

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. Selain itu juga diharapkan emisi gas buang dari kendaraan juga menjadi lebih baik.

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 180^0 , 270^0 , dan 360^0 . 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:

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

Tabel IV.1 Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 180^0 untuk *venturi mixer 16 Lubang*

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata - rata (gr / km)	Konsumsi rata - rata (gr / s)
0 - 23	2168	8.78	0.381	0.00405
23 - 46	2145	8.16	0.354	0.003804
46 - 69	2146	7.2	0.313	0.003355
69 - 92	2165	7.17	0.311	0.003312
92 - 115	2186	8.2	0.356	0.003751
TOTAL	10810	39.15	1.715	0.018272

RATA - RATA	2162	7.902	0.343	0.003655
--------------------	------	-------	-------	----------

Tabel IV.2 Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 270⁰ untuk venturi
mixer 16 lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata – rata (gr / km)	Konsumsi rata – rata (gr / s)
0 – 23	2122	28.75	1.25	0.013549
23 – 46	2125	26.6	1.156	0.012518
46 – 69	2179	29.43	1.28	0.013506
69 – 92	2153	28.81	1.252	0.013381
92 - 115	2201	27.35	1.189	0.012426
TOTAL	10780	140.94	6.127	0.065
RATA - RATA	2156	28.188	28.188	0.013074

Tabel IV.3 Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 360⁰ untuk venturi
mixer 16 lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (gr)	Konsumsi rata – rata (gr / km)	Konsumsi rata – rata (gr / s)
0 – 23	2201	41.78	1.816	0.018982
23 – 46	2202	41.45	1.802	0.018824
46 – 69	2127	40.25	1.75	0.018923
69 – 92	2136	43.39	1.886	0.020314
92 - 115	2248	42.3	1.839	0.018817
TOTAL	10914	209.17	9.093	0.09586
RATA - RATA	2042.6	41.834	1.818	0.019165

4.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Proses pengambilan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan uji unjuk kerja jalan sepeda motor. Data-data yang diambil adalah kondisi kerja motor tanpa penambahan LPG dan dengan penambahan LPG pada tiga variasi bukaan katup, 180⁰, 270⁰, dan 360⁰. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel IV.4 Konsumsi bahan bakar tanpa campuran LPG

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata – rata (km / L)	Konsumsi rata – rata (L / s)
0 – 23	2270	557	41.292	0.000245
23 – 46	2208	600	38.334	0.000271
46 – 69	2158	513	44.834	0.000237
69 – 92	2232	543	42.357	0.000243
92 - 115	2187	575	40	0.000262
TOTAL	11055	2788	187.301	0.001258
RATA - RATA	2211	557.6	41.363	0.000252

Tabel IV.5 Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG pada bukaan katup 180⁰ untuk venturi *mixer* 16 lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata – rata (km / L)	Konsumsi rata – rata (L / s)
0 – 23	2168	0.402	57.213	0.000185
23 – 46	2145	0.413	55.690	0.000192
46 – 69	2146	0.361	63.711	0.000168
69 – 92	2165	0.422	54.502	0.000194
92 - 115	2186	0.394	58.375	0.000180
TOTAL	10810	1992	289.493	0.000921
RATA - RATA	2162	0.398	57.898	0.000184

Tabel IV.6 Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG pada bukaan katup 270⁰ untuk venturi *mixer* 16 lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata – rata (km / L)	Konsumsi rata – rata (L / s)
0 – 23	2122	0.400	57.5	0.000188
23 – 46	2125	0.365	63.013	0.000171
46 – 69	2179	0.360	63.888	0.000165
69 – 92	2153	0.360	61.827	0.000172
92 – 115	2201	0.372	59.431	0.000175
TOTAL	10780	1.884	305.662	0.00874

RATA – RATA	2156	0.376	61.132	0.000174
--------------------	------	-------	--------	----------

Tabel IV.7 Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG pada bukaan katup 360⁰ untuk venturi *mixer* 16 lubang

Jarak Tempuh (km)	Waktu (s)	Konsumsi (L)	Konsumsi rata – rata (km / L)	Konsumsi rata – rata (L / s)
0 – 23	2201	0.385	59.740	0.000174
23 – 46	2202	0.398	57.7889	0.000180
46 – 69	2127	0.400	57.5	0.000188
69 – 92	2136	0.378	60.846	0.000176
92 - 115	2248	0.387	59.431	0.000172
TOTAL	10914	1948	295.307	0.000892
RATA - RATA	2182.8	0.389	59.061	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 (BHP) & Torsi

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

$$Torsi = F \cdot r$$

dengan ;

F = tractive effort (lb)

r = lengan momen = ft

$$\begin{aligned} Torsi_{TANPA\ LPG} &= 123 \cdot 0,03925 = 4.00 \text{ ft/lbs} \\ Torsi_{180^{\circ}} &= 122 \cdot 0,03925 = 4.47 \text{ ft/lbs} \\ Torsi_{270^{\circ}} &= 102 \cdot 0,03925 = 4.39 \text{ ft/lbs} \\ Torsi_{360^{\circ}} &= 120 \cdot 0,03925 = 4.55 \text{ ft/lbs} \end{aligned}$$

Akan dihasilkan BHP sebesar:

- $BHP_{TANPA\ LPG} = \frac{4.00 \times 9778}{5252} = 7.45\text{ HP} \approx 7.5\text{ HP}$
- $BHP_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 180^\circ} = \frac{4.47 \times 9778}{5252} = 8.33\text{ HP} \approx 8.4\text{ HP}$
- $BHP_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 270^\circ} = \frac{4.39 \times 9778}{5252} = 8.18\text{ hp} \approx 8.2\text{ HP}$
- $BHP_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 360^\circ} = \frac{4.55 \times 9778}{5252} = 8.48\text{ hp} \approx 8.5\text{ HP}$

Tabel IV.8 BHP tanpa penambahan LPG

RPM (RPM)	Torsi (ftlb)	Power (HP)
3556	3.61	2.44
4000	3.61	2.75
4444	3.73	3.16
4889	4.00	3.73
5333	4.24	4.30
5778	4.44	4.88
6222	4.55	5.39
6667	4.67	5.93
7111	4.79	6.48
7556	4.71	6.78
8000	4.59	7.00
8444	4.44	7.13
8889	4.40	7.44
9333	4.24	7.53
9778	4.00	7.45
10222	3.89	7.56

Tabel IV.9 BHP penambahan LPG dengan venturi *mixer* 16 lubang bukaan katup 180°

RPM (RPM)	Torsi (fflb)	Power (HP)
3556	3.57	2.42
4000	3.69	2.81
4444	3.77	3.19
4889	4.00	3.73
5333	4.28	4.34
5778	4.51	4.97
6222	4.71	5.58
6667	4.83	6.13
7111	4.87	6.59
7556	4.95	7.12
8000	4.91	7.47
8444	4.79	7.70
8889	4.75	8.04
9333	4.67	8.30
9778	4.47	8.33
10222	4.28	8.33

Tabel IV.10 BHP penambahan LPG dengan venturi *mixer* 16 lubang bukaan katup 270°

RPM (RPM)	Torsi (fflb)	Power (HP)
3556	3.73	2.52
4000	3.69	2.81
4444	3.69	3.12
4889	3.96	3.69
5333	4.24	4.30
5778	4.51	4.97
6222	4.63	5.49
6667	4.75	6.03
7111	4.87	6.59
7556	4.91	7.06
8000	4.83	7.35
8444	4.75	7.64
8889	4.67	7.91
9333	4.51	8.02
9778	4.40	8.18
10222	4.16	8.10

Tabel IV.11 BHP penambahan LPG dengan venturi *mixer* 16 lubang bukaan katup 360°

RPM (RPM)	Torsi (ftlb)	Power (HP)
4000	3.69	2.81
4444	3.73	3.16
4889	4.00	3.73
5333	4.24	4.30
5778	4.55	5.01
6222	4.67	5.53
6667	4.79	6.08
7111	4.95	6.70
7556	4.95	7.12
8000	4.87	7.41
8444	4.83	7.76
8889	4.79	8.10
9333	4.71	8.37
9778	4.55	8.48
10222	4.28	8.33
10667	4.08	8.29

b) Pertamina

Laju aliran bahan bakar ($m_{f_{\text{Pertamax}}}$)

