

# Analisis Pengaruh Kerak Karbon yang Mengendap di Ruang Bakar Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin

Setiyono<sup>1</sup>, Alfatah Sait Koiruman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila  
Jl. Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Jakarta 12640  
alfatahsaitkoiruman@gmail.com

---

---

## Abstrak

Mesin adalah bagian utama pada sebuah kendaraan karena sebagai komponen utama penggerak. Karena mesin terus-menerus melakukan proses pembakaran, maka residu hasil pembakaran akan menumpuk. Salah satu yang paling mengganggu adalah kerak karbon yang mengendap di dalam ruang bakar. Kerak karbon ini secara langsung akan mempengaruhi perbandingan kompresi mesin yang mengakibatkan penurunan performa. Penelitian dilakukan dengan cara membandingkan parameter unjuk kerja saat ruang bakar terdapat kerak dengan saat tidak ada kerak. Alat yang digunakan adalah *dynamometer* untuk mengukur daya dan torsi mesin. Pembersihan kerak dilakukan secara manual dengan cara menyemprotkan cairan ke ruang bakar kemudian mengeluarkannya. Selanjutnya kerak dihitung dan ditimbang. Setelah dilakukan perhitungan dan pengujian, daya mesin maksimal naik sebesar 5,4% dan torsi maksimal naik sebesar 5,7%. Laju bahan bakar dan udara juga mengalami penurunan yang berarti bahan bakar lebih efisien.

**Kata kunci:** Mesin, motor, karbon, performa

---

---

## I. PENDAHULUAN

Mesin mobil yang digunakan secara terus menerus akan mengalami penurunan performa. Banyak faktor yang mempengaruhinya, salah satunya adalah munculnya kerak karbon pada ruang bakar. Penurunan performa mencakup banyak aspek. Dari sudut pandang pengendaraan, mobil akan terasa semakin berat ketika melakukan percepatan, membawa beban berat, atau kecepatan maksimal yang dicapai akan menurun. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian berdasarkan eksperimen dan perhitungan teoritis yang akan mengkaji seberapa besar efek kerak karbon yang mengendap di ruang bakar terhadap performa mesin bensin.

Pembersihan kerak karbon yang dilakukan dengan pembongkaran mesin tentunya memakan waktu yang cukup lama. Intensitas munculnya kerak karbon yang tinggi juga menjadi faktor penghambat jika harus dilakukan pembongkaran mesin setiap dilakukan pembersihan. Kerak karbon ini sendiri muncul karena tingginya unsur C (*Carbon*) dalam bahan bakar motor bakar[1].

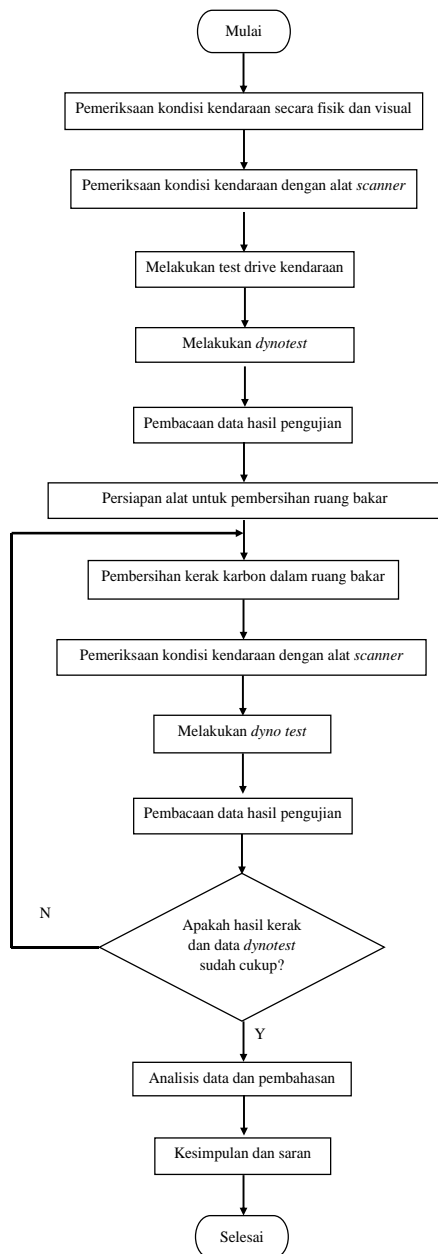
Penumpukan kerak muncul dari pembakaran yang tidak sempurna pada satu siklus pembakaran, sehingga akan semakin banyak dan terakumulasi jika mesin terus menerus dioperasikan dalam jangka waktu atau jarak tempuh tertentu[2]. Jika kerak karbon banyak menumpuk pada ruang bakar, maka akan meningkatkan tekanan kompresi yang mengakibatkan suhu pembakaran naik. Hal ini mengakibatkan bahan bakar yang akan terbakar sendiri sebelum waktunya, yang akan sangat mempengaruhi performa mesin[3].

