

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh selama pengujian adalah sebagai berikut :

1. Data Pengujian Awal dan Konstanta

Tabel 4.1 Data pengujian konstan

v (ml)	Lhvbb ethanol (kkal/kg)	Lhvbb pertamax (kkal/kg)	L1 (mm)	L2 (mm)	m (kg)	Pfuel pertamax (kg/m ³)	Pfuel ethanol (kg/m ³)	T st (°C)
0,5	7170,3	10575	250	220	6	770	789	24

Tabel 4.2 Rasio transmisi

Rasio Transmisi	
6T	
Gigi 1	1/27.705
Gigi 2	1/18.656

2. Data Hasil Pengujian Unjuk Kinerja dan Emisi
3. Data hasil pengujian terhadap motor bakar 6 langkah dapat dilihat pada lampiran 4, lampiran 5, lampiran 6 dan lampiran 7.

4.1.2 Pengolahan Data

Dari data hasil pengujian dapat dilakukan pengolahan data. Sebagai contoh perhitungan diambil data dari pengujian motor bakar 6 langkah menggunakan bahan bakar pertamax dan ethanol terhadap torsi, daya efektif, efisiensi termal efektif dan konsumsi bahan bakar spesifik. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Gigi transmisi = 1, faktor reduksi = 27,705
2. Putaran mesin (n) = 7000 rpm
3. Besar beban pengereman (F) = 3 kg



4. Panjang lengan *dynamometer* (L) = 0,25 m
5. Waktu konsumsi bahan bakar (t) = 3,04 detik

Dari hasil data pengujian tersebut didapatkan nilai dari :

6. Torsi (T)

Rumusan umum untuk torsi adalah sesuai persamaan (2-1) berikut:

$$T = FxL$$

dengan :

T = torsi yang dihasilkan (kg·m)

F = besarnya beban pengereman (kg)

L = panjang lengan dinamometer (m)

Didapatkan nilai torsi pada *disk brake* poros roda belakang yaitu :

$$Td = (FxL) + (f \times l) \quad (4-1)$$

$$Td = (9,25 \times 0,25) + (6 \times 0,22)$$

$$Td = 3,6 \text{ (kg·m)}$$

dengan :

Td = torsi *disk brake* (kg·m)

F = besarnya beban pengereman (kg)

L = panjang lengan dinamometer (m)

f = besarnya beban *caliper* rem (kg)

l = panjang lengan *mounting caliper* (m)

Torsi di atas dihitung pada poros roda belakang, sehingga untuk torsi pada poros engkol nilai tersebut dibagi dengan faktor reduksinya. Sehingga :

$$Tc = Td / i_n \quad (4-2)$$

$$Tc = 3,6 / 27,705$$

$$Tc = 0,131 \text{ (kg·m)}$$

dengan :

Tc = torsi *crankshaft* (kg·m)

Td = torsi *disk brake* (kg·m)

i_n = faktor reduksi transmisi

7. Daya Efektif (Ne) sesuai persamaan (2-2) diperoleh :

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,5}$$

$$Ne = \frac{0,131 \cdot 6500}{716,5}$$

$$Ne = 1,18 \text{ (hp)}$$

dengan:

Ne = daya efektif (hp)

T = torsi (kg·m)

ω = kecepatan anguler poros (rad·detik⁻¹)

n = putaran poros (rpm)

8. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFC_e)

Sebelum diperoleh konsumsi bahan bakar spesifik efektif, terlebih dahulu dihitung

konsumsi bahan bakar dengan :

$$FC = \frac{b}{t} \cdot \rho_f \cdot \frac{3600}{1000} \quad (4-3)$$

$$FC = \frac{0,5}{2,9} \cdot 770 \cdot \frac{3600}{1000}$$

$$FC = 0,46 \text{ (kg·jam}^{-1}\text{)}$$

dengan :

b = Volume konsumsi bahan bakar (ml)

t = Waktu konsumsi bahan bakar (s)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg·m⁻³)

Dari perhitungan konsumsi bahan bakar tersebut dapat dihitung konsumsi bahan bakar spesifik efektif sesuai persamaan (2-3) berikut :

