

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Pengambilan data uji emisi gas buang dilakukan dengan variasi massa alir udara dengan tekanan pada *Manometer* sebesar 30 mmH₂O - 100 mmH₂O melewati *orifice* dan debit alir bahan bakar konstan 8 liter/menit (tabel 4.1 dan tabel 4.2). Data yang diperoleh selama pengujian emisi gas buang pada alat uji adalah sebagai berikut:

Jenis Pengujian	: Pengujian Emisi Gas Buang
Temperatur Ruang	: 27 °C
Tekanan Udara Atmosfer	: 1 atm
ρ CNG	: 0.6604 kg/m ³
ρ Bensin	: 0.742 kg/m ³
ρ Udara	: 1.1760 kg/m ³
<i>Orifice</i>	: diameter <i>Obstruction</i> (d) = 6 mm diameter pipa (D) = 22 mm

Tabel 4.1 Data rata-rata kandungan emisi gas buang bahan bakar CNG

No.	Tekanan mmH ₂ O	Emisi Gas Buang					Putaran Rpm
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	Excess Air	
1	30	2,683	4,723	290	7,893	1,369	3433,333
2	35	2,259	4,607	206,333	8,637	1,456	3600
3	40	1,599	4,753	139,333	9,033	1,582	4533,333
4	45	1,552	5,653	87,333	7,597	1,426	5066,667
5	50	0,994	5,853	77,333	7,93	1,51	5633,333
6	55	0,097	5,907	48	8,833	1,756	6166,667
7	60	0,088	5,493	55,667	9,823	1,865	6566,667
8	65	0,086	5,427	55,667	9,897	1,883	6983,333
9	70	0,101	5,15	26,667	10,443	1,984	7250
10	75	0,086	4,963	35,333	10,613	2,033	7200
11	80	0,089	4,957	36	10,693	2,040	7033,333

No.	Tekanan		Emisi Gas Buang				Putaran Rpm
	mmH ₂ O	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	Excess Air	
12	85	0,094	4,8	47	11,120	2,125	6650
13	90	0,089	4,573	61	11,517	2,213	6500
14	95	0,09	4,483	74	11,587	2,243	6433,333
15	100	0,379	4,333	108	11,69	2,289	6333,333

Tabel 4.2 Data rata-rata kandungan emisi gas buang bahan bakar bensin

No.	Tekanan		Emisi Gas Buang				Putaran Rpm
	mmH ₂ O	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	Excess Air	
1	30	0,31	8,363	97,667	7,93	1,602	4400
2	35	0,292	8,643	94,333	7,62	1,6	4800
3	40	0,295	8,553	86,333	7,88	1,595	5200
4	45	0,302	9,463	76,667	6,86	1,507	5400
5	50	0,293	8,670	74,333	7,323	1,521	5600
6	55	0,262	8,717	80,667	7,65	1,564	5800
7	60	0,283	9,083	78	7,21	1,535	6100
8	65	0,326	9,093	83	7,243	1,501	6400
9	70	0,326	8,757	81,667	7,903	1,501	6500
10	75	0,308	8,613	79,333	7,543	1,559	6800
11	80	0,296	8,587	78,667	8,523	1,559	7000
12	85	0,298	8,613	83,667	8,763	1,71	7200
13	90	0,321	8,493	76,333	7,93	1,578	7400
14	95	0,36	8,353	60	8,2	1,621	7700
15	100	0,37	7,7	54,333	8,617	1,652	7900

4.1.2 Pengolahan Data

Dari data-data yang telah diperoleh dapat dilakukan pengolahan data. Yaitu yang pertama adalah menghitung koreksi *flowmeter* dan *manometer* dari tabel 4.1 dan tabel 4.2. Yang kedua adalah mengkonversikan debit bahan bakar menjadi massa alir bahan bakar dengan menggunakan persamaan 2-5, Kemudian menghitung nilai debit udara masuk dari beda tekanan yang terbaca oleh *orifice* dan kemudian dikonversikan ke massa alir. Kemudian melakukan perhitungan *Air Fuel Ratio* setelah itu dilanjutkan melakukan perhitungan *Equivalent Ratio*.

Berikut adalah contoh perhitungan:

1. Perhitungan massa alir bahan bakar

- Teoritis

Debit alir bahan bakar sebesar 8 liter/ menit,

$$\dot{V} = 8 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} \times \frac{10^{-3} \text{m}^3}{\text{liter}} \times \frac{\text{menit}}{60 \text{s}} = 1,333 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

