

# Pengaruh Desain Sistem Pegas pada Olah Gerak Piston dari Motor Bakar Gerak Linier Bersilinder Tunggal

Setiono Prabowo dan Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*e-mail*: fathalaz@its.ac.id

**Abstrak**—Permasalahan pada linear engine adalah siklus kerja baliknya. Banyak cara untuk mengganti posisi piston dari crankshaft pada conventional engine, salah satunya menggunakan system pegas. Keunikan penggunaan pegas sebagai siklus kerja balik untuk linear engine ssatu silinder adalah defleksi dari pegas. Namun untuk daya yang kecil piston tidak dapat terdefleksi sempurna sampai titik mati bawah. Karena itu dibutuhkan kajian pada linear engine dengan menggunakan pegas sebagai siklus kerja baliknya. Terutama ketika piston tidak dapat terdefleksi sampai titik mati bawah. Solidwork cosmos motion dapat digunakan untuk menganalisa kajian ini. Model dari engine termasuk conventional dan linear engine sudah ada desain, perakitan dan disimulasikan pada piston dynamic. Beberapa data meliputi daya dan dimensi pegas sudah dilakukan sebelum simulasi. Pegas yang asli akan digantikan dengan pegas yang fleksibel dimana tersedia data base dari cosmos motion. Gesekan meliputi dalam kajian akan disimulasikan dengan dua bodi contact pada kondisi terlumasi. Hasilnya menunjukkan olah gerak piston dari conventional engine dan linear engine seperti displacement, velocity dan acceleration sudah jelas berbeda. Pengaruh dari gesekan juga ada pada pada kajian ini. Namun, olah gerak piston pada linear engine berputar pada sumbu z.

**Kata Kunci**—conventional engine, cosmos motion, linear engine, olah gerak piston, pegas.

## I. PENDAHULUAN

Linear dengan sistem pegas telah dikembangkan pada Lab Mesin Kapal dan getaran FTK – ITS. Dari hasil optimasi desain pegas telah menghasilkan bagian putaran engine yang tidak dapat beresilasi dengan sempurna. Dari 12 putaran yang dianalisa empat putaran dinyatakan misfire, tiga putaran tidak dapat membuka scavenging port dengan cara sempurna dan selebihnya berjalan dengan baik.

Adapun pada kasus scavenging port tidak dapat terbuka dengan baik. (1000, 4000 dan 4500 RPM) perlu dipelajari olah gerak pistonya pada motor bakar konvensional dengan gerak linier diantaranya adalah displasemen, kecepatan dan percepatan piston. Selain itu juga perlu dipelajari pengaruh gesekan piston dengan ring piston pada gerakannya. Untuk menyelesaikan permasalahan ini akan dilakukan dengan metode simulasi yaitu motion analisis. Solidwork cosmos motion akan digunakan untuk menganalisis piston motion. Dengan menggunakan metode seperti tersebut diatas

diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan pengaruh desain optimasi sistem pegas pada piston dynamic pada motor bakar gerak linier berbasis sistem pegas sebagai siklus kerja balik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Banyak istilah pada engine berpiston bebas sehingga engine ini mempunyai banyak macam. Piston bebas adalah Piston yang gerakannya tidak dibatasi oleh putaran poros engkol, sebagaimana pada engine konvensional, tetapi hanya ditentukan oleh hubungan antara gas dan beban gaya yang bekerja diatasnya. Hal ini yang menjadikan engine berpiston bebas mempunyai perbedaan karakteristik, termasuk (a) variasi panjang langkah dan (b) kebutuhan pengontrol aktif dari gerakan piston. Keuntungan lainya dari engine berpiston bebas adalah pengurangan potensi kerugian akibat gesekan [1].

