

## ANALISA PERBANDINGAN PERFORMANSI *SINGLE* DAN *DOUBLE* *TURBOCHARGER* PADA *CUMMINS ENGINE K50 SERIES*

Hein<sup>1</sup>, Puji Saksono<sup>2</sup>, Gunawan<sup>3</sup>

### Abstract

*Application development engine in the heavy equipment is currently lead to the development of environmentally friendly technologies but with a better performance without changing the size or dimensions of the engine. Performance comparison analysis between Cummins engine applications which use single and double turbocharger to the performance, efficiency and fuel consumption required to provide a reference for users of heavy equipment unit (customer). This research was conducted at PT. Altrak Balikpapan branch in 1978 as a distributor of Cummins engines Indonesia. The research object is the Cummins engine type "K50" series with KTA-50 engine models and KTTA-50. Achievement of maximum engine power in the can with the provision of 100% load at 1900 rpm engine speed, which amounted to 1798 HP at KTA-50 and 1993 HP at KTTA-50. The increase in the value of the torque which can be different from the values of engine power, because the maximum torque is not in a position rated speed but at 100% load at 1500 rpm engine speed. This position is often referred to as the peak torque and the maximum torque values in may of 1487 lb.ft at KTA-50 and 1656 lb.ft at KTTA-50. The result of the calculation is theoretically found also that with the increase in engine power then an increase in fuel consumption linearly. The thermal efficiency of the engine KTTA-50 amounted to 42.29% larger than the engine-50 summit that only 42.23%.*

**Key words :** *Engine K50 Series, Dynamometer Experiment, Engine Performance, Thermal Efficiency*

### Abstraksi

Perkembangan aplikasi *engine* pada unit alat berat saat ini mengarah pada pengembangan teknologi yang ramah lingkungan tetapi dengan performansi yang lebih baik tanpa mengubah ukuran atau dimensi dari *engine*. Analisa perbandingan performansi antara *engine Cummins* yang menggunakan aplikasi *single* dan *double turbocharger* terhadap performansi, efisiensi dan *fuel consumption* diperlukan untuk memberikan referensi bagi pemakai unit alat berat (*customer*). Penelitian ini dilakukan di PT. Altrak 1978 cabang Balikpapan sebagai distributor *CUMMINS engines* Indonesia. Obyek penelitian adalah *Cummins engine type "K50" series* dengan model *engine KTA-50* dan *KTTA-50*. Pencapaian daya maksimal *engine* di dapat dengan pemberian beban 100% dengan putaran *engine* 1900 rpm, yaitu sebesar 1798 HP pada *KTA-50* dan 1993 HP pada *KTTA-50*. Kenaikan nilai torsi yang di dapat berbeda dengan nilai daya *engine*, karena torsi maksimum bukan pada posisi *rated speed* melainkan pada beban 100% dengan putaran *engine* 1500 rpm. Posisi ini sering disebut juga dengan *peak torque* dan nilai torsi maksimum yang di dapat sebesar 1487 lb.ft pada *KTA-50* dan 1656 lb.ft pada *KTTA-50*. Hasil perhitungan secara teoritis didapatkan pula bahwa dengan meningkatnya daya *engine* maka terjadi peningkatan *fuel consumption* secara linier. Adapun *efisiensi thermis* pada *engine KTTA-50* sebesar 42,29% lebih besar dibanding dengan *engine KTT-50* yang hanya 42,23%.

**Kata Kunci :** *Engine K50 Series, Pengujian Dynamometer, Performansi Engine, Efisiensi Thermis*

### PENDAHULUAN

Perkembangan aplikasi *engine* pada unit alat berat saat ini mengarah pada pengembangan teknologi yang ramah terhadap lingkungan tetapi dengan performansi yang lebih baik dengan tanpa

mengubah ukuran atau dimensi dari *engine* tersebut.

*Engine diesel K50 Series* adalah termasuk *engine diesel Cummins* di mana pembakaran *engine* merupakan salah satu rangkaian komponen yang sangat penting dalam sebuah kendaraan yaitu sebagai alat

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Balikpapan

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Balikpapan

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Balikpapan

yang memiliki kemampuan untuk merubah energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar kemudian di ubah menjadi energi mekanik.

*Engine diesel K50 series engine* banyak digunakan di lokasi tambang sebagai kendaraan untuk mengangkut muatan seperti batu bara, nikel dan sebagainya.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh penambahan *turbocharger* untuk meningkatkan performansi, *fuel consumption* dan efisiensi *thermis* antara *engine diesel Cummins KTA-50 (single turbocharger)* dan *KTTA-50 (double turbocharger)*.