Massa Alir bahan bakar CNG,

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = 1,333 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s} \times 0,6604 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8,8053 \times 10^{-5} \text{kg}/\text{s}$$

$$\dot{m} = 88,053 \text{ mg}/\text{s}$$

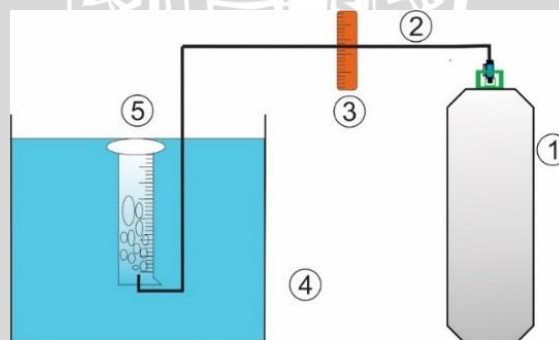
Massa Alir bahan bakar Bensin,

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = 1,333 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s} \times 0,742 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 9,89086 \times 10^{-5} \text{kg}/\text{s}$$

$$\dot{m} = 98,908 \text{ mg}/\text{s}$$

- Nilai Koreksi

Kalibrasi *flowmeter* yang dilakukan dengan cara memasukkan hingga tenggelam gelas ukur 1 liter dalam posisi terbalik ke dalam aquarium kaca, kemudian tabung CNG dihubungkan selang dengan *flowmeter* yang dihubungkan lagi dengan selang yang masuk ke dalam dari bawah gelas ukur. Mencatat banyaknya air yang keluar ke aquarium karena tekanan/gelembung udara sebanyak 1 liter dalam beberapa menit. Adapun skemanya sebagai berikut:



Gambar 4.1 Gambar skema kalibrasi *flowmeter*

Keterangan:

1. Tabung CNG
2. Selang Pneumatik
3. *Flowmeter*

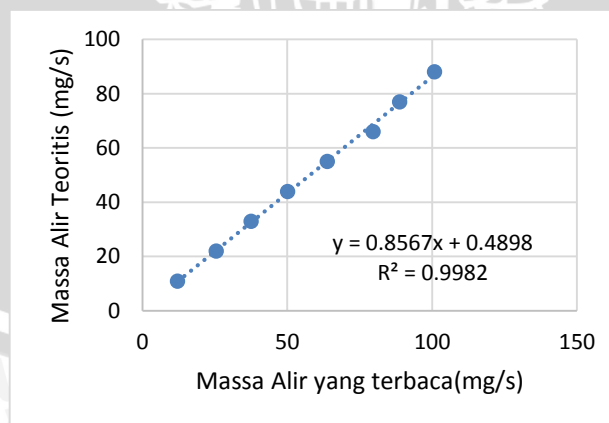
4. Aquarium Berisi Air
5. Gelas Ukur

Untuk mengetahui koreksi pengukuran maka dilakukan beberapa kali pengukuran dan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data massa alir CNG terbaca sebagai koreksi massa alir CNG teoritis

	Debit (liter/menit)		Debit (mg/s)	
	Teoritis	Terbaca	Teoritis	Terbaca
1		1,098	11,007	12,084
2		2,309	22,013	25,413
3		3,408	33,020	37,511
4		4,548	44,027	50,063
5		5,799	55,033	63,823
6		7,228	66,040	79,556
7		8,060	77,047	88,715
8		9,156	88,053	100,772

Untuk mendapatkan massa alir bahan aktual maka data yang di dapat (Tabel 4.3) diinterpretasikan dalam bentuk *line* grafik hubungan massa alir udara teoritis terhadap massa udara yang terbaca .



Gambar 4.2 Grafik hubungan massa alir CNG yang terbaca dengan massa alir CNG aktual

- Aktual

CNG:

Massa Alir bahan bakar teoritis = 88,053 mg/s, sehingga massa alir bahan bakar aktual didapat dengan memasukkan nilai massa alir bahan bakar teoritis sebagai sumbu x pada persamaan gambar 4.1.

$$\dot{m} = y$$

$$\dot{m} = 0,8567x - 0,5898$$

$$\dot{m} = 0,8567 \cdot (88,053) - 0,5898$$

$$\dot{m} = 86,821 \text{ mg/s}$$

Tabel 4.4 Data massa alir CNG yang telah dikalibrasi

	Debit (liter/menit))			Debit (mg/s)		
	Teoritis	Terbaca	Aktual	Teoritis	Terbaca	Aktual
1	1,098	0,985	11,007	12,084	10,842	
2	2,309	2,023	22,013	25,413	22,261	
3	3,408	2,964	33,020	37,511	32,625	
4	4,548	3,941	44,027	50,063	43,379	
5	5,799	5,012	55,033	63,823	55,167	
6	7,228	6,237	66,040	79,556	68,646	
7	8,060	6,950	77,047	88,715	76,492	
8	9,156	7,888	88,053	100,772	86,821	

2. Perhitungan Massa Alir Udara

- Teoritis

Beda tekanan udara masuk = 30 mmH₂O

$$30 \text{ mmH}_2\text{O Mass} = 996.516 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}^2 \times 0.030 \text{ m} = 29,895 \text{ kg}$$

$$30 \text{ mmH}_2\text{O Force} = 29,895 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 293,274 \text{ N}$$

$$30 \text{ mmH}_2\text{O Pressure} = 293,274 \text{ N} / 1 \text{ m}^2 = 782 \text{ Pa}$$

Kecepatan udara masuk:

$$v = \sqrt{\frac{2(\Delta P)}{\rho(1 - \beta^4)}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (782 \text{ Pa})}{1,176 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right]}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (782 \text{ Pa})}{1,176 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,006}{0,022}\right)^4\right]}}$$

$$v = 22,271 \text{ m/s}$$

Massa alir udara masuk:

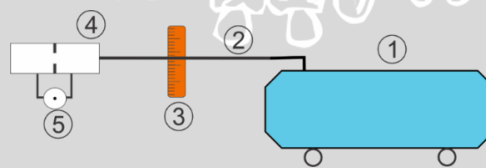
$$\dot{m} = A \cdot v \cdot \rho$$

$$\dot{m} = [\pi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,006 \text{ m}\right)^2] \times 22,271 \text{ m/s} \times 1,176 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 7,40829 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 740,829 \text{ mg/s}$$

- Nilai Koreksi

Kalibrasi massa alir udara yang masuk melewati *orifice* dan terbaca *Manometer*, dilakukan dengan cara memasang *orifice* dengan *manometer* kemudian udara masuk dialirkan dan berikan tekanan udara menggunakan selang yang terhubung *flowmeter* dan kompresor. Mencatat perubahan tekanan di *manometer* dengan banyaknya udara masuk yang atur pada *flowmeter*. Adapun skemanya sebagai berikut:



Gambar 4.3 Skema koreksi massa alir udara

Keterangan:

1. Kompresor
2. Selang Pneumatik
3. *Flowmeter*

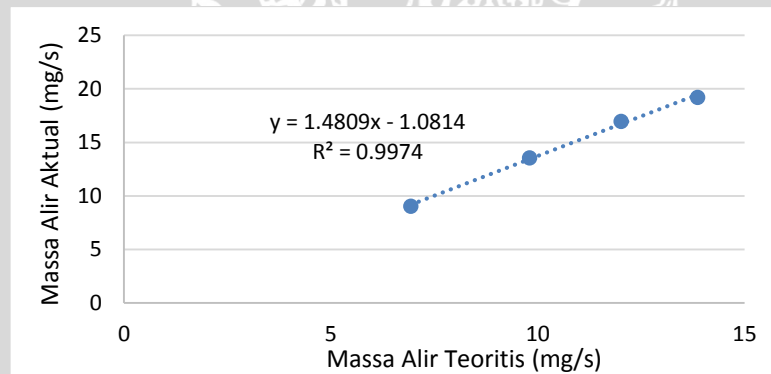
4. Orifice
5. Manometer

Untuk mengetahui koreksi pengukuran maka dilakukan beberapa kali pengukuran dan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data massa alir udara teoritis dan massa alir udara aktual

No	Teoritis (mg/s)	Aktual (mg/s)
1	135,828	177,184
2	192,08	265,776
3	235,396	332,22
4	271,656	376,516

Untuk mendapatkan massa alir udara aktual maka data yang di dapat (Tabel 4.5) diinterpretasikan dalam bentuk *line* grafik hubungan massa alir udara teoritis dengan massa udara aktual.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Massa Alir Udara Teoritis dengan Massa Alir Udara Aktual

- Aktual

Massa alir udara = 740,829 mg/s, sehingga massa alir bahan bakar aktual didapat dengan memasukkan nilai massa alir bahan bakar teoritis sebagai sumbu x pada persamaan gambar 4.1.

$$\dot{m} = y$$

$$\dot{m} = 1,4809x - 1,0814$$

$$\dot{m} = 1,4809 \cdot (740,829) - 1,0814$$

$$\dot{m} = 1092,095 \text{ mg/s}$$

Tabel 4.6 Data Massa Alir Udara

No.	Massa Alir Udara	
	Teoritis (mg/s)	Aktual (mg/s)
1	740.830	1092.095
2	800.187	1179.684
3	855.436	1261.209
4	909.675	1346.142
5	959.064	1419.196
6	1005.874	1488.518
7	1050.602	1554.754
8	1093.501	1618.284
9	1134.779	1679.413
10	1174.608	1738.396
11	1213.130	1795.443
12	1250.466	1850.734
13	1286.719	1904.421
14	1321.978	1956.636
15	1352.564	1994.776

3. Perhitungan Air Fuel Ratio Aktual

- CNG

$$AFR = \frac{\text{Massa Alir Udara}}{\text{Massa Alir Bahan Bakar}}$$

$$AFR = \frac{1092,095 \text{ mg/s}}{86,821 \text{ mg/s}}$$

$$AFR = 12,579$$

- Bensin

$$AFR = \frac{\text{Massa Alir Udara}}{\text{Massa Alir Bahan Bakar}}$$

$$AFR = \frac{1092,095 \text{ mg/s}}{99,168 \text{ mg/s}}$$

$$AFR = 11,013$$

Tabel 4.7 Data *Air Fuel Ratio* CNG dan Bensin

No.	<i>Air Fuel Ratio</i>	
	CNG	Bensin
1	12,579	11,013
2	13,587	11,896
3	14,526	12,718
4	15,505	13,574
5	16,346	14,311
6	17,145	15,010
7	17,908	15,678
8	18,639	16,319
9	19,343	16,935
10	20,023	17,530
11	20,680	18,105
12	21,317	18,663
13	21,935	19,204
14	22,536	19,730
15	22,976	20,115