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

sehingga :

- $m_{f_{\text{pertamax}}}^{\text{TANPA LPG}} = 0.000252 \times 3600 = 0.907 \text{ L/h}$
- $m_{f_{\text{Pertamax}}}^{\text{BUKAAN KATUP LPG } 180^\circ} = 0.000184 \times 3600 = 0.642 \text{ L/h}$
- $m_{f_{\text{Pertamax}}}^{\text{BUKAAN KATUP LPG } 270^\circ} = 0.000174 \times 3600 = 0.626 \text{ L/h}$
- $m_{f_{\text{Pertamax}}}^{\text{BUKAAN KATUP LPG } 360^\circ} = 0.000178 \times 3600 = 0.640 \text{ L/h}$

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

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{BHP} \times \rho_f \quad (\text{gr/hp.h})$$

Dimana ρ_f $\rho_{f \text{ Perta max}} = 742.5 \text{ gr/L}$

Didapatkan :

- $BSFC_{TANPA \text{ LPG}} = \frac{0.907}{7.5} \times 742.5 = 89.793 \text{ gr/hp.h}$
- $BSFC_{BUKAAN \text{ KATUP LPG } 180^\circ} = \frac{0.642}{8.4} \times 742.5 = 56.748 \text{ gr/hp.h}$
- $BSFC_{BUKAAN \text{ KATUP LPG } 270^\circ} = \frac{0.626}{8.2} \times 742.5 = 56.683 \text{ gr/hp.h}$
- $BSFC_{BUKAAN \text{ KATUP LPG } 360^\circ} = \frac{0.640}{8.5} \times 742.5 = 55.905 \text{ gr/hp.h}$

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

$$\dot{m}_{f \text{ gas}} = \frac{FC \cdot 3600}{\rho_{LPG}} \quad (\text{L/h})$$

sehingga didapat nilai FC LPG sebesar:

- $\dot{m}_{f \text{ gas } 180^\circ} = \frac{0.003655 \cdot 3600}{600,02} = 0.0219 \text{ L/h}$
- $\dot{m}_{f \text{ gas } 270^\circ} = \frac{0.013074 \cdot 3600}{600,02} = 0.0784 \text{ L/h}$
- $\dot{m}_{f \text{ gas } 360^\circ} = \frac{0.019165 \cdot 3600}{600,02} = 0.115 \text{ L/h}$

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{\dot{m}_{f \text{ gas}}}{BHP} \times \rho_{f \text{ gas}} \quad (\text{gr/hp.h})$$

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

sehingga :

- $BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 180}^o = \frac{0.0219}{8.4} \times 600.02 = 1.564\ \text{gr/hp.h}$
- $BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 270}^o = \frac{0.0784}{8.2} \times 600.02 = 5.736\ \text{gr/hp.h}$
- $BSFC_{BUKAAN\ KATUP\ LPG\ 360}^o = \frac{0.115}{8.5} \times 600.02 = 8.117\ \text{gr/hp.h}$

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

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

- $\dot{m}_f^o_{\text{TANPA LPG}} = \frac{0.907 \times 742.5}{3600 \times 1000} = 1.87 \times 10^{-4}\ \text{kg/s}$
- $\dot{m}_f^o_{\text{BUKAAN KATUP LPG 180}} = \frac{0.642 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.0219 \times 600.02}{3600 \times 1000}$
 $= (1.324 + 0.0365) \times 10^{-4}$
 $= 1.36 \times 10^{-4}\ \text{kg/s}$
- $\dot{m}_f^o_{\text{BUKAAN KATUP LPG 270}} = \frac{0.626 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.0784 \times 600.02}{3600 \times 1000}$
 $= (1.29 + 0.13) \times 10^{-4}$
 $= 1.42 \times 10^{-4}\ \text{kg/s}$
- $\dot{m}_f^o_{\text{BUKAAN KATUP LPG 360}} = \frac{0.640 \times 742.5}{3600 \times 1000} + \frac{0.115 \times 600.02}{3600 \times 1000}$
 $= (1.32 + 0.19) \times 10^{-4}$
 $= 1.51 \times 10^{-4}\ \text{kg/s}$

laju aliran massa udara

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

- $\dot{m}_a^o_{\text{TANPA LPG}} = 14.3 \times 1.87 \times 10^{-4}\ \text{kg/s} = 26.7 \times 10^{-4}\ \text{kg/s}$

- $\dot{m}_a^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} = 14.6 \times 1.36 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 19.8 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $\dot{m}_a^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} = 14.9 \times 1.42 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 21.2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $\dot{m}_a^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} = 14.5 \times 1.51 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 21.9 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$

Sehingga laju aliran massa yang melewati intake adalah :

- $\dot{m}_i^{\circ} \text{TANPA LPG} = \dot{m}_f^{\circ} \text{TANPA LPG} + \dot{m}_a^{\circ} \text{TANPA LPG}$
 $= 1.87 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 26.7 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
 $= 28.57 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $\dot{m}_i^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} = \dot{m}_f^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ} + \dot{m}_a^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 180^{\circ}$
 $= 1.36 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 19.8 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
 $= 21.16 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $\dot{m}_i^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} = \dot{m}_f^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ} + \dot{m}_a^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 270^{\circ}$
 $= 1.42 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 21.2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
 $= 22.62 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $\dot{m}_i^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} = \dot{m}_f^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ} + \dot{m}_a^{\circ} \text{BUKAAN KATUP LPG } 360^{\circ}$
 $= 1.51 \times 10^{-4} \text{ kg/s} + 21.9 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
 $= 23.41 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

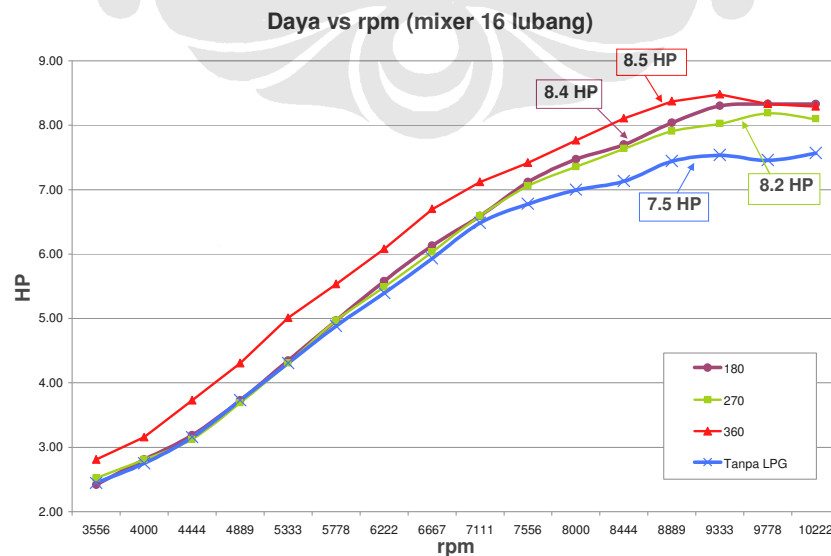
5.1 Analisis Prestasi Mesin

Dari hasil pengujian prestasi mesin menggunakan mesin *dyno* *dynodynamics* didapatkan Grafik-grafik yang menunjukkan nilai *horse power*, rpm, torsi, dan AFR (*Air/Fuel Ratio*). Nilai hasil perhitungan dan grafik ini diambil secara *real time* ketika mesin bekerja dengan akselerasi dari 3000 rpm hingga 11000 rpm.

Grafik-grafik yang akan ditampilkan berikut ini adalah menampilkan hasil perhitungan yang akan dianalisis seperti halnya *horse power*, rpm, torsi, AFR (*Air/Fuel Ratio*) dan sebagainya. Data-data ini dihasilkan langsung oleh alat *dyno test dynodynamics*, sehingga hasil data yang didapat bisa dikatakan merupakan hasil prestasi mesin yang sesungguhnya.