Adapun tujuan dari penelitian :

1. Untuk menganalisa perbandingan performansi antara *engine* yang dengan *single* dan *double turbocharger* pada *Cummins engine K50 series*.
2. Menentukan seberapa besar nilai efiseinsi *thermis* dan *fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine KTA-50* dan *KTTA-50*.

Manfaat dari penelitian ini sebagai referensi bagi pengguna alat berat (*customer*) untuk memakai *engine* yang sesuai dengan kebutuhannya.

Batasan masalah penelitian :

1. Objek penelitian adalah *Cummins engine K50 series*, dengan aplikasi *single turbocharger* dan *double turbocharger* setelah *overhaul* pada *hours meter* 10.000.
2. Perbandingan parameter performansi *engine* diuji dengan pemberian beban (*load*) 0%, 25%, 50%, 75%, 100% pada

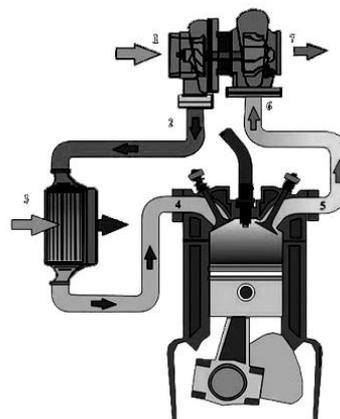
*rated speed* (1900 rpm) dan pada *peak torque* (1500 rpm).

Perhitungan *fuel consumption* pada *rated speed* (1900 rpm) terhadap beban (*load*) 25%, 50%, 75%, 100% pada kedua *engine*.

## KAJIAN PUSTAKA

### *Turbocharger* Satu Tingkat

Sistem *turbocharger* ini biasa juga disebut dengan sistem normal, karena hanya ada satu *turbocharger* yang melayani satu atau lebih silinder ruang bakar (*combustion chamber*).



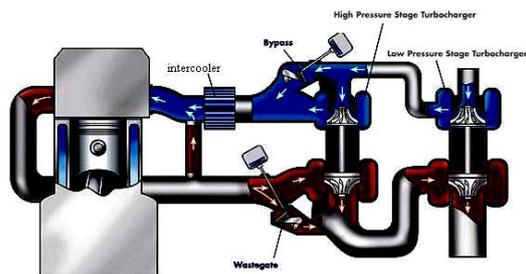
Gambar 1. *Flow Turbocharger* Satu Tingkat

Gas buang hasil pembakaran dari silinder ruang bakar akan masuk ke dalam *turbine* untuk mendorong dan memutar *turbine*, selanjutnya akan diteruskan *impeller* untuk menghisap udara dari luar yang telah disaring untuk dikompresikan di dalam silinder ruang bakar melalui *intercooler* terlebih dahulu sebagai media pendingin udara.

### *Turbocharger* Dua Tingkat

Sistem *turbocharger* ini digunakan untuk meningkatkan batas torsi *engine* dan tekanan efektif rata-rata. Beberapa mesin tipe V dan *inline* menggunakan dua atau empat

*turbocharger* dan *aftercooler*, masing-masing satu untuk pipa *manifold* buang.



Gambar 2. *Flow Turbocharger* Dua Tingkat

Cara kerja *turbocharger* dua tingkat yaitu udara mengalir dari saringan udara ke rumah kompresor tingkat pertama (*low pressure turbocharger*), kemudian ke luar dari kompresor tingkat pertama dan masuk kompresor tingkat kedua. Setelah dikompresikan pada kompresor tingkat dua maka udara ke luar melewati *intercooler* menuju pipa *manifold* hisap silinder. Pada keadaan ini temperatur udara dikurangi sampai 223 °F (1060 °C) dan tekanan berkisar 60,4 inHG (204,5 kPa). Gas buang hasil pembakaran memasuki pipa *manifold* tipe pulsa yang kemudian memasuki rumah turbin tingkat dua. Gas buang kemudian meninggalkan turbin tingkat dua dan memasuki turbin tingkat pertama yang akan menggerakkan roda turbin dengan sisa-sisa energi yang terkandung dalam gas buang. Kemudian gas ini dibuang melalui pipa saluran buang ke atmosfer.

