

## BAB 4 PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA

Penelitian dilakukan untuk meninjau prestasi mesin 4 langkah yang mengalami penambahan bahan bakar berupa gas LPG. Penambahan bahan bakar tambahan ini diharapkan akan meningkatkan akselerasi, prestasi mesin dan juga mengurangi emisi yang di hasilakan mesin tersebut.

### 4.1 PERHITUNGAN KONSUMSI LPG

Percobaan untuk mengetahui laju aliran massa LPG dilakukan dengan memasang instalasi sistem penginjeksian LPG mada motor uji. Dengan alat bantu berupa timbangan digital merek AND tipe EK-2000i dan stopwatch, dengan variasi bukaan katup regulator kompor sebesar 180<sup>0</sup>, 270<sup>0</sup>, dan 360<sup>0</sup>. 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:

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

**Tabel 4.1** Konsumsi LPG Pada Bukaan Katup Regulator 180<sup>0</sup> Untuk Venturi  
*Mixer 20 Lubang*

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	Laju Aliran (gr/s)
0 - 23	2132	14.00	0.609	0.0065666
23 - 46	2211	14.40	0.626	0.0065129
46 - 69	2156	13.42	0.583	0.0062245
69 - 92	2150	11.78	0.512	0.0054791
92 - 115	2166	12.42	0.540	0.0057341
Total	10815	66.02		0.0305171
Rata-rata	2163	13.20		0.0061034

**Tabel 4.2** Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 270<sup>0</sup> Untuk Venturi*Mixer 20 Lubang*

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	Laju Aliran (gr/s)
0 - 23	2207	24.21	1.053	0.0109696
23 - 46	2211	25.56	1.111	0.0115604
46 - 69	2169	24.73	1.075	0.0114016
69 - 92	2180	25.19	1.095	0.0115550
92 - 115	2146	26.67	1.160	0.0124278
Total	10913	126.36		0.0579144
Rata-rata	2182.6	25.27		0.0115829

**Tabel 4.3** Konsumsi LPG Pada Bukaannya Katup Regulator 360<sup>0</sup> Untuk Venturi*Mixer 20 Lubang*

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata-rata (gr/km)	Laju Aliran (gr/s)
0 - 23	2141	30.52	1.327	0.0142550
23 - 46	2232	30.53	1.327	0.0136783
46 - 69	2150	30.55	1.328	0.0142093
69 - 92	2240	30.61	1.331	0.0136652
92 - 115	2156	30.45	1.324	0.0141234
Total	10919	152.66		0.0699312
Rata-rata	2183.8	30.53		0.0139862

#### 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<sup>0</sup>, 270<sup>0</sup>, dan 360<sup>0</sup>. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Konsumsi Bahan Bakar Tanpa Campuran LPG Untuk Venturi *Mixer 20*  
Lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata-rata (km/L)	Laju Aliran (L/s)
0 - 23	2270	0.557	41.29	0.0002454
23 - 46	2208	0.600	38.33	0.0002717
46 - 69	2158	0.513	44.83	0.0002377
69 - 92	2232	0.543	42.36	0.0002433
92 - 115	2187	0.575	40.00	0.0002629
Total	11055	2.788		0.0012610
Rata-rata	2211	0.558		0.0002522

**Tabel 4.5** Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambah LPG Dengan Buka  
Katup 180<sup>0</sup> Untuk Venturi *Mixer 20* Lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata-rata (km/L)	Laju Aliran (L/s)
0 - 23	2132	0.432	53.24	0.0002026
23 - 46	2211	0.437	52.63	0.0001976
46 - 69	2156	0.423	54.37	0.0001962
69 - 92	2150	0.412	55.83	0.0001916
92 - 115	2166	0.428	53.74	0.0001976
Total	10815	2.132		0.0009857
Rata-rata	2163	0.426		0.0001971

**Tabel 4.6** Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambah LPG Dengan Buka  
Katup 270<sup>0</sup> Untuk Venturi *Mixer 20* Lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata-rata (km/L)	Laju Aliran (L/s)
0 - 23	2207	0.395	58.23	0.0001790
23 - 46	2211	0.400	57.50	0.0001809
46 - 69	2169	0.389	59.13	0.0001793
69 - 92	2180	0.402	57.21	0.0001844
92 - 115	2146	0.392	58.67	0.0001827
Total	10913	1.978		0.0009063
Rata-rata	2182.6	0.396		0.0001813

**Tabel 4.7** Konsumsi Bahan Bakar Dengan Tambahkan LPG Dengan Bukaannya Katup 360<sup>0</sup> Untuk Venturi *Mixer* 20 Lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata-rata (km/L)	Laju Aliran (L/s)
0 - 23	2141	0.380	60.53	0.0001775
23 - 46	2232	0.378	60.85	0.0001694
46 - 69	2150	0.375	61.33	0.0001744
69 - 92	2240	0.384	59.90	0.0001714
92 - 115	2156	0.392	58.67	0.0001818
Total	10919	1.909		0.0008745
Rata-rata	2183.8	0.382		0.0001749

#### 4.3 PERHITUNGAN BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION (BSFC)

*Specific Fuel Consumption* (SFC) merupakan parameter yang biasa digunakan pada motor pembakaran dalam untuk menggambarkan pemakaian bahan bakar. *Specific Fuel Consumption* didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran massa bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan (output). Dapat pula dikatakan bahwa *Specific Fuel Consumption* (SFC) menyatakan seberapa efisien bahan bakar yang disuplai ke mesin untuk dijadikan daya output. Satuan dalam Sistem Internasional (SI) adalah kg/kWh. SFC disebut *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC) jika menggunakan *brake horse power*, dan jika menggunakan *indicated power* maka disebut *Indicated Specific Fuel Consumption* (ISFC). Nilai SFC yang rendah mengindikasikan pemakaian bahan bakar yang irit, oleh sebab itu, nilai SFC yang rendah sangat diinginkan untuk mencapai efisiensi bahan bakar. *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC) juga merupakan suatu parameter yang tepat untuk mengukur efisiensi thermal dan juga untuk membandingkan kinerja mesin.

Untuk penghitungan *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC) dibutuhkan penghitungan parameter-parameter sebagai berikut :

##### a) Daya Keluaran / Brake Horse Power (BHP)

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

$$\text{Torsi} = F \cdot r \quad ; \text{ dengan } \quad F = \text{tractive effort (lb)}$$

$$r = \text{lengan momen} = 0,03925 \text{ ft}$$

$$\text{Torsi}_{\text{TANPA LPG}} = 108. 0,03925 = 4.23 \text{ ft/lbs}$$

$$\text{Torsi}_{180^{\circ}} = 116. 0,03925 = 4.55 \text{ ft/lbs}$$

$$\text{Torsi}_{270^{\circ}} = 121. 0,03925 = 4.74 \text{ ft/lbs}$$

$$\text{Torsi}_{360^{\circ}} = 112. 0,03925 = 4.39 \text{ ft/lbs}$$

Akan dihasilkan BHP sebesar:

$$BHP_{\text{TANPA LPG}} = \frac{4.23 \times 9333}{5252} = 7.50 \text{ hp}$$

$$BHP_{\text{BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ}} = \frac{4.55 \times 8889}{5252} = 7.70 \text{ hp}$$

$$BHP_{\text{BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ}} = \frac{4.74 \times 8889}{5252} = 8.00 \text{ hp}$$

$$BHP_{\text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ}} = \frac{4.39 \times 9333}{5252} = 7.80 \text{ hp}$$

**Tabel 4.8** BHP tanpa LPG

RPM (RPM)	Torsi (ftlb)	BHP (HP)
3556	3.61	2.40
4000	3.61	2.70
4444	3.73	3.10
4889	4.00	3.70
5333	4.24	4.30
5778	4.44	4.90
6222	4.55	5.40
6667	4.67	5.90
7111	4.79	6.50
7556	4.71	6.80
8000	4.59	7.00
8444	4.44	7.00
8889	4.40	7.40
9333	4.24	7.50
9778	4.00	7.40
10222	3.89	7.50