Obyek penelitian adalah Nissan March, karena struktur mesinnya umum dijumpai pada jenis mobil lain, yaitu tipe sejajar dan mudah dalam proses pembongkaran komponennya. Metode penelitian adalah dengan dibersihkan kerak karbon pada kepala torak dan ruang bakar secara manual.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kualitatif. Penelitian ini bertujuan membandingkan unjuk kerja mesin pada posisi awal, yaitu kondisi dimana ruang bakar kotor dan banyak terdapat kerak karbon, dengan kondisi

mesin dimana ruang bakar sudah bersih dari kerak karbon. Unjuk kerja berfokus pada daya dan torsi mesin, dan parameter pendukung lain. Untuk mengujinya digunakan alat *dynamometer*. Langkah penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu pengambilan data sebelum ruang bakar dibersihkan, proses pembersihan ruang bakar, dan pengambilan data sesudah ruang bakar dibersihkan, sehingga dapat diketahui perbedaan unjuk kerja. Alur pelaksanaan penelitian secara garis besar digambarkan dalam diagram alir.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Obyek penelitian adalah Nissan March tahun produksi 2011. Jarak waktu dengan pembersihan

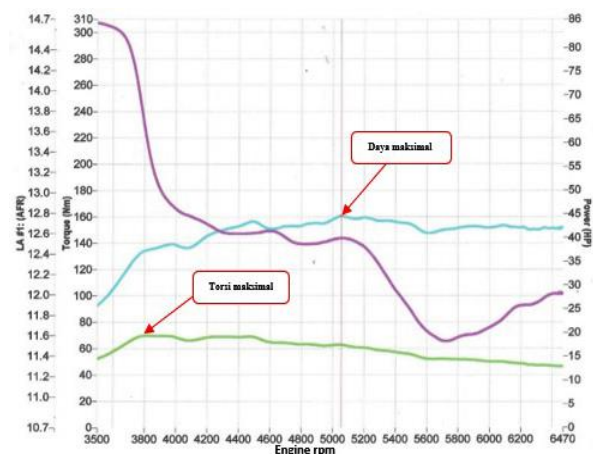
kerak sebelumnya adalah 6 bulan, yaitu bulan November 2018. Pada saat pembersihan kerak karbon, jarak tempuh mesin adalah 115.149 km. Jarak tempuh mesin pada bulan November 2018 adalah 106.663 km. Total jarak tempuh mesin selama terbentuk kerak karbon adalah  $115.149 - 106.663 = 8.486$  km.

Tabel 1. Spesifikasi mesin Nissan March[4]

<i>Code</i>	HR12DE
<i>Type</i>	DOHC
<i>Displacement (m<sup>3</sup>)</i>	$1.198 \times 10^{-6}$
<i>Bore x stroke (m)</i>	$(78 \times 10^{-3}) \times (83,6$
<i>Compression ratio</i>	10,7
<i>Max. output (kW/rpm)</i>	56,67 / 6000
<i>Max. torque (Nm/rpm)</i>	106 / 4000
<i>Fuel system</i>	ECCS
<i>Transmission</i>	4 Speed AT
<i>Gear ratio (final drive)</i>	4352

#### A. Pemeriksaan dan Pengambilan Data Awal

Pada langkah ini dilakukan *test drive*, pemeriksaan kendaraan dengan alat *scanner* mesin, serta melakukan *dyno test* untuk mengetahui daya dan torsi maksimal dari sebuah mesin serta mengetahui tingkat efisiensi campuran bahan bakarnya sebelum dilakukan pembersihan ruang bakar.