Pengembangan pengontrol olah gerak piston untuk mesin pembakaran dalam bersilinder bebas telah ada kajiannya. Posisi titik mati atas dapat diprediksi selama kompresi dan pengontrolan, aliran massa bahan bakar, yang berdasarkan pada informasi pengukuran nilai untuk mengurangi pengontrol waktu delay [2]. [3] menambahkan pada kajiannya yang lain bahwa mesin berpiston bebas memiliki keunggulan dibandingkan mesin konvensional dalam hal efisiensi bahan bakar, temperature yang rendah memungkinkan untuk mengurangi emisi. Masih banyak yang harus dikaji untuk mengembangkan mesin berpiston bebas agar dapat menjadi mesin alternative. Yang lebih penting riset kedepan adalah tentang masalah control engine dan pembakaran mesin berpiston bebas.

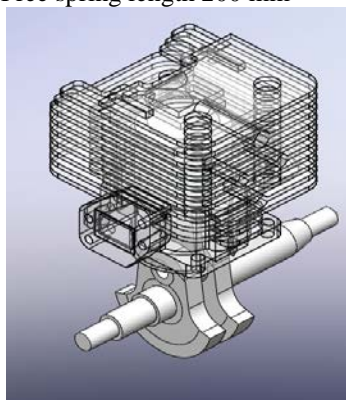
## III. PROSES PENELITIAN

Pada tahap awal pengerjaan penelitian ini dimulai dengan membuat desain 3D bagian-bagian dari engine yang ukuran dan bentuknya berdasarkan pengukuran dari dimensi engine. Spesifikasi engine yang digunakan adalah:

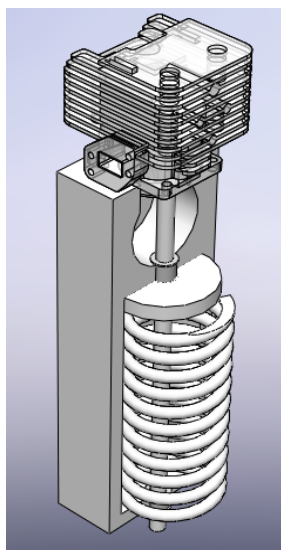
- BG-328
- Satu Silinder 2 langkah
- Displacement 30.5 mm
- Bore 36 mm

Pegas Yang digunakan Memiliki Nilai sebagai berikut :

- Wire diameter pegas 7 mm
- Jumlah koil 10
- Free spring length 200 mm



Gambar 1. Conventional engine



Gambar2 linier engine

- Nilai kekauan pegas 17,5

Kecepatan yang digunakan pada saat simulasi adalah 120 RPM untuk perbandingan conventional engine dengan linear engine dan juga untuk friction dan non friction pada linear engine. Untuk simulasi prediksi dan desain dari linear engine adalah 1000 RPM, 4000 RPM dan 4500 RPM.

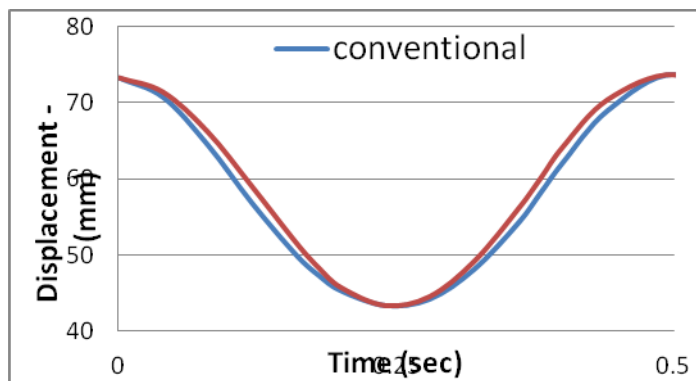
#### IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Desain

