilihat bahwa nilai RULA setiap responden dengan tinggi badan mulai dari 157,5 cm hingga tinggi badan 180 cm saat menggunakan sepeda ITS adalah 3. Dimana nilai 3 berarti desain sepeda ITS diterima, namun diperlukan investigasi lebih lanjut agar nilai



RULA bisa lebih kecil lagi. Sedangkan untuk sepeda multigender terdapat 2 responden dengan nilai RULA 4, dimana ini mengandung arti bahwa desain perlu dilakukan investigasi dan mungkin dilakukan perubahan desain agar didapatkan nilai RULA yang lebih kecil.



LAMPIRAN C
PENGUJIAN SEPEDA ITS DAN MULTIGENDER
DENGAN RESPONDEN WANITA

A. Pengujian Tegangan Otot Kaki Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS

Berikut adalah data- data tegangan otot yang diperoleh dari percobaan mengayuh sepeda ITS:

Tabel C-1. Hasil Tegangan Otot Kaki
Kecepatan 10 Km/Jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	39	39	0
2	Irma	43	40	3
3	Mufti	50	48	2

Kecepatan 13 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	52	49	2
2	Irma	45	39	6
3	Mufti	45	40	5



Kecepatan 16 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	45	37	8
2	Irma	48	39	9
3	Mufti	50	32	18

Kecepatan 19 km/jam

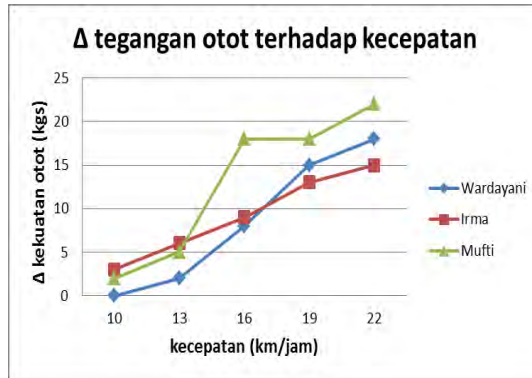
No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	55	40	15
2	Irma	53	40	13
3	Mufti	48	30	18

Kecepatan 22 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	50	32	18
2	Irma	48	33	15
3	Mufti	55	33	22



Dari data yang diperoleh pada tabel diatas, maka dibuat grafik hubungan antara perubahan tegangan otot kaki terhadap variasi kecepatan kayuh sepeda seperti terlihat pada grafik dibawah ini:



Gambar C-1. Grafik hubungan kecepatan dan selisih tegangan otot pengendara wanita sepeda ITS

B. Analisa Hubungan Variasi Kecepatan Terhadap Tegangan Otot

Dari gambar 1 terlihat bahwa tren grafik dari hasil pengujian tegangan otot menunjukkan kenaikan. Grafik tersebut merupakan nilai Δ tegangan otot pengendara terhadap variasi kecepatan kayuh. Dari grafik tersebut diketahui bahwa Δ tegangan otot terkecil yaitu terjadi pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai Δ tegangan otot 0 kg, atau tidak terdapat perbedaan tegangan otot pada pengendara. Sedangkan untuk Δ tegangan otot terbesar terdapat pada kecepatan 22 km/jam dengan nilai Δ tegangan otot 22 kgs. Dari grafik diatas, terlihat tren grafik cenderung naik pada setiap pengendara sepeda. Tren grafik dari masing- masing mengalami peningkatan seiring dengan naiknya kecepatan. Sebagai perbandingan, yaitu pada kecepatan 10 km/jam perubahan tegangan otot hampir tidak terjadi, hal ini disebabkan



kecepatan sepeda cukup rendah. Sedangkan ketika kecepatan dinaikan menjadi 22 km/jam, maka perubahan otot sebelum dan sesudah melakukan percobaan jauh lebih besar. Hal ini disebabkan otot menegang dengan keras, sehingga angka yang diperoleh setelah pengujian jauh lebih kecil jika dibandingkan sebelum pengujian.

C. Pengujian Uji Kayuh Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS

Berikut adalah data- data uji kayuh yang diperoleh dari percobaan mengayuh sepeda ITS:

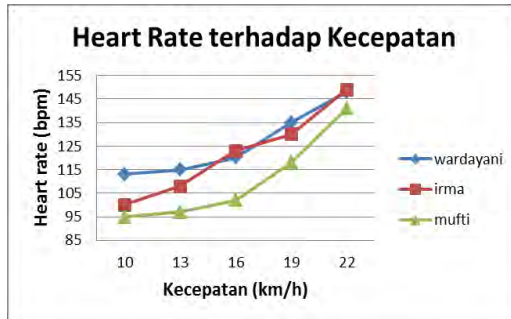
Tabel C-2. Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Sepeda ITS

