

Prediksi Performa *Linear Engine* Bersilinder Tunggal Sistem Pegas Hasil Modifikasi dari Mesin Konvensional Yamaha RS 100CC

Fakka Kodrat Tulloh, Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah dan Semin
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: athalaz@its.ac.id,

Abstrak—*Linear engine* adalah salah satu inovasi dari engine yang dikembangkan karena memiliki performa yang lebih baik bila dibandingkan dengan mesin konvensional. Peningkatan performa yang dialami karena berkurangnya gaya gesek yang terjadi. Sehingga perlu dilakukan pembuktian untuk mengetahui performa *linear engine* hasil modifikasi dari mesin konvensional Yamaha RS 100 CC dengan cara memprediksi melalui simulasi. Dalam analisa ini akan dibandingkan performa mesin konvensional dengan *linear engine* dalam bentuk perbandingan tekanan dengan volume, daya, torque, BSFC, Brake efficiency dalam variasi kecepatan antara 3.2 m/s – 19.2 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa yang dihasilkan *linear engine* hasil modifikasi tersebut meningkat. Daya maksimal dari *linear engine* meningkat sekitar 7.2% dari daya sebelumnya 6.9 kW menjadi 7.4 kW. Begitu juga torque yang dihasilkan meningkat menjadi 12.4 N/m, selain itu BSFC dari *linear engine* mengalami perbaikan sekitar 2 – 10% dari BSFC sebelumnya.

Kata kunci—*Linear engine*, Modifikasi Yamaha RS 100 CC, performa, Simulasi.

I. PENDAHULUAN

MOTOR *linear engine* dengan menggunakan sistem pegas merupakan salah satu inovasi yang sedang dikembangkan. Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, *linear engine* memiliki keunggulan meningkatkan efisiensi dari kinerja sebuah mesin dibandingkan dengan mesin konvensional biasa [1].

Prinsip kerja antara *linear engine* dengan sistem pegas dan mesin konvensional biasa terletak pada proses menuju kembali pada titik mati atas. Mesin konvensional biasa memiliki mekanisme dasar untuk putaran terdiri dari engkol, *connecting rod* dan *piston*. Sedangkan untuk *linear engine* terdiri dari engkol, pegas dan *piston*.

Berdasarkan perbedaan tersebut gaya gesek yang diterima oleh *linear engine* lebih kecil karena tidak terdapat gaya gesek yang dihasilkan oleh *connecting rod*. Sehingga memberikan efisiensi yang lebih besar dibandingkan mesin konvensional biasa yang memiliki gaya gesek yang lebih banyak.

Oleh karena itu, berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tulisan ini akan mencoba untuk memprediksi perbedaan performa antara *linear engine* bersilinder tunggal dengan menggunakan sistem pegas hasil

modifikasi dari mesin konvensional Yamaha RS 100 cc dengan menggunakan pemodelan melalui simulasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, *linear engine* memiliki performa yang lebih baik bila dibandingkan dengan mesin konvensional biasa. Perbedaan performa yang terjadi karena adanya sedikit prinsip kerja yang berbeda. Prinsip kerja dari *linear engine* dapat mengurangi gaya gesek yang diterima sehingga dapat meningkatkan performa sehingga *output* seperti daya, torsi serta konsumsi bahan bakar dapat menjadi lebih baik [1].

Linear engine memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan mesin konvensional. Perbedaan prinsip kerjanya hanya terletak pada proses kembali pada titik mati atas. Perbedaan mekanisme dasar tersebut dapat dilihat sebagai berikut [1]:

Mesin Konvensional

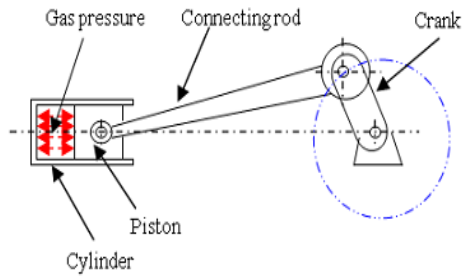
Mekanisme dasar putaran untuk mesin konvensional biasa terdiri dari :

