



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**SIMULASI ALIRAN UDARA DALAM *RAM-AIR INTAKE* PADA
SEPEDA MOTOR SPORT DENGAN MENGGUNAKAN
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC***

TUGAS SARJANA

RAMA DWI PRAYOGA

L2E 006 074

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

JUNI 2012

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Rama Dwi Prayoga

NIM : L2E 006 074

Pembimbing : Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT

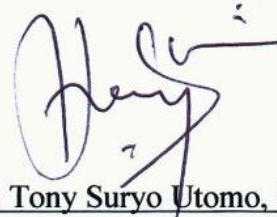
Jangka Waktu : 10 bulan

Judul : Simulasi Aliran Udara Dalam *Ram-Air Intake* Pada Sepeda Motor Sport Dengan Menggunakan *Computational Fluid Dynamic*

Isi Tugas :

1. Mengetahui peningkatan tekanan statis yang dihasilkan *Ram-Air Intake*.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan aliran masuk *terhadap mass flow* yang dihasilkan.
3. Mengetahui penurunan tekanan (Δp) yang terjadi sepanjang saluran *Ram-Air Intake*.

Dosen Pembimbing,



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT

NIP. 19710421199900310003

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 : Rama Dwi Prayoga

NIM : L2E 006 074

Tanda Tangan :



Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Rama Dwi Prayoga
NIM : L2E 006 074
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Simulasi Aliran Udara Dalam *Ram-Air Intake* Pada Sepeda Motor Sport Dengan Menggunakan *Computational Fluid Dynamic*

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 : Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT (

Penguji : Dr. Munadi, ST, MT (

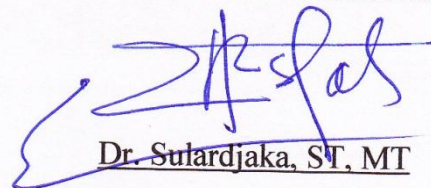
Penguji : Ir. Bambang Yuniyanto, MSc (

Penguji : Ir. Sudargana, MT (



Semarang, Juni 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Rama Dwi Prayoga
NIM : L2E 006 074
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

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 :

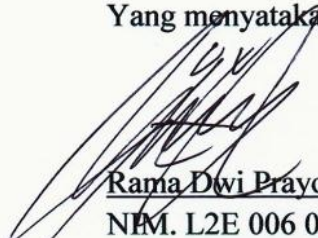
“SIMULASI ALIRAN UDARA DALAM RAM-AIR INTAKE PADA SEPEDA MOTOR SPORT DENGAN MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC”

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


Rama Dwi Prayoga
NIM. L2E 006 074

ABSTRAK

Peningkatan tekanan statik yang dihasilkan *ram-air intake* pada sepeda motor sport diteliti dengan menggunakan computational fluid dynamic (CFD). Desain *ram-air intake* Yamaha YZF-R6 tahun produksi 1999-2002 dan Kawasaki ZX-9 tahun 1992 menjadi rujukan pada pemodelan *ram-air intake* dalam penelitian ini. Metode komputasi yang digunakan yaitu *k-ε realizable* didapat dengan memvalidasi penelitian dari T.S. Cheng dan W.J. Yang mengenai simulasi numerik aliran turbulen berseparasi serta bersirkulasi kembali di dalam sebuah saluran. Dari simulasi yang telah dilakukan terhadap ketiga model *ram-air intake* yang telah didesain yaitu Ram 1, Ram 2, dan Ram 3 diperoleh hasil bahwa peningkatan tekanan statik untuk masing-masing model *ram-air intake* sebesar 1.457,57 Pa, 1.482,42 Pa, dan 1.537,82 Pa untuk aliran kecepatan 44 m/s serta 4.569,49 Pa, 4.575,30 Pa, dan 4.649,09 Pa untuk aliran kecepatan 83 m/s (dimana nilai tekanan terukur pada tekanan *gauge*). Peningkatan tekanan statis menuju ruang bakar memiliki efek positif pada tenaga mesin, baik karena tekanan itu sendiri maupun *mass flow* udara yang lebih besar memberikan suplai bahan bakar yang besar pula. Sehingga sistem pembakaran dalam ruang bakar akan menghasilkan ledakan/gaya dorong lebih besar untuk mendorong piston bergerak ke TMB (titik mati bawah), kemudian memutar poros engkol sepanjang langkah torak yang pada gilirannya daya motor akan meningkat.

Kata Kunci: *Ram-Air Intake*, Tekanan Statik, *Mass flow*, Turbulen, *k-ε realizable*.

