

BAB 4 PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA

Peninjauan prestasi mesin pada mesin motor bakar 4-Tak yang mengalami penambahan bahan bakar berupa gas LPG perlu dilakukan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan sistem tersebut pada mesin pengujian. Penambahan gas LPG ini pada awalnya bertujuan untuk mempercepat akselerasi dan mengurangi penggunaan bahan bakar bensin.

4.1 PERHITUNGAN KONSUMSI LPG

Percobaan untuk mengetahui laju aliran massa LPG dilakukan dengan memasang instalasi sistem penginjeksian LPG pada motor uji. Dengan alat bantu berupa timbangan digital merek AND tipe EK-2000i dan stopwatch, data laju aliran gas diambil dengan menggunakan uji unjuk kerja jalan dengan variasi bukaan katup regulator kompor sebesar 180°, 270°, dan 360°. LPG yang digunakan terdiri dari Propana (4,58%), Butana (83,14%) dan gas lain (12,28%) yang diasumsikan sebagai Etana (6,12%) dan Pentana (6,12%). Massa jenis LPG yang digunakan sebesar:

$$\begin{aligned}\rho_{LPG} &= (4,58\% \cdot \rho_{Pr\text{opana}}) + (83,14\% \cdot \rho_{Bu\text{tana}}) + (6,12\% \cdot \rho_{E\text{tana}}) + (6,12\% \cdot \rho_{Pe\text{ntana}}) \\ &= (0,0458 \cdot 585) + (0,8314 \cdot 601) + (0,0612 \cdot 572) + (0,0612 \cdot 626) \\ &= 600,02 \text{ gr/L}\end{aligned}$$

Tabel 4.1 Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 180° untuk venturi mixer 12 lubang menyilang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata – rata (gr / km)	Laju Aliran (gr / s)
0 – 23	2163	5.9	0.256	0.0027
23 – 46	2180	9.01	0.391	0.0041
46 – 69	2181	7.78	0.338	0.0035
69 – 92	2154	8.6	0.373	0.0039

92 – 115	2212	7.79	0.338	0.0035
TOTAL	10890	39.08	1.699	0.0171
RATA - RATA	2178	7.81	0.339	0.0035

Tabel 4.2 Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 270° untuk venturi mixer 12 lubang menyilang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata - rata (gr / km)	Laju Aliran (gr / s)
0 – 23	2168	30.46	1.324	0.0140
23 – 46	2145	26.87	1.168	0.0125
46 – 69	2146	31.39	1.364	0.0146
69 – 92	2165	23.44	1.019	0.0108
92 – 115	2186	29.07	1.263	0.0132
TOTAL	10810	141.23	6.14	0.0653
RATA - RATA	2162	28.24	1.22	0.0130

Tabel 4.3 Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 360° untuk venturi mixer 12 lubang menyilang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata - rata (gr / km)	Laju Aliran (gr / s)
0 – 23	2151	39.08	1.699	0.0181
23 – 46	2139	37.48	1.629	0.0175
46 – 69	2166	38.31	1.665	0.0176
69 – 92	2154	38.56	1.676	0.0179
92 – 115	2178	37.83	1.644	0.0173
TOTAL	10788	191.26	8.315	0.0886
RATA - RATA	2157	38.252	1.663	0.0177

4.2 PERHITUNGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

Proses pengambilan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan uji unjuk kerja jalan sepeda motor. Data diambil pada kondisi motor tanpa penambahan LPG dan dengan penambahan LPG pada tiga variasi bukaan katup, 180° , 270° , dan 360° . Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Konsumsi bahan bakar tanpa campuran LPG

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata - rata (km / L)	Laju Aliran (L / s)
0 – 23	2270	0.557	41.292	0.000245
23 – 46	2208	0.600	38.333	0.000272
46 – 69	2158	0.513	44.834	0.000238
69 – 92	2232	0.543	42.357	0.000243
92 – 115	2187	0.575	40.000	0.000263
TOTAL	11055	2.788	206.817	0.001261
RATA - RATA	2211	0.557	41.363	0.000252

Tabel 4.5 Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG dengan bukaan katup 180° untuk venturi mixer 12 lubang menyilang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata - rata (km / L)	Laju Aliran (L / s)
0 – 23	2163	0.434	52.995	0.000200
23 – 46	2180	0.400	57.500	0.000183
46 – 69	2181	0.415	55.421	0.000190
69 – 92	2154	0.436	52.752	0.000202
92 – 115	2212	0.424	54.245	0.000191
TOTAL	10890	2.109	272.914	0.000968
RATA - RATA	2178	0.421	54.582	0.000193

Tabel 4.6 Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG dengan bukaan katup 270° untuk venturi mixer 12 lubang menyilang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata - rata (km / L)	Laju Aliran (L / s)
0 – 23	2168	0.402	57.213	0.000185
23 – 46	2145	0.413	55.690	0.000193
46 – 69	2146	0.361	63.711	0.000168
69 – 92	2165	0.422	54.502	0.000195
92 – 115	2186	0.394	58.375	0.000180
TOTAL	10810	1.922	289.493	0.000921
RATA - RATA	2162	0.398	57.898	0.000184

Tabel 4.7 Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG dengan bukaan katup 360° untuk venturi mixer 12 lubang menyilang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata - rata (km / L)	Laju Aliran (L / s)
0 – 23	2151	0.374	61.497	0.000174
23 – 46	2139	0.392	58.673	0.000183
46 – 69	2166	0.386	59.585	0.000178
69 – 92	2154	0.380	60.526	0.000176
92 – 115	2178	0.391	58.823	0.000180
TOTAL	10788	1.923	299.106	0.000891
RATA - RATA	2157	0.384	59.821	0.000178

4.3 PERHITUNGAN LAJU ALIRAN MASSA CAMPURAN BAHAN BAKAR

Untuk penghitungan laju aliran massa campuran bahan bakar dan laju aliran massa udara dibutuhkan penghitungan parameter-parameter sebagai berikut :

a) Daya Keluaran / Brake Horse Power (BHP)

$$BHP = \frac{Torsi(ft/lbs) \times rpm}{5252} \quad (\text{hp})$$

Torsi = F . r ; dengan F = tractive effort (lb)

r = lengan momen = 0,03925 ft

$$Torsi_{TANPA\ LPG} = 108 \cdot 0,03925 = 4,23 \text{ ft/lbs}$$

$$Torsi_{180^{\circ}} = 113 \cdot 0,03925 = 4,43 \text{ ft/lbs}$$

$$Torsi_{270^{\circ}} = 110 \cdot 0,03925 = 4,31 \text{ ft/lbs}$$

$$Torsi_{360^{\circ}} = 112 \cdot 0,03925 = 4,4 \text{ ft/lbs}$$

Akan dihasilkan BHP sebesar:

$$BHP_{TANPA\ LPG} = \frac{4,23 \times 5333}{5252} = 4.3 \text{ hp}$$

$$BHP_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 180^{\circ}} = \frac{4,43 \times 5333}{5252} = 4.5 \text{ hp}$$

$$BHP_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 270^{\circ}} = \frac{4,31 \times 5333}{5252} = 4.4 \text{ hp}$$

$$BHP_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 360^{\circ}} = \frac{4,4 \times 5333}{5252} = 4.5 \text{ hp}$$

Tabel 4.8 BHP tanpa LPG

RPM (RPM)	Torsi (ft lb)	Power (HP)
3556	3.61	2.4
4000	3.61	2.7
4444	3.73	3.1
4889	4.00	3.7
5333	4.24	4.3
5778	4.44	3.9
6222	4.55	5.4
6667	4.67	5.9
7111	4.79	6.5
7556	4.71	6.8
8000	4.59	7
8444	4.44	7

8889	4.40	7.4
9333	4.24	7.5
9778	4.00	7.4
10222	3.89	7.5

Tabel 4.9 BHP penambahan LPG bukaan katup 180°

RPM	Torsi	Power
(rpm)	(ft lb)	(HP)
3556	3.53	2.4
4000	3.69	2.8
4444	3.85	3.3
4889	4.16	3.9
5333	4.44	4.5
5778	4.63	5.1
6222	4.91	5.8
6667	4.95	6.3
7111	5.06	6.8
7556	5.14	7.4
8000	5.10	7.7
8444	4.98	8
8889	4.79	8.1
9333	4.59	8.2
9778	4.28	7.9
10222	4.00	7.8

Tabel 4.10 BHP penambahan LPG bukaan katup 270°

RPM	Torsi	Power
(rpm)	(ft lb)	(HP)
3556	3.69	2.5
4000	3.69	2.8
4444	3.89	3.3
4889	4.16	3.9
5333	4.32	4.4
5778	4.44	4.9
6222	4.59	5.4
6667	4.67	5.9
7111	4.75	6.4
7556	4.95	7.1
8000	4.95	7.5
8444	4.83	7.7
8889	4.67	7.9