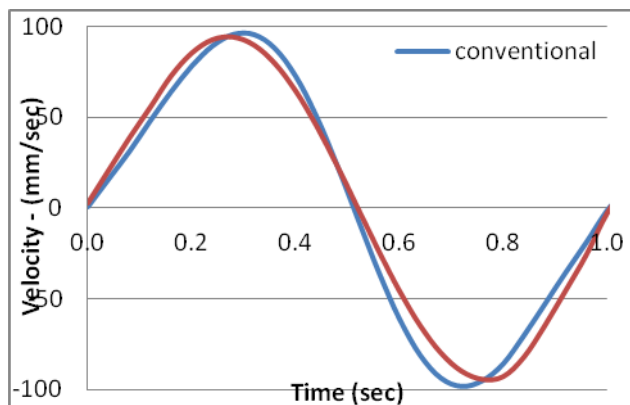
Hasil desain *conventioanal engine* dan *linier engine* dengan bantuan *software Solidwork* ditunjukkan pada gambar berikut

##### B. Motion Analisis

Dengan bantuan simulasi menggunakan *software Cosmos Motion* Pada *solidwork* kita dapat menganalisis gerak piston pada *linier engine* hasilnya piston berputar.



Gambar 3. Grafik Displacement

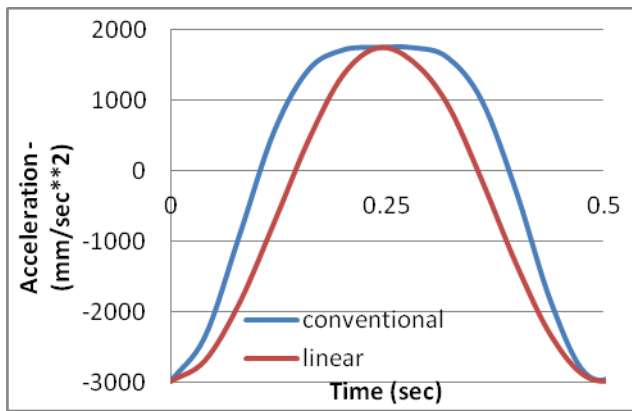


Gambar 4. Grafik Velocity

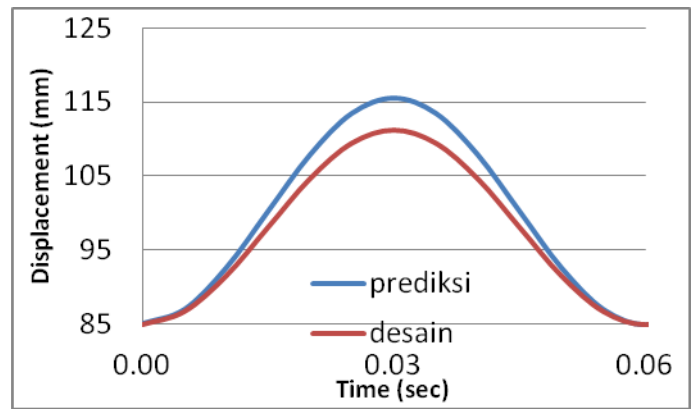
Grafik berikut adalah perbandingan *antara conventional dan linier engine* pada putaran Basic.

Pada grafik displacement diatas adalah perbandingan antara conventional dan linear engine dengan pada putaran basic. dapat diketahui bahwa pada satu periode conventional engine sama dengan linear engine. Sumbu x adalah waktu sedangkan sumbu y adalah displacement dalam satuan mm. dapat dilihat bahwa dari TMA – TMB. Linear engine lebih lambat dalam prosesnya dibandingkan dengan conventional tetapi pada titik TMB menjadi satu titik. Sedangkan dari TMB – TMA linear engine lebih cepat dikarenakan efek dari kerja balik pegas dan untuk mencapai TMA kembali satu titik. ini menyatakan tidak ada perbedaan displacement antara conventional dengan linear engine.