- *Piston*
- *Connecting rod*
- *Crankshaf*

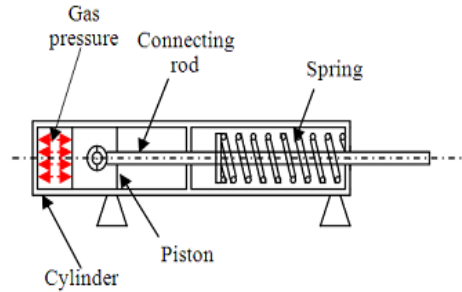
Linear Engine

Mekanisme dasar proses kembalinya pada titik titik mati atas *linear engine* terdiri dari :

- *Piston*
- *Connecting rod*
- Pegas
- Pada mesin konvensional gaya gesek terjadi pada *main bearing*, *seal*, *connecting rod* dan *journal bearing*, *skirt*, *rings*, serta *gas pressure*. Adapun persamaan *fmep* untuk masing – masing gaya gesek yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar. 1. Gerak rotasi pada mesin konvensional.



Gambar. 2. Gerak pada linear engine.

- *Maining Bearing*

$$F_{mep_{bearing}} = c_b \frac{n_b N D_b^2 L_b}{n_c b^2 s} \tag{1}$$

- *Seal*

$$F_{mep_{Seal}} = c_s \frac{D_b}{n_c b^2 s} \tag{2}$$

Connecting rod dan bearing

$$F_{mep_{bearing}} = 41.37K \left(\frac{b}{s}\right) \left(\frac{N}{1000}\right) \tag{3}$$

Dan

$$K = \left(D_{mb}^2 L_{mb} + \frac{D_{cb}^2 L_{cb}}{m} + D_{as}^2 L_{as}\right) \frac{1}{b^3} \tag{4}$$

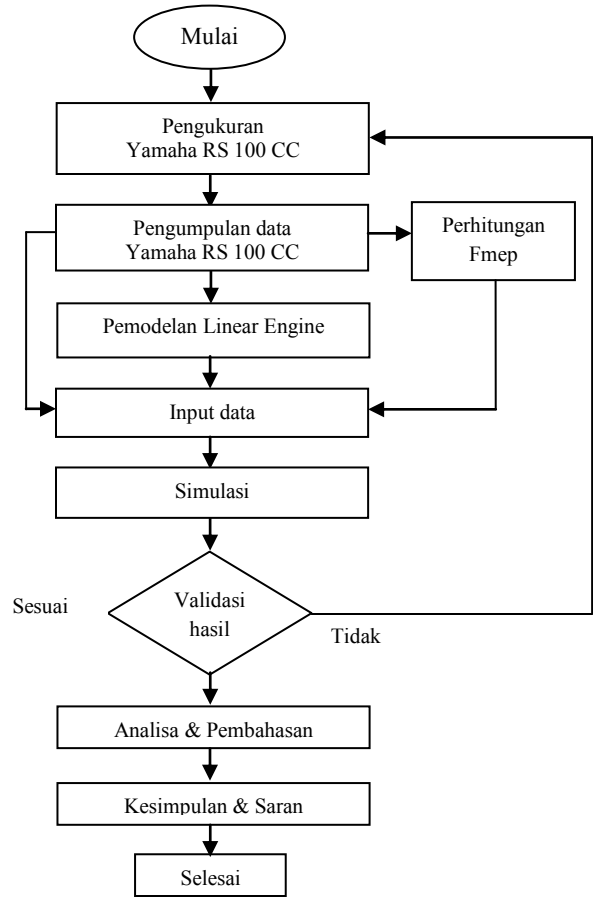
Skirt

$$F_{mep_{skirt}} = c_{ps} \frac{\bar{U}_p}{b} \tag{5}$$

Rings

$$F_{mep_{rings}} = c_{pr} \left(1 + \frac{1000}{N}\right) \frac{1}{b^2} \tag{6}$$

Gas Pressure



Gambar. 3. Diagram Flow Chart.

$$F_{mep_{gasload}} = c_g \frac{P_i}{P_a} \left[0.088r + 0.182r^{(1.33 - K\bar{U}_p)}\right] \tag{7}$$

Pada perhitungan *f_{mep}* linear engine persamaan (5) tidak digunakan karena gesekan *skirt* pada linear engine tidak terjadi. Selebihnya untuk perhitungan *f_{mep}* yang lainnya sama dengan perhitungan pada mesin konvensional.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengerjakan masalah dalam pengerjaan skripsi ini dengan cara simulasi. Metode pemodelan menggunakan simulasi *software* untuk mengetahui prediksi performa motor bakar dalam linear engine yang dimodifikasi dari motor bakar dalam konvensional Yamaha RS 100 CC. Adapun detail Pengerjaan ditunjukkan dalam Gambar 3.