## METODOLOGI

### Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian di PT. Altrak 1978 *Rebuild Center* di Jl. Jend. Sudirman No. 21 Balikpapan. Sedangkan

waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juli s/d Desember 2014.

### Objek Penelitian

Peralatan uji penelitian :

1. *Engine Cummins engine diesel KTA-50* dan *KTTA-50*



Gambar 3. *Engine Cummins KTA-50*



Gambar 4. *Engine Cummins KTTA-50*

Spesifikasi *engine KTA-50* :

- *Bore dan stroke* : 159 mm [6.25 in] x 159 mm [6.25 in]
- *Tipe engine* : 4 langkah, 60° V-engine, 16 *Cylinder*
- *Power* : 1800 HP / 1900 rpm
- *Max. Torsi* : 5208 lbft / 1500 rpm
- *Aspiration* : *One Stage Turbocharger and Aftercooled*

Spesifikasi *engine KTTA-50* :

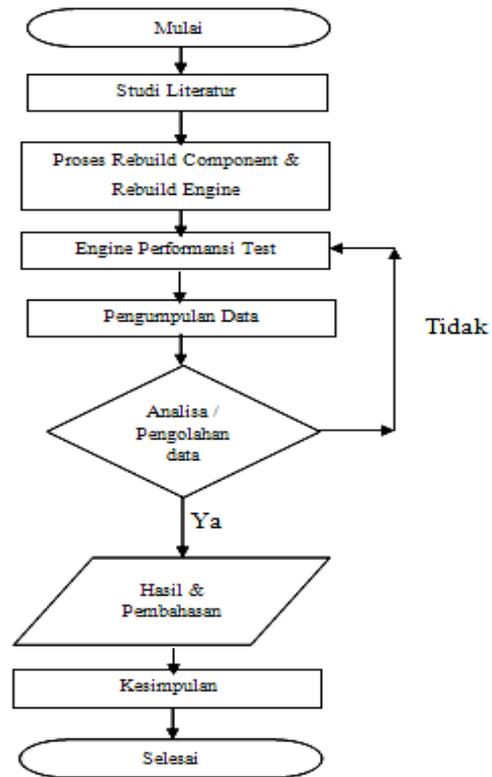
- *Bore dan stroke* : 159 mm x 190 mm

- Tipe *engine* : 4 langkah, 60° V-engine, 16 *Cylinder*
  - *Power* : 2000 HP/1900 rpm
  - Max. Torsi : 5800 lbft / 1500 rpm
  - *Aspiration* : *Two Stage Turbocharger and Aftercooled*
  - *Fuel Consumption* : 0,327 lb/HP-hr
2. *Turbocharger* yang digunakan sebagai penelitian adalah merek *Holset* tipe *HX 82* dan *HT 100*

### Langkah-langkah Penelitian

1. *Engine* yang akan di uji performansinya telah melalui proses *rebuild engine*.
2. *Turbocharger* dipasang pada *engine*.
3. Memasang kopling *dynamometer (dynotest)* pada *flywheel*. Memasang *hose water cooling engine connection, prelube system, fuel* dan baterai. Memasang *exhaust flange* dan *muffler*. Memasang *electrical wiring control*. Memasang *gauge, oil level, control valve, water pressure pump*.
4. Melakukan *performance test* dan memeriksa seluruh unit *engine* apabila terjadi kebocoran. Memeriksa asap buang dan memeriksa ketidaknormalan bunyi.
5. Melakukan pengujian *engine* dengan *dynotest* sesuai dengan pedoman pengoperasian.
6. Pengambilan data dilakukan pada saat *performance test* pada putaran dan variasi beban yang diberikan berbeda, data hasil tes terlihat pada *monitor control*.

### Diagram Alir (Flow Chart)



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

### Variabel Penelitian

#### a) Variabel Bebas

- Variasi beban *engine* [%]
- Variasi putaran *engine* [rpm]

#### b) Variabel Terikat

- *Torque engine* [lb.ft]
- *Daya engine* [HP]

#### c) Variabel kontrol

- *Temperature* ruang uji 60 s/d 70 °C
- *Tekanan udara* ruang uji (*ambient pressure*) 30 in hg atau 1 *atmosphere*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data pengujian *dynotest*

Hasil pengujian *dynotest* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data *Dynotest* Untuk Nilai Daya *Engine KTA-50*

Putaran Engine (rpm)	Load %	Torque (Lb-Ft)	Power (HP)
1900	25	1238	448
1900	50	2479	897
1901	75	3727	1349
1900	100	4970	1798