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e}$$

$$SFC_e = \frac{0,46}{1,18}$$

$$SFC_e = 0,394 \text{ (kg·hp}^{-1}\text{·jam}^{-1}\text{)}$$

dengan:

SFC_e = *SpecificFuelConsumptionEffective* (kg·hp⁻¹·jam⁻¹)

F_c = konsumsi bahan bakar (kg·jam⁻¹)

N_e = daya efektif (hp)

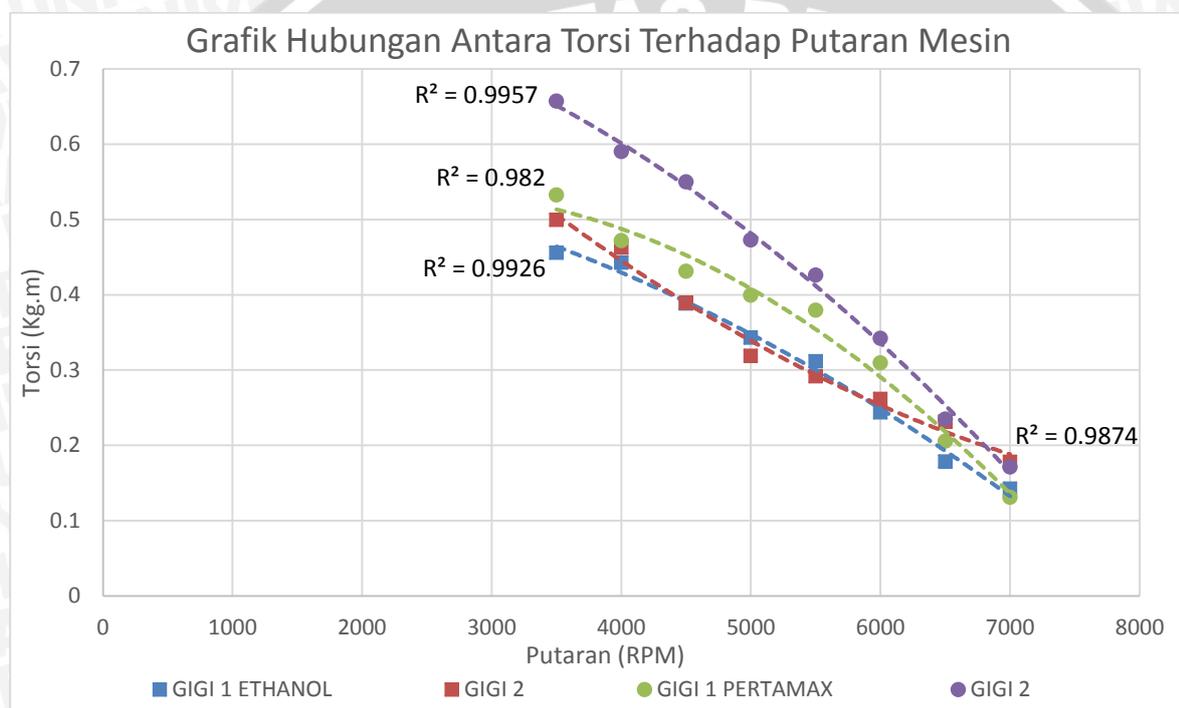
Untuk pengolahan data-data lain sesuai dengan perhitungan di atas dapat dilihat pada lampiran lamiran 4, lampiran 5 , lampiran 6, lampiran 7

Sementara untuk mempermudah proses analisis dan pembahasan maka dari hasil pengolahan data di atas dibuat Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.

4.2 Pembahasan

Dari hasil perhitungan data pengujian pada bukaan *throttle* 35% didapatkan karakteristik kinerja motor bakar 6 langkah. Selanjutnya data hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah proses analisis data perhitungan.