Pengukuran Yamaha RS 100 CC

pengukuran – pengukuran mesin Yamaha RS 100 CC dilakukan dengan menggunakan jangka sorong, data diukur mulai dari panjang pipa, diameter *inlet*, diameter *outlet* serta bagian - bagian yang diperlukan untuk menginput data pada proses simulasi. Untuk spesifikasi dari mesin tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1.
Fmep total Mesin konvensional

RPM	Fmep mesin konvensional	Satuan
500	0.62	Bar
1000	0.69	Bar
1500	0.67	Bar
2000	0.68	Bar
2500	0.70	Bar
3000	0.73	Bar
3500	0.76	Bar
4000	0.80	Bar
4500	0.83	Bar
5000	0.87	Bar
5500	0.91	Bar
6000	0.95	Bar

Tabel 2.
Fmep total linear engine

RPM	Fmep Linear Engine	Satuan
500	0.81	Bar
1000	0.63	Bar
1500	0.58	Bar
2000	0.57	Bar
2500	0.56	Bar
3000	0.56	Bar
3500	0.57	Bar
4000	0.58	Bar
4500	0.59	Bar
5000	0.60	Bar
5500	0.61	Bar
6000	0.62	Bar

Type	: Yamaha RS 100 T
Power	: 6.9 kW, 6000 RPM
Displacement	: 100,3 Cc
Rasio Kompresi	: 1 : 9.3
Jumlah Cylinder	: 1
Bore	: 46.4 mm
Stroke	: 59.9 mm

Pengumpulan Data Yamaha RS 100 CC.

Setelah data pengukuran didapat kemudian dilakukan beberapa perhitungan seperti perhitungan *f_{mep}*, bukaan *scavanging* dan perhitungan lainnya untuk proses penginputan data. Adapun hasil perhitungan *f_{mep}* dapat dilihat pada Tabel 1.

Pemodelan Linear Engine

Pemodelan *linear engine* dilakukan dengan menggunakan *software*. Dimana dalam pemodelan *linear engine* dilakukan semirip mungkin agar hasil yang nantinya diperoleh dapat dianalisa semaksimal mungkin.

Input Data

Setelah model yang diinginkan telah jadi, dilakukan proses penginputan data. Penginputan data didapat dari hasil pengukuran sebelumnya serta dari proses perhitungan yang didapat dari teori – teori yang didapat.

Simulasi Model.

Setelah proses pemodelan beserta penginputan data selesai dilakukan maka model tersebut siap disimulasikan. *Linear engine* disimulasikan dengan beban penuh. adapun variasi kecepatan antara 3.2 m/s – 19.2 m/s.

IV. ANALISA DATA

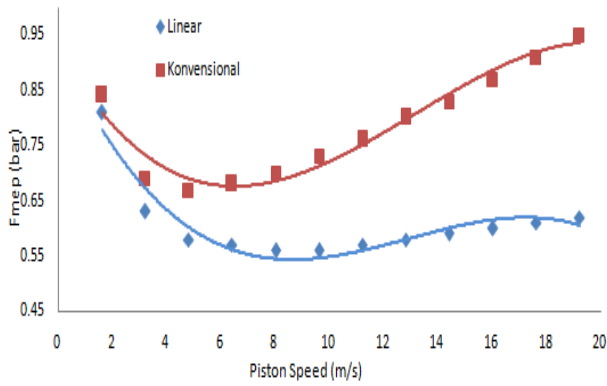
Pada pemodelan *linear engine* ini parameter utama dimensi menggunakan mesin konvensional, akan tetapi siklus kerja menggunakan mesin *linear*. Perbedaan utama pada performa *linear engine* dengan mesin konvensional adalah *f_{mep}* (*friction main effective pressure*) yang dihasilkan oleh mesin tersebut, sehingga analisa kerugian karena *f_{mep}* merupakan salah satu *point* penting yang harus dipertimbangkan. Pada kali ini ada beberapa perbandingan performa yang akan dianalisa antara lain:

1. Perbandingan grafik Gaya gesek *Vs Piston Speed*
2. Perbandingan *Log P – Log V*
3. Perbandingan *P – V diagram*
4. Perbandingan grafik *brake power Vs piston speed*
5. Perbandingan *Torque vs piston speed*

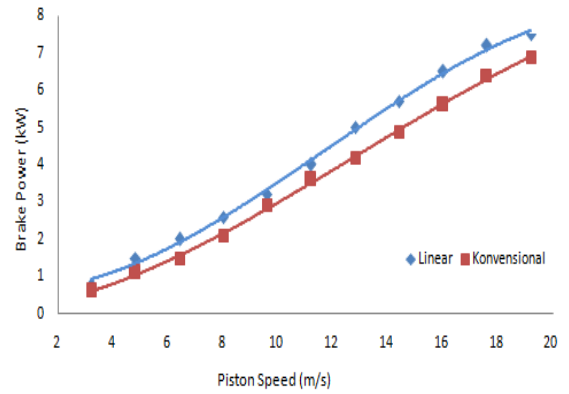
Pada Gambar 5. menunjukkan perbandingan kerugian gaya gesek yang diterima oleh mesin konvensional dan *linear engine* pada variasi kecepatan yang sama. Pada mesin konvensional gaya gesek mengalami penurunan sampai kecepatan 4.8 m/s akan tetapi mengalami peningkatan gaya gesek setelahnya. Sedangkan pada *linear engine* gaya gesek mengalami penurunan sampai kecepatan 8.0 m/s dan seterusnya gaya gesek yang dialami menjadi sedikit lebih stabil.

Pada Gambar 7. menunjukkan grafik *p – v* diagram *linear engine* pada kecepatan 3.2 m/s, 17.6 m/s, dan 19.2 m/s. pada kecepatan 17.6 m/s menunjukkan grafik *p – v* diagram pada *torque* maksimal yang dihasilkan oleh *linear engine*. sedangkan pada daya maksimal *p – v* diagram ditunjukkan pada kecepatan 19.2 m/s.

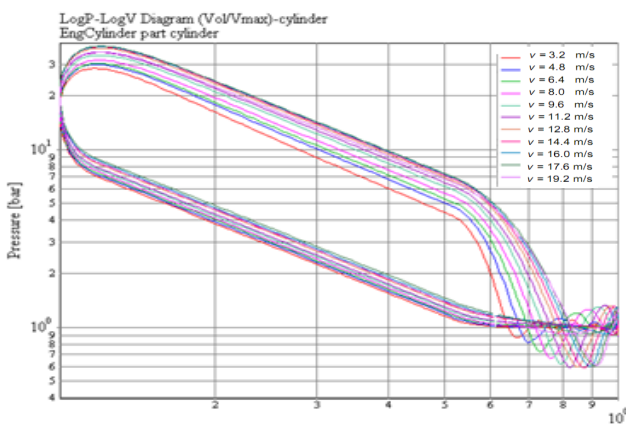
Suatu daya dapat meningkat dengan mengurangi gaya gesek yang terjadi pada mesin. Karakteristik tersebut dapat dilihat pada Gambar 8. Perbedaan daya antara mesin konvensional dan *linear* dapat terlihat. Dimana mesin *linear engine* memiliki daya yang lebih besar dari pada mesin konvensional pada setiap kecepatan yang sama. Pada kecepatan piston 19.2 m/s mesin konvensional hanya mencapai daya sebesar 6.9 kW sedangkan pada *linear engine* mencapai 7.4 kW.