**Tabel 4.9** BHP penambahan LPG bukaan katup 180°

RPM ( RPM )	Torsi ( ftlb )	BHP ( HP )
3556	3.30	2.20
4000	3.26	2.50
4444	3.73	3.10
4889	4.04	3.80
5333	4.36	4.40
5778	4.59	5.10
6222	4.83	5.70
6667	4.87	6.20
7111	4.98	6.80
7556	5.46	7.30
8000	4.95	7.50
8444	4.75	7.60
8889	4.55	7.70
9333	4.20	7.50
9778	3.93	7.30

**Tabel 4.10** BHP penambahan LPG bukaan katup 270°

RPM ( RPM )	Torsi ( ftlb )	BHP ( HP )
3556	3.85	2.60
4000	3.81	2.90
4444	3.85	3.20
4889	4.00	3.70
5333	4.24	4.30
5778	4.51	4.90
6222	4.71	5.60
6667	4.83	6.10
7111	4.95	6.70
7556	5.02	7.20
8000	5.06	7.70
8444	4.91	7.90
8889	4.75	8.00
9333	4.51	8.00
9778	4.28	7.90
10222	3.96	7.70

**Tabel 4.11** BHP penambahan LPG bukaan katup 360°

RPM ( RPM )	Torsi ( ftlb )	BHP ( HP )
3556	3.61	2.40
4000	3.73	2.80
4444	3.89	3.30
4889	4.12	3.80
5333	4.12	4.20
5778	4.32	4.70
6222	4.55	5.40
6667	4.67	5.90
7111	4.83	6.50
7556	4.91	7.00
8000	4.91	7.50
8444	4.71	7.60
8889	4.59	7.70
9333	4.40	7.80
9778	4.08	7.60
10222	3.85	7.50

**b) Pertamax**

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

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

sehingga

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ TANPA LPG} = 0.0002522 \times 3600 = 0.9709 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^o = 0.0001971 \times 3600 = 0.7097 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^o = 0.0001813 \times 3600 = 0.6525 \text{ L/h}$$

$$m_{f_{bensin}}^o \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^o = 0.0001749 \times 3600 = 0.6296 \text{ L/h}$$

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

$$BSFC = \frac{\overset{o}{m}_f^{ben\ sin}}{BHP} \times \rho_f \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana  $\rho_{f\ ben\ sin}$  = massa jenis bensin = 742.5 gr/L

sehingga :

$$BSFC_{TANPA\ LPG} = \frac{0.9709}{7.50} \times 742.5 = 96.119\ \text{gr/hp.h}$$

$$BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 180^0} = \frac{0.7097}{7.70} \times 742.5 = 68.262$$

gr/hp.h

$$BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 270^0} = \frac{0.6525}{8.00} \times 742.5 = 60.560\ \text{gr/hp.h}$$

$$BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 360^0} = \frac{0.6296}{7.80} \times 742.5 = 59.933\ \text{gr/hp.h}$$

**c) Liquid Petroleum Gas (LPG)**

$$\overset{o}{m}_f^{gas} = \frac{FC \cdot 3600}{\rho_{LPG}} \quad (\text{L/h})$$

sehingga didapat nilai FC LPG sebesar:

$$\overset{o}{m}_f^{gas\ 180^0} = \frac{0.006134 \cdot 3600}{600,02} = 0.03662\ \text{L/h}$$

$$\overset{o}{m}_f^{gas\ 270^0} = \frac{0.0115829 \cdot 3600}{600,02} = 0.06949\ \text{L/h}$$

$$\overset{o}{m}_f^{gas\ 360^0} = \frac{0.0139862 \cdot 3600}{600,02} = 0.08391\ \text{L/h}$$

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{\overset{o}{m}_f^{gas}}{BHP} \times \rho_{f\ gas} \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana  $\rho_f$  = massa jenis LPG = 600.02 gr/L



sehingga :

$$BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 180}^0 = \frac{0.03662}{7.70} \times 600.02 = 2.85 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 270}^0 = \frac{0.06949}{8.00} \times 600.02 = 5.21 \text{ gr/hp.h}$$

$$BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 360}^0 = \frac{0.08391}{7.80} \times 600.02 = 6.45 \text{ gr/hp.h}$$

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

$$m_f = \frac{m_{f\ ben\ sin}^o \times \rho_{ben\ sin}^o}{3600 \times 1000} + \frac{m_{f\ LPG}^o \times \rho_{LPG}^o}{3600 \times 1000}$$

$$m_f^o_{TANPA\ LPG} = \frac{0.9707 \times 742.5}{3600 \times 1000} = 2.00 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$m_f^o_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 180} = \frac{0.7097 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.03662 \times 600.02}{3600 \times 1000} = (1.46 + 0.0610) \times 10^{-4} = 1.521 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$m_f^o_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 270} = \frac{0.6525 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.06949 \times 600.02}{3600 \times 1000} = (1.35 + 0.116) \times 10^{-4} = 1.466 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$m_f^o_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 360} = \frac{0.6296 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.08391 \times 600.02}{3600 \times 1000} = (1.30 + 0.140) \times 10^{-4} = 1.440 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

- laju aliran massa udara

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

$$\dot{m}_a \text{ TANPA LPG} = 14.1 \times 2.00 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 28.20 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^\circ = 14.2 \times 1.521 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 21.59 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^\circ = 13.1 \times 1.466 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 19.20 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^\circ = 13.0 \times 1.440 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 18.72 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

Sehingga laju aliran massa yang melewati *intake* adalah :

$$\begin{aligned} \dot{m}_i \text{ TANPA LPG} &= \dot{m}_f \text{ TANPA LPG} + \dot{m}_a \text{ TANPA LPG} \\ &= 2.00 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 28.20 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 30.20 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_i \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^\circ &= \dot{m}_f \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^\circ + \dot{m}_a \text{ BUKAAN KATUP LPG } 180^\circ \\ &= 1.521 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 21.59 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 23.11 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_i \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^\circ &= \dot{m}_f \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^\circ + \dot{m}_a \text{ BUKAAN KATUP LPG } 270^\circ \\ &= 1.466 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 19.20 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 20.67 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_i \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^\circ &= \dot{m}_f \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^\circ + \dot{m}_a \text{ BUKAAN KATUP LPG } 360^\circ \\ &= 1.440 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 18.72 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \\ &= 20.16 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

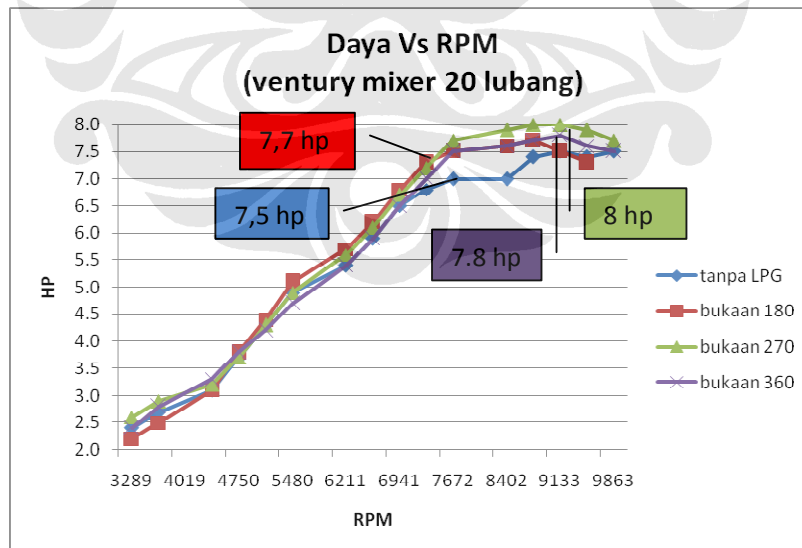
## BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 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 dynodinamics* ini, sehingga hasil data yang didapat bisa dikatakan merupakan hasil prestasi mesin yang sesungguhnya.