5.1.1. Analisis Perbandingan Daya

Hasil nilai BHP yang didapatkan adalah merupakan perhitungan dari daya kuda yang dihasilkan roda akibat putaran mesin, terhadap roller dinamometer pada mesin *dynotest*. Nilai BHP juga telah dikurangi dengan heat loss dan kerugian lainnya yang timbul akibat gesekan ban dengan roller, rantai dan gesekan antara komponen-komponen.



Gambar 5.1 Grafik perbandingan daya dan AFR terhadap putaran mesin

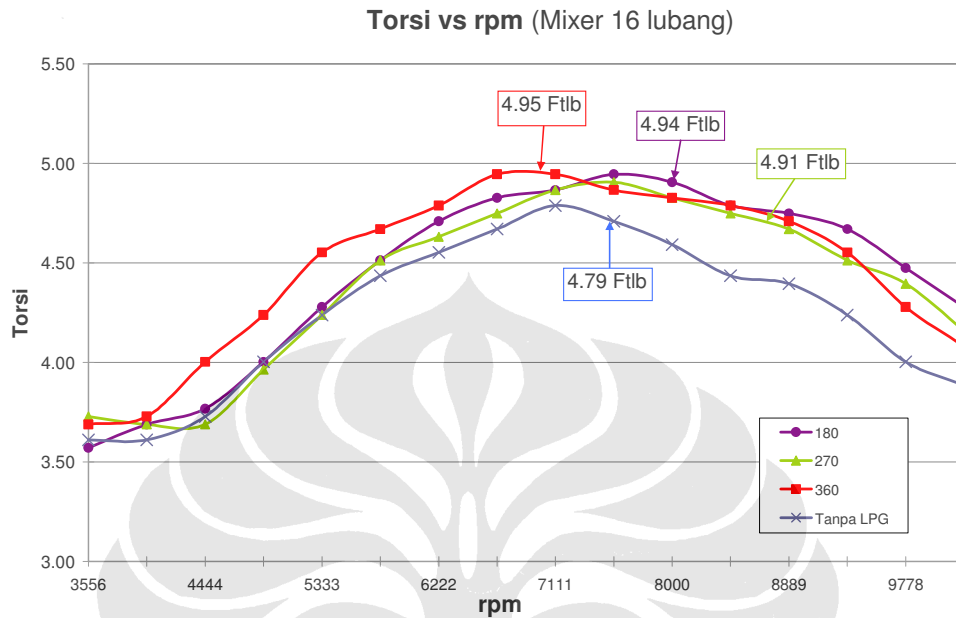
Gambar 5.1 diperoleh dari proses pengolahan data daya mesin yang dihasilkan mesin pada proses pengujian motor uji dengan menggunakan alat dinamometer *Dynodynamics* berdasarkan kondisi *realtime*. Daya atau power yang dihitung adalah power pada roda belakang yang memutar roller dari mesin dyno test. Grafik yang dihasilkan pada *mixer* 16 lubang menyilang menunjukkan peningkatan daya pada setiap bukaan dari katup regulator gas LPG. Hal ini disebabkan karena pencampuran gas LPG dengan udara masuk yang menyebabkan terjadinya pembakaran yang lebih cepat pada ruang bakar karena sifat bawaan dari gas LPG tersebut yang mudah terbakar.

Pada kondisi motor standar tanpa menggunakan LPG diperoleh daya keluaran maksimal sebesar 7.5 HP saat putaran mesin 10222 rpm. Pada bukaan regulator gas 180⁰, daya yang diperoleh sebesar 8,4 HP ketika putaran mesin 9778 rpm. Disini dapat kita lihat terdapat kenaikan 0.9 HP dari daya mesin tanpa penggunaan LPG. Regulator gas dengan bukaan 270⁰ menghasilkan daya sedikit lebih kecil dibandingkan bukaan 180⁰ dan 360⁰ dengan nilai daya 8.2 HP pada 9778 rpm. Nilai daya maksimum yang dapat dicapai pada *mixer* 16 lubang ini dihasilkan pada bukaan 360⁰ yaitu mencapai 8.5 HP ketika putaran 9333 rpm. Pada bukaan ini laju aliran massa gas yang bercampur dengan udara cukup banyak namun masih dalam batasan yang memadai untuk meningkatkan daya dari mesin. Dengan penambahan gas LPG pada udara masuk maka proses pembakaran dalam ruang bakar lebih cepat dan sempurna. Hal ini juga akan menyebabkan bahan bakar yang digunakan akan lebih efisien dibandingkan tanpa menggunakan gas LPG dikarenakan energi yang diubah menjadi daya menjadi lebih maksimal.

5.1.2 Analisis perbandingan Torsi

Nilai Torsi dari mesin yang ditunjukkan oleh grafik didapatkan dari perkalian nilai traffic effort dengan panjang lengan momen. Data tractive effort diperoleh dari snapshot yang diambil secara real time saat pengujian. Tractive effort merupakan gaya yang dikeluarkan oleh dinamometer untuk menahan gaya

yang dihasilkan oleh roda. Dengan demikian besar torsi yang dihasilkan oleh roda akan sama dengan torsi yang dihasilkan oleh roller dari dinamometer.



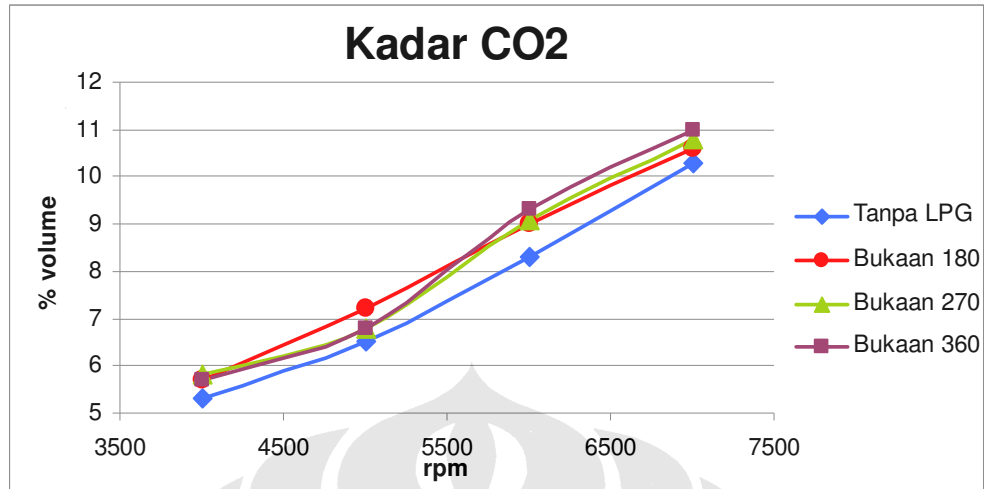
Gambar 5.2 Grafik perbandingan torsi terhadap putaran mesin

Dari grafik diatas dapat kita lihat nilai Torsi mesin tanpa penambahan LPG lebih rendah bila dibandingkan torsi dengan penambahan LPG di segala bukaan regulator. Torsi pada bukaan 180⁰ dan 360⁰ memiliki nilai puncak torsi yang hampir sama yaitu mencapai 4.95 ft.lb. Sedangkan tanpa penambahan LPG torsi maksimum yang dapat diraih hanya 4.67 ft.lb Nilai torsi juga mengalami peningkatan pada setiap kenaikan putaran mesin.

5.2 Analisis Emisi Gas Buang

Pada bagian ini akan dilakukan analisa dari gas buang yang dihasilkan oleh motor suzuki Thunder 125 cc untuk mengetahui nilai-nilai dari CO₂, HC, CO, dan O₂. Alat yang digunakan untuk mengetahui kondisi kadar gas buang ini adalah alat *gas analyzer*.