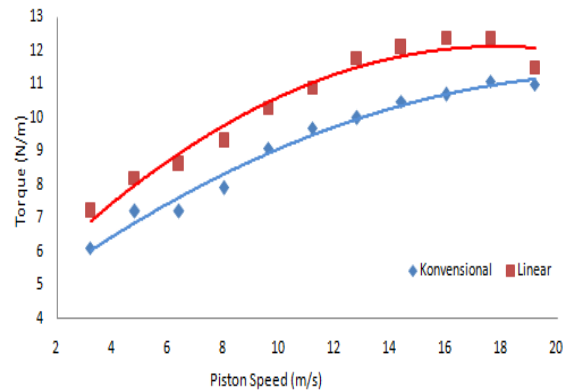
Gambar. 5. Grafik perbandingan gaya gesek.



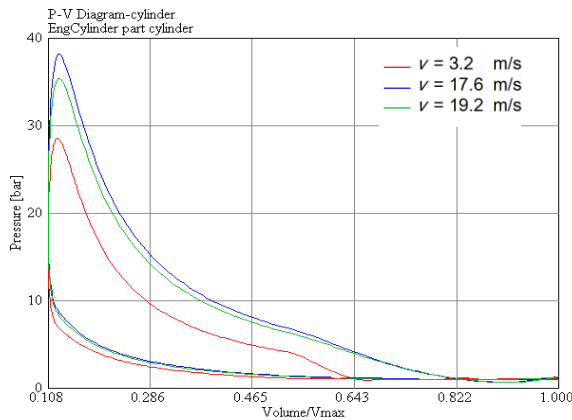
Gambar. 8. Grafik perbandingan Brake Power vs Piston speed



Gambar. 6. Grafik perbandingan Log P - Log V



Gambar. 9. Grafik perbandingan torque vs piston speed.



Gambar. 7. Grafik perbandingan p - v diagram

Torsi merupakan salah satu indikator yang sangat penting untuk mengetahui performa mesin. Pada gambar 9. menunjukkan grafik torsi *linear engine* cenderung terlihat lebih besar dibandingkan dengan torsi yang dihasilkan oleh mesin konvensional. Torsi yang paling besar berada pada kecepatan 17.6 m/s, dimana pada saat itu torsi yang dihasilkan oleh *linear engine* sebesar 12.4 N/m.

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang dilakukan didapatkan hasil bahwa *linear engine* yang dimodifikasi dari mesin konvensional biasa menghasilkan performa yang lebih baik. Peningkatan performa yang dihasilkan oleh *linear engine* diakibatkan karena gaya gesek yang diterima lebih sedikit dibandingkan dengan mesin konvensional biasa. Gaya gesek rata-rata berkurang sebesar 10 – 40 % dari gaya gesek yang dihasilkan oleh mesin konvensional. Untuk daya, *torque* dan *BSFC*:

1. Daya maksimal yang dihasilkan oleh *linear engine* pada kecepatan 19.2 m/s adalah 7.4 kW sedangkan untuk kecepatan yang sama untuk mesin konvensional biasa daya yang dihasilkan hanya sebesar 6.9 kW.
2. *Toque* tertinggi yang dihasilkan oleh *linear engine* adalah pada kecepatan 17.6 m/s yaitu sebesar 12.4 N/m. sedangkan pada mesin konvensional *torque* yang dihasilkan sebesar 11.1 N/m.
3. *Brake specific fuel consumption* yang dihasilkan oleh *linear engine* lebih baik dibandingkan dengan mesin konvensional biasa. Perbedaan perbandingan pada setiap kecepatan piston sekitar 2 – 10% .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fathallah, A.Z.M. dan Bakar, 2009, "*Prediction Studies for the Performance of a Single Cylinder High Speed Spark Ignition Linier Engine with Spring Mechanism as Return Cycle*"
- [2] Heywood, J. B. and E. Sher.1998, "*The two – stroke cycle engine*", New York.
- [3] Mikalsen, R. and A.P. Roskilly, 2007, "*A review of free – piston engine history and application*"
- [4] Mikalsen, R. and A.P. Roskilly, 2008, "*Performance simulation of a spark ignited free – piston engine generator*".
- [5] Li Q. F, J. Xiao, and Z. Huang, 2008, "*Simulation of a Two-Stroke Free-Piston Engine for Electrical Power Generation, Energy & Fuel*".
- [6] Zazalli, M.N.B. 2008, "*Prediction studies for the performance of a single cylinder high speed SI linear engine*"