#### 5.1.1 Analisis perbandingan daya 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.



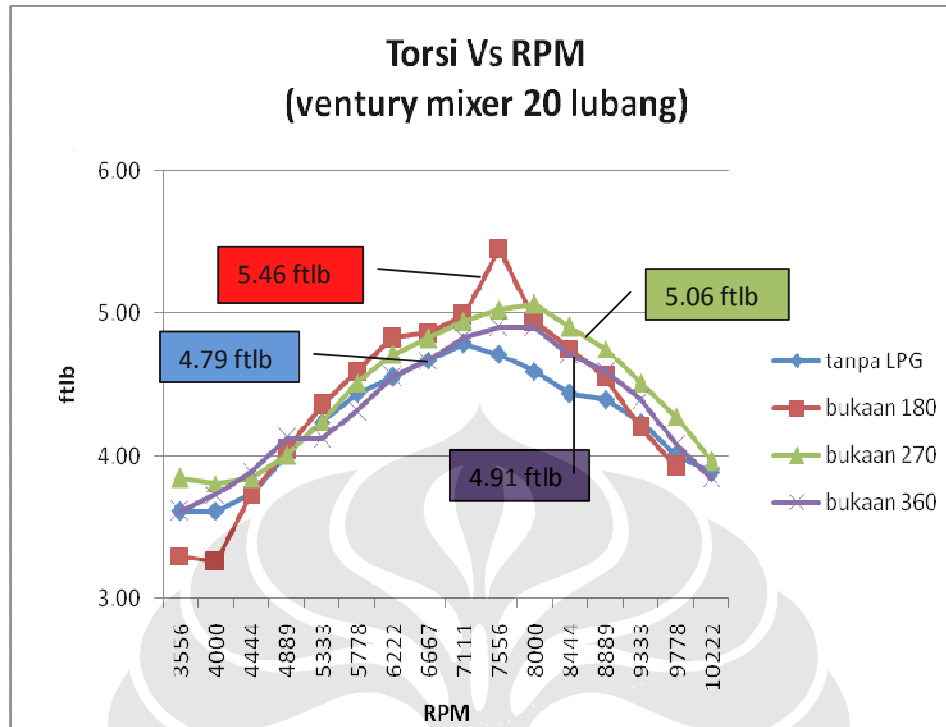
Gambar 5.1 Grafik perbandingan daya terhadap putaran mesin

Pada **Gambar 5.1** terlihat jelas bahwa terjadi peningkatan daya maksimum mesin antara pada saat tidak menggunakan LPG dengan pada saat menggunakan LPG yang menggunakan venturi mixer menyilang, baik itu pada bukaan  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  dan  $360^\circ$ . Pada saat tidak ditambahkan LPG keluaran daya maksimum mesin hanya sebesar 7,5 hp pada putaran 9333 rpm dan 10222 rpm. Sedangkan pada saat ditambahkan LPG terjadi peningkatan daya maksimum yakni pada bukaan  $180^\circ$  di dapat daya maksimum sebesar 7,7 hp pada putaran 8889 rpm, pada bukaan  $270^\circ$  daya maksimum yang dihasilkan sebesar 8 hp pada putaran 8889 rpm dan 9333 rpm, dan pada bukaan  $360^\circ$  daya maksimum yang dihasilkan sebesar 7,8 hp pada putaran 9333 rpm.

Peningkatan daya maksimum yang terjadai dapat dipahami 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. Pembakaran yang lebih baik berdampak pada daya keluaran yang dihasilkan menjadi lebih besar

### **5.1.2. Analisa Perbandingan Torsi Mesin**

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 dynamometer untuk menahan gaya yang dihasilkan oleh roda. Sehingga besarnya Torsi yang dihasilkan oleh roller akan sama dengan torsi yang dihasilkan oleh roda.



**Gambar 5.2** Grafik perbandingan torsi terhadap putaran mesin

Pada **Gambar 5.2** terlihat jelas bahwa terjadi peningkatan torsi maksimum mesin antara pada saat tidak menggunakan LPG dengan pada saat menggunakan LPG yang menggunakan venturi mixer menyilang, baik itu pada bukaan  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  dan  $360^\circ$ . Pada saat tidak ditambahkan LPG keluaran torsi maksimum mesin hanya sebesar 4,79 ftlb pada putaran 7111 rpm. Sedangkan pada saat ditambahkan LPG terjadi peningkatan torsi maksimum, yakni pada bukaan  $180^\circ$  di dapat torsi maksimum sebesar 5,46 ftlb pada putaran 7556 rpm, pada bukaan  $270^\circ$  torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 5,06 hp pada putaran 8000 rpm, dan pada bukaan  $360^\circ$  torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 4,91 hp pada putaran 8000 rpm.

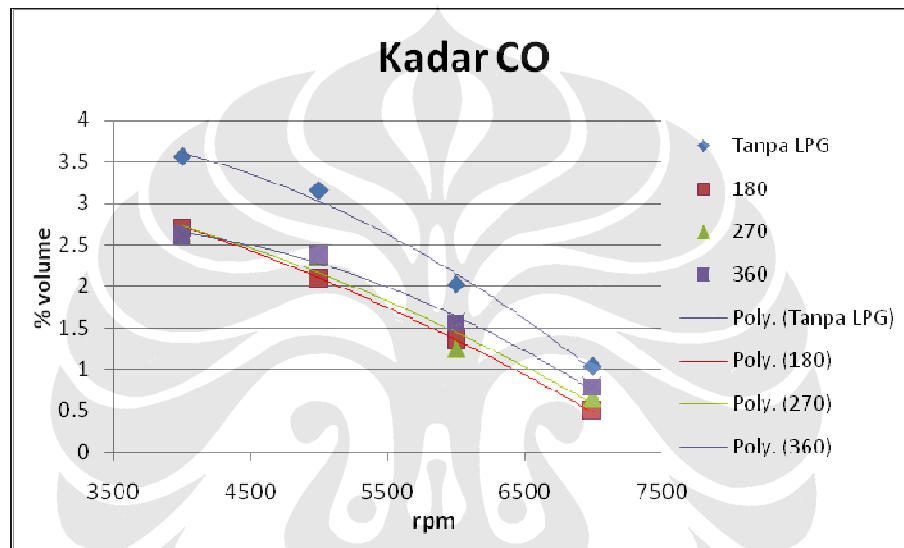
Peningkatan torsi maksimum yang terjadi dapat dipahami karena saat penambahan LPG diharapkan pembakaran didalam ruang bakar terjadi lebih cepat karena LPG memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dan didalam ruang bakar LPG akan terbakar lebih dulu dibandingkan bensin karena LPG berbentuk gas sehingga cepat bercampur dengan udara dibandingkan bensin yang berbentuk cair dan

butuh pengabutan yang baik didalam karburator. Pembakaran yang lebih baik berdampak pada torsi keluaran yang dihasilkan menjadi lebih besar

## 5.2. ANALISIS EMISI GAS BUANG

Kandungan emisi gas buang berupa  $\text{CO}_2$ , HC, dan CO akan dianalisa pada tinjauan kali ini. Alat yang digunakan untuk mengetahui kondisi kadar gas buang ini adalah *gas analyzer*.

