

Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller

Ekadewi Anggraini Handoyo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Rahardjo Tirtoatmodjo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Suatu motor diesel yang banyak dipakai di *huller* untuk menggiling gabah membutuhkan pendinginan oleh air yang bersirkulasi. Salah satu cara untuk menghemat bahan bakar adalah dengan mencari temperatur air pendingin masuk *engine* yang optimal.

Dari penelitian di sebuah *huller* di Lumajang, didapat bahwa untuk menggiling gabah IR64 dan IR70 temperatur optimal tersebut adalah 65°C. Penghematan bahan bakar jika air masuk *engine* pada 65°C dibanding jika masuk pada 40°C adalah 13,6% saat menggiling gabah IR64 dan 14,3% saat menggiling gabah IR70.

Untuk menjaga air pendingin masuk *engine* pada temperatur optimal dilakukan pengaturan volume (atau ketinggian) air pendingin dalam bak pencampur, yaitu 220 liter saat menggiling IR64 dan 230,6 liter saat menggiling IR70.

Kata kunci : air pendingin, motor diesel stasioner

Abstract

A diesel engine that is used widely in a rice mill needs to be cooled by water that is circulated. One way to reduce the fuel used is to find the optimum cooling water entering the engine.

A research is done in a rice mill in Lumajang. It is found that the optimum temperature to get the rice milled both for IR64 and IR70 is 65°C. The fuel is reduced as much as 13.6% for IR64 if the water enters the engine at 65°C compared to 40°C. Meanwhile, it is 14.3% for IR70.

The temperature of the cooling water entering the engine is maintained at the optimum temperature by controlling the volume (or the height) of the water in the cooling pond, i.e. 220 liters for IR64 and 230.6 liters for IR70.

Keywords : cooling water, stationary diesel engine

1. Pendahuluan

Sebagai negara agraris, di Indonesia terdapat banyak tempat penggilingan beras (*huller*). Kebanyakan *huller* menggunakan motor diesel stasioner sebagai tenaga penggerak. Energi yang digunakan untuk menggiling gabah didapatkan dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut tidak semuanya digunakan untuk menghasilkan kerja, sebagian energi tersisa dalam gas buang, sebagian hilang karena kerugian mekanis dan sebagian lagi terserap media pendingin, baik pelumas maupun air.

Agar temperatur *engine* terjaga stabil, diperlukan air pendingin yang disirkulasikan oleh pompa. Dalam *huller* yang ditinjau, air pendingin disirkulasikan dari *engine* ke bak pencampur melalui pipa. Sebelum ditampung dalam bak pencampur, air mengalir dalam pipa yang dilubangi yang berada pada ketinggian tertentu dari bak pencampur. Di atas pipa yang dilubangi tersebut terdapat suatu fan yang memaksa udara mengalir melalui air yang jatuh dari pipa berlubang. Dengan demikian terjadi perpindahan panas dan massa antara air dan udara seperti dalam sebuah *cooling tower* sehingga temperatur air yang tertampung dalam bak pencampur menjadi lebih rendah. Air pendingin ini kemudian disirkulasikan kembali ke *engine*.

Air pendingin mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap efisiensi total *engine* serta umur *engine*. Apabila temperatur air pendingin

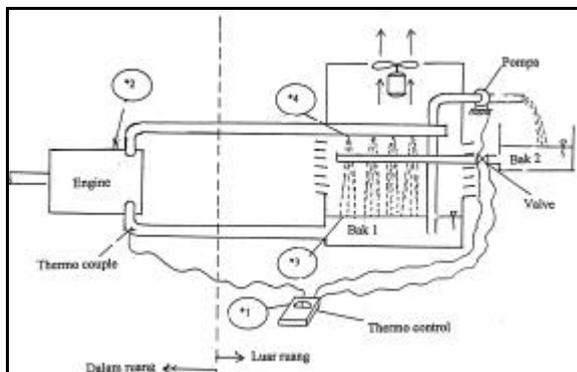
Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

masuk *engine* terlalu tinggi, maka efisiensi mekanis *engine* akan menurun dan dikuatirkan dapat terjadi *over-heating* pada *engine*. Sedang bila temperatur air terlalu rendah, maka efisiensi thermal akan menurun. Mengacu pada hal ini, maka dilakukan penelitian untuk mendapatkan temperatur optimum air pendingin.