4.2.1 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi



Gambar 4.1 Hubungan putaran mesin dengan beban pengereman

Gambar 4.1 bahwa semakin besar putaran poros mesin maka torsi yang dihasilkan akan semakin menurun. Disebabkan saat pengujian putaran mesin diturunkan dengan penambahan beban pengereman pada poros sampai pada putaran mesin yang dikehendaki. Dapat disimpulkan, dengan semakin besarnya beban pengereman yang diterima oleh poros maka besarnya torsi yang terjadi juga semakin besar. Hubungan antara gaya pengereman (F) dengan torsi (T) ditulis dalam persamaan (2-1).

Dari persamaan (2-1) terlihat bahwa besarnya torsi berbanding lurus dengan besarnya beban pengereman yang dikenakan pada poros.

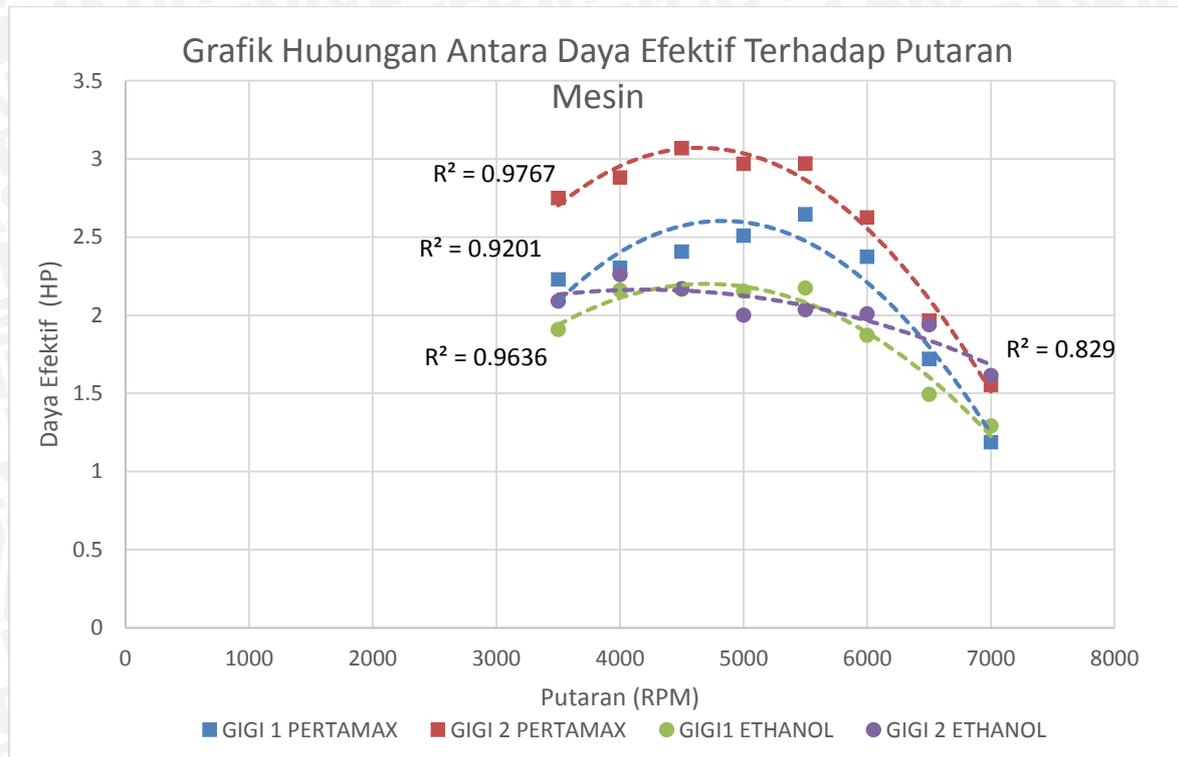
Selain itu, semakin tinggi putaran yang terjadi, gerakan bolak-balik torak akan semakin cepat menyebabkan gesekan antara torak dengan dinding silinder akan semakin banyak, sehingga kerugian mekanis akibat gesekan semakin besar. Hal ini juga menyebabkan gerakan buka tutup katup hisap juga semakin cepat, sehingga massa campuran udara dan bahan bakar yang masuk dan terbakar ke dalam ruang silinder semakin berkurang tiap siklus. Sehingga tekanan efektif pembakaran yang dihasilkan akan semakin kecil. Akibatnya energi tekanan yang digunakan untuk mendorong torak pada saat langkah kerja (ekspansi) juga berkurang, sehingga torsi yang dihasilkan semakin menurun.