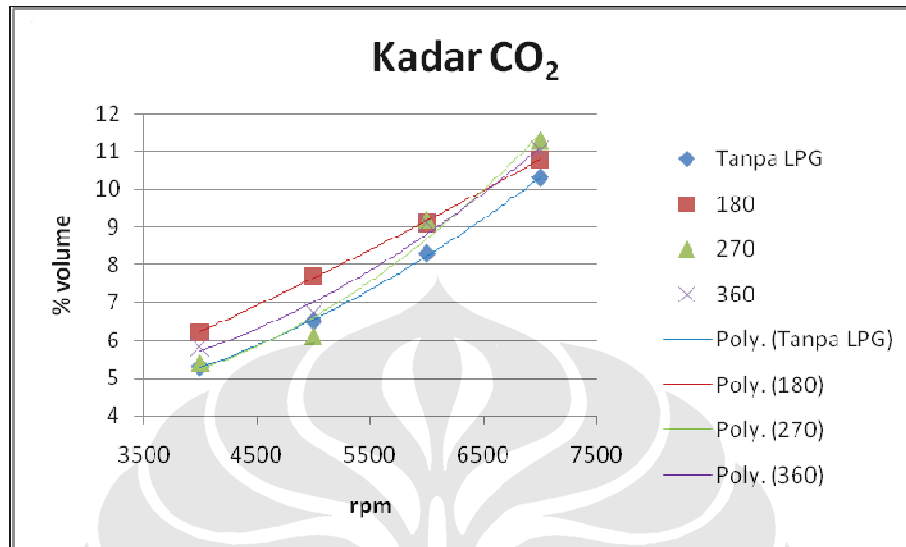
### 5.2.1. Analisa Kadar CO (Carbon Monoksida)



**Gambar 5.3** 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 seimbangnya jumlah udara pada rasio udara-bahan bakar (AFR). Pada **gambar 5.3** 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.

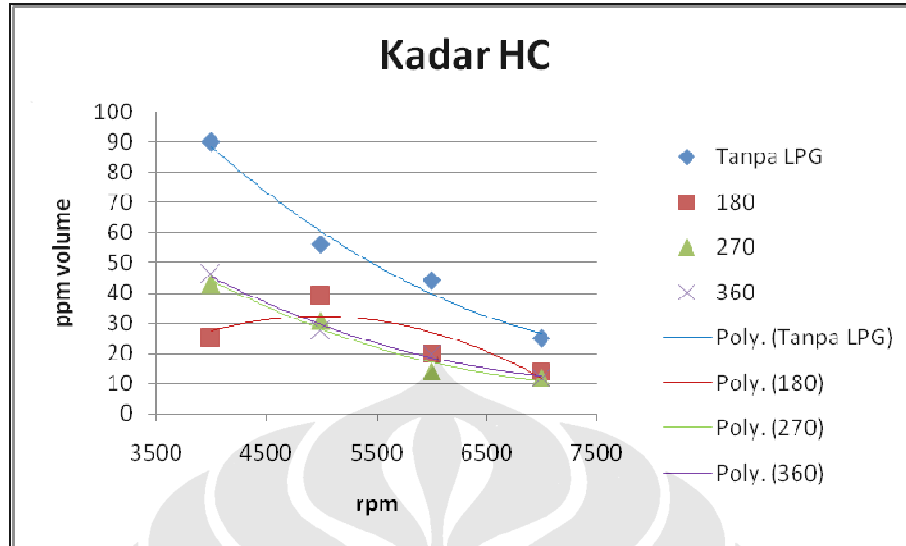
### 5.2.2. Analisa Kadar CO<sub>2</sub> (Carbon Dioksida)



**Gambar 5.4** Grafik Perbandingan Kadar CO<sub>2</sub> Dalam Gas Buang

Kadar CO<sub>2</sub> dalam gas buang menandakan kesempurnaan pembakaran yang terjadi pada ruang bakar. Semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub>, maka pembakaran yang terjadi semakin mendekati sempurna dan sebaliknya jika kadar CO<sub>2</sub> dalam gas buang rendah maka pembakaran yang terjadi semakin jauh dari sempurna. Pada **gambar 5.4** terlihat bahwa kadar CO<sub>2</sub> bahwa hampir di setiap bukaan katup dan pada setiap putaran lebih tinggi pada saat penambahan LPG dibandingkan dengan pada saat tidak ditambah LPG . Fakta tersebut berarti sesuai dengan teori yang seharusnya terjadi, bahwa penambahan LPG akan menyebabkan pembakaran menjadi semakin mendekati sempurna. Sehingga akan meningkatkan kadar CO<sub>2</sub> dalam gas buang..

### 5.2.3. Analisa Kadar HC (Hydrocarbon)



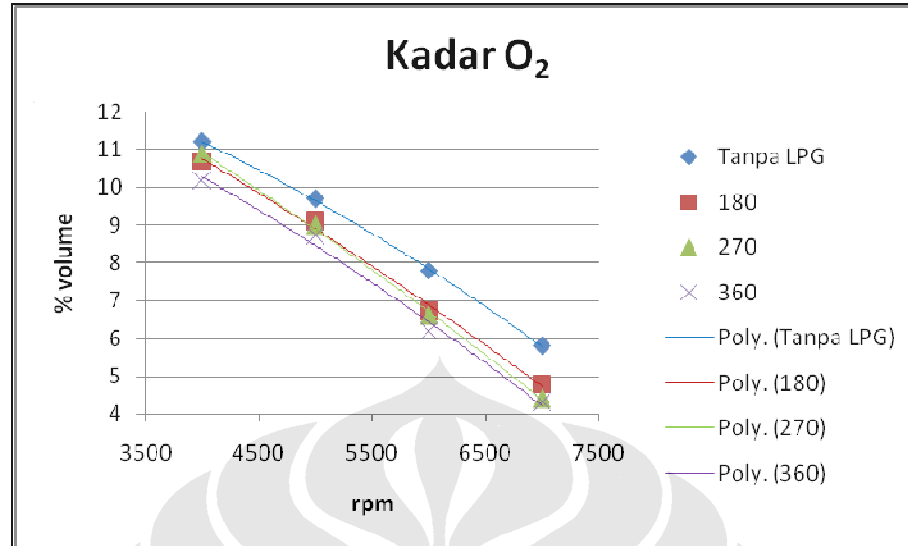
**Gambar 5.5** Grafik Perbandingan Kadar HC Dalam Gas Buang

Pada **gambar 5.5** terlihat bahwa dengan melakukan penambahan LPG, kandungan hidrokarbon yang terbentuk cenderung berada diatas kondisi pada saat motor tidak mengalami penambahan LPG. Kondisi ini dapat terjadi karena disebabkan rasio udara dan bahan bakar yang tidak seimbang. Seharusnya sesuai dengan teori bahwa untuk pencapaian gas buang yang ideal, kandungan hidrokarbon yang terdapat dalam gas buang harus mengalami penurunan.

Dari grafik diatas, nilai HC mengalami penurunan jikadibandingkan dengan tanpa 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. Analisa kadar O<sub>2</sub> (oksigen)



**Gambar 5.6** Grafik Perbandingan Kadar O<sub>2</sub> Dalam Gas Buang

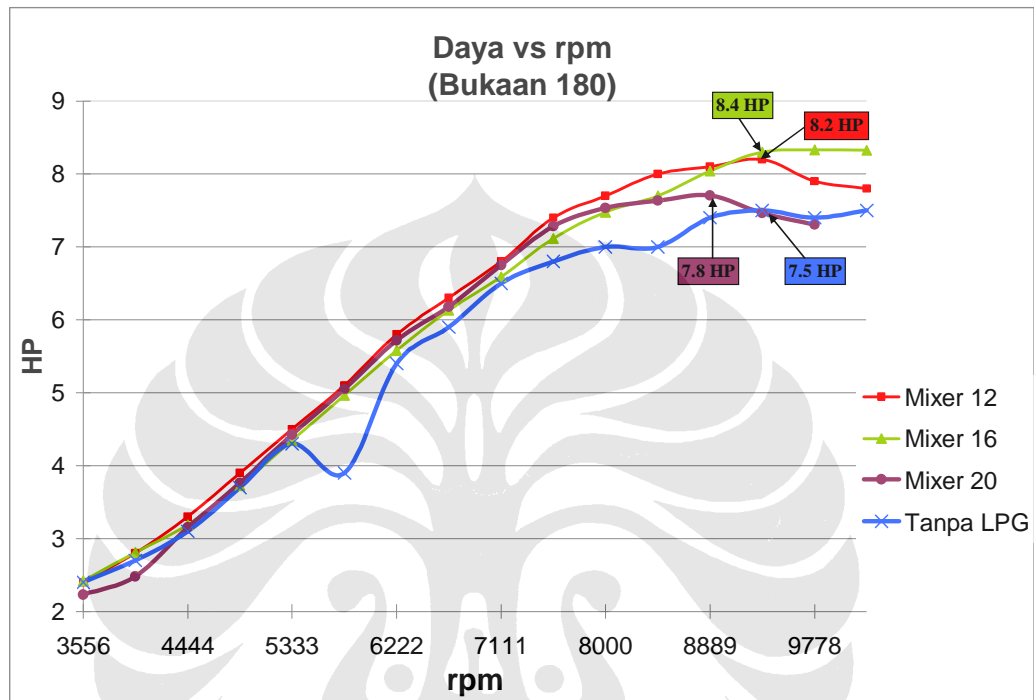
Kadar O<sub>2</sub> menandakan bahwa tingkat penggunaan udara (oksigen) dalam proses pembakaran, semakin rendah kadar O<sub>2</sub> semakin banyak udara yang dipergunakan untuk proses pembakaran yang berarti pembakaran yang terjadi semakin baik, namun sebaliknya jika kadar O<sub>2</sub> tinggi maka banyak 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<sub>2</sub>.

