



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISA AERODINAMIKA PADA SEPEDA DENGAN FORMASI
BERIRINGAN DENGAN VARIASI KECEPATAN DAN JARAK
ANTAR SEPEDA MENGGUNAKAN CFD FLUENT 6.3**

TUGAS SARJANA

MUHAMMAD IQBAL

L2E 007 062

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

JUNI 2012

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Muhammad Iqbal

NIM : L2E 007 062

Dosen Pembimbing : MSK. Tony Suryo Utomo, PhD.

Jangka Waktu : 8 (Enam) bulan

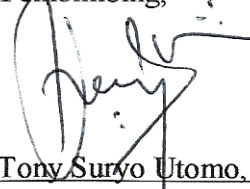
Judul : **Analisa Aerodinamika Pada Sepeda Dengan Formasi Beriringan Dengan Variasi Kecepatan Dan Jarak Antar Sepeda Menggunakan CFD FLUENT 6.3**

Isi Tugas :

1. Mengetahui koefisien tahanan (*drag coefficient*) terbesar dan terkecil yang dialami oleh sepeda dengan variasi jarak dan kecepatan yang ditentukan.
2. Mengetahui posisi sepeda dengan koefisien tahanan (*drag coefficient*) terkecil.
3. Mengetahui jarak antar sepeda dengan koefisien tahanan (*drag coefficient*) terkecil dengan membandingkan koefisien tahanan tiap sepeda pada tiap jarak antar sepeda.
4. Mengetahui besar daya (P) terbesar dan terkecil yang dikeluarkan oleh tiap pengendara sepeda.

Semarang, Juni 2012

Dosen Pembimbing,



MSK. Tony Suryo Utomo, PhD.

NIP. 197104211999031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Muhammad Iqbal

NIM : L2E 007 062

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Iqbal

NIM : L2E 007 062

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Aerodinamika Pada Sepeda Dengan Formasi Beriringan Dengan Variasi Kecepatan Dan Jarak Antar Sepeda Menggunakan CFD FLUENT 6.3

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : MSK. Tony Suryo Utomo, PhD.

Penguji : Dr. Ir. Nazaruddin Sinaga, MS.

Penguji : Dr. Rusnaldy, ST. MT.

Semarang, Juni 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Sulardjaka

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS SARJANA UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MUHAMMAD IQBAL
NIM : L2E 007 062
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISA AERODINAMIKA PADA SEPEDA DENGAN FORMASI BERIRINGAN
DENGAN VARIASI KECEPATAN DAN JARAK ANTAR SEPEDA MENGGUNAKAN
CFD FLUENT 6.3

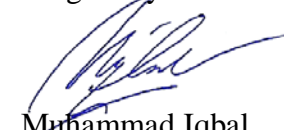
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan



Muhammad Iqbal
NIM. L2E 007 062

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

”Menyia-nyiakan waktu setiap hari adalah pemborosan hidup. Bekerja penuh semangat dan menjadi orang yang berguna adalah membangun kehidupan kita sendiri”

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ☆ Orang tua saya tercinta, Dasril, S.E. dan Evita Thalib yang selalu memberikan doa, nasehat, kasih sayang serta dukungan baik moral maupun material.
- ☆ Kakak dan Adik saya tersayang, Dian Etika Rade dan Etika Wardhani atas dukungannya.

ABSTRAK

Bersepeda secara beriringan merupakan suatu strategi penting dalam balapan sepeda seperti perlombaan *Team Time Trial* dimana didasarkan pada pemanfaatan efek aerodinamika. Dalam hal ini, koefisien tahanan udara diusahakan untuk diminimalkan agar dapat mengurangi daya (*power*) yang dikeluarkan oleh pengendara sepeda sehingga pengendara sepeda tidak cepat lelah. Tugas sarjana ini menganalisis fenomena yang terjadi pada sepeda dengan formasi beriringan yang diakibatkan dengan adanya kecepatan aliran fluida. Metodologi tugas sarjana ini disimulasikan menggunakan sistem computer dengan software CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Simulasi dilakukan oleh lima sepeda yang diposisikan sejajar dengan arah aliran udara dengan variasi kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50 km/jam. Pada tiap kecepatan tersebut, dilakukan juga simulasi terhadap variasi jarak antar sepeda, yaitu $\frac{1}{4}$ diameter roda, $\frac{1}{2}$ diameter roda, 1 diameter roda, dan 2 diameter roda dimana diameter roda adalah 674 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai koefisien tahanan terbesar terjadi pada sepeda pertama (di depan) pada jarak antar sepeda 2 diameter roda pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 0.648, sedangkan koefisien tahanan terkecil terjadi pada sepeda ketiga (di tengah) pada jarak antar sepeda $\frac{1}{4}$ diameter roda pada kecepatan 50 km/jam yaitu sebesar 0.317. Semakin kecil jarak antar sepeda, semakin rendah pula koefisien tahanan (*drag coefficient*) yang terjadi pada sepeda.