9333	4.47	7.9
9778	4.20	7.8
10222	3.93	7.6

Tabel 4.11 BHP penambahan LPG bukaan katup 360°

RPM	Torsi	Power
(rpm)	(ft lb)	(HP)
3556	3.65	2.5
4000	3.77	2.9
4444	3.89	3.3
4889	4.20	3.9
5333	4.40	4.5
5778	4.67	5.1
6222	4.83	5.7
6667	4.91	6.2
7111	5.02	6.8
7556	4.98	7.2
8000	5.02	7.6
8444	4.95	7.9
8889	4.71	8
9333	4.51	8
9778	4.28	7.9
10222	4.00	7.8

b) Pertamax

Laju aliran bahan bakar ($m_{f_{bensin}}^o$)

$$m_{f_{bensin}}^o = \frac{L}{S} \times 3600 \text{ (L/h)}$$

sehingga

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ TANPA LPG} = 0.000252 \times 3600 = 0.907 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ BUKAAN KATUP LPG 180}^o = 0.000423 \times 3600 = 0.697 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ BUKAAN KATUP LPG 270}^o = 0.000417 \times 3600 = 0.663 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{bensin}}^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} = 0.000415 \times 3600 = 0.641 \text{ L/h}$$

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik / Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)

$$BSFC = \frac{m_{f_{bensin}}^{\circ}}{BHP} \times \rho_f \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana $\rho_{f_{bensin}}$ = massa jenis bensin = 742.5 gr/L

sehingga :

$$BSFC_{TANPA \text{ LPG}} = \frac{0.907}{4.3} \times 742.5 = 156.61 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{\text{BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ}} = \frac{0.697}{4.5} \times 742.5 = 115.01 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{\text{BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ}} = \frac{0.663}{4.4} \times 742.5 = 111.88 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{\text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ}} = \frac{0.641}{4.5} \times 742.5 = 105.76 \text{ gr/hp.h}$$

c) Liquid Petroleum Gas (LPG)

$$m_{f_{gas}}^{\circ} = \frac{FC \cdot 3600}{\rho_{LPG}} \quad (\text{L/h})$$

sehingga didapat nilai FC LPG sebesar:

$$m_{f_{gas}}^{\circ} 180^{\circ} = \frac{0.0035 \cdot 3600}{600,02} = 0.0209 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{gas}}^{\circ} 270^{\circ} = \frac{0.013 \cdot 3600}{600,02} = 0.0779 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{gas}}^{\circ} 360^{\circ} = \frac{0.0177 \cdot 3600}{600,02} = 0.1061 \text{ L/h}$$

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{m_{f_{gas}}^{\circ}}{BHP} \times \rho_{f_{gas}} \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana ρ_f = massa jenis LPG = 600.02 gr/L

sehingga :

$$BSFC_{BUKAAAN\ KATUP\ LPG\ 180^0} = \frac{0.0209}{4.5} \times 600.02 = 2.787 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{BUKAAAN\ KATUP\ LPG\ 270^0} = \frac{0.0779}{4.4} \times 600.02 = 10.626 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{BUKAAAN\ KATUP\ LPG\ 360^0} = \frac{0.1061}{4.5} \times 600.02 = 14.151 \text{ gr/hp.h}$$

Laju aliran massa yang masuk kedalam ruang bakar merupakan penjumlahan dari laju aliran massa bahan bakar dan laju aliran udara.

- **Laju aliran massa campuran bahan bakar**

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_{f_{ben\ sin}} \times \rho_{ben\ sin}}{3600 \times 1000} + \frac{\dot{m}_{f_{LPG}} \times \rho_{LPG}}{3600 \times 1000}$$

$$\dot{m}_f_{TANPA\ LPG} = \frac{0.907 \times 742.5}{3600 \times 1000} = 1.87 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_f_{BUKAAAN\ KATUP\ LPG\ 180^0} &= \frac{0.697 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.0209 \times 600.02}{3600 \times 1000} \\ &= (1.44 + 0.035) \times 10^{-4} \\ &= 1.475 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_f_{BUKAAAN\ KATUP\ LPG\ 270^0} &= \frac{0.663 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.0779 \times 600.02}{3600 \times 1000} \\ &= (1.37 + 0.13) \times 10^{-4} \\ &= 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_f_{BUKAAAN\ KATUP\ LPG\ 360^0} &= \frac{0.641 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.1061 \times 600.02}{3600 \times 1000} \\ &= (1.32 + 0.18) \times 10^{-4} \\ &= 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- **laju aliran massa udara**

$$\dot{m}_a = AFR \times \dot{m}_f$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ TANPA LPG} = 13 \times 1.87 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 24.31 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} = 11.3 \times 1.475 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 16.6675 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} = 11.8 \times 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 17.7 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} = 13.4 \times 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 20.1 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

Sehingga laju aliran massa yang melewati *intake* adalah :

$$\begin{aligned} \dot{m}_i^{\circ} \text{ TANPA LPG} &= \dot{m}_f^{\circ} \text{ TANPA LPG} + \dot{m}_a^{\circ} \text{ TANPA LPG} \\ &= 1.87 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 24.31 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 26.18 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_i^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} &= \dot{m}_f^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} + \dot{m}_a^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} \\ &= 1.475 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 16.6675 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 18.11 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_i^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} &= \dot{m}_f^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} + \dot{m}_a^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} \\ &= 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 17.7 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 19.2 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

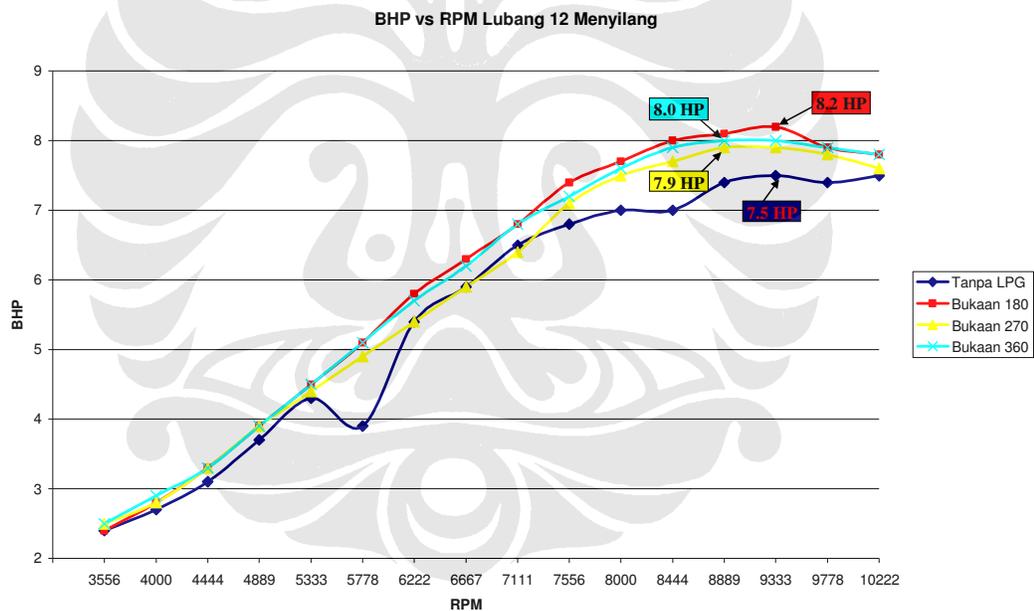
$$\begin{aligned} \dot{m}_i^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} &= \dot{m}_f^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} + \dot{m}_a^{\circ} \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} \\ &= 1.5 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 20.1 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 21.6 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