Diduga ada korelasi antara temperatur air pendingin yang masuk *engine* dengan banyaknya air dalam bak pencampur. Air pendingin setelah mengalami perpindahan panas dan massa dengan udara di dalam cooling tower ditampung dalam bak pencampur (bak 1). Air pendingin yang tertampung dalam bak 1 ini temperaturnya lebih rendah dibanding dengan saat keluar dari *engine*. Setelah tertampung dalam bak 1, air pendingin tersebut sempat memberikan panas ke lingkungan yang lebih rendah temperaturnya. Dengan demikian, semakin banyak air yang tertampung dalam bak 1 (ketinggian air bertambah), semakin rendah temperatur air pendingin yang keluar dari bak 1 (siapa masuk *engine*). Mengacu pada hal ini, maka temperatur air pendingin akan diatur dengan mengatur volume air dalam bak pencampur. Dengan menjaga volume air pendingin dalam bak pencampur sebanyak yang didapat dari hasil penelitian ini, diharapkan jumlah bahan bakar yang diperlukan lebih sedikit (harga beras lebih murah).

2. Metodologi

Penelitian dilakukan pada sebuah *huller* di Lumajang yang menggiling gabah dengan jumlah yang konstan, dengan cara menjalankan *engine* dengan kecepatan konstan yaitu 1600 rpm. Sistem pendinginan motor diesel pada *huller* ini dapat dilihat pada gambar 1. Spesifikasi motor diesel yang digunakan dapat dilihat dalam lampiran.



Keterangan : Penunjukan *1, *2, *3, *4 adalah letak diambilnya data yang berupa temperatur

Gambar 1. Sistem Pendingin pada Motor Diesel

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah: temperatur air masuk *engine* (titik *1), temperatur air keluar *engine* (titik *2), temperatur air keluar pipa berlubang (titik *4), temperatur air di permukaan bak 1 (titik *3), ketinggian air dalam bak 1, serta jumlah bahan bakar yang diperlukan.

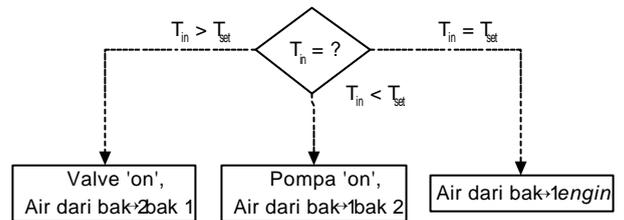
Penelitian dilakukan sesuai diagram alir



berikut:

Gambar 2. Diagram alir penelitian

Pengaturan (*setting*) temperatur air pendingin yang masuk *engine* dilakukan dengan mengatur volume air dalam bak pencampur (bak 1) seperti skema pada gambar 3. Pengaturan banyaknya air dalam bak ini dilakukan oleh thermo-control yang memerlukan peralatan tambahan seperti: pompa, *solenoid valve* dan suatu bak penampung (bak 2).



Gambar 3. Skema pengaturan temperatur air pendingin

Air pendingin dari bak 1 yang akan masuk *engine* diukur T_{in} . Harga ini dibandingkan dengan *setting* temperatur yang telah ditentukan, T_{set} .

Jika $T_{in} = T_{set}$: air pendingin akan langsung dialirkan terus dari bak 1.

Jika $T_{in} < T_{set}$: thermo-control akan membuat pompa 'on': sebagian air dari bak 1 diambil dan dialirkan ke bak 2.

Jika $T_{in} > T_{set}$: thermo-control akan membuat valve terbuka sehingga air dari bak 2 akan mengalir masuk ke bak 1; terjadi pencampuran antara air dari bak 2 yang lebih rendah temperaturnya dengan air di bak 1.

3. Sistem Pendinginan Motor Diesel

Motor diesel adalah motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi dengan menggunakan minyak berat sebagai bahan bakar dengan prinsip bahan bakar tersebut disemprotkan ke dalam silinder yang di dalamnya sudah terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang cukup tinggi sehingga bahan bakar tersebut dapat terbakar dengan spontan. Pembakaran yang terjadi membuat temperatur ruang bakar dapat mencapai 1000°C. Untuk menghindari terjadinya kerusakan-kerusakan pada silinder karena panas mesin yang berlebihan, maka silinder tersebut perlu didinginkan yaitu dengan mengalirkan air melalui *water jacket* yang dipasang di sekeliling silinder tersebut.

