



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PERFORMA MESIN DIESEL DENGAN SISTEM *VENTURI*  
*SCRUBBER - EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)***

**TUGAS AKHIR**

**HARNATAL SIMANJUNTAK**

**L2E 308 016**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
SEMARANG**

**2011**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Harnatal Simanjuntak  
NIM : L2E 308 016

Dosen Pembimbing: Dr. Syaiful ST, MT

Jangka Waktu : 10 (Sepuluh) bulan

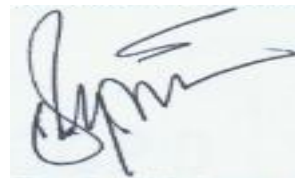
Judul : **PERFORMA MESIN DIESEL DENGAN SISTEM VENTURI  
SCRUBBER-EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)**

Isi Tugas : Menganalisa peforma mesin diesel setelah menggunakan *Venturi  
Scrubber-EGR (Exhaust Gas Recirculation)*

1. Menentukan daya (P)
2. Menentukan tekanan efektif rata-rata (BMEP)
3. Menentukan perbandingan bahan bakar udara ( $\Phi$ )
4. Menentukan konsumsi bahan bakar (Q)
5. Menentukan efisiensi bahan bakar ( $\eta_f$ )
6. Menentukan efisiensi volumetrik ( $\eta_v$ )

Semarang, Juni 2011

Dosen Pembimbing



Dr. Syaiful ST, MT  
NIP. 197403081999031005

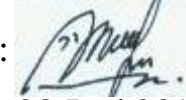
## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Harnatal Simanjuntak

NIM : L2E 308 016

Tanda Tangan :



Tanggal : 28 Juni 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Harnatal Simanjuntak  
NIM : L2E 308 016  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Performa Mesin Diesel dengan Sistem *Venturi Scrubber-EGR*  
(*Exhaust Gas Recirculation*)

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

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Syaiful, ST, MT

Penguji : Ir. Bambang Yuniyanto, MSc

Penguji : Dr. Jamari, ST, MT

Penguji : Dr. Ir. Toni Prahasto



(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Semarang, Juni 2011



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Dipl.Ing. Ir. Berkah Fadjar TK  
NIP. 195907221987031003

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

---

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

Nama : Harnatal Simanjuntak  
NIM : L2E 308 016  
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 :

**“Performa Mesin Diesel dengan Sistem *Venturi Scrubber-EGR (Exhaust Gas Recirculation)*”**

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 Bp. Syaiful, ST, MT, PhD sebagai pencipta dan pemilik Hak Cipta serta nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 28 Juni 2011

Yang menyatakan



( Harnatal Simanjuntak )

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*“Imanku hanya untuk-MU so hidup dan matiku, aku serahkan hanya dalam kuasa tangan-MU”*

*“Sebaik apapun orang lain terhadapku, tetap orang tuaku tercinta yang nomer satu”*

*“Hidup bukan untuk masa lalu tapi untuk masa kini dan masa yang akan datang”*

*Puji syukur saya panjatkan pada Tuhan Yesus Kristus  
Secara khusus kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada :  
Ibu dan Bapak tercinta atas do'a, dukungan dan keringatnya  
Kakak, adik dan kekasihku tercinta*

## ABSTRAK

Mesin diesel dikenal sebagai jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi. Penggunaan *EGR* pada mesin diesel digunakan untuk meningkatkan performa, menurunkan konsumsi bahan bakar. hal ini berarti berkurangnya penggunaan minyak bumi. *EGR* merupakan sirkulasi sebagian gas buang kembali masuk ke dalam silinder mesin. pada penelitian ini, gas buang yang disirkulasikan dan didinginkan dengan menggunakan *venturi scrubber* yang disebut dengan *cold EGR*. Dalam hal ini, gas buang sebelum masuk kembali ke ruang bakar, temperaturnya diturunkan menjadi temperatur  $37^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$ . Pengujian ini dilakukan dengan beberapa variasi, yaitu variasi beban, rpm, % *EGR* dan temperatur. Dengan melakukan pengujian tersebut nantinya didapatkan performa mesin diesel dengan menggunakan *cold EGR*. Untuk daya, BMEP, dan  $\phi$  tidak terlihat adanya peningkatan dan penurunan yang signifikan dengan adanya *cold EGR*. Yang mempengaruhi nilai tersebut adalah peningkatan beban dan peningkatan rpm. Dengan menggunakan *cold EGR*, nilai konsumsi bahan bakar turun, efisiensi bahan bakar meningkat, dan efisiensi volumetrik turun dibandingkan tanpa menggunakan *cold EGR*.