Kemudian, perhitungan teoritis dilakukan untuk mencari daya yang dikeluarkan oleh pengendara sepeda. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai daya terbesar terjadi pada pengendara pertama (di depan) pada jarak antar sepeda 2 diameter roda pada kecepatan 50 km/jam yaitu 279.133 watt, sedangkan Daya terkecil terjadi pada pengendara ketiga (di tengah) pada jarak antar sepeda $\frac{1}{4}$ diameter roda pada kecepatan 30 km/jam yaitu 46.456 watt. Semakin besar jarak antar sepeda, semakin besar pula gaya hambat udaranya (*F_d*) dan semakin besar pula daya (*P*) yang dikeluarkan oleh pengendara sepeda.

Kata kunci : Sepeda, koefisien tahanan, kecepatan, jarak antar sepeda, daya, CFD.

ABSTRACT

Cycling in drafting is an important strategy in bike races like Team Time Trial race which are based on the use of aerodynamic effect. In this case, air drag coefficient sought to be minimized in order to reduce the power emitted by the cyclist, so the cyclist do not get tired. The task of scholars to analyze the phenomenon that occurs in bicycle with drafting formation caused by the fluid flow velocity. This undergraduate assignment methodology is simulated using a computer system with software CFD (Computational Fluid Dynamics).

The simulations are performed by five bicycles which are positioned parallel to the direction of airflow with the variation of velocity of 30 km/h, 40 km/h, and 50 km/h. At each of those velocities is also performed a simulation of the variations of the space between the bicycle, those are $\frac{1}{4}$ diameter of wheel, $\frac{1}{2}$ diameter of wheel, 1 diameter of wheel, and 2 diameters of wheel where the diameter of wheel is 674 mm. The simulation results show that the greatest value of drag coefficient is occurred on the first bike (in the front) in the space between bicycle 2 diameter of wheel at velocity of 30 km/h is equal to 0.693, while the smallest drag coefficient is occurred on the third bike (in the middle) in the space between bicycle $\frac{1}{4}$ diameter of wheel at velocity of 50 km/h is equal to 0.331. The smaller the space between bicycle, the lower the drag coefficient will occurred on a bike.

After that, theoretical calculations are performed to find the power produced by cyclists. The calculation results show that the largest value of power is occurred on the first rider (in the front) in the space between bicycle 2 diameter wheel at velocity of 50 km/h is 277.703 watts, while the smallest power is occurred on the third rider (in the middle) in the space between bicycle $\frac{1}{4}$ diameter of wheel at velocity of 30 km/h is 47.814 watts. The higher the space between bicycle, the greater the air drag force (F_d) will occurred and also the greater the power (P) that is produced by the cyclists.

Keywords : Bicycle, drag coefficient, speed, space between bicycle, power, CFD.

KATA PENGANTAR

Rasa Syukur dan terima kasih kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam. Berkat, rahmat dan karunia-Nya, yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan bagi Penulis untuk dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir berjudul “Analisa Aerodinamika Pada Sepeda Dengan Formasi Beriringan Dengan Variasi Kecepatan Dan Jarak Antar Sepeda Menggunakan CFD FLUENT 6.3” yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak MSK. Tony Suryo Utomo, PhD. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Sarjana ini.
2. Saudara Ady Priambodo, Ahmad Sarip H., dan Bawie Cahyo A. N. yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari sempurna, sehingga segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dari penyusun laporan ini sangat kami harapkan. Semoga hasil-hasil yang dituangkan dalam laporan ini bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukan.

Akhirnya Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua. Amin.