Pendinginan pada motor diesel ada yang menggunakan media udara dan ada yang menggunakan media air.

a. Sistem pendinginan air

Dalam sistem ini, pendinginan pada silinder motor diesel menggunakan air. Berdasarkan sirkulasi air, sistem ini dibedakan menjadi:

1. Sistem pendinginan air tertutup

Air menyerap panas dari *water jacket* kemudian disirkulasikan masuk radiator. Air pendingin dalam radiator didinginkan oleh aliran udara. Udara melewati radiator karena laju kendaraan atau karena adanya kipas udara. Penggunaan thermostat untuk mencegah proses pendinginan oleh air saat motor masih dingin.

2. Sistem terbuka

Dalam sistem pendinginan ini, air disirkulasikan ke pipa dari *water jacket* dan kemudian dijatuhkan bebas ke dalam bak pencampur. Agar air tersebut dapat bersirkulasi, maka diperlukan pompa yang memanfaatkan tenaga motor itu sendiri. Dalam sistem pendinginan ini, saat air dijatuhkan bebas terjadi perpindahan panas dan massa dari air ke udara seperti halnya yang terjadi dalam *cooling tower*. Udara dapat mengalir secara alami atau karena adanya kipas. Air pendingin yang tertampung dalam bak kemudian disirkulasikan masuk ke *water jacket* kembali.

b. Sistem pendinginan udara

Dalam sistem pendinginan yang mempergunakan udara sebagai media pendinginan, terjadi perpindahan panas dari *engine* ke udara secara langsung. Keuntungan sistem ini adalah tidak diperlukan air sebagai me-

dia pendingin sehingga sistem pendinginan udara ini sangat cocok dipergunakan untuk daerah-daerah yang kekurangan air dan daerah dengan suhu yang rendah. Sistem pendinginan udara ini hanya dipergunakan untuk motor-motor dengan kapasitas yang kecil.

Sistem pendinginan dalam huller yang diteliti dapat dilihat pada gambar 1.

Air pendingin yang keluar dari *engine* disirkulasikan oleh pompa dan mengalir dalam pipa berlubang (*spray*). Air ini kemudian berhubungan langsung dengan udara yang mengalir secara paksa oleh adanya fan yang dipasang di atas pipa berlubang. Kontak langsung ini menyebabkan terjadinya perpindahan panas dan massa dari air ke udara. Prinsip ini adalah dasar dari beroperasinya suatu *cooling tower*. Air pendingin setelah keluar dari pipa akan jatuh ke dalam bak pencampur (bak 1). Dari bak ini, air akan bersirkulasi masuk kembali ke *engine* (*water jacket*).

Bak pencampur ini digunakan untuk mencampur air pendingin dari pipa berlubang dengan air dingin dari bak lain (bak 2). Pencampuran ini dilakukan jika temperatur air yang terukur dalam bak 1 lebih tinggi dari temperatur yang telah ditentukan. Aliran air dari bak 2 ke bak 1 diatur oleh *solenoid valve* yang menerima perintah dari *thermo control*. Sedang jika temperatur air di bak 1 lebih rendah dari temperatur yang telah ditentukan, maka sebagian air dalam bak 1 akan dipindahkan ke bak 2 oleh pompa. Pengaturan ini terjadi secara otomatis dengan bantuan *thermo control*. Dengan pengaturan ini diharapkan temperatur air masuk *engine* lebih konstan.

4. Analisa Data

Data didapat selama penelitian dengan asumsi: temperatur pada permukaan bak 1 merata, debit dan temperatur air yang keluar dari pipa berlubang dalam *cooling tower* adalah sama, fan pada *cooling tower* selalu bekerja saat pengambilan data.