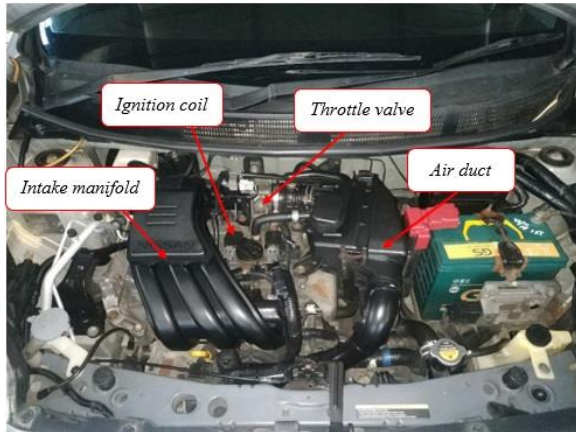
Gambar 2. Grafik hasil *dynotest*

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian sebelum dilakukan pembersihan kerak karbon. Pada grafik dapat terbaca bahwa daya maksimal yang dapat dicapai ketika putaran mesin 5.033 rpm adalah sebesar 44,55 HP pada skala alat atau 33,22 kW dengan torsi 62,78 Nm. Sedangkan torsi maksimal dicapai saat putaran mesin 3792 rpm, yaitu sebesar 70,35 Nm dengan daya 38,91 HP atau 29,01 kW.

### B. Proses Pembersihan Ruang Bakar

Proses ini dilakukan untuk membersihkan ruang bakar dengan cairan *Loctite Gold Throttle Cleaner* dengan cara menyemprotkannya ke ruang bakar melewati lubang busi. Proses ini dilakukan tanpa membongkar mesin secara keseluruhan atau overhaul agar parameter pengujian ini hanya pada kerak karbon, bukan adanya pengaruh faktor lain.

1. Panaskan mesin sampai temperatur kerja agar kerak karbon lebih mudah rontok ketika disemprotkan cairan pembersih *Loctite Gold Throttle Cleaner*.
2. Jika temperatur kerja sudah tercapai, matikan mesin kemudian buka masing-masing komponen. Komponen dibuka satu per satu sampai keadaan lubang busi terbuka agar bisa dilakukan proses penyemprotan cairan.



**Gambar 3. Ruang mesin Nissan March**

Buka bagian sesuai urutan:

- *Air duct*
- *Throttle valve*
- *Intake Manifold*
- *Ignition coil*
- *Spark plug* atau busi yang terletak di bawah *ignition coil*

Maka posisi lubang busi dan intake port akan terbuka.

3. Posisikan torak silinder 1 pada posisi top kompresi dengan cara memutar poros engkol secara manual. Hal ini bertujuan agar cairan yang disemprotkan dapat merendam dengan

sempurna bagian atas torak sampai dinding ruang pembakaran.

4. Semprotkan *Loctite Gold Throttle Cleaner* secara perlahan ke silinder 1. Cairan akan meluap karena berbentuk busa atau *foam*. Tapi seketika akan mencair dan surut. Kemudian semprotkan lagi. Lakukan langkah ini secara berulang sampai sekitar 125 ml cairan atau kurang lebih setengah botol. Setelah itu diamkan selama kurang lebih 10 menit agar cairan bisa melarutkan kerak karbon.



**Gambar 4. Penyemprotan cairan ke ruang bakar melewati lubang busi**

5. Ulangi langkah “3” dan “4” untuk silinder 2 dan 3. Setelah semua silinder sudah disemprotkan cairan, langkah selanjutnya adalah mengeluarkan cairan beserta kerak karbon.
6. Masukkan selang ke ruang bakar melalui lubang busi, dan hubungkan selang ke tempat penampungan. Start mesin beberapa kali sampai cairan benar-benar habis. Jika dalam ruang bakar masih kotor, masukkan cairan (bisa menggunakan bensin) untuk membilas. Kemudian start lagi beberapa kali sampai dalam ruang bakar benar-benar bersih. Perhatikan kondisi *motor starter*, jaga dari keadaan *over heat*.



**Gambar 5. Proses menampung cairan beserta kerak karbon**

7. Bersihkan kotoran sisa pada *rocker cover* dan intake port sampai bersih



**Gambar 6. Foto permukaan kepala torak dengan kamera endoskop dari lubang busi sebelum kerak dibersihkan**



**Gambar 7. Foto permukaan kepala torak dengan kamera endoskop dari lubang busi setelah kerak dibersihkan**

8. Cairan yang sudah ditampung dalam wadah, kemudian disaring dengan saringan halus untuk memisahkan antara cairan *Loctite Gold Throttle Cleaner* dengan kerak karbon. Jika kerak karbon menempel di dinding botol penampung, bilas dengan bensin. Ulangi terus sampai kerak karbon dalam botol benar-benar bersih.



**Gambar 8. Proses pemisahan cairan dengan kerak karbon**

9. Kerak karbon dikeringkan dan selanjutnya dimasukkan ke tabung ukur untuk mengetahui jumlah kerak karbon. Kerak karbon dipadatkan dengan cara ditekan. Dalam penelitian ini diperoleh kerak karbon sebanyak 8 cc atau  $8 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ .



**Gambar 9. Pengukuran volume kerak karbon**



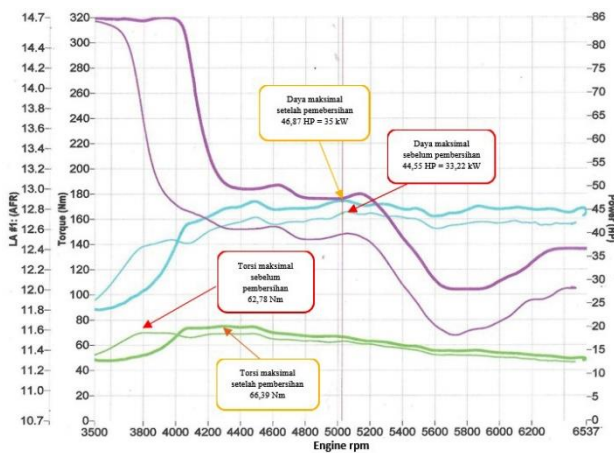
**Gambar 10. Pengukuran berat kerak karbon**  
Berat kerak karbon = berat total – berat kemasan

$$= 4,70 \text{ gram} - 0,42 \text{ gram}$$

$$= 4,28 \text{ gram}$$

10. Pasang semua bagian sesuai kebalikan urutan dari proses pembongkaran.

### C. Pengambilan Data Akhir



**Gambar 11. Grafik perbandingan hasil dynotest**

Keterangan gambar :

- Warna biru : menunjukkan grafik tenaga.
- Warna hijau : menunjukkan grafik torsi
- Warna ungu : menunjukkan grafik AFR
- Garis kecil menunjukkan hasil dyno test sebelum kerak dibersihkan
- Garis besar menunjukkan hasil dyno test setelah kerak dibersihkan

Pada tahap ini dilakukan dyno test kembali untuk pengujian setelah pembersihan ruang bakar. Untuk langkah dan urutan pelaksanaan *dyno test* sama seperti saat langkah persiapan awal. Kemudian bisa dibandingkan grafik hasil dyno test sebelum dan sesudah pembersihan ruang bakar.

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian sebelum dilakukan pembersihan kerak karbon dan setelah dilakukan pembersihan. Pada grafik dapat terbaca bahwa daya maksimal yang dapat dicapai sebelum kerak dibersihkan adalah ketika putaran mesin 5.033 rpm yaitu sebesar 44,55 HP pada skala alat atau 33,22 kW dengan torsi 62,78 Nm. Sedangkan torsi maksimal dicapai saat putaran

mesin 3.792 rpm, yaitu sebesar 70,35 Nm dengan daya 38,91 HP atau 29,01 kW. Setelah kerak karbon dibersihkan, daya maksimal yang dapat dicapai adalah ketika putaran mesin 5.027 rpm yaitu sebesar 46,87 HP pada skala alat atau 35 kW dengan torsi 66,39 Nm. Sedangkan torsi maksimal dicapai saat putaran mesin 4.322 rpm, yaitu sebesar 75,62 Nm dengan daya 45,12 HP atau 33,64 kW.

### D. Parameter Unjuk Kerja Pada Sebuah Mesin

1. Volume langkah torak[5]:

$$V_s = \frac{\pi d^2 L}{4} \quad (1)$$

Dengan  $V_s$  = Volume langkah torak ( $m^3$ )

$$\pi = 3,14$$

$d$  = diameter silinder (m)

$L$  = panjang langkah (m)

2. Tekanan efektif rata-rata[6]:

Tekanan gas dalam silinder sangat bervariasi selama langkah usaha. Puncak tekanan tertinggi terjadi sesaat setelah torak meninggalkan TMA, tetapi akan berangsur-angsur menurun ketika torak bergerak menuju TMB. Ketika berbicara tentang tekanan efektif rata-rata, maka tekanan yang dihitung adalah tekanan rata-rata gas ketika proses usaha secara keseluruhan [6]. Satuan untuk tekanan efektif rata-rata adalah kPa.