Kata kunci : Performa mesin diesel, Sistem *venturi scrubber-EGR*, *Cold EGR*

## ABSTRACT

*Diesel engine is the main movement system that used for transportation system and stationer movement. Diesel engine know as a type of motor fuel that high efficiency. The use of EGR in diesel engine used to improve performance, reduce fuel cosumption. This means reduced use of petroleum. EGR is exhaust gas re-circulation partial into the engine cylinder. In this experiment, circulated flue gas is cooled by using venturi scrubber as cold EGR. In this case,the fuel gas before re-entering the combustion chamber, its temperature is reduced temperatures ranging from 37 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C. The experiment is down with some variation,are variation of the load, rpm, % EGR and temperature. By testing the performance of diesel will be obtained by using cold EGR. For Power (P), BMEP (kPa), and  $\phi$  are not seen an increase and a significant reduction in the presence of cold EGR. Which affect the value of these are the increased load and increased rpm. By using cold EGR, fuel consumption value is down, fuel efficiency is increase and decrease the volumetric efficiency would be decrease if compared with not cold EGR.*

*Key word: recirculation, cold EGR, engine performance.*



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **“PERFORMA MESIN DIESEL DENGAN SISTEM *VENTURI SCRUBBER-EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)*”**. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan, bantuan, serta dukungan kepada :

1. Dr. Syaiful ST, MT, selaku Dosen Pembimbing
2. Subroto, Amd, selaku teknisi Laboratorium Thermofluid Teknik Mesin Undip yang telah banyak membantu.
3. Kedua orang tua tercinta, kakak, adik dan kekasih tersayang atas doa, perhatian serta dorongannya selama ini.
4. Saudara Ateng Arvian “Yudhi” yang sudi menemani saya hingga larut pagi dalam mengolah data
5. Teman-teman satu perjuangan Tugas Sarjana EGR dan Teman-teman ekstensi D3’08.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari banyak kekurangan. Oleh karena itu segala kritik yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati untuk kemajuan bersama. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membutuhkan data maupun referensi yang ada dalam laporan ini.

Terima kasih.

Semarang, Juni 2011

Penulis

## DAFTAR SIMBOL

$A$	area, m <sup>2</sup>
$b$	jarak lengan torsi, m
$b_{mep}$	tekanan efektif rata-rata, kPa
$Q$	konsumsi bahan, ml/s
B&L	Diameter langkah, mm
$D$	diameter, m
$F$	gaya, N
$\dot{m}$	laju aliran massa, kg/s
$n_R$	jumlah putaran engkol untuk setiap langkah kerja
$N$	putaran mesin, rpm
$P$	daya, Kw
$P$	tekanan, Pa
$P_1-P_2$	beda tekanan pada orifice meter
$T$	temperatur, K
$T$	torsi, Nm
$t$	waktu, s
$V$	volume, ml
$V$	gas <i>velocity</i> , m/s
$V_d$	Volume silinder, dm <sup>3</sup>
$Q_{HV}$	harga panas dari bahan bakar, kj/kg
$\beta$	$D_2/D_1$
$\rho$	densitas, kg/m <sup>3</sup>
$\phi$	FAR relatif
$\eta_f$	efisiensi dari kerja mesin
$\eta_v$	efisiensi volumetrik

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>TUGAS SARJANA</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTARTABEL</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	5
2.1 Mesin Diesel.....	5
2.1.1 Siklus Diesel (Diesel Tekanan Tetap).....	6
2.1.2 Siklus Aktual Motor Diesel.....	8
2.1.3 Bahan Bakar Diesel.....	9

2.2	Teori Pembakaran .....	12
2.2.1	Jenis Pembakaran.....	14
2.3	Parameter Prestasi Mesin .....	15
2.3.1	Torsi dan Daya Pengereman .....	15
2.3.2	Tekanan Efektif Rata-Rata .....	17
2.3.3	Perbandingan Udara Bahan Bakar (FAR) .....	18
2.3.4	Konsumsi Bahan Bakar (Q) .....	19
2.3.5	Efisiensi Bahan Bakar ( $\eta_f$ ) .....	19
2.3.6	Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ ) .....	20
2.4	Exhaust Gas Recirculating (EGR).....	21
2.4.1	Klasifikasi EGR.....	23
2.5	Jenis-jenis <i>Venturi Scrubber</i> .....	23
2.6	<i>Orifice Plate Flowmeter</i> .....	24