Semarang, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS SARJANA UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
NOMENKLATUR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan penulisan	3
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Metodologi penelitian	4
1.5 Sistematika penulisan	4

BAB II	LANDASAN TEORI.....	6
2.1	Klasifikasi Aliran	6
2.1.1.	Aliran <i>Inviscid</i> dan <i>Viscous</i>	8
2.1.2.	Aliran Laminar dan Turbulen.....	8
2.1.3.	Aliran <i>Compressible</i> dan <i>Incompressible</i>	10
2.1.4.	Aliran Internal dan Eksternal	10
2.2	Persamaan Dasar Aliran Fluida.....	11
2.2.1.	Persamaan Kekekalan Massa	12
2.2.2.	Persamaan Kekekalan Momentum	14
2.2.3.	Persamaan Kekekalan Energi.....	16
2.3	Bilangan Reynolds	17
2.4	Gaya – gaya Pada Benda	18
2.4.1.	Gaya Tahanan (<i>Drag</i>) dan Gaya Angkat (<i>Lift</i>)	19
2.4.2.	Jenis - Jenis Tahanan	21
2.5	Fenomena Aerodinamika Pada Sepeda	22
2.5.1.	Koefisien Tahanan Sepeda	24
2.5.2.	Koefisien Tahanan terhadap Bilangan Reynolds untuk Macam-macam Objek	25
2.5.3.	Mengurangi Tahanan Aerodinamika pada Sepeda.....	26
2.5.4.	Bersepeda Dengan Formasi Beriringan (<i>Drafting</i>).....	28
2.5.5.	Menghitung Daya yang Dikeluarkan oleh Pengendara Sepeda ...	31
BAB III	DASAR METODE KOMPUSI FLUENT.....	34
3.1	FLUENT 6.3.26	34
3.2	Skema Numerik.....	36
3.2.1.	Metode Solusi <i>Pressure-Based</i>	36
3.2.2.	Metode Solusi <i>Density-Based</i>	39
3.3	Diskretisasi.....	40
3.3.1.	<i>First-Order Upwind Scheme</i>	42

3.3.2.	<i>Second-Order Upwind Scheme</i>	42
3.3.3.	<i>Power Law Scheme</i>	43
3.3.4.	Bentuk Linearisasi Persamaan Diskrit	44
3.3.5.	<i>Under-Relaxation</i>	45
3.4	Diskritisasi <i>Segregated Solver</i>	45
3.4.1.	Diskritisasi Persamaan Momentum	45
3.4.2.	Skema Interpolasi Tekanan	46
3.4.3.	Diskritisasi Persamaan Kontinuitas	47
3.4.4.	<i>Pressure-Velocity Coupling</i>	48
3.5	Model Turbulen (<i>Turbulence Model</i>).....	50
3.5.1.	Permodelan <i>k-epsilon</i> ($k-\epsilon$).....	51
3.5.2.	Permodelan <i>k-omega</i> ($k-\omega$)	52
3.6	Jenis Grid	54
3.7	Kualitas <i>Mesh</i>	55
3.7.1.	Kerapatan Nodal.....	55
3.7.2.	Kehalusan (<i>Smoothness</i>)	56
3.7.3.	Bentuk Sel	56
BAB IV PEMODELAN BENDA.....		57
4.1	Model Benda	57
4.2	Proses Simulasi	58
4.3	Validasi	61
4.4	Simulasi Aerodinamika Kelima Model Sepeda.....	67
4.4.1.	Model Komputasi	67
4.4.2.	Penggenerasian <i>Mesh</i>	68
4.4.3.	<i>Turbulence Models</i>	69
4.4.4.	Pensifinisian Material	70
4.4.5.	Pendefinisian Kondisi Operasi dan Kondisi Batas	70
4.4.6.	Bilangan Reynolds	71