ABSTRACT

The result of static pressure improvement by ram-air intake on the sport motorcycle is investigated by using computational fluid dynamic (CFD) approach. Ram-air intake design of Yamaha YZF-R6 1999-2002 model year and Kawasaki ZX9 1992 model year are became to a reference in the modeling of ram-air intake in this study. Computational method is the $k-\epsilon$ realizable obtained by validating the study from T.S. Cheng and W.J. Yang concerning the numerical simulation of separated and reattaching turbulent flows in the duct. The simulation is investigated include the three model of ram-air intake which have designed ie Ram 1, Ram 2, and Ram 3 obtained the result of static improvement for each ram-air intake model are 1,457.57 Pa, 1,482.42 Pa, and 1,537.82 Pa for the velocity flows is 44 m/s and 4,569.49 Pa, 4,575.30 Pa, and 4,649.09 Pa for the velocity flows 83 m/s (where's the measured pressure value is the gauge pressure). The static pressure improvement into the combustion chamber give a positive effect on power engine, either because of the pressure itself and the larger air mass flow. Thus during the compression process will produce high pressure and at the time of igniton or combustion will give large power or force to encourage piston moves to the BC (bottom-center) rotating the crankshaft along the step piston which in turn will increase the power engine.

Key Word: Ram-Air Intake, Static Pressure, Mass flow, Turbulent, $k-\epsilon$ realizable.

MOTTO

Tak ada yang membatasi ketaklingaan alam semesta kecuali pikiran manusia itu sendiri.

Apapun keadaan yang dihadapi, hidup selalu harus diperjuangkan.

Man Jadda Wa Jada (Siapa yang bersungguh-sungguh dalam berusaha, maka ia akan berhasil)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk Bapak dan Ibu serta seluruh Keluarga yang selalu memberikan semangat dan cintanya yang tak ternilai

Terima Kasih atas berbagai dukungan dan doa yang telah di berikan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya, karena hanya dengan izin-Nya lah maka penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Tak lupa sholawat serta salam senantiasa selalu penulis ucapkan kepada Nabi Besar, Nabi akhir jaman, yang diutus untuk seluruh umat manusia, Nabi Muhammad SAW, karena dengan cinta, kasih dan tauladanmu setiap umat manusia yang mengikutimu dapat menuju dalam kebahagiaan abadi.

Pada dasarnya karya ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT selaku dosen pembimbing atas arahan serta bimbingannya kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir ini.
2. Saudara Ahmad Syarif, Fuad, dan Dimas Bimo yang telah memberikan masukan serta menjadi teman diskusi tentang Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini memiliki banyak keterbatasan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kemajuan penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Metode Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Klasifikasi Aliran.....	5
2.1.1 Aliran <i>inviscid</i> dan <i>viscos</i>	6
2.1.2 Aliran laminar dan turbulen.....	7
2.1.3 Aliran kompresibel dan inkompresibel.....	8
2.1.4 Aliran internal dan Eksternal.....	8
2.2 Persamaan Dasar Aliran Fluida.....	8
2.2.1 Persamaan Kekekalan Massa.....	9

2.2.2	Persamaan Kekekalan Momentum.....	11
2.2.3	Persamaan Energi.....	16
2.3	Bilangan Reynolds	21
2.4	Penurunan Tekanan	21
2.5	Aliran Fluida Melalui Belokan/Bend	23
2.6	Aliran Fluida Melalui Saluran Masuk dan Keluar	24
2.7	Aliran Fluida Melalui Pembesaran dan Pengecilan Penampang.....	25
2.8	Intensitas Turbulensi	25
2.9	<i>Ram Air Intake</i>	26
 BAB III COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC ANSYS FLUENT 12.0.....		29
3.1	ANSYS FLUENT	29
3.2	Skema Numerik.....	32
3.2.1	Metode Solusi <i>Pressure Based</i>	32
3.2.2	Metode Solusi <i>Density Based</i>	34
3.3	Diskritisasi (Discretization)	35
3.3.1	<i>First Order Upwind</i>	37
3.3.2	<i>Second Order Upwind</i>	37
3.3.3	<i>Power Law Scheme</i>	38
3.3.4	Bentuk Linearisasi Persamaan Diskrit	40
3.3.5	<i>Under-Relaxation</i>	40
3.4	Model Turbulen (Turbulence Modeling)	40
3.4.1	Pemodelan k-epsilon (k- ϵ)	41
3.4.1.1	<i>Standard</i>	41
3.4.1.2	RNG	41
3.4.1.3	<i>Realizable</i>	42
3.5	Adapsi Grid	42
3.5.1	Proses Adapsi	43
3.5.2	Adapsi y^+ dan y^*	45
3.6	Jenis Grid	45
3.7	Kualitas Mesh	46