4. Perhitungan *Equivalent Ratio*

Titik stoikiometri Bensin = 15

Titik stoikiometri CNG = 17,15

Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

- CNG:

$$\phi = \frac{AFR \text{ stoikiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$\phi = \frac{17,15}{17,145}$$

$$\phi = 1,000$$

- Bensin:

$$\phi = \frac{AFR \text{ stoikiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$\phi = \frac{15}{15,01}$$

$$\phi = 0,999$$

Tabel 4.8 Data *Equivalent Ratio* CNG dan Bensin

No.	<i>Equivalent Ratio</i>	
	CNG	Bensin
1	1,363	1,362
2	1,262	1,261
3	1,181	1,179
4	1,106	1,105
5	1,049	1,048
6	1,000	0,999
7	0,958	0,957
8	0,920	0,919
9	0,887	0,886
10	0,857	0,856
11	0,829	0,828
12	0,805	0,804
13	0,782	0,781
14	0,761	0,760
15	0,746	0,746

5. Perhitungan perbandingan prosentase emisi gas buang CNG dan bensin pada *Equivalent Ratio* stoikiometri ($\phi = 1$)

Jika emisi gas buang pada bensin = 100 %, maka didapat:

$$\bullet \% \text{ Volume CO} = \frac{\% \text{CO}_{\text{Bensin}} - \% \text{CO}_{\text{CNG}}}{\% \text{CO}_{\text{Bensin}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Volume CO} = \frac{0,262 - 0,097}{0,262} \times 100\%$$

$$\% \text{ Volume CO} = 62,97\%$$

$$\bullet \% \text{ Volume CO}_2 = \frac{\% \text{CO}_{2\text{Bensin}} - \% \text{CO}_{2\text{CNG}}}{\% \text{CO}_{2\text{Bensin}}} \times 100\%$$

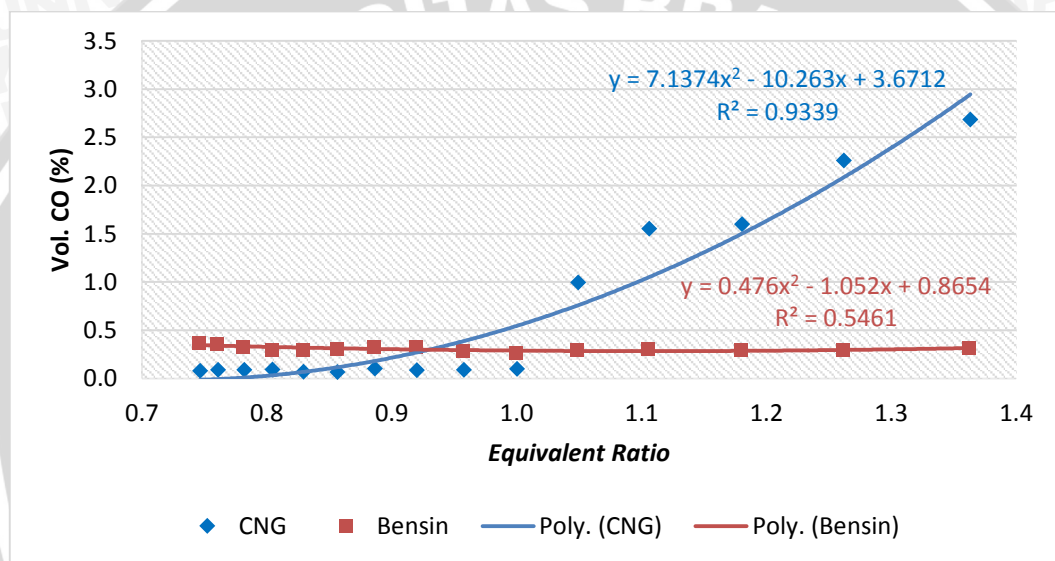
$$\% \text{ Volume CO}_2 = \frac{8,717 - 5,907}{8,717} \times 100\%$$

$$\% \text{ Volume CO}_2 = 32,23 \%$$

- % Volume HC = $\frac{HC_{Bensin} - HC_{CNG}}{HC_{Bensin}} \times 100\%$
- % Volume HC = $\frac{80,667 - 48}{80,667} \times 100\%$
- % Volume HC = 40,49%

4.2 Pembahasan

4.2.1 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Karbonmonoksida (CO).



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Karbonmonoksida (CO)