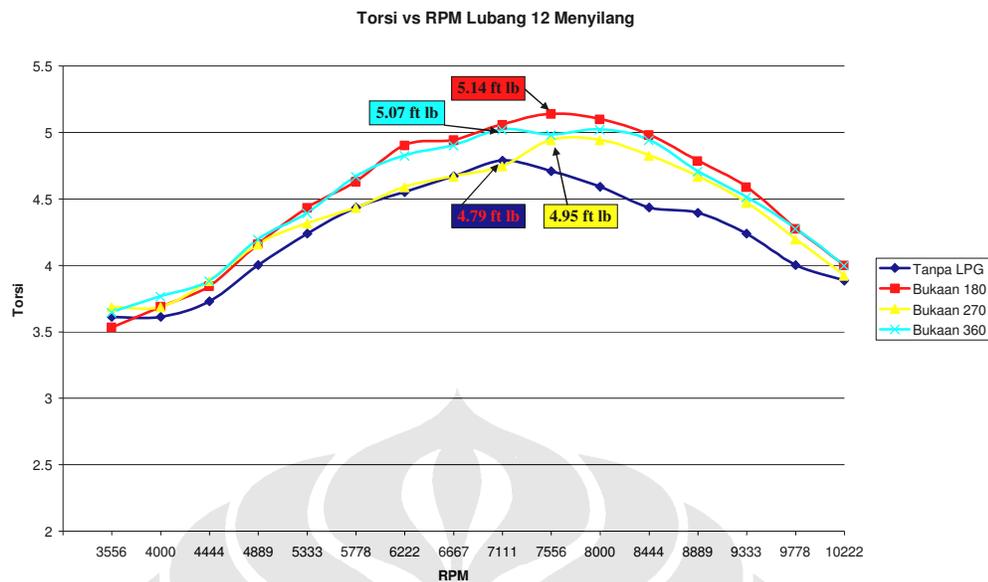
5.1 ANALISIS PRESTASI MESIN

Grafik-grafik yang akan ditampilkan berikut ini adalah hasil grafik *snapshot* yang bekerja secara *real time* terhadap karakter dari mesin yang diuji. Segala perhitungan yang diinginkan seperti halnya *horse power*, rpm, torsi, AFR (*Air/Fuel Ratio*) dan sebagainya dapat secara langsung dihasilkan oleh alat *dyno test dynodynamics* ini, sehingga hasil data yang didapat bisa dikatakan merupakan hasil prestasi mesin yang sesungguhnya.

5.1.1. Analisis perbandingan daya dan torsi mesin



Gambar 5.1 Grafik perbandingan daya mesin vs putaran per menit



Gambar 5.2 Grafik perbandingan torsi mesin

Hasil perhitungan daya mesin yang dihasilkan oleh dinamometer berupa BHP (Brake Horse Power) yang merupakan perhitungan daya kuda yang dikeluarkan oleh roda terhadap roller dinamometer. BHP adalah daya kuda yang dihasilkan oleh motor setelah dikurangi kerugian (*loses*) yang terjadi selama penyaluran daya, baik dari *heat loss* pada mesin atau juga yang dapat disebabkan gesekan ban dengan roller maupun antara rantai dengan sproket dan kerugian-kerugian yang lainnya

Sedangkan torsi yang digunakan pada analisis didapat dengan cara mengalikan nilai tractive effort yang terdapat pada snapshot dengan besarnya lengan momen pada roller dynamometer (sebesar 0,03925 ft). Hal ini dikarenakan pada snapshot tidak didapatkan nilai torsi yang dicapai dan tractive effort yang terdapat pada snapshot merupakan gaya yang dikeluarkan oleh dinamometer untuk menahan gaya yang dihasilkan oleh roda. Sehingga besarnya Torsi yang dihasilkan oleh roller akan sama dengan torsi yang dihasilkan oleh roda.

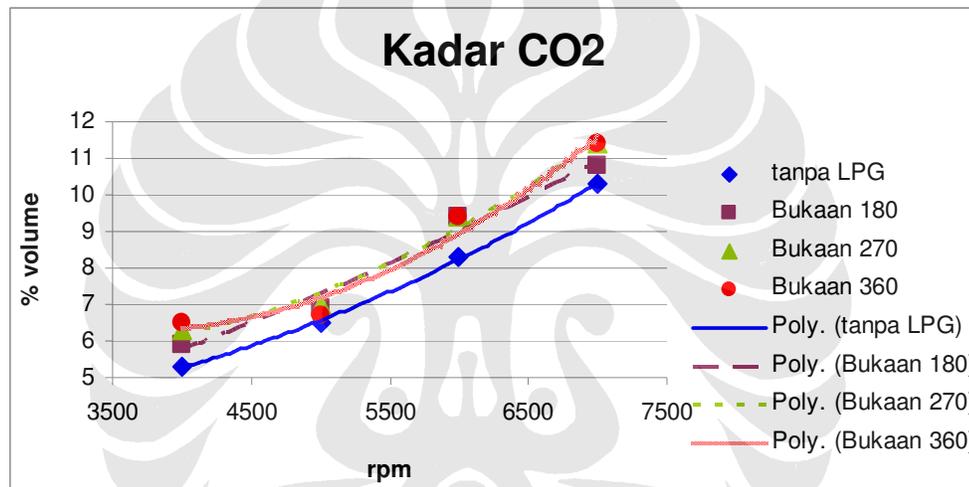
Grafik diatas menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daya maksimum dan torsi mesin pada saat penambahan LPG dengan menggunakan *venturi mixer* 12 lubang menyilang baik pada bukaan katup 180 ° , 270° maupun 360° dibandingkan dengan tanpa LPG. Hal ini sesuai dengan teori, karena saat penambahan LPG diharapkan pembakaran didalam ruang bakar terjadi lebih cepat

karena LPG memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dan didalam ruang bakar LPG akan terbakar lebih dulu dibandingkan bensin karena LPG berbentuk gas sehingga cepat bercampur dengan udara dibandingkan bensin yang berbentuk cair dan butuh pengabutan yang baik didalam karburator.

5.2 ANALISIS EMISI GAS BUANG

Pada tinjauan gas buang ini akan dianalisis kandungan emisi gas buang berupa CO₂, HC, CO, dan NO_x. Alat yang digunakan untuk mengetahui kondisi kadar gas buang ini adalah alat *gas analyzer*.

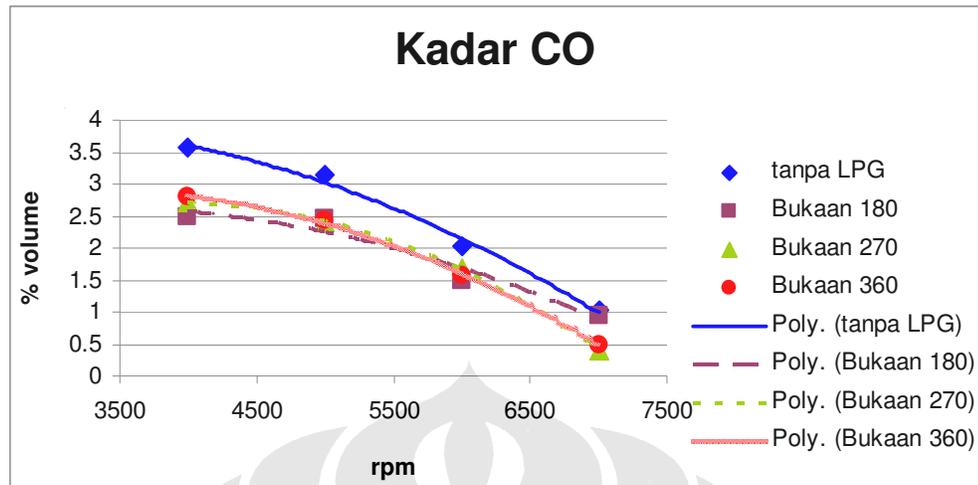
5.2.1 Analisis kadar CO₂ (karbon dioksida)



Gambar 5.3 Grafik perbandingan kadar CO₂ dalam gas buang

Kadar CO₂ dalam gas buang menandakan kesempurnaan pembakaran yang terjadi pada ruang bakar. Semakin tinggi kadar CO₂, maka pembakaran yang terjadi semakin mendekati sempurna dan sebaliknya jika kadar CO₂ dalam gas buang rendah maka pembakaran yang terjadi semakin jauh dari sempurna. Pada **gambar 5.3** terlihat bahwa kadar CO₂ yang terdapat pada gas buang pada motor dengan penambahan LPG cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar CO₂ pada kondisi motor tanpa penambahan LPG. Fakta tersebut berarti hasil yang didapat sesuai dengan teori yang seharusnya terjadi, bahwa penambahan LPG akan menyebabkan pembakaran menjadi semakin mendekati sempurna sehingga akan meningkatkan kadar CO₂ dalam gas buang.