5.2.1 Analisis kadar CO₂ (karbon dioksida)

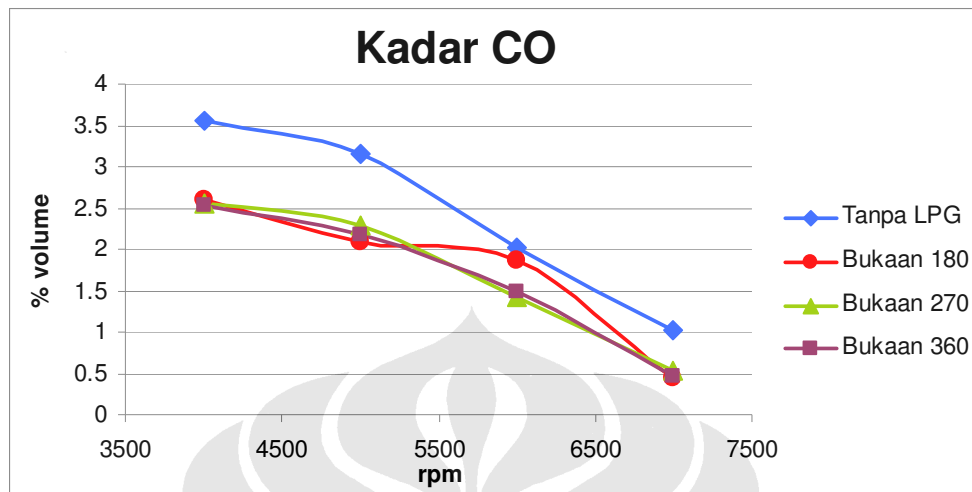


Gambar 5.3 Grafik perbandingan kadar CO₂ dalam gas buang

Pada grafik diatas terlihat kadar CO₂ pada gas buang dengan penambahan LPG lebih tinggi bila dibandingkan tanpa penggunaan LPG. Semakin tinggi kadar CO₂ yang terkandung dalam gas buang menandakan Pembakaran yang terjadi semakin mendekati sempurna. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah kadar CO₂ maka menandakan pembakaran yang terjadi menjadi kurang sempurna.

. Pada **gambar 5.3** terlihat bahwa kadar CO₂ yang terdapat pada gas buang pada motor dengan penambahan LPG di seluruh bukaan regulator yaitu 180⁰, 270⁰ dan 360⁰ menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kadar CO₂ pada kondisi motor tanpa penambahan LPG. Fakta tersebut berarti sesuai dengan teori, bahwa penambahan LPG akan menyebabkan pembakaran menjadi semakin mendekati sempurna. Sehingga akan meningkatkan kadar CO₂ dalam gas buang.

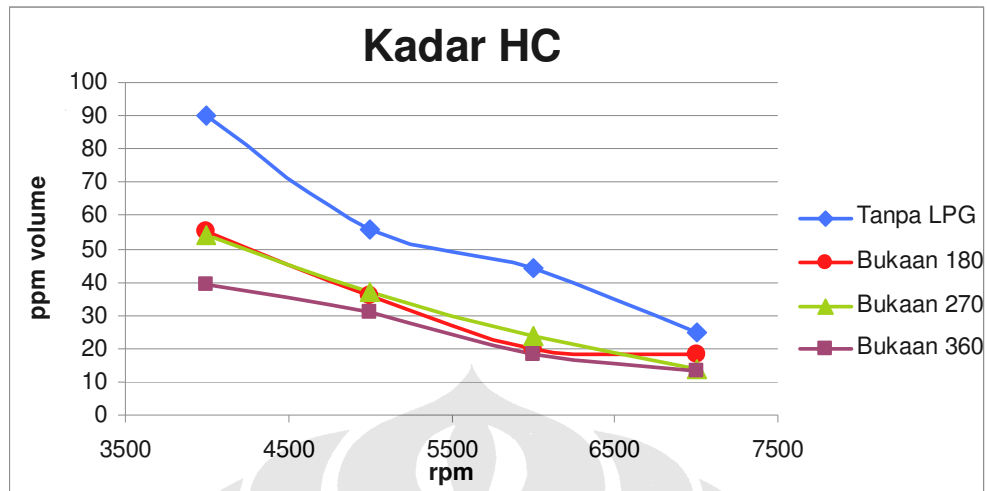
5.2.2 Analisis kadar CO (karbon monoksida)



Gambar 5.4 Grafik perbandingan kadar CO dalam gas buang

Karbon monoksida (CO) merupakan produk dari pembakaran yang tidak tuntas yang disebabkan karena tidak seimbangannya jumlah rasio antara udara-bahan bakar (AFR). Karbon monoksida selalu terdapat didalam gas buang pada saat proses penguraian dan hanya terdapat pada saluran pembuangan kendaraan. Pada **gambar 5.4** terlihat bahwa kadar CO yang dihasilkan oleh pembakaran pada motor dengan penambahan LPG mengalami penurunan di semua bukaan regulator gas dibandingkan dengan motor tanpa penambahan LPG. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembakaran pada ruang bakar mesin menjadi lebih baik sehingga jumlah pembakaran oksigen dan bahan bakar menjadi lebih maksimal. Dengan penambahan LPG kadar CO menurun sejalan dengan putaran mesin yang semakin tinggi. Nilai CO terendah pada pengujian emisi ini didapatkan pada rpm 7000.

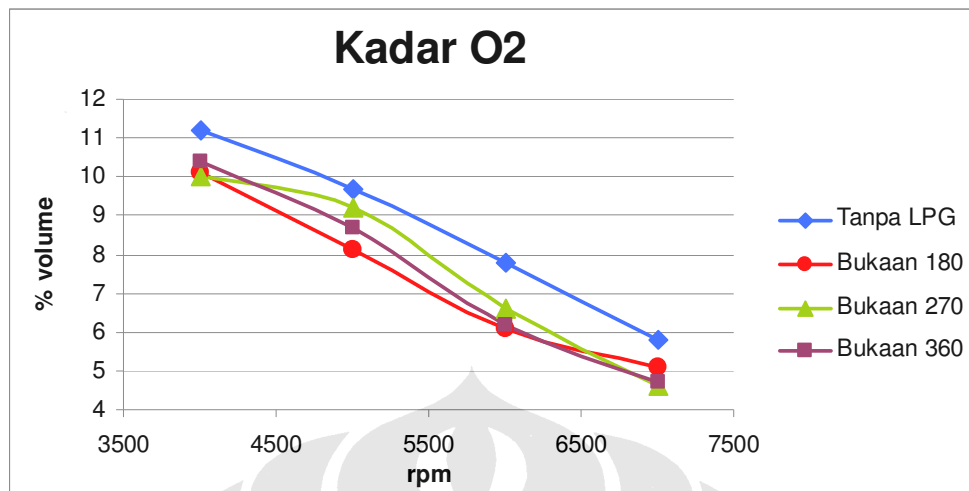
5.2.3 Analisis kadar HC (Hidro karbon)



Gambar 5.5 Grafik perbandingan kadar HC yang terkandung dalam gas buang

Terdapatnya nilai hidrokarbon pada emisi gas buang menandakan masih adanya bahan bakar yang tidak terbakar dan kemudian ikut terbuang bersama gas buang.. Dari hasil grafik yang ditunjukkan diatas dapat disimpulkan kondisi kandungan Hidrokarbon sesuai dengan teori dimana 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 mudah terbakar karena sifatnya yang lebih mudah menguap dibandingkan bensin, membuat kualitas pembakaran pada ruang bakar menjadi lebih baik. Nilai hidrokarbon pada penambahan LPG secara keseluruhan mengalami penurunan dibawah nilai hidrokarbon pada kondisi tanpa penambahan LPG. Kadar HC terendah pada *venturi mixer* 16 lubang terdapat pada bukaan katup regulator 360⁰.

5.2.4 Analisis kadar O₂ (oksigen)



Gambar 5.6 Grafik perbandingan kadar O₂ yang terkandung dalam gas buang

Kadar O₂ yang terdapat pada gas buang kendaraan bermotor merupakan indikasi dari tingkat penggunaan udara (oksigen) dalam proses pembakaran. Semakin rendah kadar O₂ menandakan semakin maksimal udara yang dipergunakan untuk proses pembakaran sehingga pembakaran yang terjadi semakin baik. 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.