Pada **Gambar 5.6** terlihat bahwa pada semua putaran dan bukaan memiliki kadar O<sub>2</sub> yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pada saat mesin tidak ditambahkan LPG. Hal ini sesuai dengan teori, dimana dengan LPG dapat membantu agar pembakaran menjadi lebih sempurna.

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

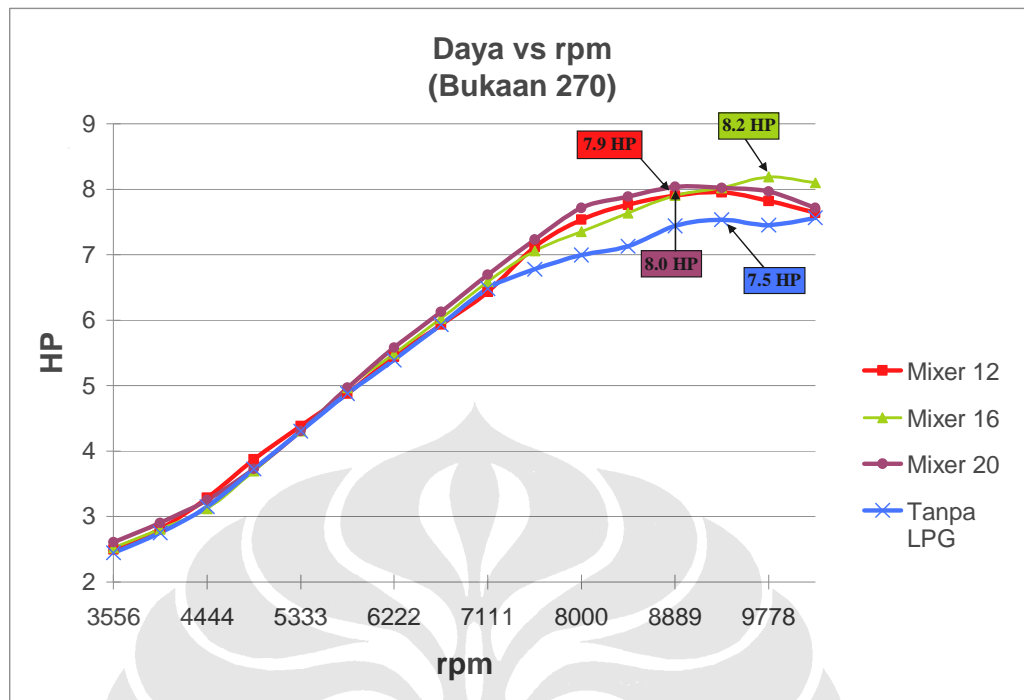
#### 5.3.1 Analisis Prestasi Mesin

##### 5.3.1.1. Analisis Perbandingan Daya Mesin



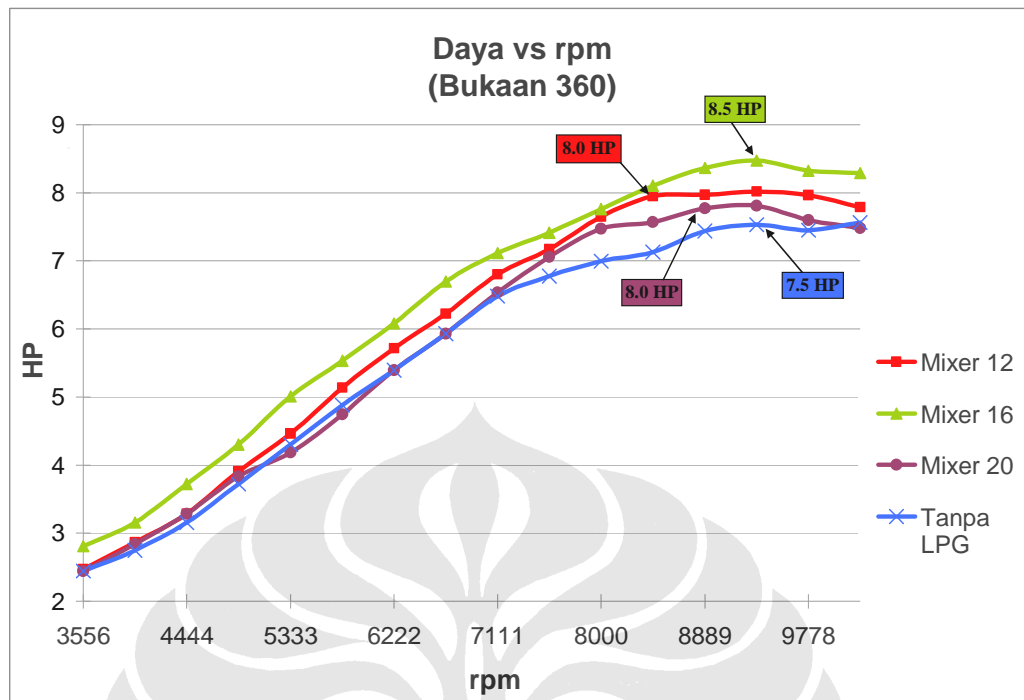
**Gambar 5.7** Grafik Perbandingan Daya Mesin Pada Bukaan Katup 180°

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 disbanding venturi *mixer* 12 lubang dan 20 lubang