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....** 28

3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	28
3.2	Deskripsi Alat-Alat Uji .....	29
3.2.1	Mesin Uji.....	30
3.2.2	Alat Uji Gas Buang .....	32
3.2.3	<i>Smoke Analysis Chamber</i> .....	33
3.2.4	Buret.....	34
3.2.5	<i>Stopwatch</i> .....	35
3.2.6	<i>Thermokopel</i> .....	35
3.2.7	Dinamometer .....	36
3.2.8	<i>Proximity Sensor</i> .....	38
3.2.9	<i>Thermostat</i> .....	39
3.2.10	<i>Orifice Plat Flowmeter</i> .....	39
3.2.11	<i>Heater</i> .....	40
3.2.12	<i>Venturi Scrubber</i> .....	41

3.3	Kalibrasi Alat Uji .....	42
3.4	Prosedur Pengujian.....	45
3.4.1	Persiapan Pengujian .....	45
3.4.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar .....	46
3.5	Variabel dan Langkah Pengujian .....	46
3.6	Parameter Pengujian.....	47
3.6.1	Langkah Pengujian.....	47
3.7	Metode Perhitungan .....	51
3.7.1	Perhitungan Daya .....	51
3.7.2	Konsumsi Bahan Bakar .....	52
3.7.3	Kecepatan Udara .....	52
3.7.3.1	.....	Konsu
3.7.3.1	msi Udara .....	52
3.7.4	Perhitungan FAR.....	53
3.7.5	Efisiensi Bahan Bakar .....	53
3.7.6	Efisisensi Volumetrik .....	53
<b>BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN .....</b>		<b>54</b>
4.1	Data Hasil Pengujian.....	54
4.1.1	Data Hasil Pengujian Daya (P).....	54
4.1.2	Data Hasil Pengujian BMEP .....	57
4.1.3	Data Hasil Pengujian $\phi$ .....	61
4.1.4	Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (Q) .....	66
4.1.5	Data Hasil Pengujian $\eta_f$ .....	68
4.1.6	Data Hasil Pengujian $\eta_v$ .....	72
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>76</b>
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	79

DAFTAR PUSTAKA .....	80
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Siklus diesel diagram P-V.....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Siklus motor disel 4 langka.....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Siklus aktual motor disel 4 langkah.....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Proses pembakaran mesin disel.....	12
<b>Gambar 2.5</b>	Skema sistem penyaluran bahan bakar sampai menjadi gas buang .....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Prinsip kerja dinamometer.....	17
<b>Gambar 2.7</b>	Jenis <i>venturi scrubber</i> .....	23
<b>Gambar 2.8</b>	Kecepatan dan profil pada orifice plate flowmeter .....	25
<b>Gambar 2.9</b>	Berbagai tipe tapping pada orifice plate flowmeter .....	27
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram alir metodologi penelitian.....	28
<b>Gambar 3.2</b>	Deskripsi alat-alat uji.....	29
<b>Gambar 3.3</b>	Mesin uji .....	30
<b>Gambar 3.4</b>	Alat uji gas buang.....	32
<b>Gambar 3.5</b>	<i>Smoke analysis chamber</i> .....	33
<b>Gambar 3.6</b>	Buret .....	34
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Stopwatch</i> .....	35
<b>Gambar 3.8</b>	Termokopel tipe K.....	35
<b>Gambar 3.9</b>	Dinamometer .....	36
<b>Gambar 3.10</b>	<i>Display load</i> .....	37
<b>Gambar 3.11</b>	<i>Proximity sensor</i> .....	38
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Display proximity sensor</i> .....	38
<b>Gambar 3.13</b>	<i>Thermostat autonic</i> .....	39
<b>Gambar 3.14</b>	<i>Orifice plate</i>	
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Heater</i> .....	40
<b>Gambar 3.15</b>	Dimensi <i>venturi scrubber</i> .....	41

<b>Gambar 4.1</b>	Grafik hubungan daya (P) dan variasi % EGR pada variasi beban 25% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ .....	54
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik hubungan daya (P) dan variasi % EGR pada variasi beban 50% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ ..	55
<b>Gambar 4.3.</b>	Grafik hubungan daya (P) dan variasi % EGR pada variasi beban 75% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ ..	55
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik hubungan daya (P) dan variasi % EGR pada variasi beban 100% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ .....	56
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik hubungan antara daya (P) dan % <i>load</i> untuk variasi % EGR dengan (N) 2500rpm $T_3$ dan temperatur $T_3$ 60 °C.....	56
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik hubungan BMEP (kPa) dan variasi % EGR pada variasi beban 25% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ .....	58
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik hubungan BMEP (kPa) dan variasi % EGR pada variasi beban 50% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ .....	59
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik hubungan BMEP (kPa) dan variasi % EGR pada variasi beban 75% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ .....	59
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik hubungan BMEP (kPa) dan variasi % EGR pada variasi beban 100% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$ .....	59
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik hubungan antara BMEP (kPa) dan % <i>load</i> untuk variasi % EGR dengan (N) 2500rpm dan temperatur $T_3$ 60 °C.....	60



