

## PENGARUH INJEKSI AIR UNTUK MENGURANGI GEJALA *KNOCKING* PADA MESIN TOYOTA 4K BERKOMPRESI TINGGI

Andreas Edi Widyartono

Instruktur Teknik Otomotif, Politeknik Manufaktur Astra, Jakarta, 14330, Indonesia

**Abstrak** -- Perbandingan kompresi merupakan salah satu parameter yang ada pada mesin pembakaran dalam yang mempengaruhi kinerja mesin dan secara umum dapat dikatakan mesin pembakaran dalam yang mempunyai perbandingan kompresi yang lebih tinggi akan lebih efisien bila dibandingkan dengan mesin sejenis yang mempunyai perbandingan kompresi lebih rendah. Salah satu penyebab tidak diterapkan perbandingan kompresi yang tinggi pada mesin pembakaran dalam adalah timbulnya gejala *knocking* atau detonasi yang disebabkan campuran bahan bakar terbakar sendiri sebelum waktu yang seharusnya.

Penelitian ini akan menganalisa pengaruh injeksi air yang sudah dikabutkan ke dalam ruang bakar melalui saluran masuk untuk mengurangi gejala *knocking* atau detonasi serta gejala yang terjadi mesin pada saat injeksi air dilakukan. Penelitian dilakukan dengan memodifikasi kepala silinder mesin Toyota tipe 4K, yang terpasang pada mobil Toyota Corolla DX tahun 1983, untuk merubah perbandingan kompresi dari standar 10:1, menjadi 13:1, kemudian membuat alat injeksi air dan merangkai alat untuk mendeteksi gejala *knocking* dengan menggunakan *knocking sensor* dan *oscilloscope*.

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tenaga keluaran (pada saat gejala *knocking* terjadi) dengan menggunakan *Chassis Dynotest* sebelum dan sesudah mesin tersebut dilengkapi dengan injeksi air. Hasil pengolahan data pengukuran dengan menggunakan uji *t* menunjukkan injeksi air berpengaruh pada gejala *knocking* dan tenaga keluaran pada mesin Toyota 4K berkompresi tinggi.

**Kata kunci:** kompresi tinggi, *knocking*, injeksi air

**Abstrak** -- In order to meet the demand for the availability of electricity is making cycle electricity generation from renewable energy sources that can utilize the heat source temperature and low pressure such as solar energy, geothermal energy, waste thermal energy from multiple processes, etc.. one cycle power plant utilizing heat source temperature and low pressure is to use a method of generating an organic Rankine cycle. Research on organic Rankine cycle has been concentrated on the performance of the system in the form of energy production efficiency resulting from the change in enthalpy on various components. To speed up the analysis process required study design parameters and precise operation, tempo cycle program allows users to speed up the process and to determine the design and the desired operation. Design and operating parameters used in this study using pumps, evaporators, turbines and condensers as a major component in the system, with variations in evaporator temperature 70 ° -90 ° C and 6-8 bar pressure pump. Organic fluid using refrigerant R-134a, R-600 and R-600A. Temperature in the condenser adapted to the ambient temperature is around 25 ° C. Variations of which have been made the greatest yield efficiency is 93.30% where the temperature and pressure used was 90 ° C and 6 bar using R-600A refrigerant

**Keywords:** organic rankine cycle, design, operation, refrigerant, efficiency.

### 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi yang optimal khususnya di bidang otomotif merupakan masalah yang harus diperhatikan karena sampai saat ini dunia otomotif masih bergantung kepada pasokan energi yang berasal dari sumber energi tak terbarukan, seperti bahan bakar fosil dan gas alam. Kedua sumber energi tersebut merupakan sumber yang dapat habis jika digunakan terus menerus. Krisis energi mengancam Indonesia pada 2020. Pemerintah kini terus berupaya mencari terobosan pemanfaatan energi alternatif baru dan terbarukan. Salah satu solusi yang dapat dilakukan

untuk menanggulangi masalah krisis energi adalah dengan melakukan penghematan penggunaan energi yang telah ada. Penghematan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan memodifikasi desain dari sebuah mesin yang telah ada. Modifikasi mesin untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar mempunyai cakupan yang sangat luas, mulai dari konstruksi mekanik mesin, sistem bahan bakar sampai ke control elektronik. Salah satu modifikasi yang dilakukan adalah mengubah perbandingan kompresi lebih tinggi dari perbandingan kompresi sebelumnya. Sebagai contoh dengan mengubah

perbandingan kompresi dari 8.1 : 1 menjadi 9.1 : 1 maka akan didapat penghematan bahan bakar sekitar 5% sampai 6%.<sup>1</sup>