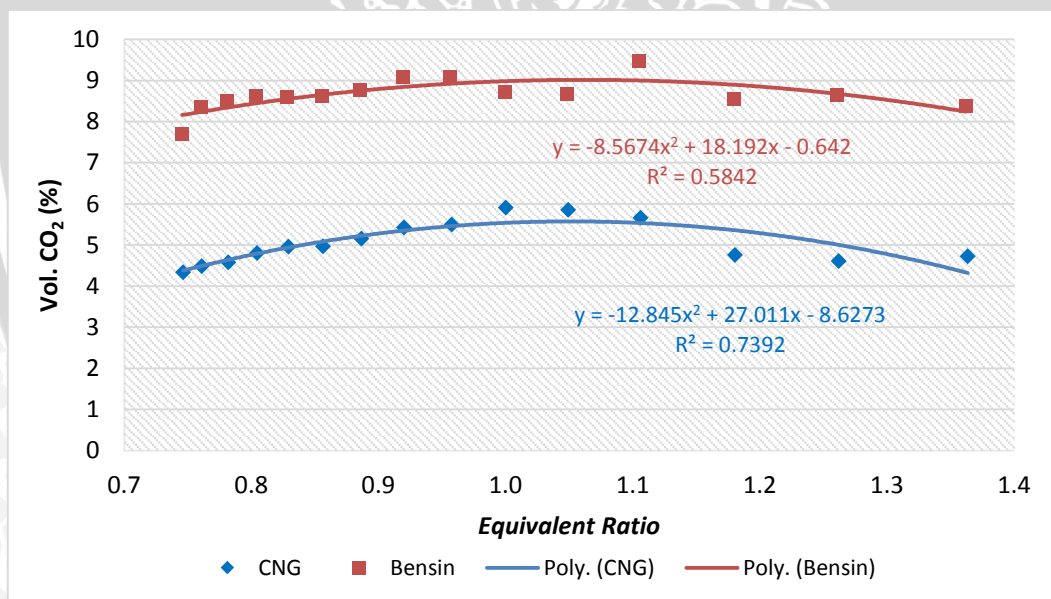
Gambar 4.5 menunjukkan hubungan *equivalent ratio* terhadap gas karbonmonoksida (CO), dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *equivalent ratio* sangat mempengaruhi besar nilai dari prosentase karbonmonoksida pada gas buang untuk bahan bakar CNG dan bensin. Dari grafik terlihat titik stokiometri pada *equivalent ratio* sebesar 1,0. Sehingga dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik pada bahan bakar CNG bernilai rendah di awal yakni sebesar 0,079 % pada *equivalent ratio* sebesar 0,746 setelah itu tren grafik mengalami kenaikan seiring bertambahnya *equivalent ratio* hingga nilai tertinggi sebesar 2,683 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,363. Hal ini disebabkan karena pada titik awal terjadi campuran miskin bahan bakar sehingga kadar CO rendah, namun pada titik

tertentu cenderung konstan karena melewati titik stoikiometri menjadi campuran kaya bahan bakar.

Sementara itu, untuk bahan bakar bensin, pola grafik yang didapatkan cenderung konstan dengan nilai terendah 0,262 % pada *equivalent ratio* sebesar 0,999 dan nilai tertinggi 0,37 % pada masa *equivalent ratio* sebesar 0,746. Perbedaan pola grafik antara bahan bakar CNG dan Bensin tersebut terjadi karena jumlah atom-atom karbon dalam molekul CNG lebih rendah dari bahan bakar bensin sehingga CO yang dihasilkan dari pembakaran lebih rendah.

Berdasarkan perbandingan kedua grafik, terlihat bahwa pada titik stoikiometri ($\phi=1$) penggunaan bahan bakar CNG mampu mengurangi emisi gas CO sebesar 62,97 % dibandingkan bensin.

4.2.2 Pembahasan Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Karbondioksida (CO₂).



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Karbondioksida (CO₂)

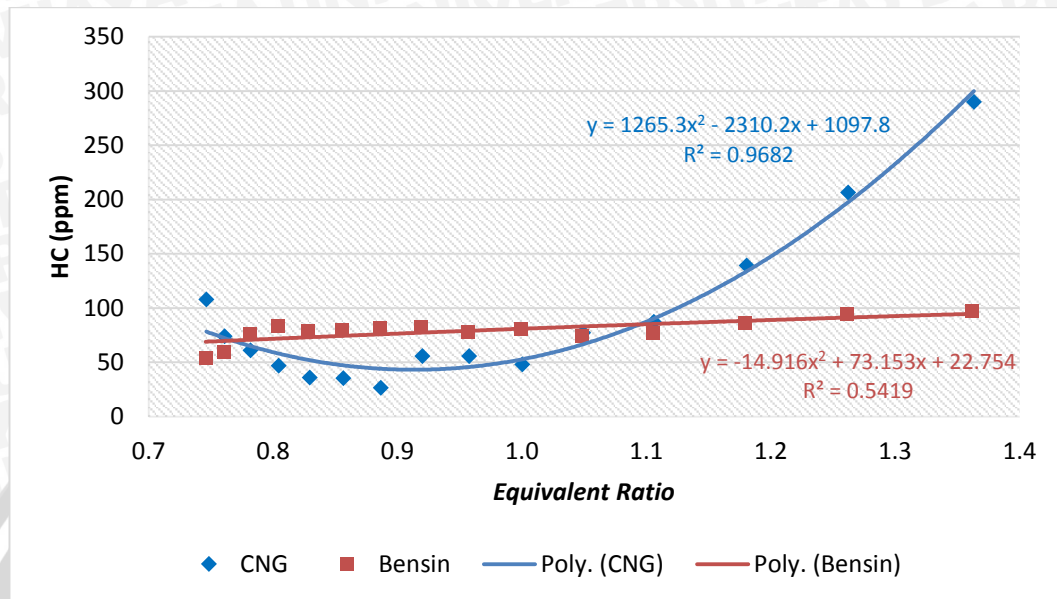
Gambar 4.6 menunjukkan hubungan *equivalent ratio* terhadap gas karbondioksida (CO₂), dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *equivalent ratio* sangat mempengaruhi besar nilai dari prosentase karbonmonoksida pada gas buang untuk bahan bakar CNG dan bensin. Dari grafik terlihat titik stokiometri pada *equivalent*