Kecepatan	Responden	Denyut Nadi Selama Percobaan (Detak/Menit)	Energi Kayuh Dengan Heart Rate (Kcal)
10 km/jam	Wardayani	110	27
	Irma	96	11
	Mufti	90	13
13 km/jam	Wardayani	112	35
	Irma	102	25
	Mufti	93	18
16 km/jam	Wardayani	123	44
	Irma	115	31
	Mufti	106	21
19 km/jam	Wardayani	134	49
	Irma	132	37
	Mufti	124	34
22 km/jam	Wardayani	143	53
	Irma	141	46
	Mufti	133	47

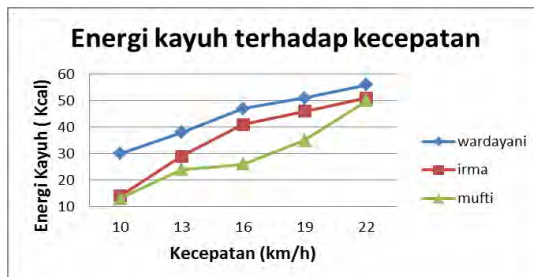
Dari data yang ada pada tabel 2, maka dibuat grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh dan *heart rate* yang dibutuhkan masing- masing responden. Grafik hubungan antara



kecepatan dengan energi kayuh dan *heart rate* terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar C-2. Grafik hubungan *heart rate* terhadap kecepatan pada sepeda ITS



Gambar C-3. Grafik hubungan energi kayuh terhadap kecepatan pada sepeda ITS

Pada gambar diatas merupakan gambar grafik hubungan antara *heart rate* terhadap kecepatan kayuh masing- masing responden. Lalu pada gambar menunjukkan grafik hubungan antara energi kayuh dengan kecepatan kayuh setiap responden.



D. Analisa Hubungan Variasi Kecepatan Dan *Heart Rate*

Berdasarkan gambar 2 diatas terlihat bahwa tren grafik setiap responden mengalami kenaikan. Grafik tersebut menggambarkan bahwa nilai *heart rate* naik seiring dengan kenaikan kecepatan. Dari grafik diketahui bahwa denyut jantung rata- rata terkecil dari sepeda ITS yaitu pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai denyut jantung rata- rata 90 detak/ menit. Sedangkan untuk rata- rata terbesar yaitu pada kecepatan 22 km/jam dengan nilai denyut jantung rata- rata 142 detak/ menit. Secara umum, tren grafik dari masing- masing pengendara mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kecepatan kayuh. Hal ini terjadi karena untuk kecepatan yang cukup rendah yaitu 10 km/jam, jantung memompa dalam keadaan normal dan asupan oksigen juga normal, sehingga detak jantung berdenyut secara normal. Semakin bertambah kecepatan, maka detak jantung semakin meningkat, seperti pada kecepatan 22 km/jam. Semakin cepat maka jantung akan memompa darah lebih cepat, sehingga diperlukan asupan oksigen yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan nilai detak jantung yang terbaca lebih besar untuk kecepatan sepeda yang lebih tinggi dibandingkan kecepatan sepeda yang lebih rendah.

E. Analisa Hubungan Variasi Kecepatan Dengan Energi Kayuh

Berdasarkan gambar 3 diatas terlihat tren grafik menunjukkan kenaikan pada setiap responden. Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai energi kayuh rata- rata naik seiring dengan kenaikan kecepatan. Dari grafik diatas, diketahui bahwa energi kayuh rata- rata terkecil dari sepeda ITS yaitu pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai energi kayuh rata- rata 11 kcal. Sedangkan untuk energi kayuh rata- rata terbesar yaitu pada kecepatan 22 km/jam, dengan nilai energi kayuh rata- rata 53 kcal. Pada grafik di atas terlihat tren grafik cenderung naik pada setiap pengendara sepeda ITS. Hal ini terjadi karena ketika kecepatan dinaikan menjadi lebih tinggi, akan berpengaruh pada tubuh untuk mengeluarkan



energi yang lebih besar dibandingkan dengan kecepatan yang lebih rendah. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa berat badan berpengaruh terhadap energi kayuh yang dikeluarkan, semakin berat badan pengendara, maka semakin besar energi kayuh yang dikeluarkan.