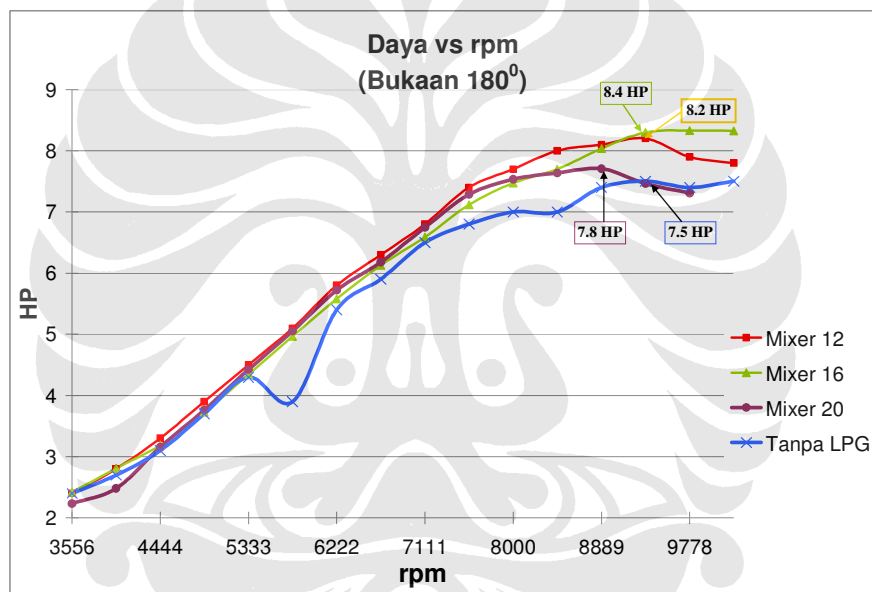
Pada **Gambar 5.6** terlihat bahwa penambahan LPG mempengaruhi kandungan oksigen pada gas buang. Kandungan O₂ menjadi turun dibandingkan tanpa penambahan LPG diseluruh bukaan regulator gas. Pada grafik juga terlihat pada rpm 7000, nilai O₂ jauh lebih kecil dibandingkan saat rpm 4000. Hal ini menandakan semakin tinggi putaran mesin tersebut dengan penambahan LPG dapat membantu pembakaran O₂ menjadi lebih sempurna.

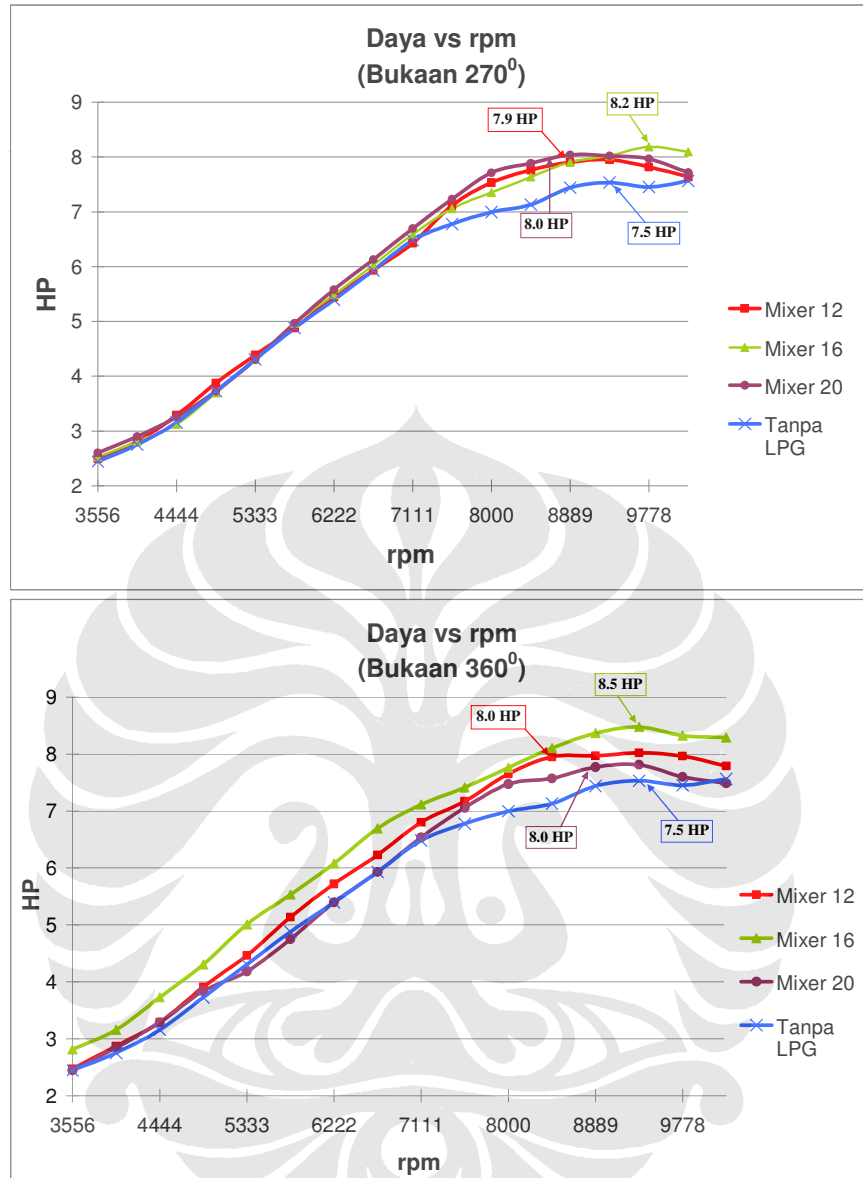
5.3 Analisis Perbandingan Berbagai Venturi Mixer (12,16 dan 20 lubang menyilang)

Pada bagian ini akan dilakukan analisa perbandingan prestasi mesin antara *venturi mixer* 12,16 dan 20 lubang menyilang. Melalui analisa ini akan diketahui *venturi mixer* yang paling optimal untuk digunakan pada kondisi tertentu yang telah diparameterkan pada pengujian ini. LPG yang digunakan memiliki kandungan 4,58 % propana dan 83,14 % butana.

5.3.1 Analisis Prestasi Mesin

5.3.1.1. Analisis Perbandingan Daya Mesin





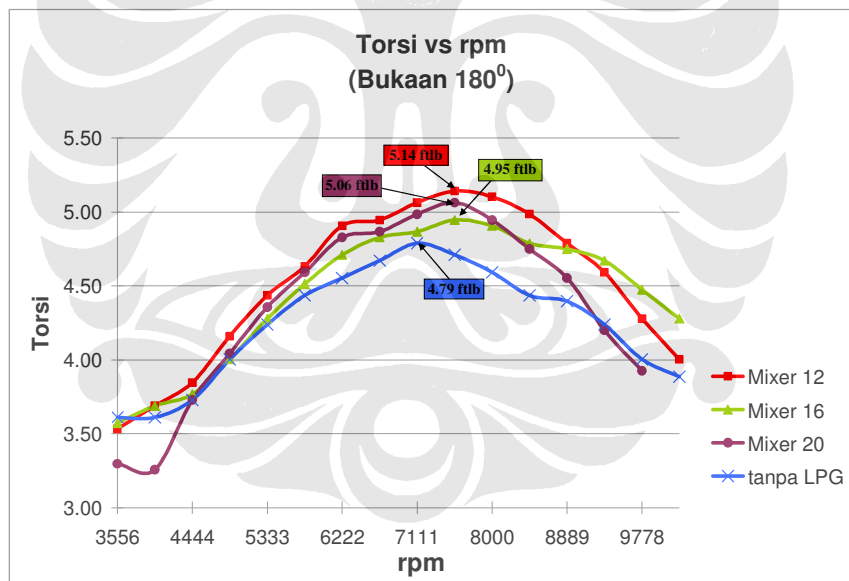
Gambar 5.7 Grafik perbandingan daya terhadap putaran mesin antar venturi mixer