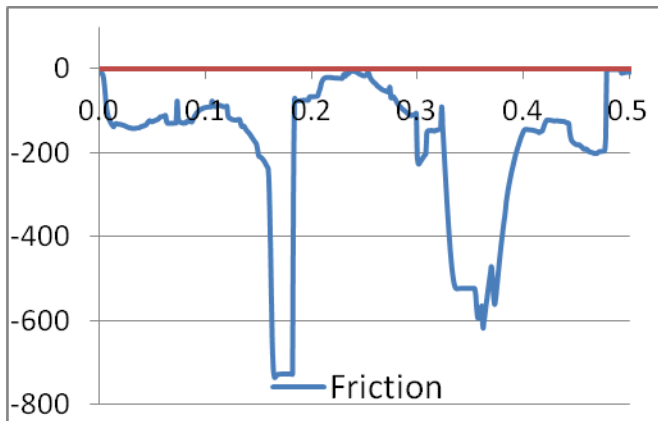
Grafik di atas adalah perbandingan velocity antara conventional engine dan linear engine pada putaran basic. Grafik menunjukkan tidak ada perbedaan kecepatan antara conventional engine dan linear engine dalam satu putaran. Grafik diatas sumbu x adalah waktu dan sumbu y adalah kecepatan mm/sec. dari titik awal sampai kembali ke titik awal berada dalam satu titik.



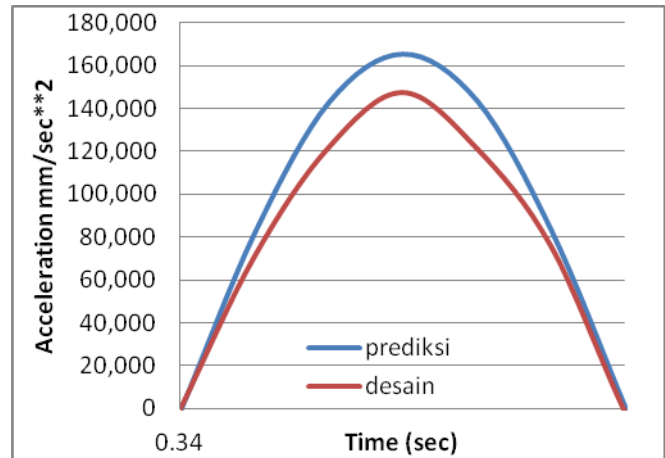
Gambar 5. Grafik Acceleration



Gambar 7. Grafik Displacement 1000 RPM



Gambar 6. Grafik Angular Momentum

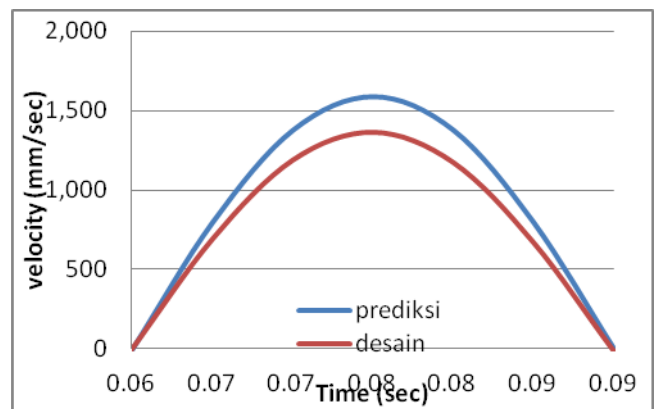


Gambar 8. Grafik Acceleration 1000 RPM

Grafik diatas adalah perbandingan acceleration antara conventional engine dan linear engine pada putaran basic. Grafik menunjukkan bentuk kurva conventional lebih landai dibandingkan dengan linear engine. Sumbu x adalah waktu (sec) sedangkan sumbu y adalah acceleration ( $\text{mm}/\text{sec}^2$ ). Dapat dilihat pada grafik linear engine luasanya lebih kecil dibandingkan dengan conventional dikarenakan defleksi pegas dapat mempengaruhi dalam proses pembakaran dan menurunkan rasio kompresi.