3.7.1	Kerapatan Nodal	46
3.7.2	Kehalusan (Smoothness)	47
3.7.3	Bentuk Sel.....	47
BAB IV SIMULASI ANSYS FLUENT 12.0		49
4.1	Model <i>Ram-Air Intake</i>	49
4.2	Proses Simulasi	51
4.3	Simulasi <i>Ram-Air Intake</i>	54
4.3.1	Pembentukan Model dan Kondisi Batas	54
4.3.1.1	Validasi.....	57
4.3.2	Penggenerasian Mesh.....	61
4.3.3	<i>Problem Setup</i> Simulasi <i>Ram-Air Intake</i>	63
4.3.4	<i>Solution Setup</i> Simulasi <i>Ram-Air Intake</i>	66
4.3.5	Proses Iterasi	67
4.3.6	Diskritisasi dan Adapsi	67
BAB V ANALISA HASIL SIMULASI.....		69
5.1	Efek Geometri Saluran Model <i>Ram-Air Intake</i> Terhadap Distribusi Tekanan Statik	71
5.2	Jejak Garis (Pathline) Aliran Sepanjang Saluran <i>Ram-Air Intake</i>	75
5.3	Vektor Kecepatan Aliran Sepanjang Saluran <i>Ram-Air Intake</i>	79
BAB VI PENUTUP.....		82
6.1	Kesimpulan	82
6.2	Saran.....	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perilaku dari fluida dan solid ketika dikenai gaya geser secara konstan	5
Gambar 2.2	Klasifikasi aliran fluida	6
Gambar 2.3	Aliran fluida yang melewati pelat datar, beserta daerah aliran <i>viscous</i> (disamping pelat pada kedua sisi) dan aliran <i>inviscid</i> (jauh dari pelat)	6
Gambar 2.4	Perbedaan pola aliran laminar dan turbulen.....	7
Gambar 2.5	Massa mengalir kedalam dan keluar elemen fluida	10
Gambar 2.6	Komponen tegangan pada tiga bidang elemen fluida	13
Gambar 2.7	Komponen tegangan dalam arah x	14
Gambar 2.8	Komponen vektor <i>flux</i> panas.....	18
Gambar 2.9	Moody diagram	22
Gambar 2.10	Profil kecepatan aliran melalui belokan/ <i>bend</i>	23
Gambar 2.11	Efek <i>swirl</i> yang dihasilkan karena aliran melalui <i>elbow</i> dengan bidang yang berbeda	24
Gambar 2.12	Koefisien hilang untuk aliran yang terus melewati perubahan area secara tiba-tiba	25
Gambar 2.13	<i>Ram-air intake</i> Kawasaki ZX-11	26
Gambar 2.14	Plotting tekanan – kecepatan	27
Gambar 3.1	Prosedur solusi perhitungan dalam ANSYS FLUENT	30
Gambar 3.2	Diagram alir prosedur simulasi ANSYS FLUENT.....	31
Gambar 3.3	Diagram alir metode solusi <i>pressure based</i>	33
Gambar 3.4	Diagram alir metode solusi <i>density based</i>	34
Gambar 3.5	Volume kendali digunakan sebagai ilustrasi diskritisasi persamaan tranport skalar	36
Gambar 3.6	Volume kendali digunakan sebagai ilustrasi dikritisasi persamaan transport skalar pada model sel 2D quadrilateral.....	37
Gambar 3.7	Variasi variabel ϕ antara $x = 0$ dan $x = L$	39