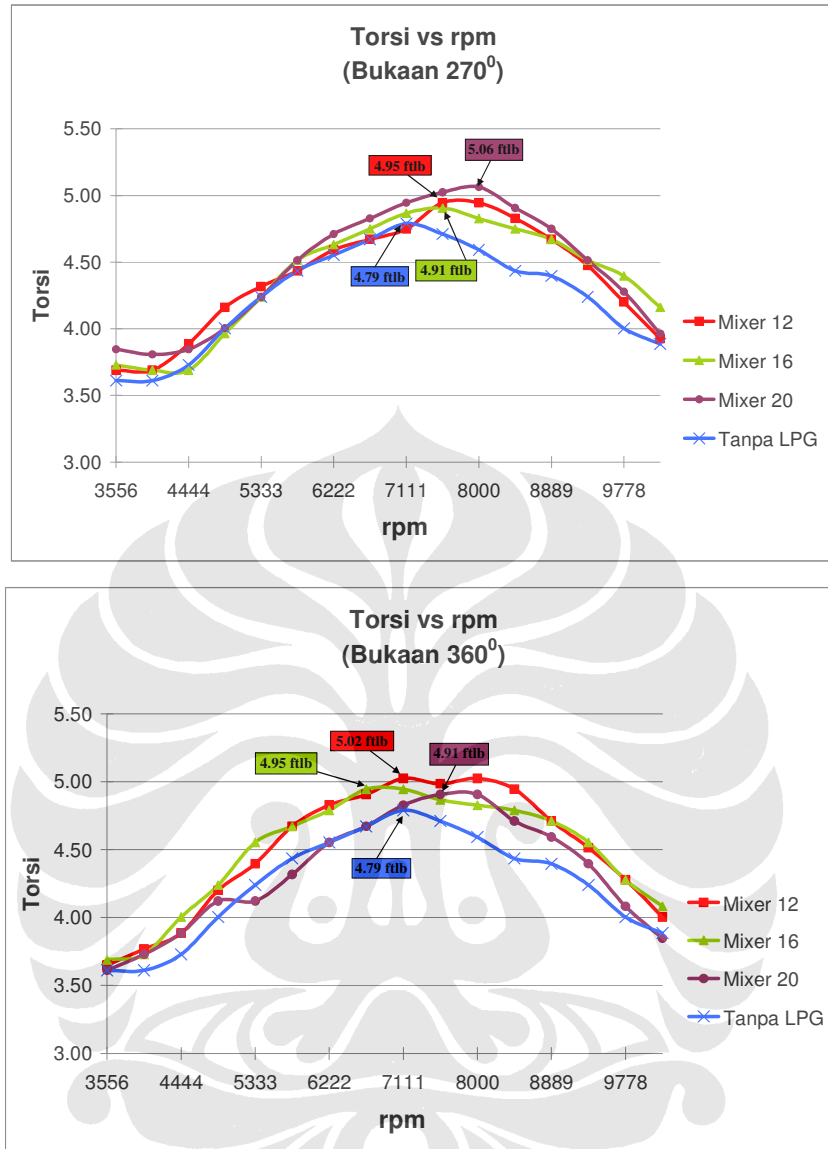
Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa dengan penambahan LPG, daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh mesin meningkat pada seluruh bukaan yaitu 180⁰, 270⁰ dan 360⁰. Pada kondisi tanpa penambahan LPG, Daya yang dapat diraih hanya sebesar 7.5 HP. Pada bukaan 180⁰ nilai daya yang paling besar diraih oleh *Venturi mixer* 16 lubang dengan 8.4 HP. Diikuti oleh *venturi mixer* 12 dengan 8.2 HP dan *venturi mixer* 20 lubang dengan 8.0 HP.

Daya paling maksimum didapatkan oleh *venturi mixer* 16 lubang yaitu sebesar 8.5 HP pada bukaan 360° dan 8.4 HP pada bukaan 180° . Sedangkan Kenaikan terendah ada pada *venturi mixer* 20 lubang dengan bukaan 270° yaitu menjadi 7.8 HP. Hal ini terjadi karena AFR pada *venturi mixer* 16 lubang memiliki nilai yang paling optimal dengan kisaran 14.3:1- 14.9:1. Nilai ini sangat baik karena mendekati nilai standar optimal dari AFR motor bensin. Dengan demikian dibandingkan *venturi mixer* lainnya, pembakaran yang terjadi lebih sempurna dan menyebabkan daya keluaran memiliki nilai lebih tinggi.

Dapat disimpulkan secara keseluruhan dengan penambahan LPG pada udara masuk ruang bakar akan meningkatkan daya dari mesin dikarenakan LPG mempunyai sifat yang mudah terbakar sehingga membantu bahan bakar pertamax terbakar dengan baik dan sempurna.

5.3.1.2. Analisis perbandingan Torsi Mesin





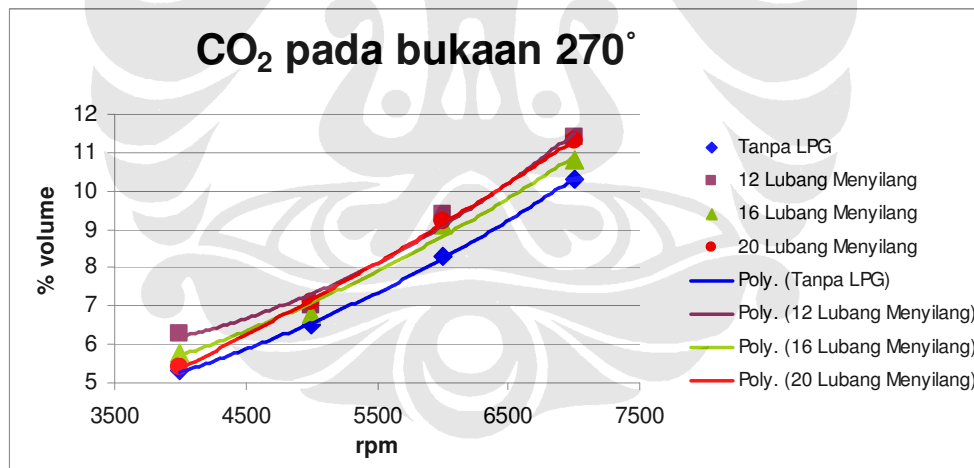
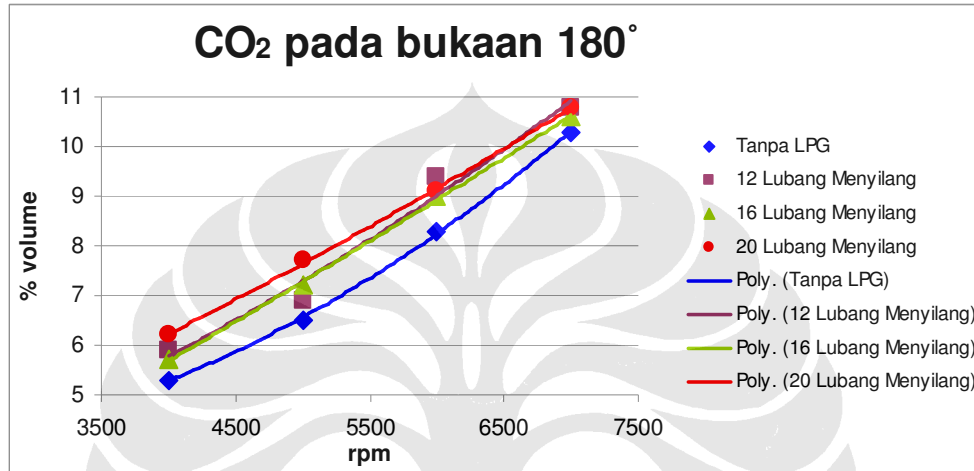
Gambar 5.8 Grafik perbandingan torsi terhadap putaran mesin antar venturi mixer