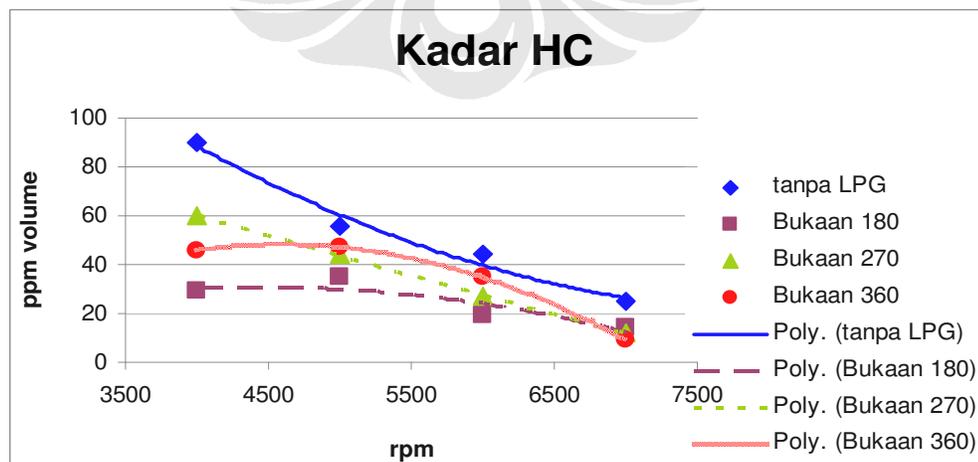
5.2.2 Analisis kadar CO (karbon monoksida)



Gambar 5.4 Grafik perbandingan kadar CO dalam gas buang

Karbon monoksida selalu terdapat didalam gas buang pada saat proses penguraian dan hanya ada pada knalpot kendaraan. CO merupakan produk dari pembakaran yang tidak tuntas yang disebabkan karena tidak seimbangny jumlah udara pada rasio udara-bahan bakar (AFR). Pada **gambar 5.4** terlihat bahwa kadar CO yang dihasilkan oleh pembakaran pada motor dengan penambahan LPG kadar CO cenderung mengalami penurunan pada motor dengan penambahan LPG pada semua bukaan katup 180°, 270° dan 360°. Hal ini membuktikan bahwa penambahan LPG menyebabkan CO semakin berkurang karena pembakaran yang terjadi semakin baik.

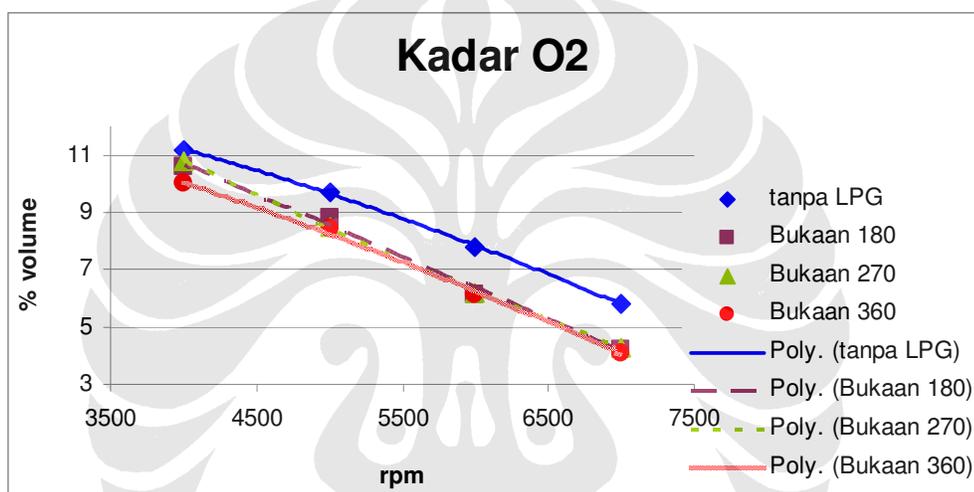
5.2.3 Analisis kadar HC (Hidro karbon)



Gambar 5.5 Grafik perbandingan kadar HC dalam gas buang

Pada **gambar 5.5** terlihat bahwa dengan melakukan penambahan LPG, kandungan hidrokarbon yang terbentuk cenderung berada dibawah kondisi pada saat motor tidak mengalami penambahan LPG. Kondisi ini sesuai dengan teori bahwa untuk pencapaian gas buang yang ideal, kandungan hidrokarbon yang terdapat dalam gas buang harus mengalami penurunan. Dengan penambahan LPG yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dan lebih mudah terbakar karena sifatnya yang lebih mudah menguap dibandingkan bensin, membuat kualitas pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih baik.

5.2.4 Analisis kadar O₂ (oksigen)



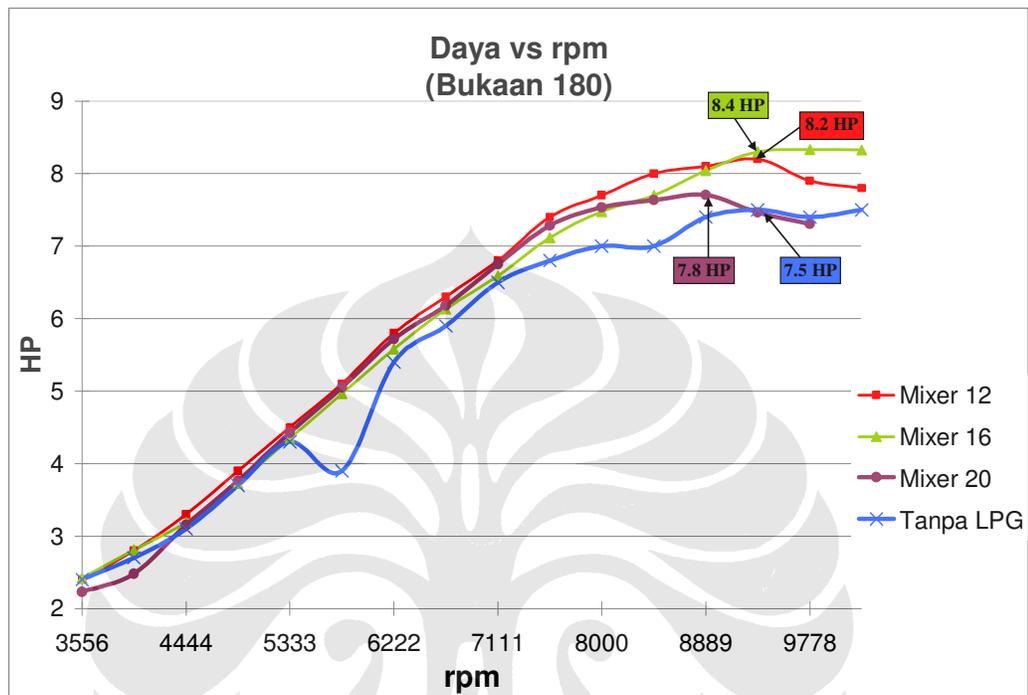
Gambar 5.6 Grafik perbandingan kadar O₂ dalam gas buang

Kadar O₂ menandakan bahwa tingkat penggunaan udara (oksigen) dalam proses pembakaran, semakin rendah kadar O₂ semakin banyak udara yang dipergunakan untuk proses pembakaran yang berarti pembakaran yang terjadi semakin baik, namun sebaliknya jika kadar O₂ tinggi maka banyak udara masuk yang tidak dipergunakan pada proses pembakaran yang berarti reaksi pembakaran kurang sempurna dan akan menghasilkan CO (karbon monoksida) pada gas buang, yang seharusnya menjadi CO₂.

Pada **Gambar 5.6** terlihat bahwa dengan penambahan kadar O₂ lebih rendah dibandingkan dengan tanpa LPG. Hal ini dapat memperlihatkan bahwa dengan penambahan LPG pembakaran semakin baik sesuai dengan teori.

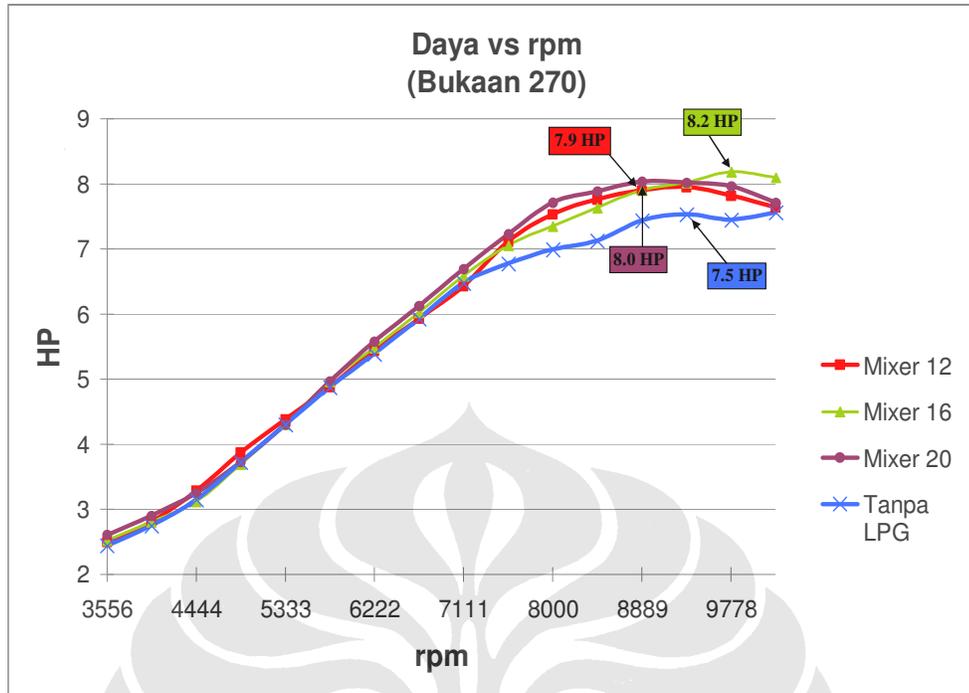
5.3 ANALISIS PERBANDINGAN BERBAGAI VENTURI MIXER (12, 16, DAN 20 LUBANG MENYILANG)