F. Pengujian Tegangan Otot Kaki Pengendara Wanita Dengan Variasi Kecepatan Sepeda Multigender.

Berikut adalah data- data tegangan otot yang diperoleh dari percobaan mengayuh sepeda ITS:

Tabel C-3. Hasil tegangan otot kaki
Kecepatan 10 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	35	33	2
2	Irma	45	40	5
3	Mufti	50	50	0



Kecepatan 13 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	40	38	2
2	Irma	45	35	10
3	Mufti	52	45	7

Kecepatan 16 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	38	33	5
2	Irma	48	38	10
3	Mufti	50	38	12



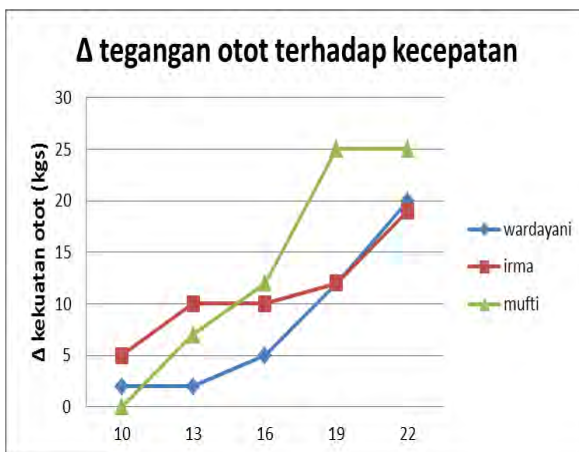
Kecepatan 19 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	44	32	12
2	Irma	50	38	12
3	Mufti	55	30	25

Kecepatan 22 km/jam

No	Nama	Tegangan		
		Sebelum	Sesudah	Selisih Tegangan
1	Wardayani	50	30	20
2	Irma	52	33	19
3	Mufti	50	25	25

Dari data yang diperoleh pada tabel diatas, maka dibuat grafik hubungan antara perubahan tegangan otot kaki terhadap variasi kecepatan kayuh sepeda seperti terlihat pada grafik dibawah ini:



Gambar C-4. Grafik hubungan selisih tegangan otot terhadap variasi kecepatan

G. Analisa Hubungan Variasi Kecepatan Terhadap Tegangan Otot

Dari gambar 4 terlihat bahwa tren grafik dari hasil pengujian tegangan otot menunjukkan kenaikan. Grafik tersebut merupakan nilai Δ tegangan otot pengendara terhadap variasi kecepatan kayuh. Dari grafik tersebut diketahui bahwa Δ tegangan otot terkecil yaitu terjadi pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai Δ tegangan otot 2 kgs, atau tidak terdapat perbedaan tegangan otot pada pengendara. Sedangkan untuk Δ tegangan otot terbesar terdapat pada kecepatan 22 km/jam dengan nilai Δ tegangan otot 25 kgs. Dari grafik diatas, terlihat tren grafik cenderung naik pada setiap pengendara sepeda. Tren grafik dari masing-masing mengalami peningkatan seiring dengan naiknya kecepatan. Sebagai perbandingan, yaitu pada kecepatan 10 km/jam perubahan tegangan otot hampir tidak terjadi, hal ini disebabkan kecepatan sepeda cukup rendah. Sedangkan ketika kecepatan dinaikan menjadi 22 km/jam, maka perubahan otot sebelum dan sesudah melakukan percobaan jauh lebih besar. Hal ini



disebabkan otot menegang dengan keras, sehingga angka yang diperoleh setelah pengujian jauh lebih kecil jika dibandingkan sebelum pengujian.

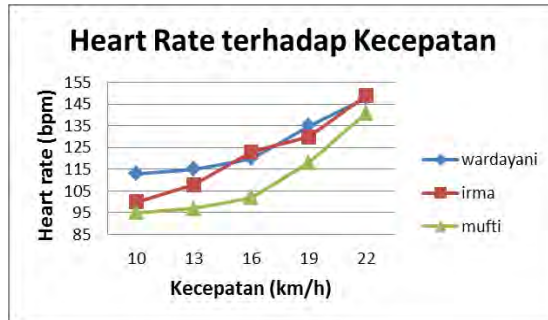
H. Pengujian Uji Kayuh Dengan Variasi Kecepatan Sepeda ITS

Berikut adalah data- data uji kayuh yang diperoleh dari percobaan mengayuh sepeda ITS:

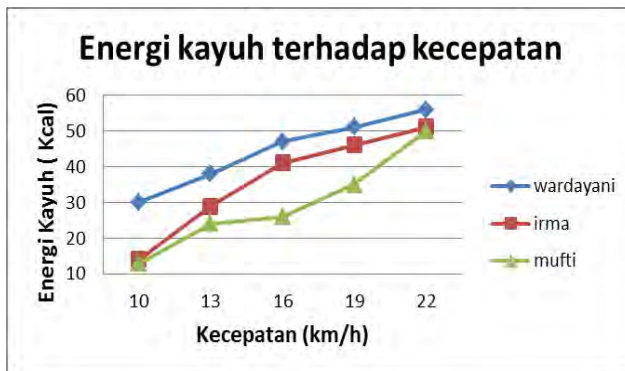
Tabel C-4. Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Multigender