Konsep untuk mengubah perbandingan kompresi adalah memperkecil ruang bakar dan dapat dilakukan 2 cara, yaitu dengan mengganti piston yang memiliki dimensi khusus atau dengan mengurangi ketebalan kepala silinder (*cylinder head*). Cara yang kedua, yaitu mengurangi ketebalan kepala silinder merupakan cara yang memungkinkan untuk dilakukan karena tidak tergantung kepada ketersediaan piston berdimensi khusus (*special part*) yang ketersediaan partnya di pasaran tidak seperti *part* standar. Pengurangan ketebalan kepala silinder dapat dilakukan di tukang bubut dengan tuntutan toleransi kerataan di tingkat halus (*fine*) pada bidang datar yang menjadi bagian yang akan digabungkan dengan blok mesin (*engine block*). Dengan pengurangan ketebalan kepala silinder, maka volume ruang bakar akan menjadi lebih kecil sehingga perbandingan kompresi menjadi lebih tinggi.

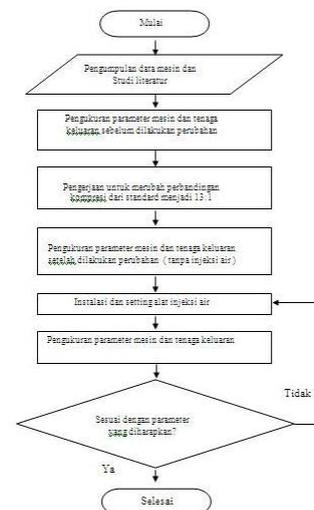
Salah satu masalah utama dalam modifikasi perbandingan kompresi adalah terjadinya *knocking* atau detonasi karena terjadi pembakaran sendiri yang terlalu cepat sebelum waktunya yang diakibatkan tingginya temperatur ruang bakar akibat perbandingan kompresi yang tinggi. Perbandingan kompresi yang terlalu tinggi akan menyebabkan tekanan kompresi dan temperatur ruang bakar terlalu tinggi sehingga dapat menimbulkan masalah di sistem mekaniknya, dan sebaliknya bila perubahan perbandingan kompresi terlalu rendah, maka modifikasi yang dilakukan tidak mempunyai pengaruh yang diinginkan.

Temperatur ruang bakar yang menjadi lebih tinggi dapat diatasi dengan menggunakan bahan bakar dengan nilai oktan yang lebih tinggi, atau memperbanyak bahan bakar yang masuk ke ruang bakar untuk mendinginkan ruang bakar, dimana tidak semua bahan bakar akan terbakar dan menghasilkan tenaga atau dengan kata lain, sebagian bahan bakar yang masuk ke ruang bakar hanya untuk mendinginkan ruang bakar saja sehingga penggunaan bahan bakar menjadi tidak efisien. Temperatur ruang bakar dapat juga didinginkan dengan cara mencampurkan uap air melalui proses atomisasi di saluran masuk dari sebuah mesin (*intake*) dengan demikian diharapkan uap air yang masuk bersama dengan udara akan menurunkan temperatur ruang bakar sehingga proses terbakarnya campuran udara dan bahan bakar yang menyebabkan terjadinya gejala mesin ngelitik (*knocking*) dapat diatasi. Penyemprotan uap air ke ruang bakar membutuhkan alat yang dapat mengatomisasi air dalam takaran yang tepat, sehingga kadar air itu sendiri tidak mengganggu proses pembakaran di dalam ruang bakar. Apabila jumlah air terlalu banyak, maka proses pembakaran di ruang bakar

sendiri akan terganggu, dan apabila jumlah air terlalu sedikit maka proses ini tidak akan memberikan efek yang positif.

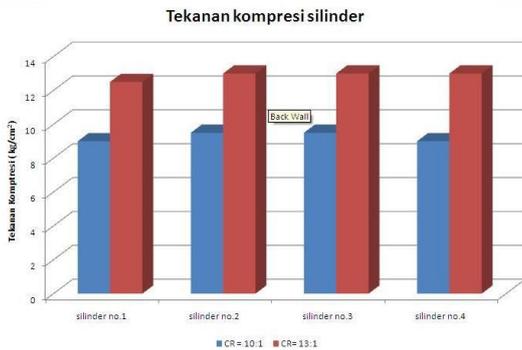
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penggunaan metode penelitian eksperimen dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data dan literatur, pengukuran daya dan parameter mesin sebelum dan sesudah dilakukan perubahan dengan menggunakan *dynotest*, pembuatan alat untuk memasukkan uap air ke dalam ruang bakar, pengambilan data dengan pembebanan dengan kecepatan tetap untuk dianalisa pengaruhnya dengan uji *t*.