Grafik diatas adalah perbandingan acceleration antara conventional engine dan linear engine pada putaran basic. Grafik menunjukkan bentuk kurva conventional lebih landai dibandingkan dengan linear engine. Sumbu x adalah waktu (sec) sedangkan sumbu y adalah acceleration ( $\text{mm}/\text{sec}^2$ ). Dapat dilihat pada grafik linear engine luasanya lebih kecil dibandingkan dengan conventional dikarenakan defleksi pegas dapat mempengaruhi dalam proses pembakaran dan menurunkan rasio kompresi.

Grafik diatas adalah perbandingan angular momentum antara friction dan tanpa friction pada linear engine. Bisa dilihat gambar 4.12 adalah linear engine ketika disimulasikan tanpa friction hasilnya berbeda ketika disimulasikan dengan friction. Jadi linear engine terdapat gerakan memutar yang dihasilkan dari gerakan piston dikarenakan piston bergerak bebas tidak terikat seperti conventional engine.



Gambar 9. Grafik Velocity 1000 RPM

C. Perbandingan Antara Prediksi dan Desain Linier Engine

Perbandingan ini adalah prediksi yang dibuat pada *linier engine* yaitu *spring* beresilasi penuh pada dari TMA ke TMB 30,5 mm. Dibandingkan dengan desain yang menggunakan *spring* pada putaran 1000 RPM, 4000 RPM dan 4500 RPM.

Grafik diatas adalah perbandingan prediksi dan desain pegas. Dapat dilihat pada kurva prediksi titik puncak lebih tinggi dibandingkan dengan desain. Karena pada prediksi pegas terdefleksi penuh. Sedangkan pada desain tidak terdefleksi secara penuh karena pengaruh penurunan dari rasio kompresi..

Berakibat piston tidak bisa full stroke sesuai dengan prediksinya yaitu 30,5 mm.

Grafik diatas adalah perbandingan prediksi dan desain pegas. Sama halnya dengan putaran 1000 RPM, Dapat dilihat pada kurva prediksi titik puncak lebih tinggi dibandingkan dengan desain. Karena pada prediksi pegas terdefleksi penuh. Sedangkan pada desain tidak terdefleksi secara penuh.. mempengaruhi penurunan rasio kompresinya dan gaya kembali pegas menjadi kecil juga. Berakibat piston tidak bisa full stroke sesuai dengan prediksinya yaitu 30,5 mm.

Grafik diatas menampilkan trend yang terjadi pada *linier* engine yang diputar pada 4500 RPM. Sama halnya dengan putaran 1000 dan 4000 RPM titik puncak Prediksi lebih tinggi dibandingkn dengan desain karena pegas berosilasi penuh yaitu 30.5mm sedangkan desain menunjukan tidak penuh 30.5 mm. Diakibatkan daya pembakaran kecil mempengaruhi kemampuan defleksi pegas berakibat pada penurunan rasio kompresi.

#### V. IV.KESIMPULAN

Dikarenakan daya yang diterima piston kecil mengakibatkan defleksi pegaspun menjadi kecil. Ini berakibat pada menurunnya rasio kompresi berpengaruh terhadap percepatan dari linear engine dan desain pegas pada kecepatan 1000 RPM, 4000 RPM dan 4500 RPM yang mengakibatkan piston tidak bisa full stroke sesuai prediksi.

#### VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Selesainya laporan dari penelitian ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan bantuan dari segi pengetahuan serta beberapa masukan. Untuk itu tak lupa ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dan teman-teman laboratorium mesin kapal dan getaran.

#### DAFTAR PUSTAKA

- R. Mikalsen dan A.P. Roskilly *A review of free-piston engine history and applications*. Appl Thermal Eng (2007) 27:2339–52.
- R. Mikalsen, E. Jones, A.P. Roskilly, *Predictive piston motion control in a free-piston internal combustion engine*. Appl Energy (2010) 1722-1728.
- R. Mikalsen, dan A.P. Roskilly, *The design and simulation of a two-stroke free-piston compression ignition engine for electrical power generation*, Applied Thermal Engineering 2007, doi:10.1016/j. applthermaleng. (2007)(b).04.009.