Melihat kecenderungan dari Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa pada pengujian motor bakar 6 langkah dengan penggunaan Pertamina diperoleh rata-rata nilai torsi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan *Ethanol* pada putaran yang sama. Hal tersebut dikarenakan, dengan perbedaan jenis LHV, densitas, *flash point* dari bahan bakar Pertamina dan *Ethanol* menyebabkan bertambahnya kinerja pada motor bakar 6 langkah. Pada kondisi ini, terjadi perbedaan dari sifat fisik bahan bakarnya. Yang menyebabkan perbedaan dari proses pembakaran tersebut menghasilkan gaya dorong yang lebih besar pada torak mengakibatkan torsi yang dihasilkan semakin besar. Didapatkan juga peningkatan rpm dengan posisi *throttle* sama (35%), sehingga rentang kurva torsi yang diperoleh juga lebih luas dan merata. Hal ini juga mengindikasikan ada peningkatan pada kualitas pembakaran yang terjadi.

Sementara perbandingan putaran mesin terhadap torsi yang diperoleh pada 6 langkah bahan bakar Pertamina. Secara umum diperoleh rata-rata nilai torsi yang lebih tinggi pada motor bakar 6 langkah dengan putaran yang sama. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan untuk bukaan *throttle* sama, motor bakar 6 langkah memiliki rentang rpm dan torsi yang lebih luas dan mengindikasikan kerugian energi gesek yang tinggi.

Pertamax RON 92 terbesar dicapai motor bakar 6 langkah pada putaran 3000 rpm sebesar $0,66 \text{ (kg}\cdot\text{m}^3)$ dan torsi terendah dicapai pada putaran 7000 rpm sebesar $0,13 \text{ (kg}\cdot\text{m)}$. Sementara untuk bahan bakar *Ethanol* RON 111 untuk motor bakar 6 langkah, torsi terbesar diperoleh motor bakar 6 langkah pada putaran 3000 rpm sebesar $0,5 \text{ (kg}\cdot\text{m)}$ dan torsi terendah diperoleh pada putaran 7000 rpm sebesar $0,14 \text{ (kg}\cdot\text{m)}$.

4.2.2 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Daya Efektif



Gambar 4.2 Hubungan antara putaran mesin dengan daya indikasi

Pada Gambar 4.2 terjadi peningkatan dari titik maksimum dan dimana titik putaran poros cenderung menurun daripada daya indikator maksimumnya, peningkatan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar daya efektif disebabkan oleh daya indikasi yang berasal dari sifat fisik bahan bakar yang berbeda mempengaruhi proses pembakaran yang berbeda dan menyebabkan putaran yang terus meningkat.

Kemudian cenderung menurun pada putaran tinggi, hal ini dikarenakan putaran piston yang besar mengalami gesekan besar didalam ruang bakar. Naiknya putaran maka daya efektif (N_e) yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena daya efektif (N_e) berbanding lurus dengan harga torsi (T) yang dihasilkan dan putaran poros mesin (n) sesuai persamaan (2-2).