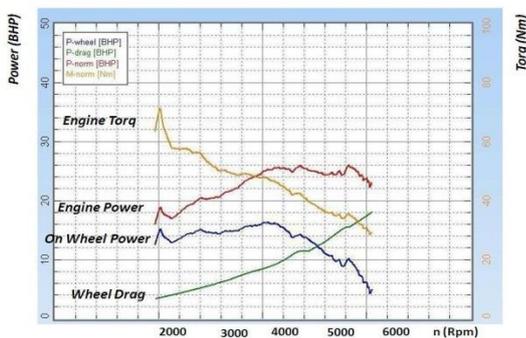
Gambar 1: Alur Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

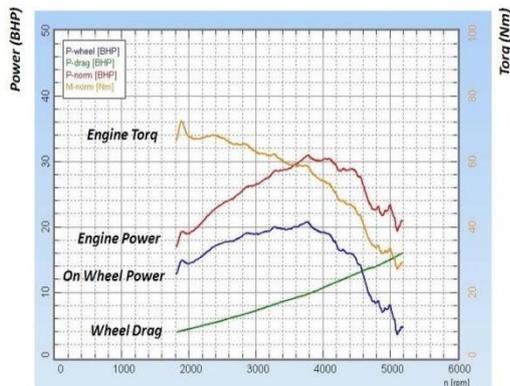


Gambar 2: Tekanan kompresi silinder

Gambar 2 menunjukkan tekanan kompresi silinder sebelum dilakukan perubahan (rasio kompresi 10:1) dan setelah dilakukan perubahan (rasio kompresi 13:1). Dengan berubahnya perbandingan kompresi dari 10:1 menjadi 13:1, tekanan kompresi rata-rata naik sebesar 3.625 kg/cm<sup>2</sup>. Perubahan tenaga yang dihasilkan (diukur dengan *chassis dynotest*) diperlihatkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3: Tenaga keluaran mesin Toyota 4K pada perbandingan kompresi 10:1



Gambar 4: Tenaga keluaran mesin Toyota 4K pada perbandingan kompresi 13:1

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian dengan perbandingan kompresi sebelum dirubah (yaitu 10:1), di tenaga mesin (*Engine Power*) terjadi peningkatan sekitar 5 HP bila dibandingkan dengan pengukuran sebelumnya.

Di torsi mesin yang dihasilkan (*Engine Torq*) terjadi peningkatan sebesar 2 Nm bila dibandingkan dengan sebelumnya. Peningkatan tenaga dan momen ini terjadi karena tekanan kompresi yang lebih tinggi pada saat langkah tenaga. Semakin besar tekanan kompresi maka akan semakin besar tenaga yang dihasilkan oleh mesin, namun semakin besar tekanan yang terjadi, semakin panas temperatur di ruang bakar. Kenaikan temperatur di ruang bakar ini akan menimbulkan kondisi yang akan membuat pembakaran tidak ideal, yaitu campuran bahan bakar dan udara akan terbakar sendiri sebelum waktunya sehingga menimbulkan *knocking* atau detonasi. Pada saat mesin dalam beban tinggi, temperatur ruang bakar akan lebih cepat naik dan kemungkinan bahan bakar dan udara terbakar dengan sendirinya akan lebih besar.

Pengujian pengaruh injeksi air ke dalam ruang bakar dilakukan dengan cara menyemprotkan uap air ke dalam saluran masuk mesin Toyota 4K dengan jumlah air sebagai berikut:

Tabel 1: Volume penginjeksian air

NO	Putaran mesin (RPM)	frekuensi	durasi ( data oscilloscope )	Volume injeksi ( per detik )
1	1000	33,3	12,5 mS	0,9 cc
2	2000	66,6	7,5 mS	1,1 cc
3	3000	100	5 mS	1,1cc
4	4000	133,3	2,5 mS	0,7 cc
5	5000	1.66,6	0,5 mS	0,18 cc

Pengujian di *chassis dynotest* dilakukan dengan injeksi air mulai dari putaran 1000 rpm sampai dengan 5000 rpm, *throttle* 100%.

Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5: Tenaga keluaran mesin Toyota 4K pada perbandingan kompresi 13:1 dengan injeksi air

Torsi mesin (*Engine Torq*) maksimum mengalami penurunan, namun pada putaran lebih tinggi mengalami kenaikan seperti pada grafik tenaga. Seperti dijelaskan sebelumnya, Dynotest secara otomatis akan memberikan pembebanan, dan apabila pembebanan dianggap maksimal, maka putaran akan ditingkatkan pada putaran yang lebih tinggi. Dapat dijelaskan apabila pada 2000 rpm dilakukan pembebanan, dan putaran mesin turun sebagai konsekuensi pembebanan terlalu besar, maka besar beban akan disesuaikan untuk pengukuran putaran mesin selanjutnya misalkan dilakukan pengukuran di 3000 rpm.