Tabel 2. Data Dynotest Untuk Nilai Daya Engine KTTA-50

Putaran Engine (rpm)	Load %	Torque (Lb-Ft)	Power (HP)
1900	25	1368	495
1901	50	2754	997
1901	75	4130	1495
1900	100	5509	1993

Pada tabel 1 dan 2 di atas merupakan data hasil *performance dynotest* pada engine *KT-50* dan *KTTA-50* setelah dilakukan proses *overhaul* dengan pembebanan 25%, 50%, 75%, dan 100% yang di kontrol oleh *taylor dynotest*. Pembebanan dilakukan dengan 100% *load* sehingga menghasilkan performansi maksimal dari engine tersebut. selain dilakukan *test power*, pada engine *Cummins* dilakukan pula tes beban pada torsi maksimal sesuai dengan spesifikasi dari *Cummins*. Proses pembebanan yang dilakukan adalah dengan memberikan beban 25%, 50%, 75% dan 100%. Putaran engine diturunkan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, proses ini dilakukan untuk mendapatkan torsi maksimum (*peak torque*).

Tabel 3. Data Dyno Test Untuk Nilai Torsi Engine KTA-50

Putaran Engine (rpm)	Load %	Torque (Lb-Ft)	Power (HP)
1500	25	1302	372
1501	50	2603	744
1501	75	3905	1116
1500	100	5206	1487

Tabel 4. Data Dyno Test Untuk Nilai Torsi Engine KTTA-50

Putaran Engine (rpm)	Load %	Torque (Lb-Ft)	Power (HP)
1500	25	1457	416
1501	50	2908	831
1501	75	4356	1245
1500	100	5798	1656

**Perhitungan nilai daya pada engine KTA-50 dan KTTA-50**

- Perhitungan engine KTA-50

Pada beban 100% dengan putaran engine 1900 rpm, daya yang dihasilkan :

$$BMEP = \frac{16 \times Torsi}{(D^2) \times s \times i} = \frac{16 \times 4970}{(6.25^2) \times 0,52 \times 16}$$

$$= 244,68 \text{ psi}$$

$$BHP = \frac{\frac{\pi}{4} \times (6.25)^2 \times 244,68 \times 0,52 \times 1900 \times 16}{2 \times 60 \times 550}$$

$$= 1797,054 \text{ HP}$$

- Perhitungan engine KTTA-50

Pada beban 100% dengan putaran engine 1900 rpm, daya yang dihasilkan

$$BMEP = \frac{16 \times Torsi}{(D^2) \times s \times i} = \frac{16 \times 5509}{(6.25^2) \times 0,52 \times 16}$$

$$= 271,212 \text{ psi}$$

$$BHP = \frac{\frac{\pi}{4} \times (6.25)^2 \times 271,212 \times 0,52 \times 1900 \times 16}{2 \times 60 \times 550}$$

$$= 1991,918 \text{ HP}$$

**Perhitungan nilaiTorsi pada KTA-50 dan KTTA-50**

- Engine KTA-50

Pada beban 100% dengan putaran engine 1500 rpm, torsi yang dihasilkan:

$$Torsi = \frac{HP \times 5252}{n} = \frac{1487 \times 5252}{1500}$$

$$= 5206,482 \text{ lb-ft}$$

- Engine KTTA-50

Pada beban 100% dengan putaran mesin 1500 rpm, torsi yang dihasilkan:

$$\text{Torsi} = \frac{\text{HP} \times 5252}{n} = \frac{1656 \times 5252}{1500}$$

$$= 5798,208 \text{ lb-ft}$$

### Perhitungan Fuel Consumption Pada Engine KTA-50 dan KTTA-50

#### - Engine KTA-50

Pada beban 100% dengan putaran engine 1900 rpm, maka fuel consumption yang dihasilkan:

$$\text{FC} = \frac{\text{BSFC} \times \text{HP} \times \text{LF}}{7} = \frac{0,327 \times 1798 \times 1}{7}$$

$$= 84 \text{ gal/h (318 l/h)}$$

#### - Engine KTTA-50

Pada beban 100% dengan putaran engine 1900 rpm, maka fuel consumption yang dihasilkan:

$$\text{FC} = \frac{\text{BSFC} \times \text{HP} \times \text{LF}}{7} = \frac{0,327 \times 1993 \times 1}{7}$$

$$= 93,10 \text{ gal/h (352 l/h)}$$

### Efisiensi Thermis

#### - Engine KTA-50

$$\eta_{\text{th-e}} = \frac{\text{BHP (kcal/h)}}{\text{FC (kcal/h)}} \times 100\%$$