Gambar 3.8	Contoh <i>hanging node</i>	43
Gambar 3.9	Hasil <i>conformal refinement</i>	44
Gambar 3.10	<i>Conformal coarsening</i> dengan menghilangkan titik dan menyegitigakan kembali	44
Gambar 3.11	Hasil meshing menggunakan adaptasi y^+	45
Gambar 3.12	Tipe sel 2 D	46
Gambar 3.13	Tipe sel 3D	46
Gambar 4.1	(a) Bentuk <i>ram-air intake</i> Yamaha YZF-R6 1999-2002 [10], (b) Desain <i>ram-air intake 1</i> yang telah disertai dengan <i>air box</i> menggunakan <i>software</i> GAMBIT 2.3.16	49
Gambar 4.2	(a) Bentuk <i>ram-air intake</i> Kawasaki ZX-11 1992 [1], (b) Desain <i>ram-air intake 2</i> setelah mengadaptasi bentuk <i>ram-air</i> dari Kawasaki ZX-11 pada desain <i>ram-air</i> yang pertama	50
Gambar 4.3	Desain <i>ram-air intake 3</i> yang menggunakan damper atau pengarah aliran udara	51
Gambar 4.4	Diagram Alir <i>Preprocessing</i>	52
Gambar 4.5	Diagram Alir <i>Solving</i>	53
Gambar 4.5	Diagram Alir <i>Solving</i> (lanjutan).....	54
Gambar 4.6	Dimensi dari <i>ram-air intake</i> pada simulasi tugas akhir ini.....	55
Gambar 4.7	Skema saluran tangga langkah-mundur (<i>backward-facing step</i>)	57
Gambar 4.8	Penggunaan <i>grid</i> untuk perhitungan saluran tangga langkah-mundur (<i>backward-facing step</i>): (a) tampak 3D, (b) tampak samping, dan (c) tampak atas	58
Gambar 4.9	Panel kondisi batas <i>Velocity Inlet</i>	59
Gambar 4.10	Panel kondisi batas <i>Pressure Outlet</i>	60
Gambar 4.11	Perbandingan nilai distribusi koefisien tekanan statik dinding antara hasil dari: (a) penelitian T.S. Cheng dan W.J. Yang [11], (b) validasi.. ..	61
Gambar 4.12	Penggenerasian mesh pada Ram 1	62
Gambar 4.13	Penggenerasian mesh pada Ram 2	62
Gambar 4.14	Penggenerasian mesh pada Ram 3	63

Gambar 4.15	Panel pendefinisian material.....	67
Gambar 4.16	Panel pendefinisian kondisi batas <i>velocity inlet</i> dan <i>pressure outlet</i>	68
Gambar 5.1	Kontur distribusi tekanan statik tampak samping model Ram 1 untuk kecepatan 44 m/s.....	71
Gambar 5.2	Kontur distribusi tekanan statik tampak samping model Ram 2 untuk kecepatan 44 m/s.....	71
Gambar 5.3	Kontur distribusi tekanan statik tampak samping mode Ram 3 untuk kecepatan 44 m/s.....	72
Gambar 5.4	Kontur distribusi tekanan statik tampak samping model Ram 1 untuk kecepatan 83 m/s.....	73
Gambar 5.5	Kontur distribusi tekanan statik tampak samping model Ram 2 untuk kecepatan 83 m/s.....	73
Gambar 5.6	Kontur distribusi tekanan statik tampak samping model Ram 3 untuk kecepatan 83 m/s.....	74
Gambar 5.7	Bentuk jejak garis (pathline) aliran pada model Ram 1 untuk kecepatan 44 m/s.....	76
Gambar 5.8	Bentuk jejak garis (pathline) aliran pada model Ram 2 untuk kecepatan 44 m/s.....	76
Gambar 5.9	Bentuk jejak garis (pathline) aliran pada model Ram 3 untuk kecepatan 44 m/s.....	77
Gambar 5.10	Bentuk jejak garis (pathline) aliran pada model Ram 1 untuk kecepatan 83 m/s.....	78
Gambar 5.11	Bentuk jejak garis (pathline) aliran pada model Ram 2 untuk kecepatan 83 m/s.....	78
Gambar 5.12	Bentuk jejak garis (pathline) aliran pada model Ram 3 untuk kecepatan 83 m/s.....	79
Gambar 5.13	Vektor kecepatan pada Ram 3 untuk kecepatan 44 m/s.....	80
Gambar 5.14	Vektor kecepatan pada Ram 3 untuk kecepatan 83 m/s.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien hilang minor untuk saluran masuk pipa	24
Tabel 5.1	Data hasil simulasi masing-masing desain ram-air untuk kecepatan 44 m/s	69
Tabel 5.2	Data hasil simulasi masing-masing desain ram-air untuk kecepatan 83 m/s	70

NOMENKLATUR

A	luas permukaan
AFR	rasio perbandingan bahan bakar terhadap udara
AR	aspek rasio
c	kecepatan suara
D	diameter penampang
Dh	diameter hidrolis
g	percepatan gravitasi
I, TI	intensitas turbulen
L	panjang karakteristik
Le	panjang <i>entrance</i>
k	energi kinetik turbulen
M	bilangan Mach
p	tekanan statik
p _t	tekanan total atau <i>stagnation pressure</i>
u'	derajat fluktuatif kecepatan
u _{avg}	kecepatan rata-rata
Re	bilangan Reynolds
V, u, U _o	kecepatan aliran
Δp	penurunan kecepatan
μ	viskositas fluida
τ	tegangan geser
ρ	densitas atau massa jenis
ε	<i>dissipation rate of turbulent kinetic energy</i>