4.4.7. Proses Iterasi.....	72
4.4.8. Pemeriksaan Konvergensi.....	72
4.4.9. Variasi Simulasi.....	73
BAB V HASIL DAN ANALISA	75
5.1 Hasil Simulasi Variasi Kecepatan.....	75
5.2 Analisa Fenomena Aerodinamika Pada Tiap Sepeda.....	76
5.3 Simulasi Variasi Jarak Antar Sepeda untuk Tiap Kecepatan	81
5.4 Menghitung Daya yang Dikeluarkan oleh Pengendara Sepeda.....	85
5.5 Koefisien Tahanan dan Daya Dua Pengendara Sepeda Dengan Formasi Beriringan	90
BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan.....	96
6.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Suatu kelompok pengendara sepeda melakukan suatu formasi beriringan (<i>drafting</i>).....	1
Gambar 2.1	Perlakuan dari (a) padat dan (b) aliran, berdasarkan gerakan gaya gesernya.....	6
Gambar 2.2	Klasifikasi aliran fluida.	7
Gambar 2.3	(a) Aliran <i>inviscid</i> (b) Aliran <i>viscous</i>	8
Gambar 2.4	Kecepatan fluida terhadap waktu pada satu titik	9
Gambar 2.5	Daerah aliran lapisan-batas di atas plat rata..	9
Gambar 2.6	Beberapa contoh aliran eksternal..	11
Gambar 2.7	Aliran massa masuk dan keluar elemen fluida..	13
Gambar 2.8	Komponen tegangan pada arah x	15
Gambar 2.9	Tekanan dan gaya geser yang bekerja pada objek dua dimensi dan resultan gaya tahanan dan angkat.....	19
Gambar 2.10	Sebuah <i>airfoil</i> yang menghasilkan gaya angkat dan minimum gaya tahanan. Tanda positif berarti tekanan berada di atas tekanan atmosfer, sedangkan tanda negatif berada di bawah tekanan atmosfer.....	20
Gambar 2.11	(a) Tahanan disebabkan oleh tahanan permukaan untuk plat datar parallel terhadap aliran; (b) Tahanan disebabkan oleh tahanan tekanan untuk plat datar normal terhadap aliran; (c) Tahanan disebabkan oleh keduanya untuk silinder normal terhadap aliran.....	22
Gambar 2.12	Aliran di sekitar objek. (a) gaya "normal" (tekanan) dan gaya gesek; (b) aliran yang "melekat" dan "terpisah" di sekitar silinder; (c) perbaikan tekanan dan aliran yang melekat pada permukaan yang <i>streamline</i>	23
Gambar 2.13	Grafik koefisien tahanan terhadap bilangan Reynolds untuk berbagai bentuk objek	26
Gambar 2.14	L/t optimum pada bagian sayap dan <i>strut</i> dan objek streamline 3-D	26

Gambar 2.15	Pengaruh tahanan antara dua objek elips ditempatkan satu di belakang yang lain	28
Gambar 2.16	Koefisien tahanan dari dua silinder bulat, satu berada di belakang yang lain.....	29
Gambar 2.17	Koefisien tahanan dari dua objek streamline, satu di belakang yang lain.	30
Gambar 2.18	Gaya yang bekerja pada pengendara dan sepeda.....	31
Gambar 3.1	Diagram alir prosedur simulasi FLUENT	35
Gambar 3.2	Diagram alir metode solusi <i>Pressure-Based</i> algoritma <i>Segregated</i>	38
Gambar 3.3	Diagram alir metode solusi <i>Pressure-Based</i> algoritma <i>Coupled</i>	39
Gambar 3.4	Diagram alir metode solusi <i>coupled</i>	40
Gambar 3.5	Kontrol volume digunakan sebagai ilustrasi diskretisasi persamaan transport scalar	42
Gambar 3.6	Variasi variabel θ antara $x = 0$ dan $x = L$	44
Gambar 3.7	Jenis-jenis sel	54
Gambar 4.1	Dimensi sepeda yang akan dimodelkan pada <i>Ansys 12</i>	57
Gambar 4.2	Diagram alir 1	58
Gambar 4.3	Diagram alir 2 (lanjutan 1)	59
Gambar 4.4	Diagram alir 3 (lanjutan 2)	60
Gambar 4.5	Pengendara sepeda dengan posisi <i>dropped</i>	61
Gambar 4.6	Diagram alir validasi 1	62
Gambar 4.7	Diagram alir validasi 2 (Lanjutan 1)	63
Gambar 4.8	Dimensi domain <i>wind tunnel</i> setengah bagian untuk <i>single rider</i>	64
Gambar 4.9	Hasil penggenerasian <i>mesh</i> pada sepeda <i>single rider</i>	64
Gambar 4.10	Perbandingan grafik gaya tahanan hasil simulasi dengan eksperimen Harun Chowdhury, dkk untuk posisi pengendara <i>dropped</i>	66
Gambar 4.11	Perbandingan grafik koefisien tahanan hasil simulasi dengan eksperimen Harun Chowdhury, dkk untuk posisi pengendara <i>dropped</i> ...	66
Gambar 4.12	Model sepeda pada <i>Ansys 12</i> yang akan dianalisa.....	67