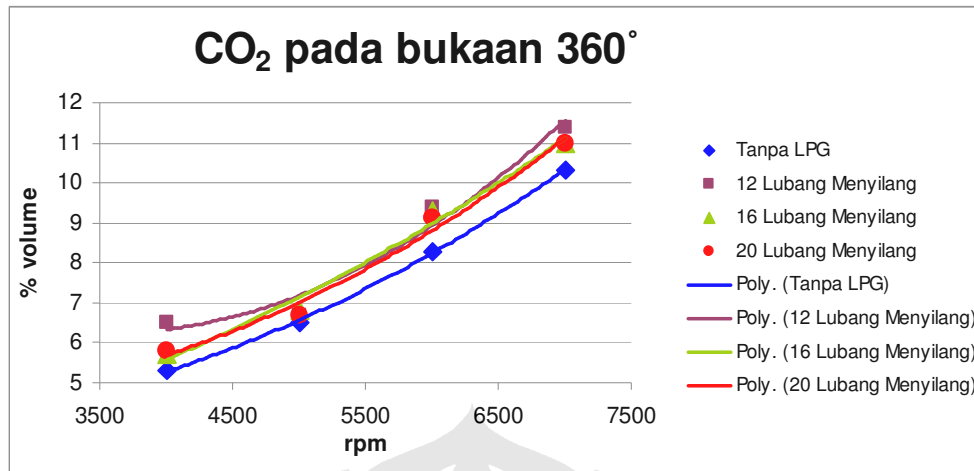
Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa penambahan LPG berhasil meningkatkan torsi di seluruh bukaan 180⁰, 270⁰ dan 360⁰. Hal ini membuktikan bahwa penambahan gas berpengaruh terhadap peningkatan torsi yang dicapai oleh mesin. Namun jika dilihat perbandingan antar *venturi mixer* terlihat bahwa torsi mesin maksimum terjadi pada bukaan 360⁰ di *venturi mixer* 12 lubang yaitu 5.02 ft.lb. Sedangkan pada *venturi mixer* 16 lubang dan 20 lubang masing – masing bernilai 4.95 ft.lb dan 4.91 ft.lb. Grafik perbandingan torsi diatas memperlihatkan

pola yang hampir sama dengan grafik perbandingan daya. Hal ini dikarenakan laju kenaikan daya dan torsi berbanding lurus karena di pengaruhi oleh hal yang sama yaitu AFR dan putaran mesin. Pada bukaan 270° torsi maksimum dicapai oleh venturi mixer 20 lubang.dengan nilai 5.06 ft.lb di sekitar 8000 rpm.

5.3.2 Analisis Emisi Gas Buang

5.3.2.1 Analisis Kadar CO₂ (karbon dioksida)

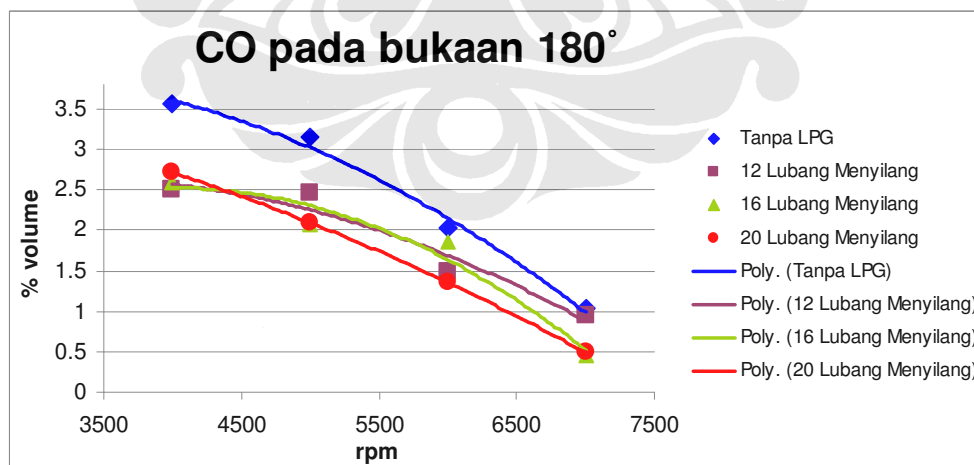


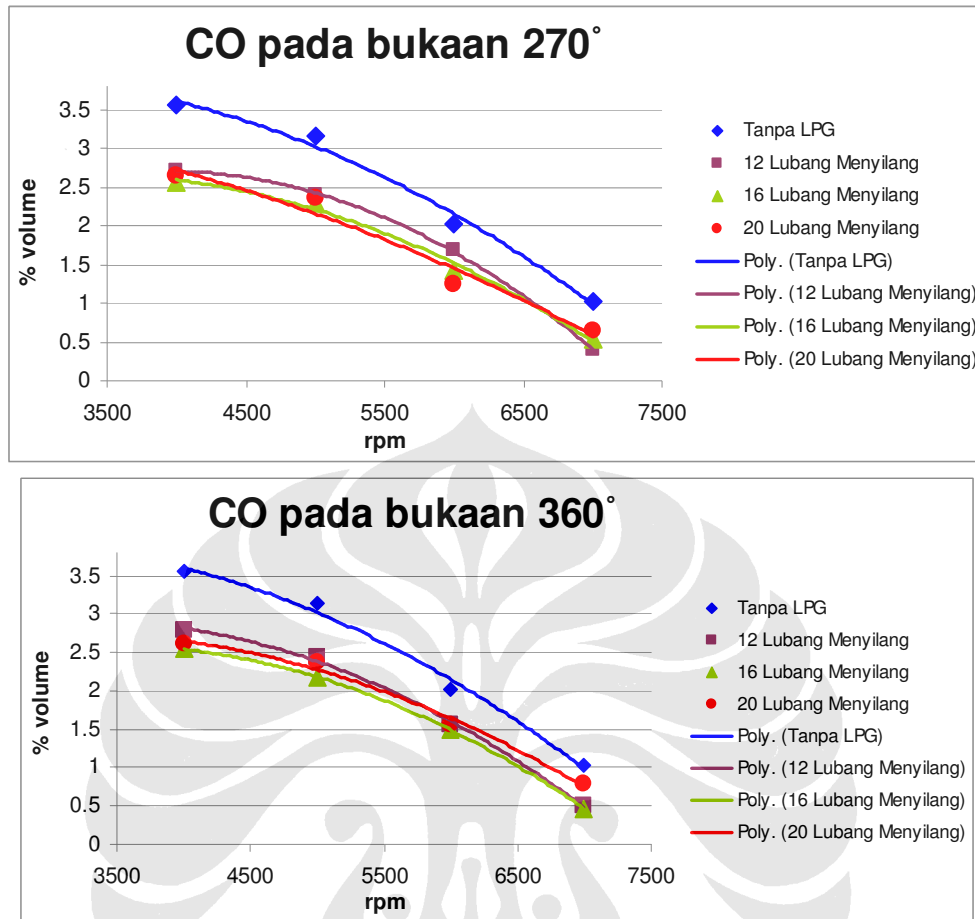


Gambar 5.9 Perbandingan CO₂ antar *venturi mixer*

Gambar 5.9 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 dan bukaan katupnya masing-masing 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 (Karbon monoksida)