Dimana :

BHP (daya efektif) = 1798

BSFC (fuel consumption) = 0,327 Lb/HP-hr

LHV (nilai kalor bahan bakar) = 10.220 kcal

1 HP = 641 kcal/h;

1798 HP = 1152518 kcal/h;

1lb = 0.4536 kg;

0,327 lb/HP-h = 0,1483272 kg/HP-h

$$\text{FC} = \text{BSFC} \times \text{LHV} \times \text{HP}$$

= 0,1483272 kg/HP-h x 10.220 kcal/kg

= 1515,90398 kcal/HP-h

= 1515,90398 kcal/hp-h x 1800 HP

= 2728627,16 kcal/h

$$\eta_{\text{th-e}} = \frac{1152518 \text{ kcal/h}}{2728627,16 \text{ kcal/h}} \times 100\% = 42,23\%$$

#### - Engine KTTA-50

$$\eta_{\text{th-e}} = \frac{\text{BHP (kcal/h)}}{\text{FC (kcal/h)}} \times 100\%$$

Dimana :

BHP (daya efektif) = 1993 HP

BSFC (fuel consumption) = 0,327 Lb/HP-hr

LHV (nilai kalor bahan bakar) = 10,220 kcal

1 HP = 641 kcal/h

1993 HP = 1.277.513 kcal/h

1lb = 0.4536 kg

0,327 lb/hp-h = 0,1483272 kg/HP-h

$$\text{FC} = \text{SFC} \times \text{LHV} \times \text{HP}$$

= 0,1483272 kg/hp-h x 10.220 kcal/kg

= 1515,903984 kcal/HP-h

= 1515,903984 kcal/HP-h x 1993 HP

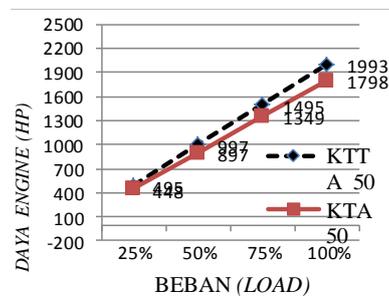
= 3021196,640112 kcal/h

$$\eta_{\text{th-e}} = \frac{\text{BHP (kcal/h)}}{\text{FC (kcal/h)}} \times 100\%$$

$$= \frac{1277513}{3021196,640112} \times 100\% = 42,29\%$$

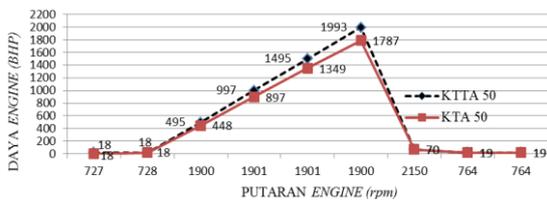
### Grafik Pembebanan

Gambar grafik ini menjelaskan selama proses uji di berikan beban 25%, 50%, 75%, 100% dengan catatan putaran engine mengikuti kenaikan beban, akan terlihat bahwa daya yang di hasilkan engine pun semakin meningkat..

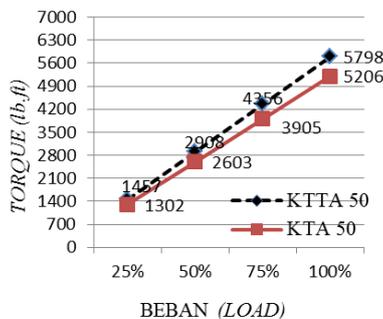


Gambar 6. Grafik Hubungan Beban Dengan Daya Engine KTA-50 dan KTTA-50

Adapun pencapaian daya maksimal *engine* di dapat dengan pemberian beban 100% serta menambah putaran *engine* menjadi 1900 rpm maka hasil daya yang diperoleh adalah 1798 HP pada KTA-50 dan 1993 HP pada KTTA-50.