Gambar 4.13	Dimensi <i>Domain</i> komputasi setengah bagian	68
Gambar 4.14	Hasil penggenerasian <i>mesh</i> pada sepeda	69
Gambar 4.15	Kondisi batas pada domain <i>wind tunnel</i>	70
Gambar 4.16	Variasi kecepatan aliran udara (V_{wind}) dan Jarak antar sepeda (x).....	74
Gambar 5.1	Grafik hubungan koefisien tahanan (Cd) dengan sepeda untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168.5 mm)	76
Gambar 5.2	Perbandingan kontur tekanan statik pada tiap sepeda untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	77
Gambar 5.3	Perbandingan kontur kecepatan pada tiap sepeda untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	77
Gambar 5.4	<i>Path lines</i> partikel fluida pada sepeda 1 untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	78
Gambar 5.5	<i>Path lines</i> partikel fluida pada sepeda 2 untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	79
Gambar 5.6	<i>Path lines</i> partikel fluida pada sepeda 3 untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	79
Gambar 5.7	<i>Path lines</i> partikel fluida pada sepeda 4 untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	80
Gambar 5.8	<i>Path lines</i> partikel fluida pada sepeda 5 untuk jarak $\frac{1}{4}$ diameter roda (168,5 mm) dan kecepatan aliran 30 km/jam	80
Gambar 5.9	Grafik hubungan koefisien tahanan dengan jarak antar sepeda pada kecepatan 30 km/jam.....	83
Gambar 5.10	Grafik hubungan koefisien tahanan dengan jarak antar sepeda pada kecepatan 40 km/jam.....	83
Gambar 5.11	Grafik hubungan koefisien tahanan dengan jarak antar sepeda pada kecepatan 50 km/jam.....	84
Gambar 5.12	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan kecepatan udara pada jarak antar sepeda $\frac{1}{4}$ diameter roda sepeda (168,5 mm)	87

Gambar 5.13	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan kecepatan udara pada jarak antar sepeda $\frac{1}{2}$ diameter roda sepeda (337 mm)	87
Gambar 5.14	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan kecepatan udara pada jarak antar sepeda 1 diameter roda sepeda (674 mm)	88
Gambar 5.15	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan kecepatan udara pada jarak antar sepeda 2 diameter roda sepeda (1348 mm)	88
Gambar 5.16	Grafik hubungan koefisien tahanan dengan jarak antar sepeda untuk 2 pengendara sepeda beriringan pada kecepatan 30 km/jam.....	92
Gambar 5.17	Grafik hubungan koefisien tahanan dengan jarak antar sepeda untuk 2 pengendara sepeda beriringan pada kecepatan 40 km/jam	92
Gambar 5.18	Grafik hubungan koefisien tahanan dengan jarak antar sepeda untuk 2 pengendara sepeda beriringan pada kecepatan 50 km/jam	93
Gambar 5.19	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan jarak antar sepeda untuk 2 pengendara sepeda yang beriringan pada kecepatan 30 km/jam .	94
Gambar 5.20	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan jarak antar sepeda untuk 2 pengendara sepeda yang beriringan pada kecepatan 40 km/jam .	94
Gambar 5.21	Grafik hubungan daya pengendara sepeda dengan jarak antar sepeda untuk 2 pengendara sepeda yang beriringan pada kecepatan 50 km/jam .	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien tahanan sepeda dan data lainnya.....	27
Tabel 2.2	Karakteristik untuk lima jenis sepeda dan pengendara.....	33
Tabel 4.1	Hasil simulasi untuk <i>single rider</i>	65
Tabel 4.2	Pengaturan ukuran <i>mesh</i> pada Ansys 12	68
Table 4.3	Hasil perhitungan Bilangan Reynolds tiap kecepatan	71
Tabel 4.4	Kontrol solusi dalam komputasi dan simulasi.....	72
Tabel 5.1	Koefisien tahanan untuk jarak antar sepeda $\frac{1}{4}$ diameter roda (168.5 mm)....	75
Tabel 5.2	Data koefisien tahanan dan gaya tahanan hasil simulasi	82
Tabel 5.3	Daya yang dikeluarkan oleh tiap pengendara sepeda.....	86
Tabel 5.4	Koefisien tahanan dan daya dua pengendara sepeda dengan formasi beriringan hasil simulasi	90
Tabel 5.5	Koefisien tahanan dan daya dua pengendara sepeda dengan formasi beriringan hasil simulasi (Lanjutan Tabel 5.4)	91

NOMENKLATUR

Symbol	Keterangan
A	Luas frontal sepeda
c	Kecepatan suara
C_D	Koefisien tahanan udara
C_L	Koefisien gaya angkat
C_r	Koefisien <i>rolling resistance</i>
F_D	Gaya tahanan udara
F_L	Gaya angkat
F_{rl}	Gaya oleh <i>rolling resistance</i>
F_{sl}	Gaya oleh <i>slope resistance</i>
g	Percepatan gravitasi
L	Panjang karakteristik geometri
m	Masa total
M	Bilangan <i>Mach</i>
P	Tekanan udara
Re	Bilangan Reynolds
v	Kecepatan aliran udara
V_{avg}	Kecepatan rata-rata
\vec{v}	Vektor kecepatan
ρ	Densitas udara
τ	Tegangan geser
μ	Viskositas udara