Kenaikan tenaga pada pengukuran ini bisa disebabkan karena gejala *knocking* dapat dikurangi sehingga mesin masih bisa menghasilkan tenaga yang lebih tinggi lagi.

Metode pengukuran lainnya untuk memastikan pengaruh uap air untuk mengurangi gejala *knocking* dengan alat Dynotest dapat dilakukan dengan metode pembebanan dengan kecepatan tetap.



Gambar 6: Grafik pembebanan dengan kecepatan tetap

Hasil dari pengujian pembebanan dengan kecepatan tetap memperlihatkan pada kecepatan 30 km/jam tidak terdapat perbedaan dari tenaga yang dihasilkan bila mesin dilengkapi dengan injeksi air dan

tidak dilengkapi dengan injeksi air. Pada kecepatan yang lebih tinggi menunjukkan peningkatan tenaga yang dihasilkan mesin. Penyebab peningkatan tenaga yang dikeluarkan ini dimungkinkan karena berkurangnya gejala *knocking*, karena pada saat terjadi *knocking* mesin tidak bisa menghasilkan tenaga yang optimal karena waktu pengapian yang tidak tepat. *Knocking* bisa terjadi karena temperatur ruang bakar yang tinggi yang menyebabkan campuran bahan bakar dan udara akan terbakar sebelum waktunya. Grafik 6 juga memperlihatkan semakin besar beban mesin, maka kemungkinan timbulnya gejala *knocking* semakin besar. Air yang diinjeksikan ke ruang bakar memungkinkan untuk membuat ruang bakar lebih dingin sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar pada waktu yang ditentukan.

Hasil analisa menggunakan uji t untuk melihat pengaruh injeksi air terhadap gejala *knocking* dapat dijelaskan dengan perhitungan dibawah ini:

No	X1 (sebelum)	X2 (sesudah)	D (X2-X1)	D <sup>2</sup>
1	605	602	3	9
2	800	950	-150	22500
3	850	1300	-450	202500
4	810	1250	-440	193600
5	702	1150	-448	200704
			-1485	619313

$$\alpha = 0,05$$

$$df = 5$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right\}}$$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Hasil perhitungan :

$$t_{hitung} = 3,697$$

$$t_{tabel} = 2,571$$

t hitung lebih besar t tabel , artinya adalah TOLAK H<sub>0</sub>.



Jadi dapat diartikan bahwa injeksi air berpengaruh mengurangi gejala *knocking* pada mesin Toyota 4K berkompresi tinggi.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Cara memasukkan air ke dalam ruang bakar adalah dengan cara mengkabutkan pada saluran masuk mesin dan pada saat yang tepat yaitu ketika mesin mulai mengalami gejala *knocking* / detonasi untuk mendinginkan ruang bakar.

Besarnya gaya yang dibutuhkan untuk pengukuran dengan metode pembebanan pada kecepatan tetap tanpa injeksi air maksimum adalah 850 N. Besarnya gaya yang dibutuhkan untuk pengukuran dengan metode pembebanan pada kecepatan tetap dengan injeksi air maksimum adalah 1300 N.

Berdasarkan hasil dari uji Hipotesis dengan uji *t*, injeksi air dapat mengurangi gejala *knocking* pada mesin Toyota 4K berkompresi tinggi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Akhmad Fauzy, *Statistik Industri*, Jakarta, ERLANGGA 2008
- [2] A. Graham Bell, *Four Stroke Performance Tuning 2nd Edition USA*, Haynes 1999
- [3] Anthony E. Schwaller, *Total Automotive Technology 4th Edition USA*, 2005
- [4] Barry Hollembaek, *Automotive Fuel & Emission USA*, Thomson DELMAR Learning, 2005
- [5] Daihatsu, *Service Training, intermediate 1 Engine Group Jakarta*, 2001
- [6] Ken Pickerill, *Automotive Engine Performance USA*, DELMAR Learning, 2010
- [7] Mark Schnubel, *Advance Engine Performance USA*, DELMAR Learning, 2006
- [8] Tim Gilles, *Automotive Engine diagnosis repair rebuilding 5th Edition USA*, 2007
- [9] Toyota Astra Motor, *Pedoman Reparasi Mesin seri K*, Jakarta, 1996
- [10] V Ganesan, *Internal Combustion Engine 3rd New Delhi*, 2008