ratio sebesar 1,0. Sehingga dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik pada bahan bakar CNG bernilai rendah di awal yakni hanya 4,333 % pada *equivalent ratio* sebesar 0,746. Hal tersebut disebabkan karena pada titik awal terjadi campuran miskin bahan bakar sehingga pembakaran tidak sempurna. Setelah itu tren grafik mengalami kenaikan seiring bertambahnya *equivalent ratio* hingga nilai tertinggi sebesar 5,907 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,0 namun setelah ditambahkan *equivalent ratio* kembali maka kadar CO₂ cenderung turun hingga sebesar 4,723 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,363 karena menjadi campuran kaya bahan bakar.

Sementara itu, untuk bahan bakar bensin, pola grafik yang didapatkan cenderung sama dengan CNG dengan nilai terendah 7,7 % pada *equivalent ratio* sebesar 0,746 dan nilai tertinggi 9,463 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,105 kemudian kembali turun menjadi 8,643 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,261. Perbedaan kedudukan grafik antara bahan bakar CNG dan bensin tersebut terjadi karena jumlah rantai hidrokarbon dalam molekul CNG lebih rendah dari bahan bakar bensin sehingga CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran lebih rendah.

Berdasarkan perbandingan kedua grafik, terlihat bahwa pada titik stoikiometri ($\phi=1$) penggunaan bahan bakar CNG mampu mengurangi emisi gas CO₂ sebesar 32,23% dibandingkan bensin.

4.2.3 Pembahasan Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Hidratkarbon (HC).



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Hidratkarbon

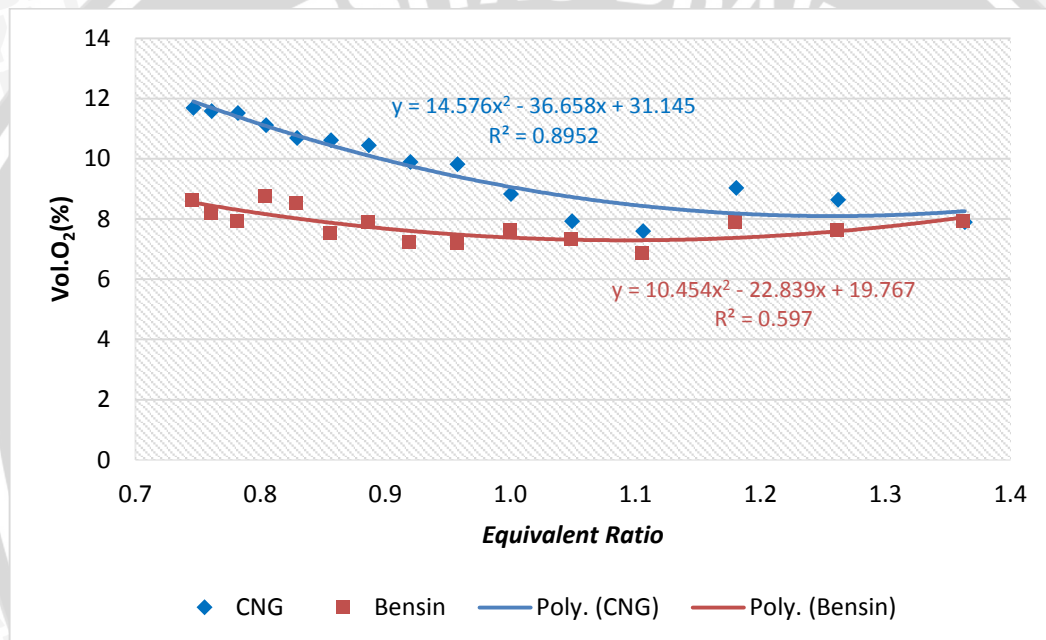
Gambar 4.7 menunjukkan hubungan *equivalent ratio* terhadap emisi gas buang hidratkarbon, dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *equivalent ratio* mempengaruhi besar nilai dari kadar hidratkarbon pada gas buang untuk bahan bakar CNG dan bensin. Dari grafik terlihat titik stokiometri pada *equivalent ratio* sebesar 1,0. Sehingga dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik pada bahan bakar CNG bernilai tinggi di awal yakni hingga mencapai 108 ppm pada *equivalent ratio* sebesar 0,746 setelah itu tren grafik mengalami penurunan seiring bertambahnya *equivalent ratio* hingga nilai terendah 26,667 ppm pada *equivalent ratio* sebesar 0,887 kemudian naik kembali hingga titik tertinggi sebesar 290 ppm pada *equivalen ratio* 1,363. Hal ini disebabkan karena tidak semua bahan bakar tersebut terbakar sepenuhnya di ruang bakar. Bahan bakar yang belum terbakar tersebut ikut keluar ketika katub buang terbuka bersama gas buang.