5.3.1 Analisis Prestasi Mesin



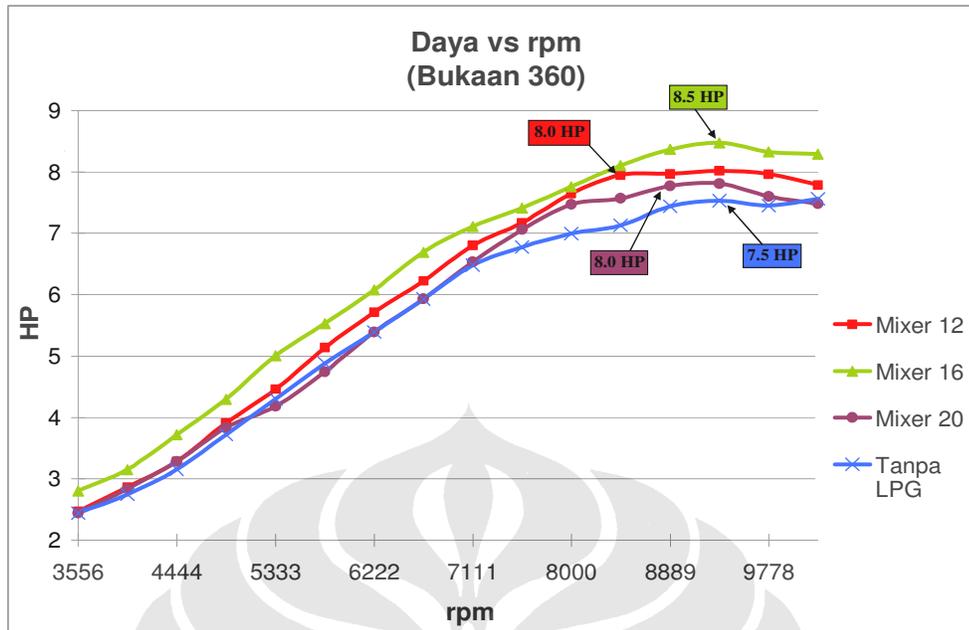
Gambar 5.7 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 180°

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa pada bukaan katup 180°, 270°, dan 360° memiliki daya yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG. Namun jika dilihat perbandingan antar *venturi mixer* terlihat bahwa daya maksimum yang keluar terjadi di *venturi mixer* 16 lubang yaitu 8.4 Hp sedangkan pada *venturi mixer* 12 lubang dan 20 lubang masing – masing bernilai 8.2 Hp dan 7.8 Hp. Hal ini terjadi karena AFR pada *venturi mixer* 16 lubang memiliki nilai yang paling optimal dibanding *venturi mixer* lainnya, sehingga menyebabkan pembakaran lebih sempurna dan menyebabkan daya keluaran memiliki nilai lebih baik dibanding *venturi mixer* 12 lubang dan 20 lubang



Gambar 5.8 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 270°

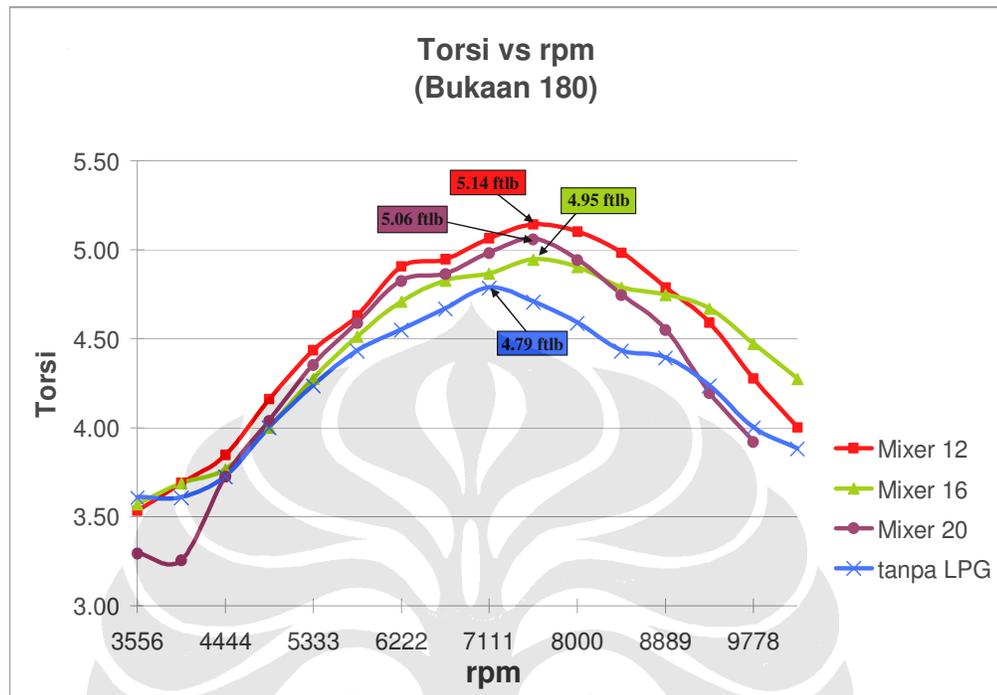
Dari grafik di atas, terlihat bahwa daya yang dihasilkan oleh motor dengan penambahan LPG pada bukaan 270° lebih besar daripada motor tanpa penambahan LPG. Hal tersebut membuktikan bahwa pada bukaan 270°, gas dan udara telah bercampur baik yang menyebabkan pembakaran dalam ruang bakar mesin meningkat sehingga menghasilkan daya yang lebih besar dari motor tanpa penambahan LPG dan motor dengan penggunaan *venturi mixer* pada bukaan 180°. Daya yang paling besar dihasilkan oleh *venturi mixer* 16 lubang yaitu sebesar 8.2 HP, sedangkan pada *venturi mixer* 12 dan 20 lubang diperoleh daya sebesar 7.9 dan 8.0 HP. Hal ini dapat dikarenakan AFR pada *venturi mixer* 16 lubang lebih baik dari pada *venturi mixer* 12 dan 20 lubang yaitu sebesar 14.9:1 dibanding 2 *venturi mixer* lainnya.



Gambar 5.9 Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 360°

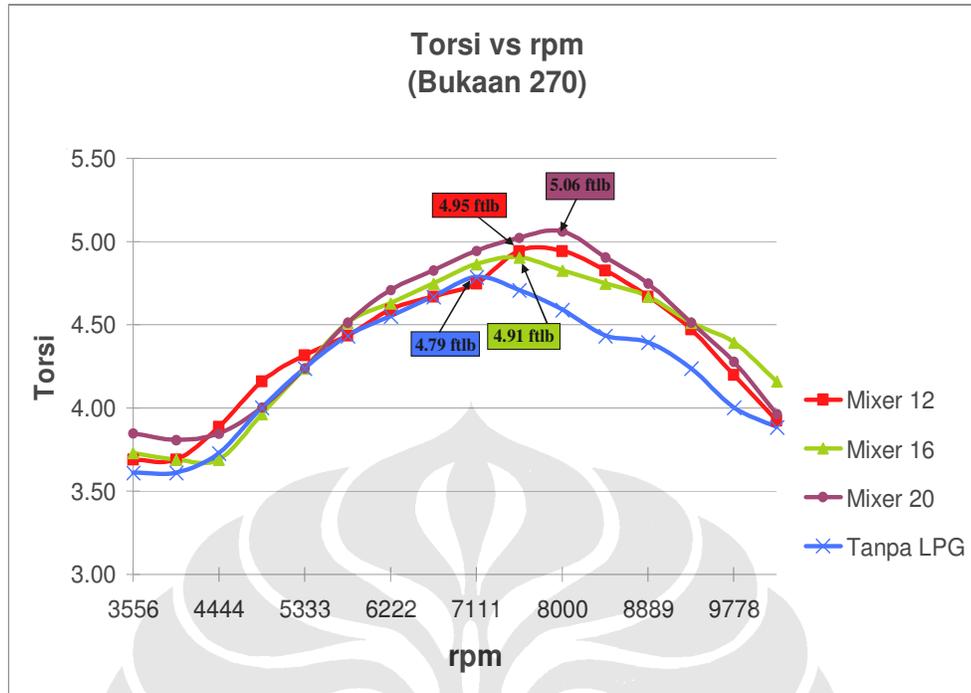
Dari grafik di atas, terlihat bahwa daya yang dihasilkan oleh motor dengan penambahan LPG pada bukaan 360° lebih besar daripada motor tanpa penambahan LPG. Hal tersebut membuktikan bahwa pada bukaan 360°, gas dan udara telah bercampur baik yang menyebabkan pembakaran dalam ruang bakar mesin meningkat sehingga menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan motor tanpa penambahan LPG dan motor dengan penggunaan *venturi mixer* pada bukaan 180° dan 270°. Daya yang paling besar dihasilkan oleh *venturi mixer* 16 lubang yaitu sebesar 8.5 HP, sedangkan pada *venturi mixer* 12 dan 20 lubang diperoleh daya sebesar 8.0 HP dan 8.0 HP. Hal ini dapat dikarenakan AFR pada *venturi mixer* 16 lubang lebih baik dari pada *venturi mixer* 12 dan 20 lubang