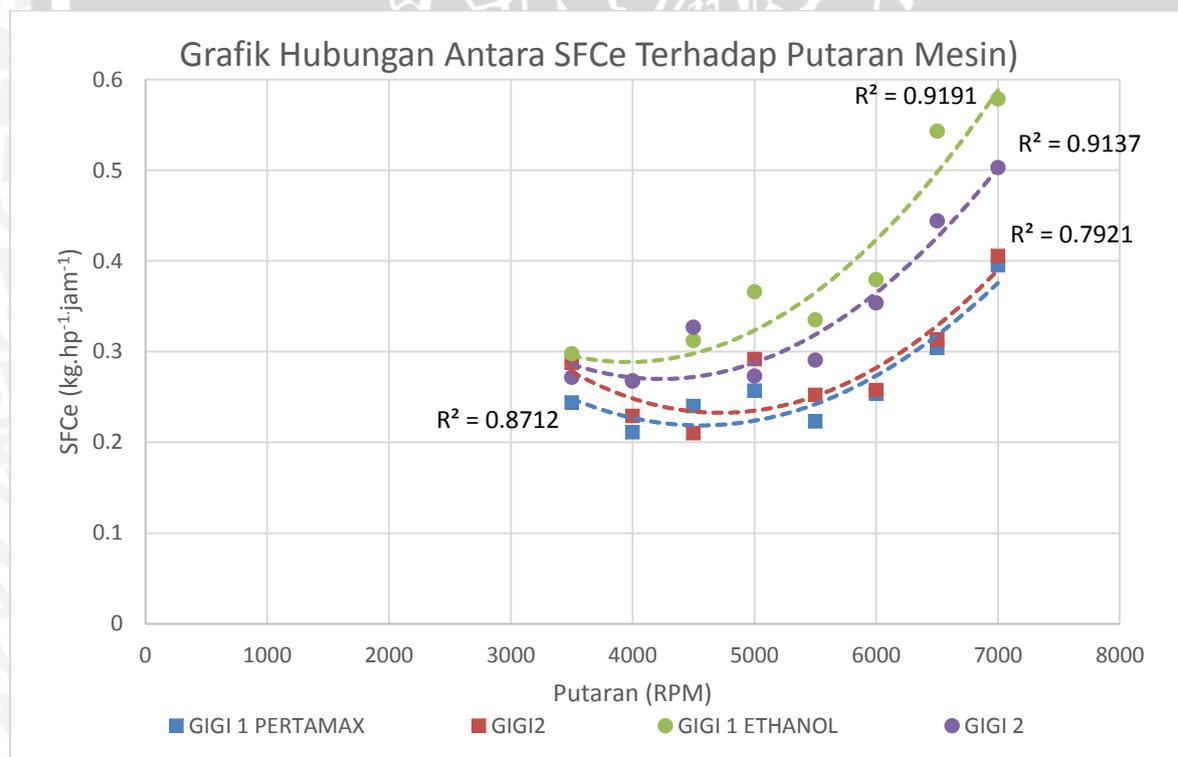
Saat putaran rendah proses pembakaran pada ruang bakar memiliki waktu yang lebih banyak akibat gerakan bolak-balik torak yang cenderung lebih lambat daripada putaran tinggi. Hal ini mengakibatkan pembakaran yang lebih sempurna dan menghasilkan daya yang lebih besar. Tetapi ketika putaran poros terus meningkat, penurunan torsi yang terjadi menjadi tidak seimbang terhadap kenaikan putaran dan kerugian mekanis yang disebabkan oleh semakin cepatnya gerakan bolak-balik torak. Disamping itu waktu pembakaran cenderung lebih cepat sehingga kecenderungan kurang sempurna

pembakaran lebih besar karena ketersediaan waktu yang terbatas, mengakibatkan penurunan energi yang dihasilkan.

Seiring torsi yang diperoleh, nilai rata-rata daya efektif yang diperoleh motor bakar 6 langkah lebih tinggi pada penggunaan bahan bakar Pertamina dari pada penggunaan bahan bakar Ethanol pada putaran yang sama. Meskipun daya terbesar yang diperoleh tidak memiliki rentang yang tidak terlalu jauh. Saat putaran rendah terjadi peningkatan gesekan lebih pada pengereman dan temperatur, menyebabkan kerugian energi dari energi gesek pengereman menjadi energi panas yang dilepaskan sistem pengereman. Jarak nilai torsi dan rpm yang diperoleh pada penggunaan bahan pertamax RON 92 juga lebih besar.