3. Torsi mesin[7]:

$$\tau = Fr \quad (2)$$

Dengan  $\tau$  = Torsi mesin (Nm)

$F$  = Gaya pada poros engkol (N)

$r$  = Radius efektif lengan poros (m)

4. Daya mesin[8]:

$$W_b = \frac{2\pi\tau N}{60} \quad (3)$$

Dengan  $W_b$  = brake power (kW)

$$\pi = 3,14$$

$\tau$  = Torsi (Nm)

$N$  = putaran mesin (rpm)

$$1 \text{ kW} = 1,35 \text{ HP dan } 1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$$

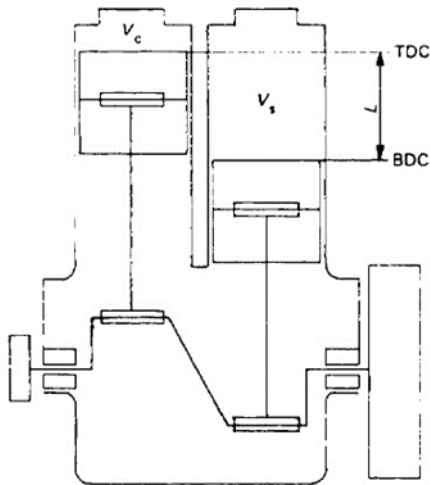
5. Rasio kompres[8]:

$$CR = \frac{V_s + V_c}{V_c} \quad (4)$$

Dengan  $CR$  = Compression Ratio (Rasio Kompresi)

$V_s$  = Volume langkah torak ( $m^3$ )

$V_c$  = Volume ruang bakar ( $m^3$ )



Gambar 12. Ilustrasi rasio kompresi [8]

6. Kecepatan rata-rata torak[8]:

$$\bar{U} = 2NL \quad (5)$$

Dengan  $\bar{U}$  = kecepatan rata-rata torak (m/s)  
 $N$  = kecepatan putaran mesin (rpm)  
 $L$  = Panjang langkah (m)

7. Brake mean effective pressure (bmep)[5]:

$$Bmep = \frac{4\pi\tau}{V_s} \quad (6)$$

Dengan  $4$  = jumlah silinder  
 $\pi = 3,14$   
 $\tau$  = torsi (Nm)  
 $V_s$  = volume langkah torak ( $m^3$ )

8. Brake specific fuel consumption (bsfc)[5]:

$$bsfc = \frac{m_f}{W_b} \quad (7)$$

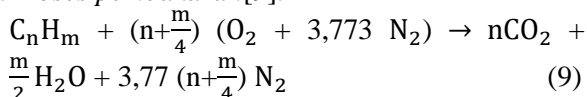
Dengan  $m_f$  = indikator perhitungan laju bahan bakar  
 $W_b$  = daya mesin (kW)

9. Brake specific air consumption (bsac)[5]:

$$bsac = AFR \times bsfc \quad (8)$$

Dengan  $AFR$  = Air-Fuel Ratio  
 $bsfc$  = brake specific fuel consumption (g/kWh)

10. Proses pembakaran[9]:



11. Bahan bakar

Bahan bakar yang tersedia saat ini biasanya merupakan suatu senyawa yang mengandung unsur hidrokarbon dan berasal dari minyak bumi beserta turunannya yang kemudian diolah menjadi berbagai macam dan jenis bahan bakar[9].

Bahan bakar terdiri dari 3 wujud. Wujud gas, berasal dari gas alam. Wujud cair, berasal dari penyulingan minyak bumi. Wujud padat, yaitu batu bara. Bahan bakar yang digunakan pada motor bakar mempunyai kriteria:

- Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi[10].
- Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah proses pembakaran
- Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepaskan ke atmosfer

Bahan bakar untuk motor bakar paling banyak menggunakan bahan bakar cair[11]. Sedangkan untuk bahan bakar cair sendiri, premium, pertalite, dan pertamax merupakan bahan bakar yang paling banyak digunakan oleh kendaraan di Indonesia.

Sebagai perbandingan, premium mempunyai nilai RON (Research Octane Number) 88, pertalite 90, dan pertamax 92. Angka RON ini didapat dari proses penelitian alami (self ignition characteristic). Semakin tinggi nilai oktan, maka semakin efektif pula proses pembakaran[12].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan Saat Kondisi Kerak Belum Dibersihkan

1. Perhitungan volume silinder:

$$V_s = \frac{\pi d^2 L}{4} = \frac{3,14 \times (78 \times 10^{-3} m)^2 \times (83,6 \times 10^{-3} m)}{4} = 399,26 \times 10^{-6} m^3$$

$$V_s \text{ total untuk 3 silinder} = (399,26 \times 10^{-6} m^3) \times 3 = 1.198 \times 10^{-6} m^3$$