Analisis perbandingan Torsi



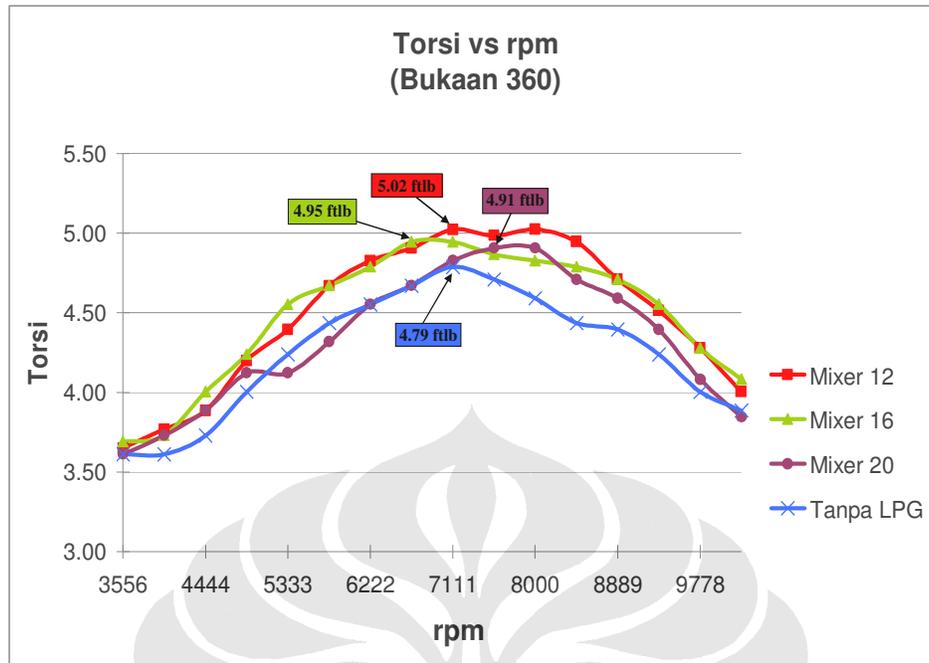
Gambar 5.10 Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 180°

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa pada bukaan katup 180° motor tanpa penambahan LPG masih memiliki torsi mesin yang lebih besar dibandingkan dengan motor dengan penambahan LPG. Hal ini berarti bahwa bukaan katup 180° memberi pengaruh terhadap pembakaran yang terjadi di ruang bakar mesin meskipun *flowrate* gas nya masih sedikit dibandingkan dengan bukaan katup 270° dan 360° , sehingga gas yang masuk masih sedikit dan menyebabkan pencampurannya dengan udara belum merata. Namun jika dilihat perbandingan antar venturi *mixer* terlihat bahwa torsi mesin maksimum terjadi di venturi *mixer* 12 lubang yaitu 5.14 ft lb, sedangkan pada venturi *mixer* 16 lubang dan 20 lubang masing – masing bernilai 4.95 ft lb dan 5.06 ft lb.



Gambar 5.11 Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 270°

Grafik perbandingan torsi diatas memperlihatkan pola yang hampir sama dengan grafik perbandingan daya pada bukaan 270°. Torsi yang diperoleh oleh motor dengan penggunaan *venturi mixer* pada semua lubang lebih tinggi dari motor tanpa penambahan LPG. Hal ini membuktikan bahwa penambahan gas berpengaruh pada peningkatan torsi yang didapatkan. Dari grafik di atas terlihat torsi terbesar dicapai pada penggunaan *venturi mixer* 20 lubang yaitu 5.06 ftlb. Hal ini sama saja dengan grafik perbandingan daya mesin pada bukaan 270° karena laju kenaikan daya dan torsi adalah berbanding lurus karena di pengaruhi oleh hal yang sama yaitu AFR.

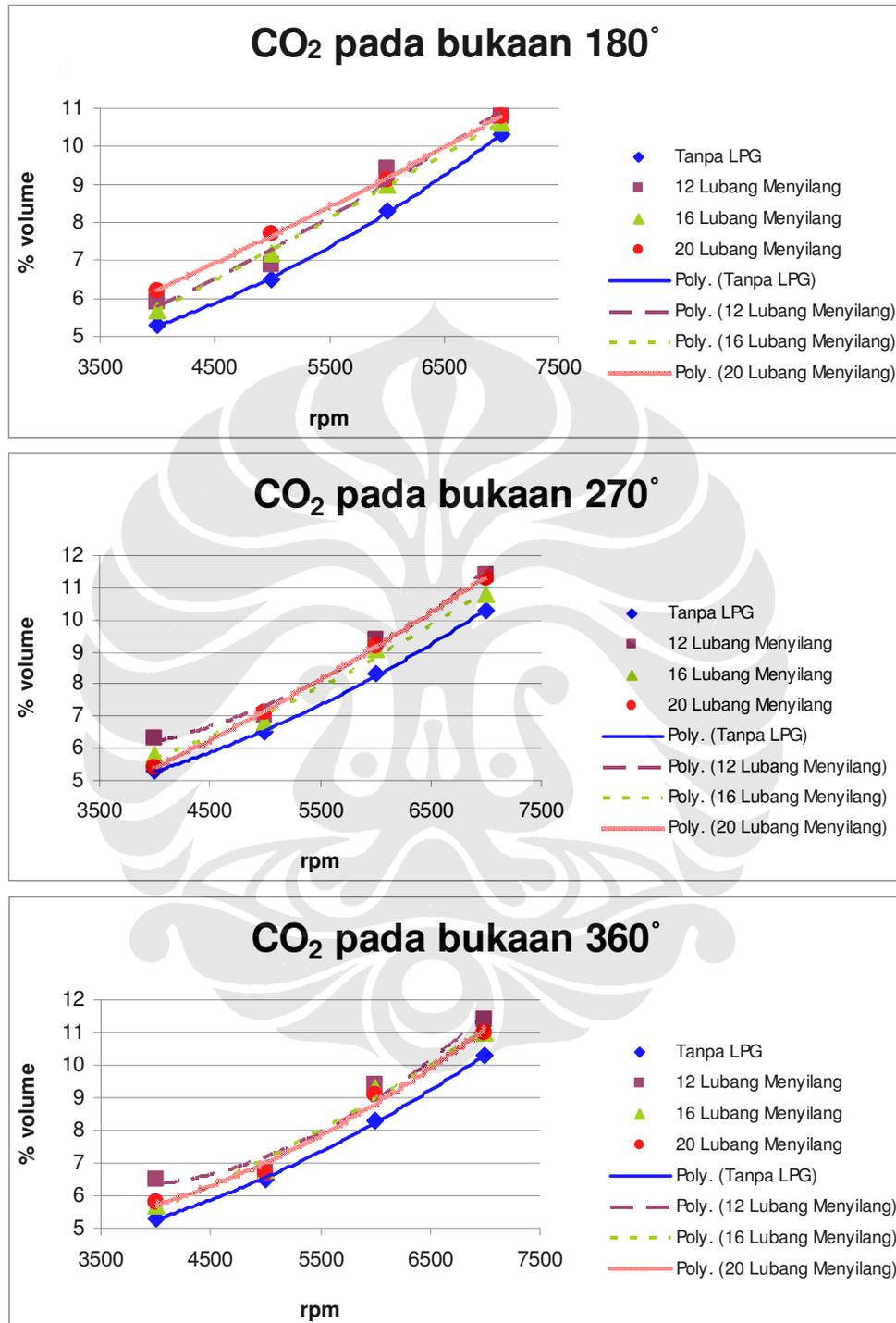


Gambar 5.12 Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 360°

Grafik perbandingan torsi diatas memperlihatkan pola yang hampir sama dengan grafik perbandingan daya pada bukaan 360°. Torsi yang diperoleh oleh motor dengan penggunaan *venturi mixer* pada semua lubang lebih tinggi dari motor tanpa penambahan LPG. Hal ini membuktikan bahwa penambahan gas berpengaruh pada peningkatan torsi yang didapatkan. Dari grafik di atas terlihat torsi terbesar dicapai pada penggunaan *venturi mixer* 12 lubang yaitu 5.02 ftlb. Hal ini sama saja dengan grafik perbandingan daya mesin pada bukaan 360° karena laju kenaikan daya dan torsi adalah berbanding lurus karena di pengaruhi oleh hal yang sama yaitu AFR.