**Gambar 5.8** Grafik Perbandingan Daya Mesin Pada Bukaan Katup 270°

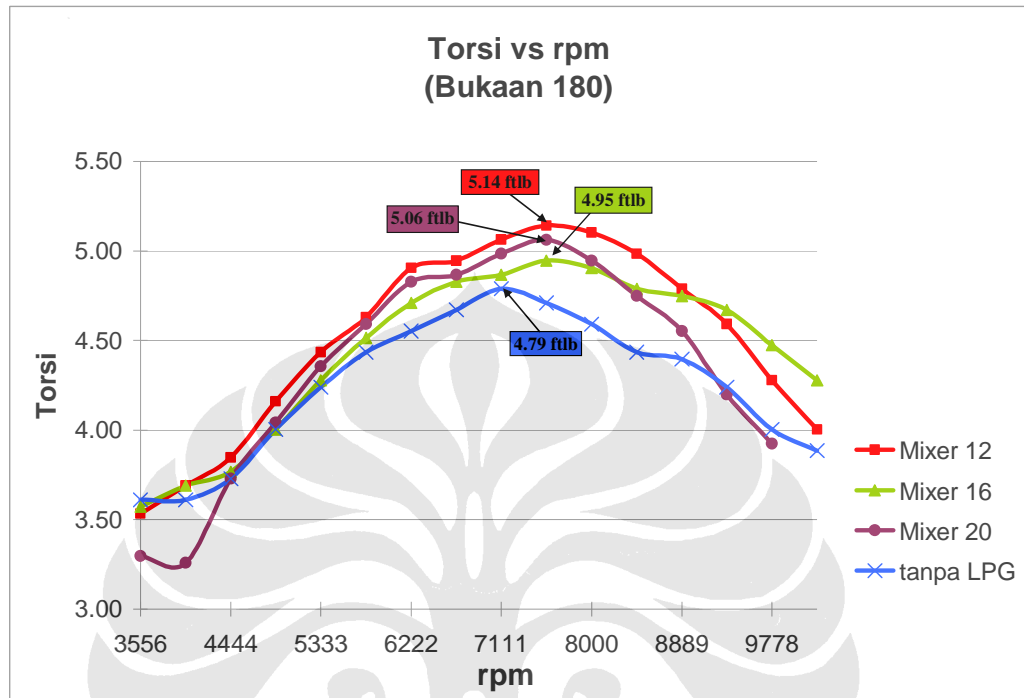
Dari grafik di atas, terlihat bahwa daya yang dihasilkan oleh motor dengan penambahan LPG pada bukaan 270° lebih besar daripada motor tanpa penambahan LPG. Hal tersebut membuktikan bahwa pada bukaan 270°, gas dan udara telah bercampur baik yang menyebabkan pembakaran dalam ruang bakar mesin meningkat 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°

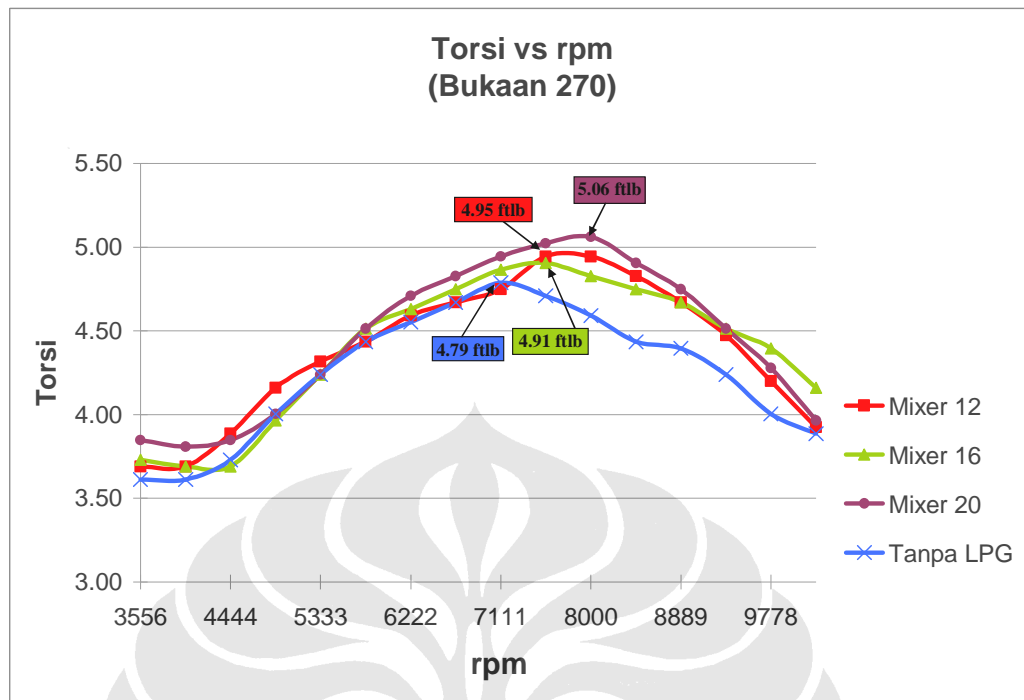
Dari grafik di atas, terlihat bahwa daya yang dihasilkan oleh motor dengan penambahan LPG pada bukaan 360° lebih besar daripada motor tanpa penambahan LPG. Hal tersebut membuktikan bahwa pada bukaan 360°, gas dan udara telah bercampur baik yang menyebabkan pembakaran dalam ruang bakar mesin meningkat 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 yaitu sebesar 14.9:1 dibanding 2 venturi mixer lainnya.

### 5.3.1.2 Analisis Terbandingan Torsi



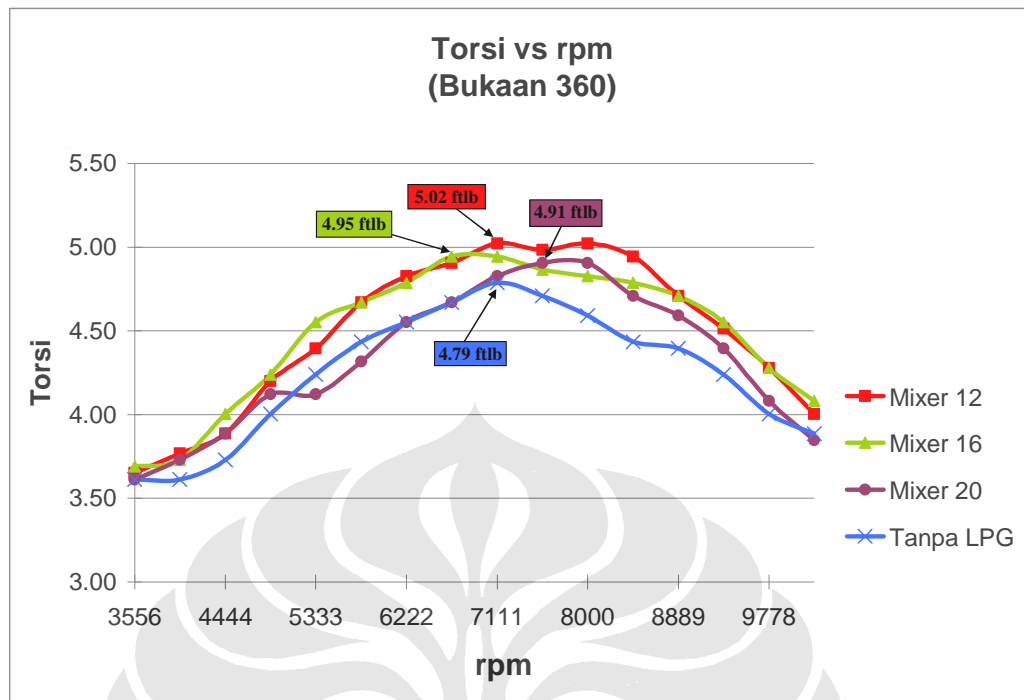
**Gambar 5.10** Grafik Perbandingan Torsi Mesin Pada Bukaan Katup 180°

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.