Karena terdapat kerak karbon sebanyak  $8 \times 10^{-6} m^3$  pada kepala torak, maka volume langkah torak naik menjadi:  $(1.198 \times 10^{-6} m^3) + (8 \times 10^{-6} m^3) = 1.206 \times 10^{-6} m^3$

2. Perhitungan volume ruang kompresi:

$$CR = \frac{V_s + V_c}{V_c} = \frac{1.198 \times 10^{-6} + V_c}{V_c} = 10,7$$

$$10,7 V_c = 1.198 \times 10^{-6} + V_c$$

$$9,7 V_c = 1.198 \times 10^{-6}$$

$$V_c = \frac{1.198 \times 10^{-6}}{9,7} = 123,5 \times 10^{-6} m^3$$

Karena terdapat kerak karbon sebanyak  $8 \times 10^{-6} m^3$ , maka volume ruang kompresi turun menjadi:  $123,5 - 8 = 115,5 \times 10^{-6} m^3$

3. *Torsi:*

Torsi pada hasil monitoring pada pengujian *dynotest* menunjukkan 62,78 Nm (lihat gambar 11)

4. *Perhitungan daya:*

$$W_b = \frac{2\pi\tau N}{60}$$

$$W_b = \frac{2 \times 3,14 \times 62,78 \text{ Nm} \times 5.053}{60}$$

$$W_b = 33.203 \text{ Watt} = 33,2 \text{ kW} = 44,52 \text{ HP}$$

(Pada skala *dynamometer*)

5. *Perhitungan rasio kompresi:*

$$CR = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

$$CR = \frac{1.206 \text{ cm}^3 + 115,5 \text{ cm}^3}{115,5 \text{ cm}^3}$$

$$CR = 11,4$$

6. *Perhitungan kecepatan torak:*

$$\bar{U} = 2NL$$

$$\bar{U} = \frac{2 \times 5.053 \times 0,0836 \text{ m}}{60}$$

$$\bar{U} = 14,08 \text{ m/s}$$

7. *Perhitungan brake mean effective pressure:*

$$b_{mep} = \frac{4\pi\tau}{V_s}$$

$$b_{mep} = \frac{4 \times 3,14 \times 62,78 \text{ Nm}}{1,206 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$b_{mep} = 653.828 \text{ Pa} = 653,828 \text{ kPa}$$

(Maksimum nilai Indicated Pressure untuk mesin otto adalah 1.000 kPa)

8. *Perhitungan brake specific fuel consumption:*

*Brake specific fuel consumption* untuk mesin Otto berkisar antara 200 – 400 g/kWh tergantung beban. Pada pengujian, daya maksimal didapat pada putaran mesin 5.033 rpm, dari putaran maksimal mesin 6.470 rpm. Pada putaran mesin tersebut, beban mesin mencapai  $5.033 : 6.470 \times 100\% = 78\%$ . Diasumsikan bsfc untuk beban sebesar 78% adalah:

$$200 \times 78\% = 156$$

$$\text{Maka bsfc adalah } 200 + 156 = 356 \text{ g/kWh}$$

9. *Perhitungan indikator laju bahan bakar pada intake manifold:*

$$m_f = bsfc \times W_b$$

$$m_f = 356 \text{ g/kWh} \times 33,2 \text{ kW}$$

$$m_f = 11,81$$

10. *Perhitungan brake specific air consumption:*

$$bsac = AFR \text{ (saat puncak daya)} \times bsfc$$

$$bsac = 12,55 \times 356 \text{ g/kWh}$$

$$bsac = 4.467,8 \text{ g/kWh}$$

**B. Perhitungan Saat Kondisi Kerak Sudah Dibersihkan**

1. *Perhitungan volume silinder:*

$$V_s = \frac{\pi d^2 L}{4}$$

$$= \frac{3,14 \times (78 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times (83,6 \times 10^{-3} \text{ m})}{4}$$

$$= 399,26 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Vs total untuk 3 silinder

$$= (399,26 \times 10^{-6} \text{ m}^3) \times 3$$

$$= 1.198 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

2. *Perhitungan volume ruang kompresi:*

$$CR = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

$$10,7 = \frac{1.198 \times 10^{-6} + V_c}{V_c}$$

$$10,7V_c = 1.198 \times 10^{-6} + V_c$$

$$9,7V_c = 1.198 \times 10^{-6}$$

$$V_c = \frac{1.198 \times 10^{-6}}{9,7}$$

$$V_c = 123,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

3. *Torsi:*

Torsi pada hasil monitoring pada pengujian *dynotest* menunjukkan 66,39 Nm (lihat gambar 11)