5.3.2 Analisis Emisi Gas Buang

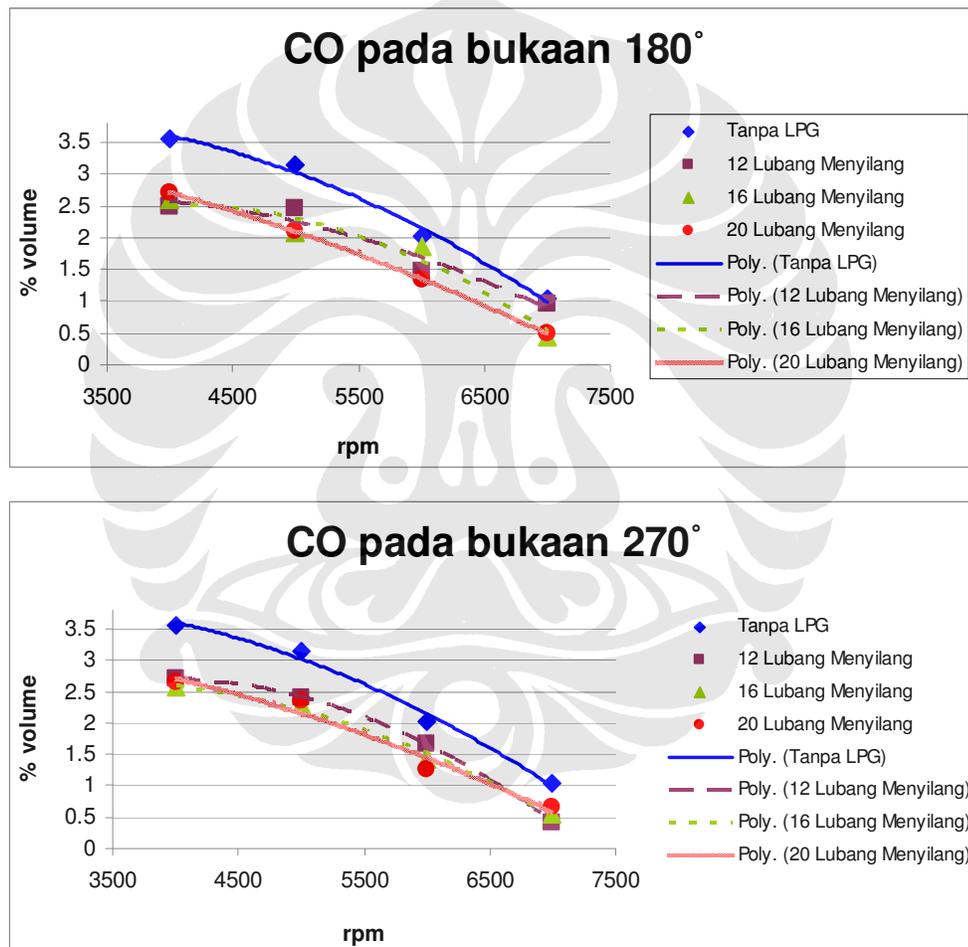
5.3.2.1 Analisis kadar CO₂ (karbon dioksida)

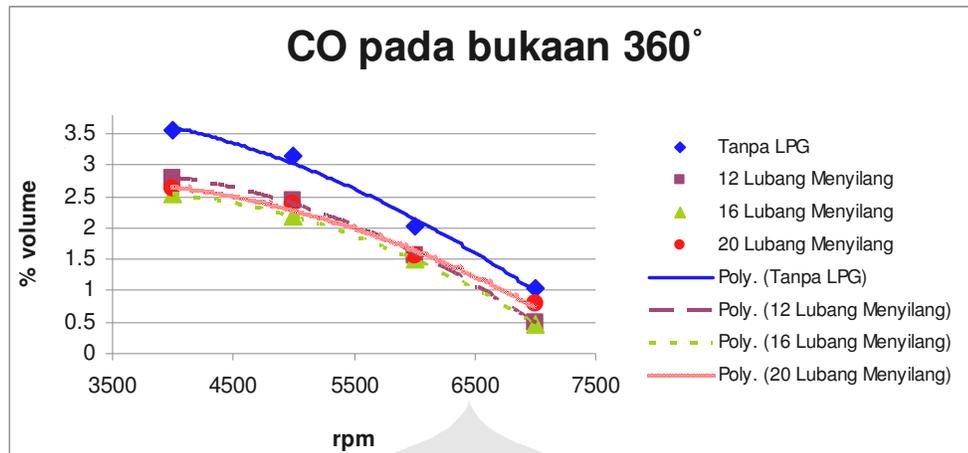


Gambar 5.13 Perbandingan CO₂ antar venturi mixer

Gambar 5.13 diatas memperlihatkan perbandingan kadar CO₂ pada gas buang antara kondisi tanpa LPG dan kondisi dengan penambahan LPG dari ketiga jenis *venturi mixer* dengan variasi jumlah lubang dengan bukaan katupnya masing-masing yang menunjukkan hasil optimal dari tiap *venturi mixer* yang digunakan. Penambahan LPG memberikan pengaruh yang baik terhadap pembakaran. Hal ini dapat dilihat berdasarkan peningkatan CO₂ pada gas buang dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG.