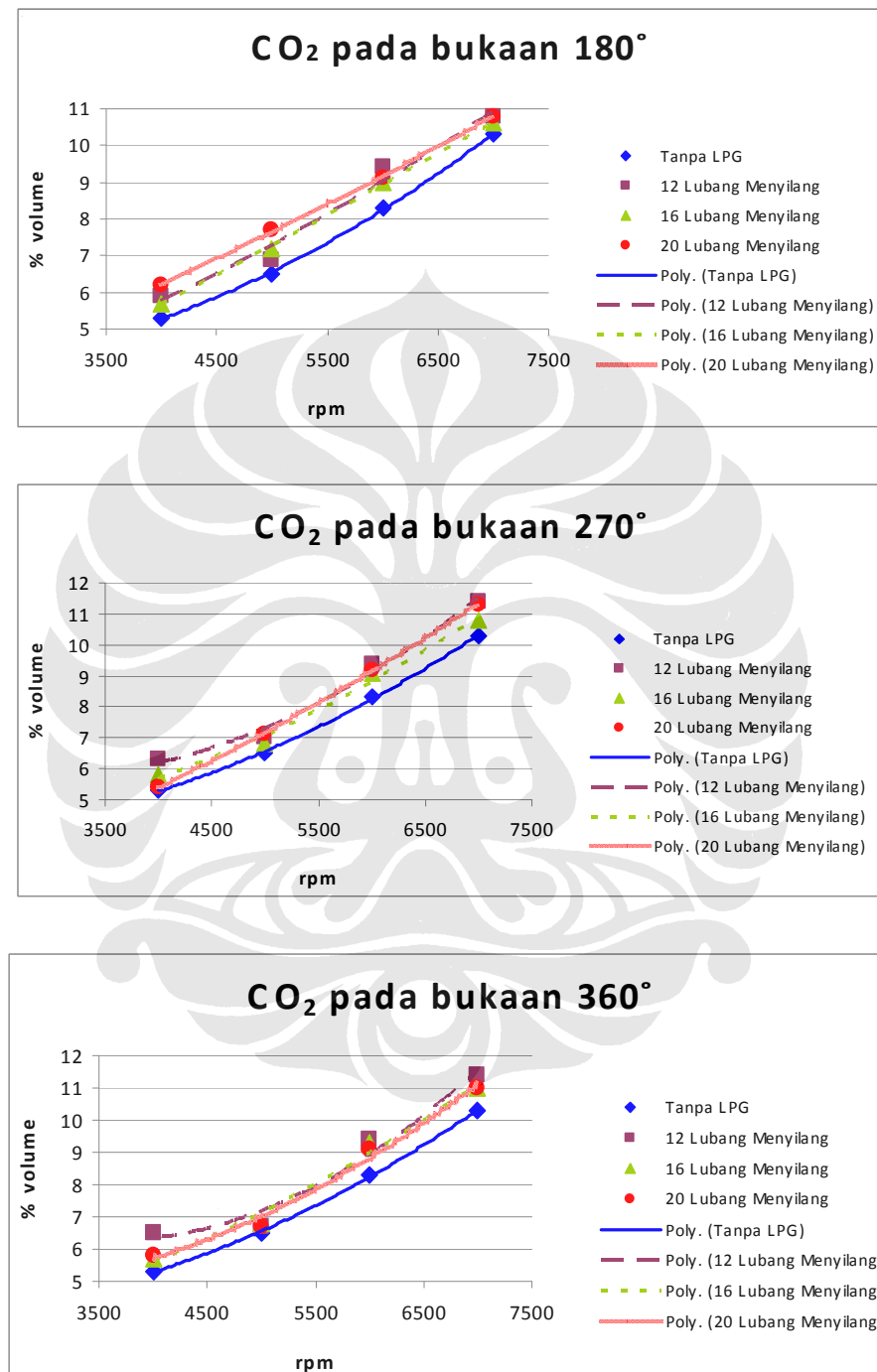


**Gambar 5.12** Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 360°

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 CO<sub>2</sub> (karbon dioksida)

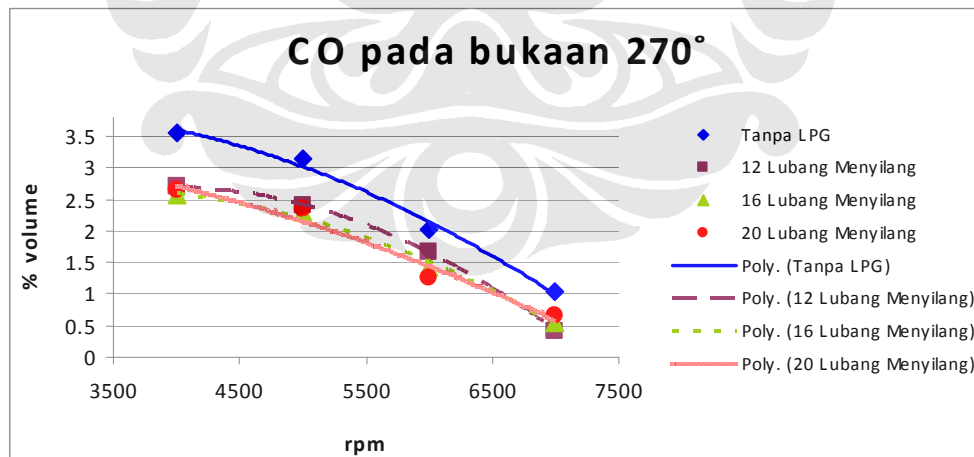
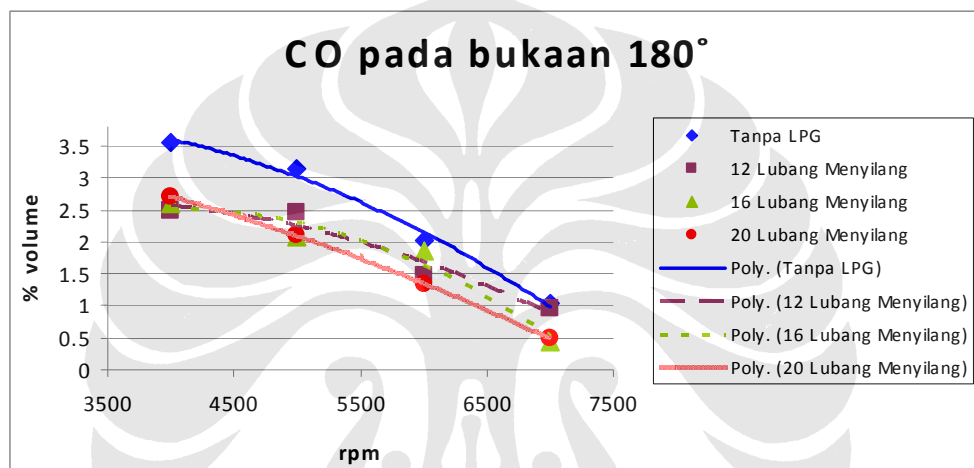


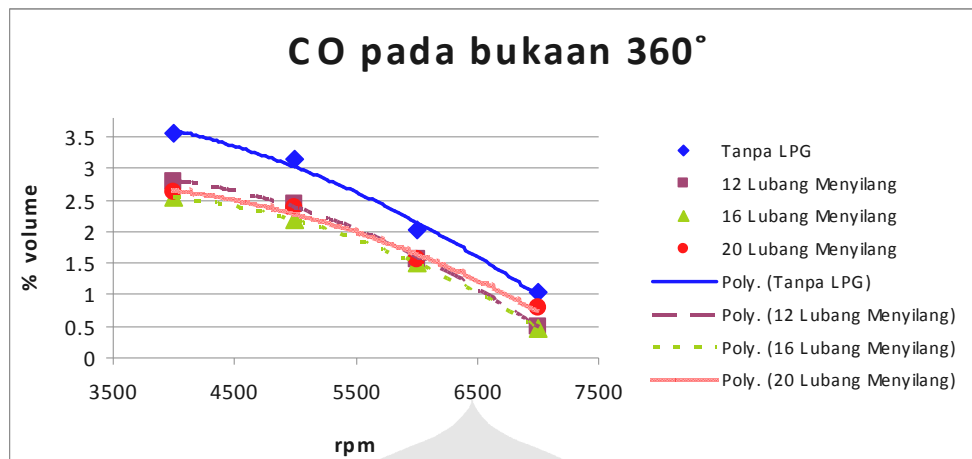
Gambar 5.13 Perbandingan CO<sub>2</sub> antar *venturi mixer*



**Gambar 5.13** diatas memperlihatkan perbandingan kadar  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  pada gas buang dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG.