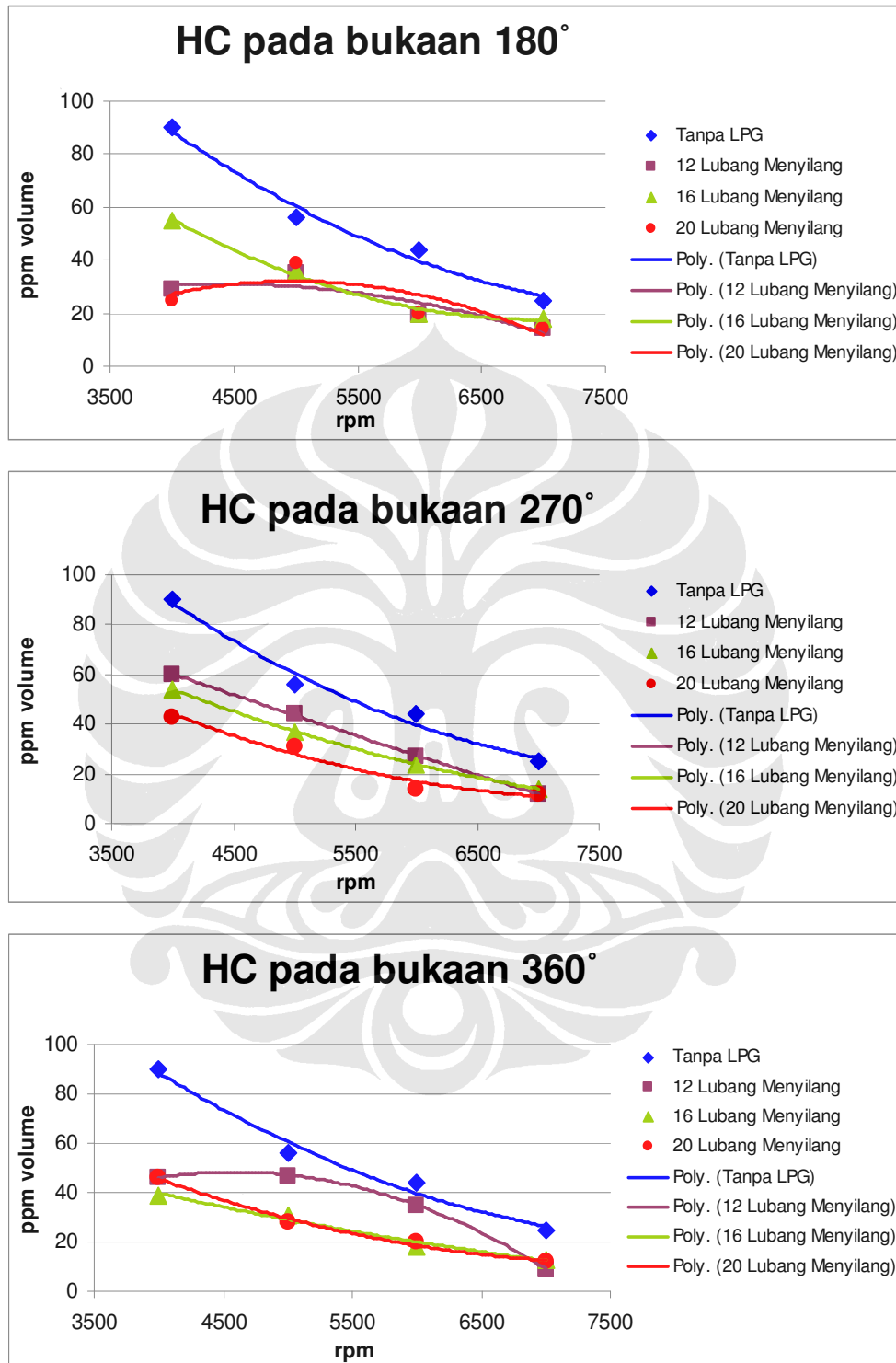


Gambar 5.10 Perbandingan CO antar venturi *mixer*

Gambar 5.10 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 menjadi lebih baik sehingga menurunkan kadar CO sesuai dengan teori.

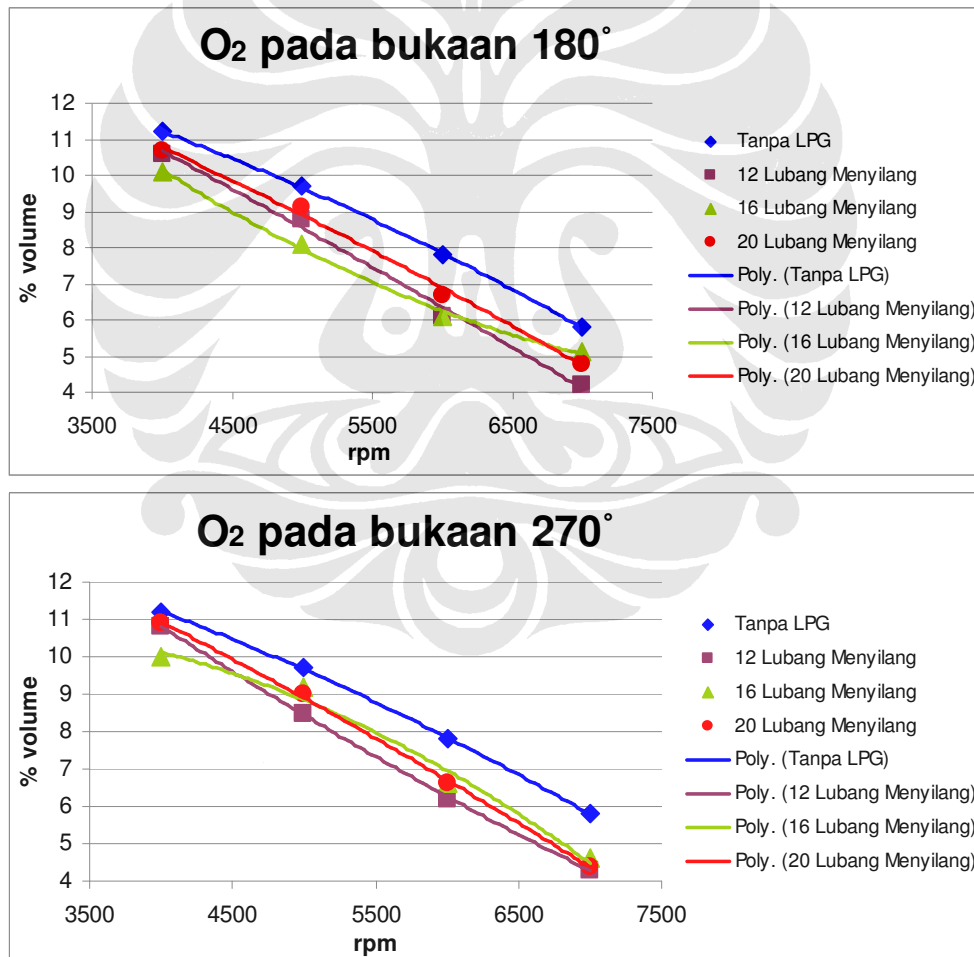
5.3.2.3 Analisis Kadar HC (Hidrokarbon)

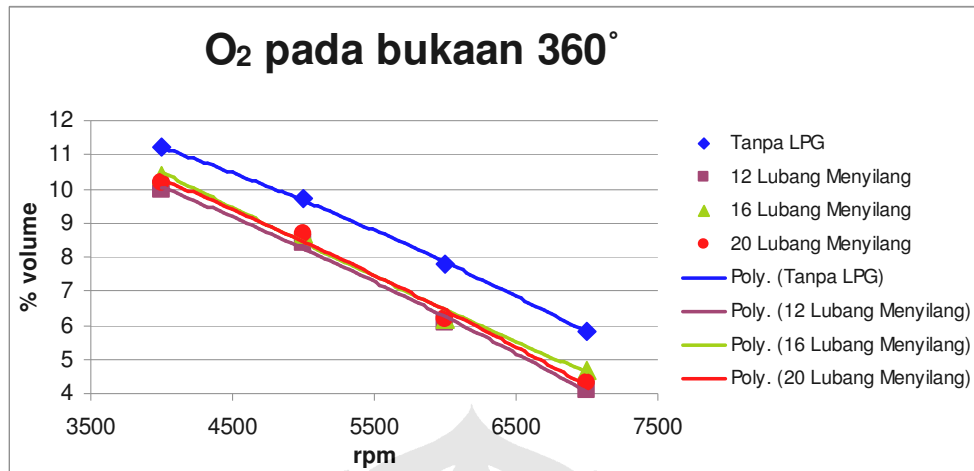


Gambar 5.11 Perbandingan HC antar venturi *mixer*

Pada **gambar 5.11** 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 5.12 Perbandingan O₂ antar venturi *mixer*

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.

Dari **gambar 5.12** dapat terlihat bahwa dengan penambahan LPG untuk semua mixer pada semua bukaan, kadar O₂ yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa penambahan LPG. Hal ini menunjukkan dengan penambahan LPG maka pembakaran yang terjadi semakin mendekati sempurna.