5.3.2.2 Analisis kadar CO (carbon monoksida)



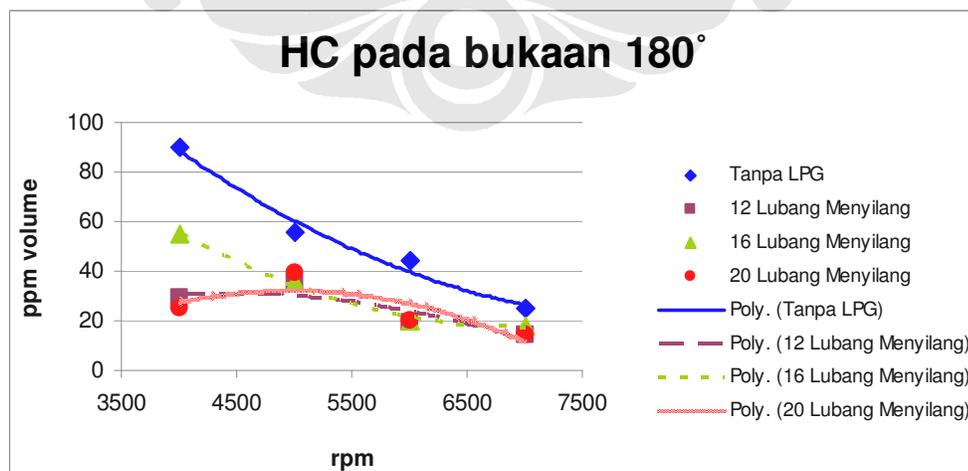


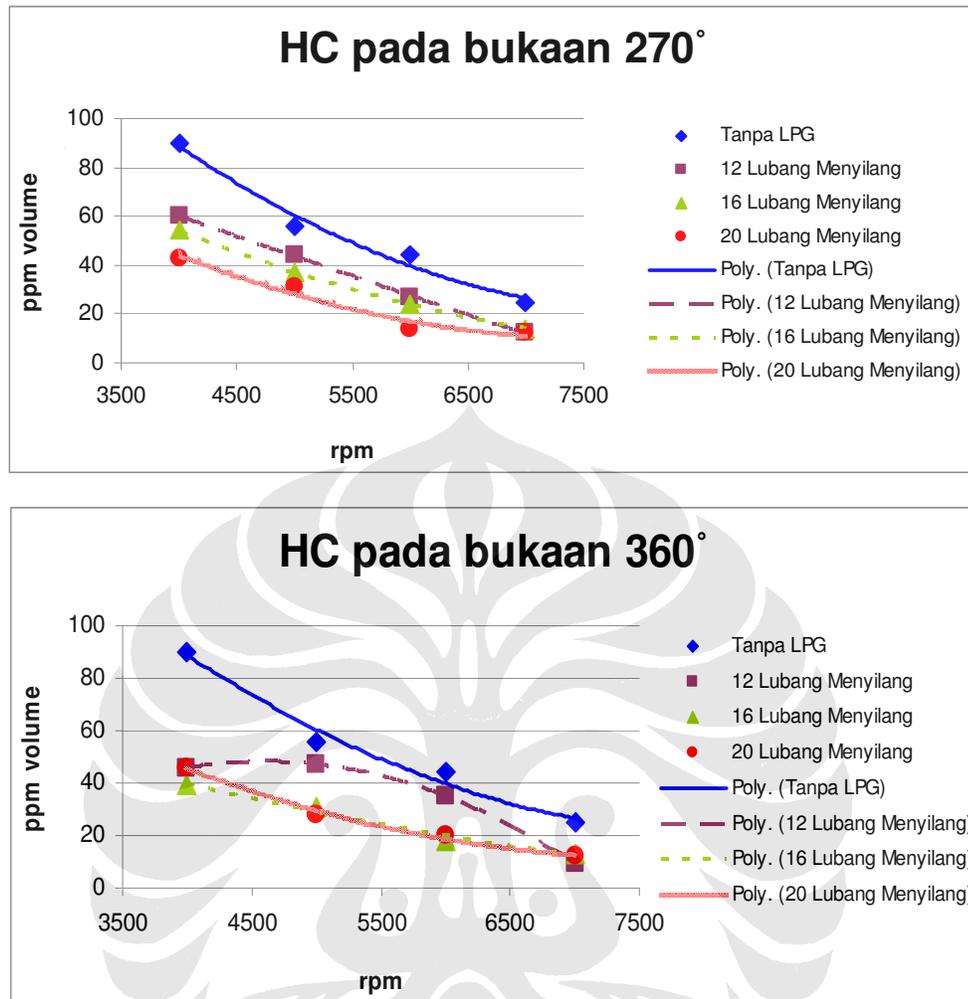
Gambar 5.14 Perbandingan CO antar venturi *mixer*

Gambar 5.14 diatas memperlihatkan perbandingan kadar CO pada gas buang antara kondisi tanpa LPG dan kondisi dengan penambahan LPG dari ketiga jenis *venturi mixer* dengan variasi jumlah lubang dengan bukaan katupnya masing-masing yang menunjukkan hasil optimal dari tiap *venturi mixer* yang digunakan.

Terlihat bahwa pada semua jenis *venturi mixer* kadar CO pada emisi sepeda motor dengan penambahan LPG mengalami penurunan untuk keadaan semua bukaan. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan LPG maka pembakaran yang terjadi akan semakin baik sehingga menurunkan kadar CO sesuai dengan teori.

5.3.2.3 Analisis kadar HC (hydrocarbon)

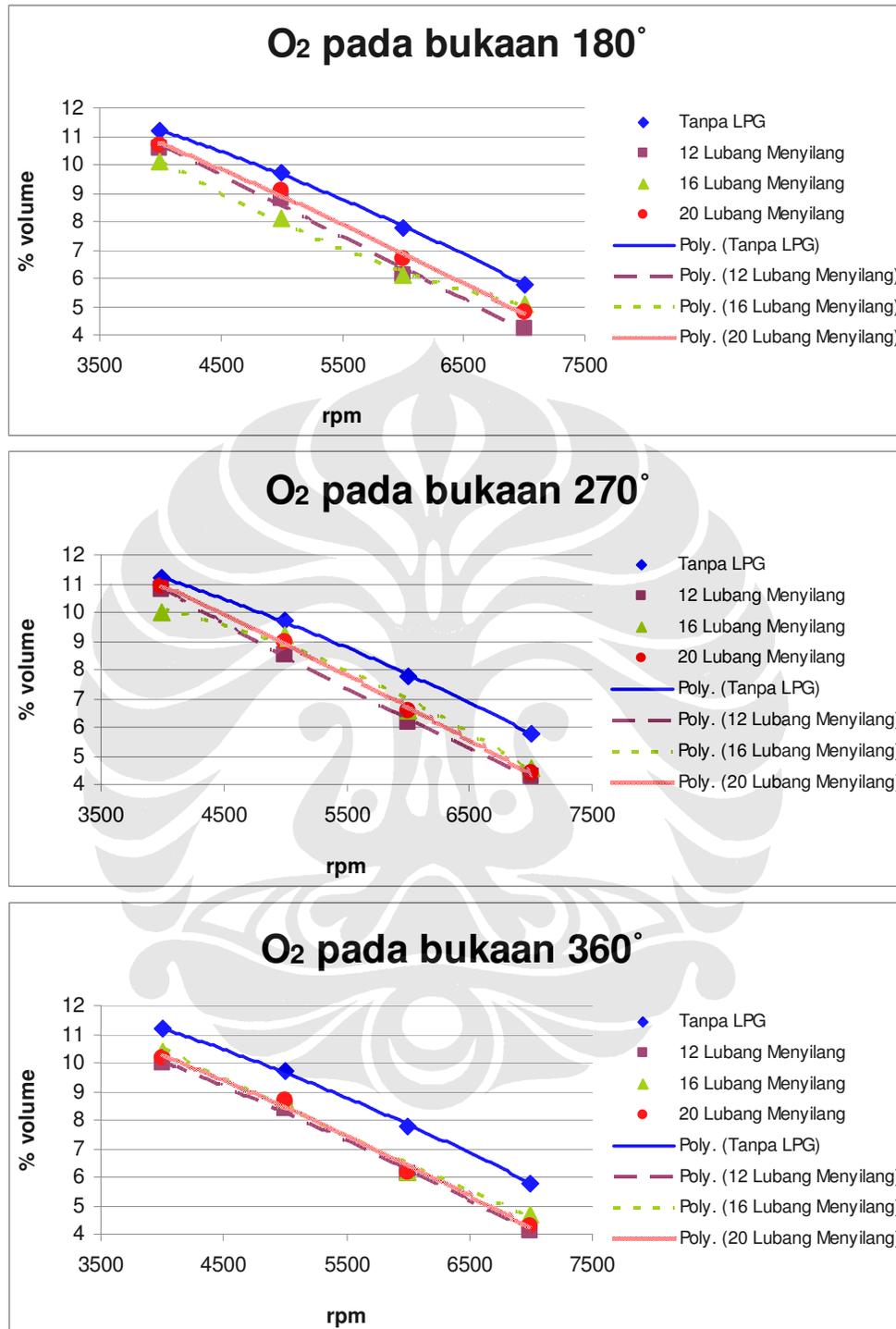




Gambar 5.15 Perbandingan HC antar venturi *mixer*

Pada **gambar 5.15** terlihat bahwa dengan melakukan penambahan LPG pada semua jenis venturi mixer yang diujikan dan semua bukaan katup, kandungan hidrokarbon yang terbentuk cenderung berada dibawah kondisi pada saat motor tidak mengalami penambahan LPG. Kondisi ini sesuai dengan teori bahwa untuk pencapaian gas buang yang ideal, kandungan hidrokarbon yang terdapat dalam gas buang harus mengalami penurunan. Dengan penambahan LPG yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dan lebih mudah terbakar karena sifatnya yang lebih mudah menguap dibandingkan bensin, membuat kualitas pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih baik.

5.3.2.4 Analisis kadar O₂ (oksigen)



Gambar 5.16 Perbandingan O₂ antar venturi *mixer*

Kadar O_2 menandakan bahwa tingkat penggunaan udara (oksigen) dalam proses pembakaran, semakin rendah kadar O_2 semakin banyak udara yang dipergunakan untuk proses pembakaran yang berarti pembakaran yang terjadi semakin baik, namun sebaliknya jika kadar O_2 tinggi maka banyak udara masuk yang tidak dipergunakan pada proses pembakaran yang berarti reaksi pembakaran kurang sempurna dan akan menghasilkan CO (karbon monoksida) pada gas buang, yang seharusnya menjadi CO_2 .

Dari **gambar 5.16** dapat terlihat bahwa dengan penambahan LPG untuk semua mixer pada semua bukaan, kadar O_2 yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG. Hal ini menunjukkan dengan penambahan LPG maka pembakaran yang terjadi semakin mendekati sempurna.