4. *Perhitungan daya:*

$$W_b = \frac{2\pi\tau N}{60}$$

$$W_b = \frac{2 \times 3,14 \times 66,39 \text{ Nm} \times 5.027}{60}$$

$$W_b = 33.203 \text{ Watt} = 35 \text{ kW} = 46,87 \text{ HP}$$

(Pada skala *dynamometer*)

5. *Perhitungan rasio kompresi:*

$$CR = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

$$CR = \frac{399,26 \text{ cm}^3 + 41,16 \text{ cm}^3}{41,16 \text{ cm}^3}$$

$$CR = 10,7$$

6. *Perhitungan kecepatan torak:*

$$\bar{U} = 2NL$$

$$\bar{U} = \frac{2 \times 5027 \times 0,0836 \text{ m}}{60}$$

$$\bar{U} = 14,00 \text{ m/s}$$

7. *Perhitungan brake mean effective pressure:*

$$b_{mep} = \frac{4\pi\tau}{V_s}$$

$$b_{mep} = \frac{4 \times 3,14 \times 66,39 \text{ Nm}}{1,198 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$b_{mep} = 696.042 \text{ Pa} = 696 \text{ kPa}$$

(Maksimum nilai Indicated Pressure untuk mesin otto adalah 1.000 kPa)

8. Perhitungan *brake specific fuel consumption*:

$$bsfc = \frac{m_f}{W_b}$$

$$bsfc = \frac{11,81}{35}$$

$$bsfc = 337,42 \text{ g/kWh}$$

9. Perhitungan indikator laju bahan bakar pada intake manifold:

Nilai indikator laju bahan bakar sama dengan perhitungan pada saat asumsi ada kerak karbon, karena sifat laju indikator ini tetap. Hal ini

dikarenakan laju indikator bahan bakar dipengaruhi oleh bentuk intake manifold yang nilainya akan selalu sama.

$$m_f = 11,81$$

10. Perhitungan *brake specific air consumption*:

$$bsac = AFR \text{ (saat puncak daya)} \times bsfc$$

$$bsac = 12,9 \times 337,42 \text{ g/kWh}$$

$$bsac = 4.352,71 \text{ g/kWh}$$

C. Perbandingan Parameter Unjuk Kerja Saat Ada Kerak Karbon dan Setelah Dibersihkan

Tabel 2. Perbandingan hasil kajian perhitungan

No.	Parameter Perhitungan	Satuan	Hasil Kajian		Keterangan
			Kondisi saat ada kerak	Kondisi kerak dibersihkan	
1	Volume silinder	m <sup>3</sup>	1.206 × 10 <sup>-6</sup>	1.198 × 10 <sup>-6</sup>	Turun
2	Volume ruang kompresi	m <sup>3</sup>	115,5 × 10 <sup>-6</sup>	123,5 × 10 <sup>-6</sup>	Naik
3	Torsi	Nm	62,78	66,39	Naik
4	Daya	kW	33,2	35	Naik
5	Rasio Kompresi	-	11,4	10,7	Turun
6	Kecepatan torak	m/s	14,08	14,00	Turun
7	Indicated Pressure	kPa	653	696	Naik
8	Brake specific fuel consumption	g/kWh	356	337,42	Turun
9	Indikator laju bahan bakar pada intake manifold	-	11,81	11,81	Tetap
10	Brake specific air consumption	g/kWh	4.467,8	4.352,71	Turun

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa acuan awal adalah saat kondisi ketika kerak dibersihkan, karena pada kondisi ini kepala torak dan ruang kompresi bersih, artinya dapat digunakan spesifikasi awal pabrik untuk melakukan perhitungan volume silinder dan volume kompresi. Rasio kompresi menurut spesifikasi pabrik adalah 10,7. Rasio kompresi ini digunakan untuk menghitung volume kompresi setelah volume silinder telah dihitung.

Saat kondisi ada kerak yang dominan pada kepala torak, maka hal ini mengakibatkan naiknya volume silinder karena kerak yang ada di atas torak menjadi terhitung sebagai volume silinder yang ditambahkan. Sedangkan kebalikannya, volume ruang kompresi menjadi berkurang. Hal ini mengakibatkan rasio kompresi ketika ada kerak

menjadi lebih tinggi yaitu sebesar 11,4. Untuk perhitungan daya dan torsi, hasil sesuai dengan grafik setelah pengujian (lihat gambar 11). *Brake specific fuel consumption* dan *Brake specific air consumption* nilainya turun setelah kerak dibersihkan, yang berarti konsumsi bahan bakar lebih efisien.