Kecepatan	Responden	Denyut Nadi Selama Percobaan (Detak/Menit)	Energi Kayuh Dengan Heart Rate (Kcal)
10 km/jam	Wardayani	113	30
	Irma	100	14
	Mufti	95	13
13 km/jam	Wardayani	115	38
	Irma	108	29
	Mufti	97	24
16 km/jam	Wardayani	120	47
	Irma	123	41
	Mufti	102	26
19 km/jam	Wardayani	135	51
	Irma	130	46
	Mufti	118	35
22 km/jam	Wardayani	148	56
	Irma	149	51
	Mufti	141	50

Dari data yang ada pada tabel 4, maka dibuat grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh dan *heart rate* yang dibutuhkan masing- masing responden. Grafik hubungan antara kecepatan dengan energi kayuh dan *heart rate* terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar C-5. Grafik hubungan heart rate terhadap kecepatan



Gambar C-6. Grafik hubungan energi kayuh terhadap kecepatan

Pada gambar diatas merupakan gambar grafik hubungan antara *heart rate* terhadap kecepatan kayuh masing- masing responden. Lalu pada gambar menunjukan grafik hubungan antara energi kayuh dengan kecepatan kayuh setiap responden.



DAFTAR PUSTAKA

- Batan, I Made Londen., (2012), *Pengembangan Produk*, Edisi Pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Deutschman, Aaron, (1975), *Machine Design Theory And Practice*, Mac Millan Publishing Co, Inc,
- Hendarto, R., “*Rancang Bangun Sepeda Multigender*”, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2013.
- Rinaldi, E., “*Analisa Tingkat Kenyamanan dan Kekuatan Otot Kaki Pengendara Sepeda Santai*” Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2012.
- Wilhelm Humpert (2012)., “ *Ergotec:The Guideto Cycling Ergonomics*”, Wilhelm Humpert GmbH & Co, Ruhr
- Bikefit.,2012. *How to Fit Road Bicycle*. <[http:// www.bikefit.com/s-13-road-bikes.aspx](http://www.bikefit.com/s-13-road-bikes.aspx) >
- Wikipedia., 2013. *Bicycle*.< <http://en.wikipedia.org/wiki/Bicycle>>
- Polygon. 2013. *City Bike*. <<http://www.polygonbikes.com/id/bikes/urban-bikes/city-bike>>
- Rovo Bike Reviews. 2013. *What Type of Road Bikes Are Available*.<<http://rovobikereviews.com/road-bike-type-categories/> >
- Elfri, S., Des. 2009. *Sakit dan Nyeri kala Bersepeda..* <<http://elfri.wordpress.com/2009/12/23/sakit-dan-nyeri-kala-bersepeda/> >
- Harnany, D., “*Analisa Pengaruh STA Terhadap Energi Kayuh dan Kecepatan Spesifik Bagian Kaki Pengendara Pada 3 Jenis Rangka Sepeda*” Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, 2011.



[halaman ini sengaja dikosongkan]

BIODATA PENULIS



Rudi Andrian lahir di kota Cilegon, 23 September 1991. Putra ketiga dari Ir. Hj. Andi Soko Setiabudi, M.Eng. dan Hj. Indah Sofia Ningsih. Adik dari Tamara Yuanita dan Sonny Satrio Wicaksono. Penulis menyelesaikan masa studi di SD 4 YPWKS Cilegon pada tahun 2000 dilanjutkan ke SMP YPWKS Cilegon lulus pada tahun 2003 dan SMAN 1 Kota Serang pada tahun 2006 dan lulus pada 2009. Selepas tersebut penulis melanjutkan studi di S1 Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan konsentrasi pada bidang studi manufaktur. Penulis mempunyai berbagai hobi diantaranya menggambar, bersepeda dan olahraga futsal. Selama masa studi penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan dan organisasi serta jabatan yang baik diantaranya Anggota Tim Nasional SD 4 YPWKS, Anggota aktif Club Pers DIMENSI pada tahun 2010, Pimpinan Umum Club Pers DIMENSI PADA TAHUN 2013 dan ketua acara Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar. Penulis banyak mendapat amanah untuk menjadi panitia pada banyak event internal jurusan seperti Makrab, Mechom, IMIC dan ME Care. Dengan banyak bekal pendidikan, pengalaman organisasi, keahlian software, hingga keahlian menjalankan sebuah acara, maka penulis mendedikasikan Tugas Akhir dengan judul “Pengembangan Sepeda Multigander Untuk Civitas Akademika ITS” yang dibimbing oleh Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

[Halaman Sengaja Dikосongkan]