Sementara itu, untuk bahan bakar bensin, pola grafik yang didapatkan cenderung naik dibanding CNG dengan nilai terendah 54,333 ppm pada *equivalent ratio* sebesar 0,746 dan nilai tertinggi 97,667 ppm pada *equivalent ratio* sebesar 1,362. Perbedaan pola grafik antara bahan bakar CNG dan bensin

tersebut terjadi karena pembakaran yang terjadi tidak sempurna sehingga ada *misfire* dalam proses tersebut. *Misfire* diakibatkan oleh campuran miskin bahan bakar maupun kaya bahan bakar.

Berdasarkan perbandingan kedua grafik, terlihat bahwa pada titik stoikiometri ($\phi=1$) penggunaan bahan bakar CNG mampu mengurangi emisi HC sebesar 40,49 % dibandingkan bensin.

4.2.4 Pembahasan Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Oksigen (O₂).



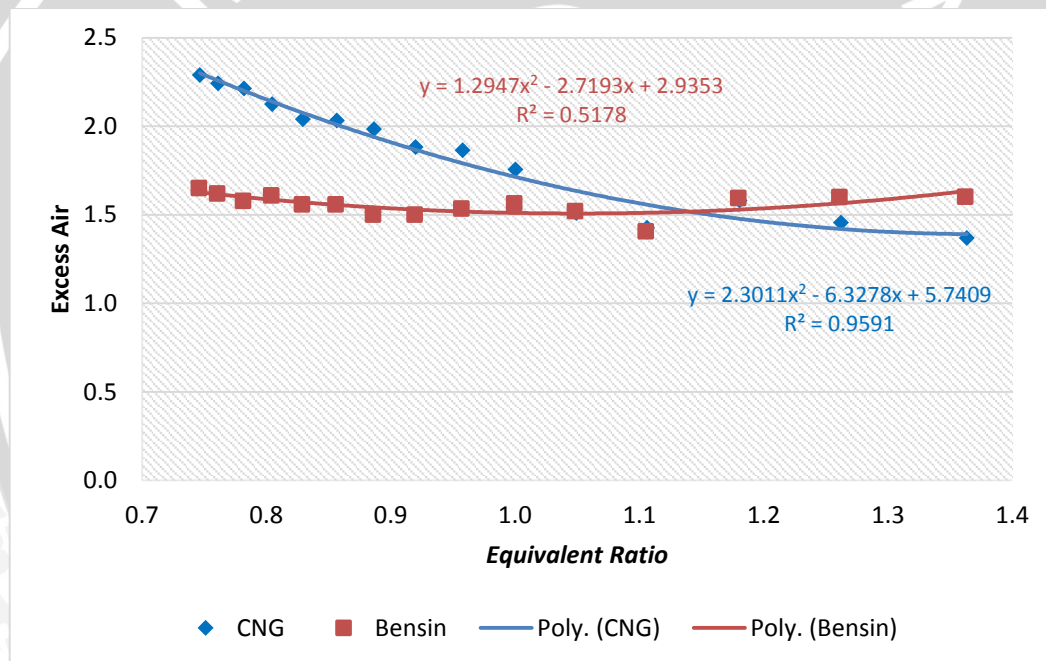
Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Emisi Gas Buang Oksigen (O₂).

Gambar 4.8 menunjukkan hubungan *equivalent ratio* terhadap gas oksigen (O₂), dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *equivalent ratio* sangat mempengaruhi besar nilai dari prosentase oksigen pada gas buang untuk bahan bakar CNG dan bensin. Dari grafik terlihat titik stokiometri pada *equivalent ratio* sebesar 1,0. Sehingga dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik pada bahan bakar CNG bernilai tinggi di awal yakni 11,69 % pada *equivalent ratio* 0,746. Hal tersebut disebabkan karena pada titik awal terjadi campuran kaya miskin bakar sehingga pembakaran tidak sempurna. Setelah itu tren grafik mengalami

penurunan seiring bertambahnya *equivalent ratio* hingga nilai 7,893 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,363.

Sementara itu, untuk bahan bakar bensin, pola grafik yang didapatkan cenderung berbeda daripada CNG dengan nilai terendah 6,86 % pada *equivalent ratio* sebesar 1,105 dan nilai tertinggi 8,763 % pada *equivalent ratio* sebesar 0,804. Perbedaan kedudukan grafik antara bahan bakar CNG dan bensin tersebut terjadi akibat *overlapping valve* yang terjadi karena densitas CNG lebih rendah dari bensin sehingga banyak yang keluar melalui gas buang.