### 5.3.2.2 Analisis kadar CO (carbon monoksida)



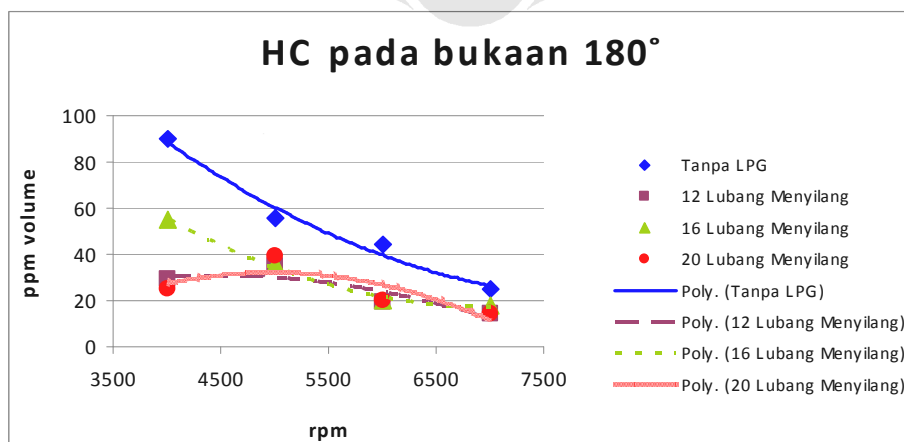


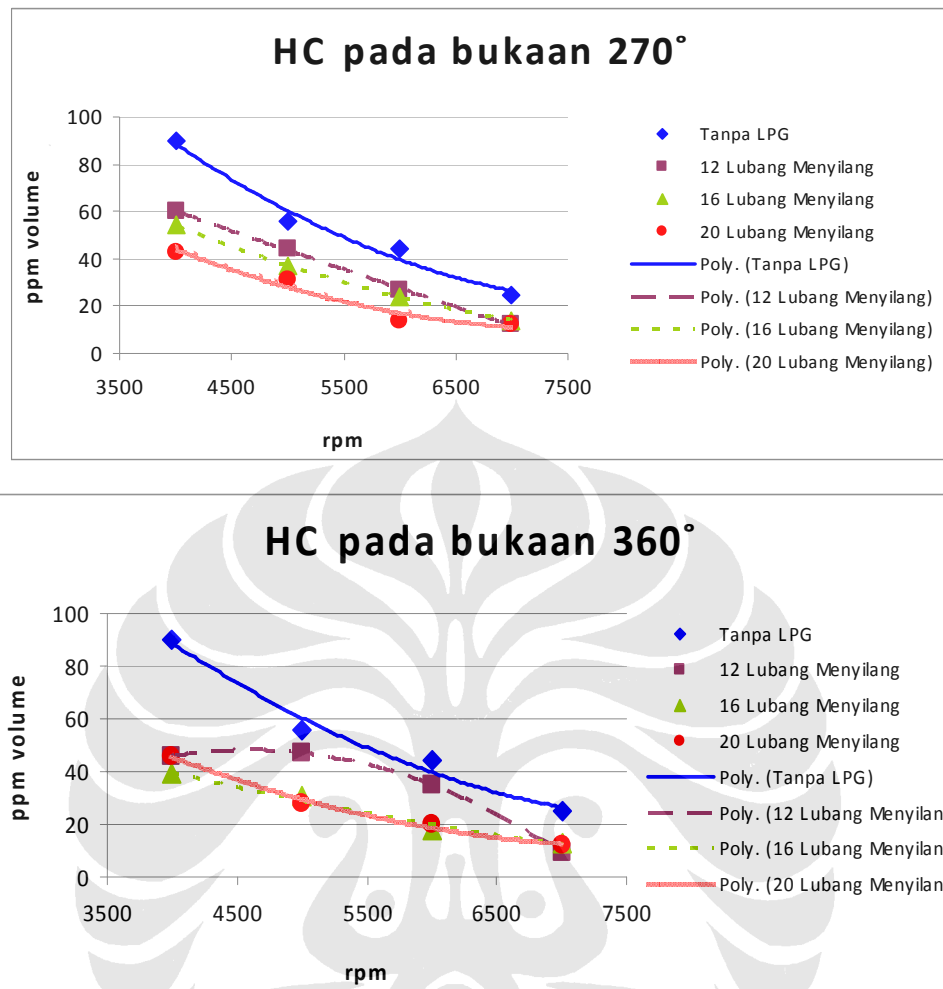
**Gambar 5.14** Perbandingan CO antar venturi *mixer*

**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)

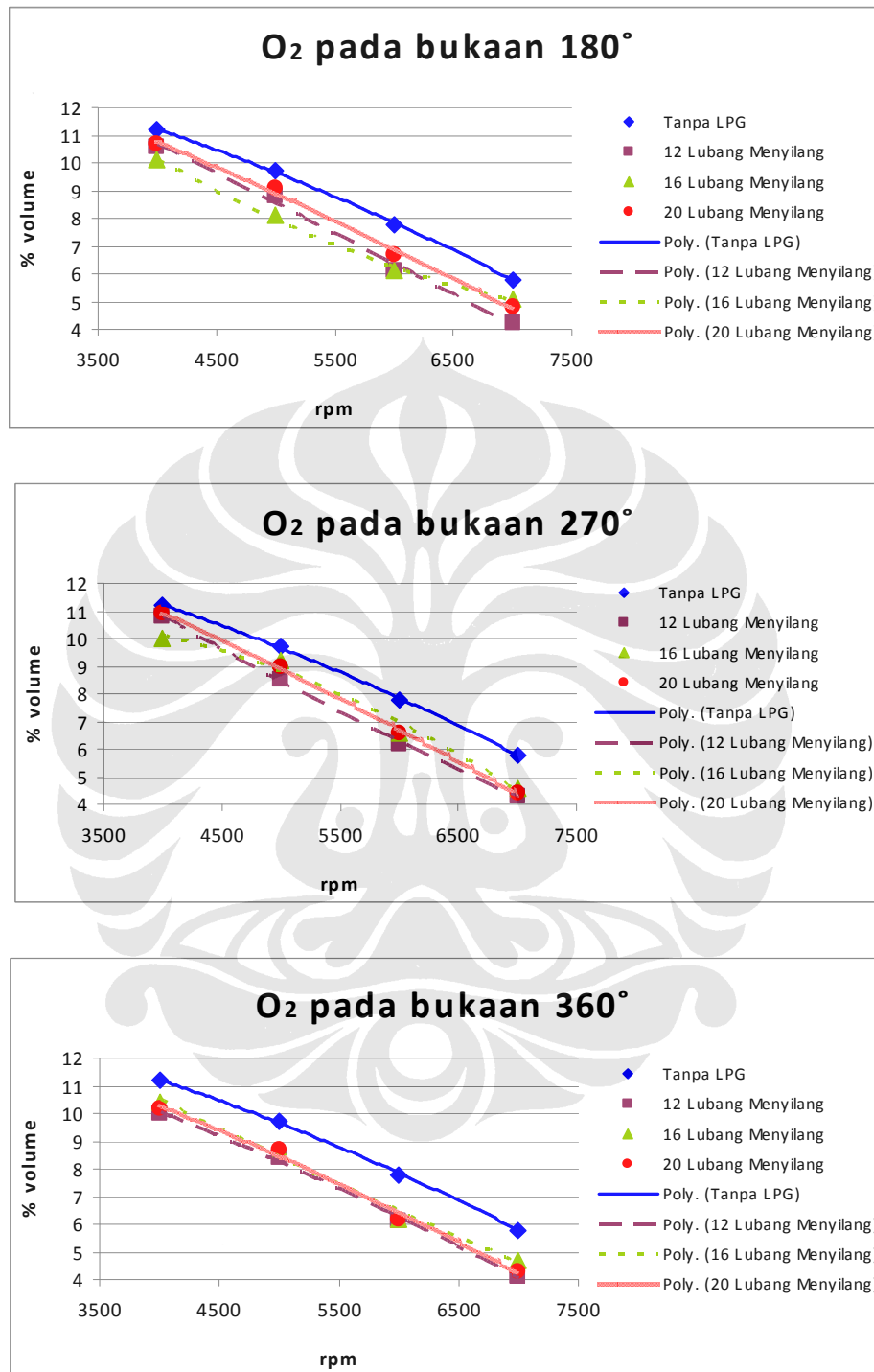




**Gambar 5.15** Perbandingan HC antar venturi *mixer*

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 O<sub>2</sub> (oksigen)



Gambar 5.16 Perbandingan O<sub>2</sub> 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.