*Brake specific fuel consumption* mengalami penurunan setelah dilakukan pembersihan kerak karbon sebesar  $356 - 337,42 = 18,58 \text{ g/kWh}$  atau sebesar  $18,58 : 356 \times 100 = 5,21\%$ . Sedangkan untuk *brake specific air consumption* mengalami penurunan sebesar  $4.467,8 - 4.352,71 = 115,09 \text{ g/kWh}$  atau sebesar  $115,09 : 4.467,8 \times 100 = 2,57\%$ .

#### IV. KESIMPULAN

Daya mesin dan torsi mesin merupakan parameter utama karena menentukan kecepatan saat akselerasi dan kecepatan maksimal yang dapat dicapai oleh suatu mobil. Daya maksimal mengalami peningkatan dari 33,2 kW menjadi 35 kW atau sebesar 1,8 kW. Peningkatan daya berkisar 5,4%. Torsi maksimal mengalami peningkatan dari 62,78 Nm menjadi 66,39 Nm atau sebesar 3,61 Nm. Peningkatan daya berkisar 5,7%. Pengaruh kerak karbon dalam ruang bakar menjadikan rasio kompresi mengalami peningkatan, sehingga temperatur dalam ruang bakar akan naik, menimbulkan kenaikan temperatur, timbul detonasi, daya dan torsi mesin akan menurun. Kerak karbon menjadikan bahan bakar menjadi lebih boros atau kurang efisien. Hal ini bisa ditunjukkan setelah pembersihan kerak karbon *brake specific fuel consumption* dan *brake specific air consumption* mengalami penurunan yang berarti konsumsi bahan bakar setelah dilakukan pembersihan ruang bakar mengalami efisiensi sebesar 5,21%.

Pada penelitian ini, penulis hanya berfokus pada perhitungan dan hasil dari unjuk kerja motor bakar secara mekanikal. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dikaji tentang konsumsi bahan bakar secara lebih detail dan proses termodinamika yang terjadi pada saat pembakaran.

#### REFERENSI

- [1] W. I Gede, "Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline," vol. 4, no. 1, pp. 16–25, 2010.
- [2] J. A. Caton, *An Introduction to Thermodynamic Cycle Simulations for Internal Combustion Engines*, 1st editio. Texas: Wiley, 2015.
- [3] I. M. W. W. Kusuma, I. G. K. Sukadana, and I. W. B. Adnyana, "Kajian Eksperimental Unjuk Kerja Mesin Menggunakan Bahan Bakar Arak Bali," *J. Ilm. Tek. DESAIN Mek.*, vol. 6, no. 2, pp. 227–231, 2017.
- [4] Nissan Motor Indonesia, "Nissan March," 2011. [Online]. Available: <https://www.nissan.co.id/vehicles/new/march/specifications.html#grade-B02A-0%7Cspecs>. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [5] R. Stone, *Introduction to Internal Combustion Engines*, 4th ed. London, United Kingdom: MacMillan Education UK, 2012.
- [6] R. F. Colin and A. T. Kirkpatrick, *Internal*

*Combustion Engines: Applied Thermosciences*, 3rd ed. Chichester, West Sussex: Wiley, 2015.

- [7] T. Zheng, Y. Zhang, Y. Li, and L. Shi, "Real-time combustion torque estimation and dynamic misfire fault diagnosis in gasoline engine," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 126, pp. 521–535, 2019.
- [8] D. A. Crolla, D. E. Foster, T. Kobayashi, and N. D. Vaughan, *Encyclopedia of Automotive Engineering*, 1st ed. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley, 2015.
- [9] N. R. Abdullah, N. S. Shahrudin, R. Mamat, A. M. Ihsan Mamat, and A. Zulkifli, "Effects of Air Intake Pressure on the Engine Performance, Fuel Economy and Exhaust Emissions of A Small Gasoline Engine," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 6, no. June, pp. 949–958, 2014.
- [10] G. T. Kalghatgi, "The outlook for fuels for internal combustion engines," *Int. J. Engine Res.*, vol. 15, no. 4, pp. 383–398, 2014.
- [11] K. P. Somers, R. F. Cracknell, and H. J. Curran, "A chemical kinetic interpretation of the octane appetite of modern gasoline engines," *Proc. Combust. Inst.*, vol. 37, no. 4, pp. 4857–4864, 2019.
- [12] I. W. B. Ariawan, I. G. B. Kusuma, and I. W. B. Adnyana, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Unjuk Kerja Daya, Torsi, Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis," *J. METTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 51–58, 2016.