Daya terbesar yang dapat dicapai motor bakar 6 langkah terjadi pada putaran 3000 rpm yaitu dengan bahan bakar *pertamax* RON 92 sebesar 2,74 (hp) dan daya terendah dicapai pada putaran 7000 rpm sebesar 1,18 (hp). Sementara untuk bahan bakar *ethanol* RON 111, daya terbesar diperoleh motor bakar 6 langkah pada putaran 3000 rpm sebesar 2,1 (hp) dan daya terendah diperoleh pada putaran 7000 rpm sebesar 1,2 (hp).

4.2.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan *Specific Fuel Consumption Effective*



Gambar 4.3 Hubungan antara putaran terhadap konsumsi bahan bakar

Pada Gambar 4. grafik SFCe memiliki kecenderungan putaran awal sampai akhir mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Disebabkan karena dengan semakin tingginya

putaran jumlah siklus yang terjadi semakin banyak dan konsumsi bahan bakar (*FuelConsumption*) dibutuhkan semakin besar dimana laju aliran bahan bakar semakin cepat sedangkan jumlah bahan bakar yang terbakar relatif sedikit sehingga energi yang dihasilkan juga rendah.

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif merupakan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1 hp selama 1 jam. *SFCe* berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar (F_c) dan berbanding terbalik dengan daya efektif yang dihasilkan (N_e), semakin besar daya efektif maka *SFCe* yang dibutuhkan semakin kecil.

Hasil yang diperoleh pada grafik sesuai dengan hubungan persamaan (2-3). Sehingga disimpulkan bahwa apabila F_c mengalami peningkatan maka *SFCe* juga akan meningkat apabila daya efektif yang dihasilkan cenderung naik dengan interval kenaikan yang tidak terlalu besar atau bahkan jika N_e mengalami penurunan.

Pada grafik yang diperoleh terlihat bahwa penggunaan kedua jenis bahan bakar pada motor bakar 6 langkah memiliki selisih terhadap nilai *SFCe* meskipun nilai yang diperoleh relatif sama namun pada jarak yang berbeda. Penggunaan bahan bakar Ethanol memiliki rata-rata nilai yang lebih tinggi pada putaran motor yang sama. Artinya penggunaan bahan bakar Ethanol lebih tidak efisien dibandingkan penggunaan bahan bakar Pertamina RON 92. Ini disebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi pada bahan bakar Ethanol RON 111.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik efektif terendah motor bakar 6 langkah terjadi pada putaran rendah dan diperoleh pada penggunaan karburator dengan bahan bakar ethanol sebesar $0.27(\text{kg}\cdot\text{hp}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1})$ yang terus meningkat hingga $5.43(\text{kg}\cdot\text{hp}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1})$. Sedangkan dengan penggunaan bahan bakar Pertamina diperoleh *SFCe* sebesar $0.31(\text{kg}\cdot\text{hp}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1})$ kemudian meningkat seiring bertambahnya putaran hingga mencapai $0.24(\text{kg}\cdot\text{hp}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1})$. Selisih nilai terendah dari rata-rata ini juga bisa disebabkan oleh fluktuasi beban pengereman yang terjadi, secara ideal *SFCe* lebih baik akan diperoleh bahan bakar Pertamina.

4.2.4 Rangkuman Pengujian

Dari hasil dan pembahasan pengujian pengaruh penggunaan bahan bakar *pertamax* memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kinerja motor bakar 6 langkah daripada penggunaan bahan bakar *ethanol*. Pada variasi bukaan *throttle* 35%, didapat hasil:

1. Peningkatan nilai torsi rata-rata sebesar 20 % dengan torsi tertinggi untuk bahan bakar pertamax RON 92 pada putaran 3000 rpm sebesar 0,66 kg·m.
2. Peningkatan nilai daya efektif rata-rata sebesar 20 % dengan daya efektif tertinggi untuk bahan bakar *pertamax* RON 92 pada putaran 3000 rpm sebesar 2,74 hp.

Penurunan nilai SFCe rata-rata sebesar 16 % namun SFCe paling rendah diperoleh pada penggunaan bahan bakar *ehanol* pada putaran paling rendah sebesar 0,24 kg·hp⁻¹·jam⁻¹.

Fluktuasi pengukuran beban pengereman bisa menjadi pengaruh nilai maksimum.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