<b>Gambar 4.11</b>	Grafik hubungan $\phi$ dan % EGR pada beban 25% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$	61
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik hubungan $\phi$ dan % EGR pada beban 50% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$	62
<b>Gambar 4.13</b>	Grafik hubungan $\phi$ dan % EGR pada beban 75% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$	62
<b>Gambar 4.14</b>	Grafik hubungan $\phi$ dan % EGR pada beban 100% dengan variasi (N) rpm dan variasi temperatur $T_3$	63
<b>Gambar 4.15</b>	Grafik hubungan antara $\phi$ dan % <i>load</i> untuk variasi % EGR dengan (N) 2500rpm dan temperatur $T_3$ 60 °C	64
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar dan N pada variasi beban 25%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$	66
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar dan N pada variasi beban 50%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$	66
<b>Gambar 4.18</b>	Grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar dan N pada Variasi beban 75 %, % EGR dan Variasi Temperatur $T_3$	67
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik Hubungan antara Konsumsi Bahan Bakar dan N pada variasi beban 100%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$	67
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar dan % <i>load</i> untuk variasi % EGR dengan (N) 2500 rpm dan temperatur $T_3$ 60 °C	68
<b>Gambar 4.21</b>	Grafik hubungan antara $\eta_f$ dan N (rpm) untuk beban 25%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$	69
<b>Gambar 4.22</b>	Grafik hubungan antara $\eta_f$ dan N (rpm) untuk beban 50%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$	69
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik hubungan antara $\eta_f$ dan N (rpm) untuk beban 75%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$	70

<b>Gambar 4.24</b> Grafik hubungan antara $\eta_f$ dan N (rpm) untuk beban 100%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$ .....	70
<b>Gambar 4.25</b> Grafik hubungan antara $\eta_f$ dan <i>load</i> untuk variasi % EGR, dengan (N) 2500 rpm dan temperatur $T_3$ 60 °C.....	71
<b>Gambar 4.26</b> Grafik hubungan antara $\eta_v$ dan N pada variasi beban 25%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$ .....	72
<b>Gambar 4.27</b> Grafik hubungan antara $\eta_v$ dan N pada variasi beban 50%, % EGR dan variasi temperatur $T_3$ .....	73
<b>Gambar 4.28</b> Grafik hubungan antara $\eta_v$ dan N pada variasi beban 75% % EGR dan variasi temperatur $T_3$ .....	73
<b>Gambar 4.29</b> Grafik hubungan antara $\eta_v$ dan N pada variasi beban 100% % EGR dan variasi temperatur $T_3$ .....	74
<b>Gambar 4.30</b> Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan % <i>load</i> untuk varias % EGR dengan (N) 2500 rpm dan temperatur $T_3$ 60 °C .....	75

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Minyak Solar Sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas 3675K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 .....	11
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi mesin diesel.....	31
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi alat uji gas buang .....	32
<b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi <i>smoke analysis chamber</i> .....	33
<b>Tabel 3.4</b> Spesifikasi termokopel .....	35
<b>Tabel 3.5</b> Spesifikasi dinamometer.....	36
<b>Tabel 3.6</b> Kalibrasi anemometer digital.....	43
<b>Tabel 3.7</b> Kalibrasi <i>orifice</i> meter.....	43
<b>Tabel 3.8</b> Kalibrasi termokopel.....	44
<b>Tabel 3.9</b> Kalibrasi dinamometer.....	44
<b>Tabel 5.1</b> Hasil perhitungan daya (P).....	76
<b>Tabel 5.2</b> Hasil perhitungan tekanan efektif rata-rata (BMEP).....	77
<b>Tabel 5.3</b> Hasil perhitungan FAR ( $\phi$ ) .....	77
<b>Tabel 5.4</b> Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar (Q).....	78
<b>Tabel 5.5</b> Hasil perhitungan efisiensi bahan bakar ( $\eta_f$ ).....	78
<b>Tabel 5.6</b> Hasil perhitungan efisiensi volumetric ( $\eta_v$ ).....	79