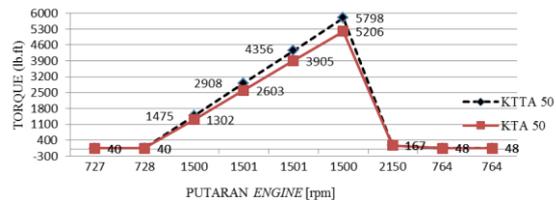


Gambar 7. Grafik Perbandingan Putaran Engine Dengan Daya (BHP) Antara Engine KTA-50 dan KTTA-50



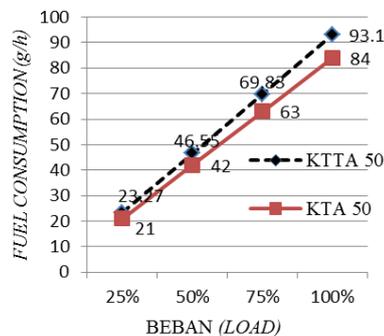
Gambar 8. Grafik Hubungan Beban Dengan Torsi Maksimum (Peak Torque) Engine KTA-50 dan KTTA-50

Pada pemberian pembebanan yang sama maka di dapat pula nilai torsi *engine* seperti terlihat pada gambar 8. Akan tetapi kenaikan nilai torsi yang di dapat berbeda dengan nilai daya *engine* karena torsi maksimum bukan pada posisi *rated speed* melainkan pada beban 100% di 1500 rpm. Posisi ini sering disebut juga dengan *peak torque*. Dan nilai torsi maksimum yang di dapat adalah 5206 lb.ft pada KTA-50 dan 5798 lb.ft pada KTTA-50. Jadi torsi maksimal bukan di capai pada daya maksimal *engine*.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Putaran Engine Dengan Torque Pada Engine KTA-50 dan KTTA-50

Pada gambar 9 di atas menunjukkan bahwa saat putaran *engine* diatur berada pada level paling tinggi yaitu di atas 2000 rpm (tergantung kondisi *engine*), pelan pelan *dynotest* dinaikan bebannya mulai dari 25%, 50%, 75% sampai 100%. Pada kondisi ini menunjukkan nilai *torque engine* yang paling besar ternyata berada pada posisi beban 100% pada putaran *engine* 1500 rpm yaitu sebesar 5798 lb.ft pada *engine* KTTA-50 dan 5206 lb.ft pada *engine* KTA-50. Putaran *engine* mengalami penurunan akibat dari pengaturan kenaikan beban pada *dynotest*.



Gambar 10. Grafik Hubungan Beban Dengan Fuel Consumption Engine KTA-50 dan KTTA-50

Pada pemberian pembebanan yang sama maka akan didapatkan perbedaan jumlah nilai *fuel consumption* secara ideal seperti yang terlihat pada gambar 10 di atas. Sesuai nilai yang tercantum pada grafik pula, maka diketahui bahwa jumlah *fuel consumption* pada *engine* KTTA-50 lebih banyak dibanding

dengan engine *KTA-50*, hal ini dikarenakan nilai daya yang didapat dari perhitungan secara teoritis lebih besar sehingga jumlah nilai *fuel consumption* juga lebih besar.

## SIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pada *Cummins engine* dilakukan proses pembebanan maksimum yang menurunkan putaran *engine* atau sering disebut juga dengan *peak torque*. Pada pembebanan 100% dengan putaran *engine* 1500 rpm, nilai torsi maksimum yang di dapat sebesar 1487 lb.ft pada *KTA-50* dan 1656 lb.ft pada *KTTA-50*.
- b. Nilai daya *BMEP* pada *engine Cummins KTTA-50* lebih besar dibandingkan dengan *engine KTA-50*. Pada pemberian beban 100% dengan putaran *engine* 1900 rpm, *engine KTA-50* sebesar 1798 HP dan pada *engine KTTA-50* sebesar 1993 HP.
- c. Hasil perhitungan secara teoritis didapat juga bahwa dengan meningkatnya daya *engine* maka terjadi peningkatan pada jumlah *fuel consumption*.
- d. Hasil pengujian peformansi dari kedua *engine* tersebut diketahui bahwa efisiensi *thermis* yang dihasilkan oleh *engine KTTA-50* sebesar 42,29% lebih besar dibanding dengan *engine KTA-50* yang sebesar 42,23%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Altrak 1978, PT, 2011, *Basic Engine Diesel Cummins*, PT. Altrak 1978, Balikpapan
- Arismunandar, W, 2002, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak, Edisi kelima*,

Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.

Arismunandar, W dan Kuichi Tsuda, 2004, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Bernard Challen & Rodica Baranescu,1999, *Diesel Engine Reference Book*.

Meherwan P Boyce, 2006, *Gas Turbine Engineering Handbook*, Gulf Professional Publishing

Willard W. Pulkrabek, 2000, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine (second edition)*, Prentice Hall, New Jersey.