4.2.5 Pembahasan Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan *Excess Air*.



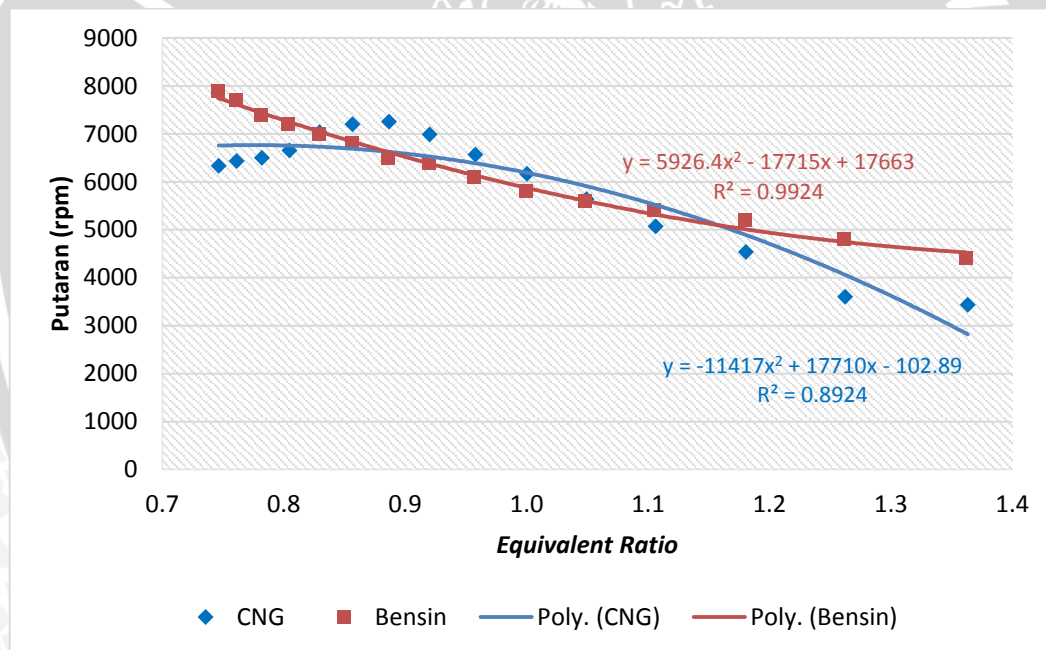
Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan *Excess air*.

Gambar 4.9 menunjukkan hubungan *equivalent ratio* terhadap *excess air*, dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *equivalent ratio* mempengaruhi besar nilai dari *excess air* pada gas buang untuk bahan bakar CNG dan bensin. Dari grafik terlihat titik stokiometri pada *equivalent ratio* sebesar 1,0. Sehingga dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik pada bahan bakar CNG bernilai tinggi di awal yakni 2,289 pada *equivalent ratio* sebesar 0,746. Hal tersebut disebabkan karena pada titik awal terjadi campuran miskin bahan bakar sehingga pembakaran tidak

sempurna. Setelah itu tren grafik mengalami penurunan seiring bertambahnya *equivalent ratio* hingga nilai terendah sebesar 1,369 pada *equivalent ratio* sebesar 1,363.

Sementara itu untuk bahan bakar bensin, pola grafik yang didapatkan cenderung konstan dibandingkan dengan CNG dengan nilai terendah 1,407 pada *equivalent ratio* sebesar 1,105 dan nilai tertinggi 1,652 pada *equivalent ratio* sebesar 0,746. Perbedaan kedudukan grafik antara bahan bakar CNG dan bensin tersebut terjadi akibat *overlapping valve* yang terjadi karena densitas CNG lebih rendah dari bensin sehingga banyak yang keluar melalui gas buang.

4.2.6 Pembahasan Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Putaran.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara *Equivalent Ratio* dengan Putaran

Gambar 4.10 menunjukkan hubungan *equivalent ratio* terhadap putaran dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *equivalent ratio* sangat mempengaruhi besar nilai putaran untuk bahan bakar CNG dan bensin. Bisa dilihat bahwa pada bahan bakar CNG grafik kecenderungan lebih rendah dibanding bensin. Dari grafik terlihat titik stokiometri pada *equivalent ratio* sebesar 1,0. Sehingga dapat dilihat

bahwa kecenderungan grafik pada bahan bakar CNG bernilai tinggi di awal yakni 6333,333 rpm pada *equivalent ratio* sebesar 0,746. Hal tersebut disebabkan karena pada titik awal terjadi campuran miskin bahan bakar sehingga pembakaran tidak sempurna. Setelah itu tren grafik mengalami kenaikan seiring bertambahnya *equivalent ratio* hingga putaran tertinggi sebesar 7250 rpm pada *equivalent ratio* sebesar 0,887 setelah itu turun kembali hingga putaran 3433,333 rpm pada *equivalent ratio* sebesar 1,363. Hal ini diakibatkan *overlapping valve* sehingga efektivitas putaran yang dihasilkan menurun.

Sementara itu, untuk bahan bakar bensin, pola grafik yang didapatkan cenderung turun dibandingkan dengan CNG dengan nilai tertinggi 7900 rpm pada *equivalent ratio* sebesar 0,746 dan nilai terendah 4400 rpm pada *equivalent ratio* sebesar 1,362. Perbedaan kedudukan grafik antara bahan bakar CNG dan bensin tersebut terjadi akibat suhu *auto ignition* CNG lebih tinggi dibandingkan bensin sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pembakaran dan menghasilkan putaran yang tinggi.