Batasan yang dilakukan selama penelitian:

- Debit air pendingin yang masuk *engine* dijaga konstan selama penelitian.
- Penelitian dilakukan untuk menggiling gabah jenis IR64 dan IR70.
- Pengaturan banyaknya (ketinggian) air dalam bak 1 dengan menggunakan suatu *thermocontrol*. Alat ini bekerja berdasar temperatur. *Thermocontrol* memberi perintah

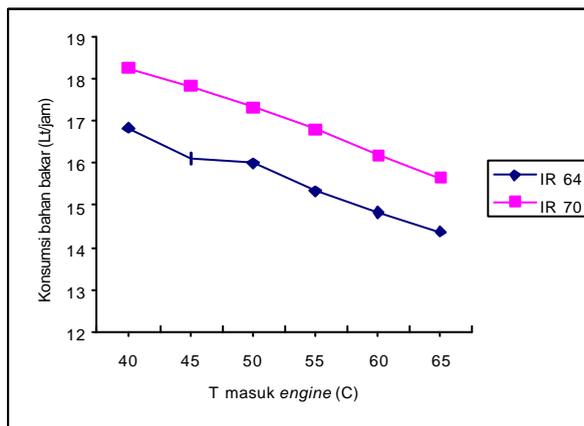
apakah pompa atau *solenoid valve* yang harus bekerja.

Dari hasil percobaan didapat:

- Hubungan antara temperatur air pendingin dengan konsumsi bahan bakar.

Semakin rendah temperatur air pendingin yang masuk *engine*, semakin banyak bahan bakar yang diperlukan untuk menggiling beras dengan jumlah yang konstan baik untuk gabah jenis IR64 maupun IR70. Hal ini dapat dilihat dalam gambar 4.

Namun, temperatur air masuk *engine* dibatasi hingga 65°C. Hal ini disebabkan, dari penelitian yang dilakukan, jika temperatur air masuk *engine* 70°C, ternyata didapatkan bahwa temperatur air keluar *engine* lebih dari 100°C. Jika air berada pada tekanan atmosfer (1 atm) dan temperatur lebih dari 100°C, maka air akan berada pada fase uap. Mengingat air akan kontak dengan udara di dalam cooling tower yang berarti air akan berada pada tekanan atmosfer (1 atm), maka temperatur air masuk *engine* dibatasi hingga 65°C.

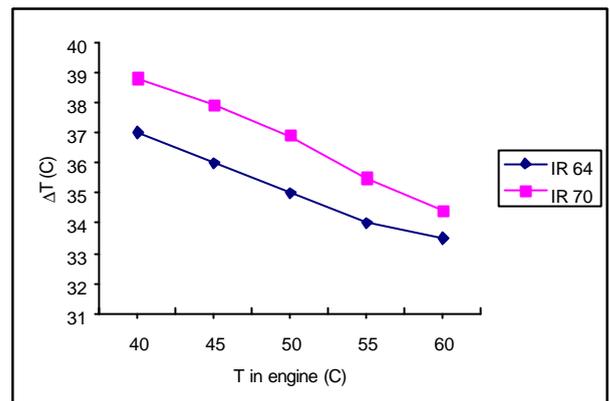


Gambar 4. Hasil pengukuran rata-rata konsumsi bahan bakar selama 5 hari.

Pembakaran yang terjadi dalam *engine* menyebabkan temperatur *engine* meningkat. Agar temperatur ini tidak terus meningkat, air pendingin dengan temperatur lebih rendah dialirkan dengan bantuan pompa. Karena perpindahan panas disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur, maka terjadi perpindahan panas antara *engine* dengan air pendingin. Semakin besar beda temperatur maka semakin besar pula perpindahan panas yang terjadi. Jika air pendingin mengalir dengan temperatur lebih rendah berarti terdapat perbedaan temperatur yang lebih besar antara *engine* dengan air pendingin. Hal ini berakibat panas yang diserap

air pendingin dari hasil pembakaran lebih banyak, sehingga untuk menghasilkan kerja yang sama (menggiling beras dengan jumlah yang sama) diperlukan bahan bakar lebih banyak jika air pendingin masuk *engine* dengan temperatur lebih rendah.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini dimana penurunan konsumsi dari bahan bakar terjadi karena dengan mengoperasikan *engine* pada suhu yang makin tinggi terlihat jumlah panas yang terbuang ke fluida pendingin juga makin kecil, dalam hal ini berarti lebih banyak energi panas yang bermanfaat untuk menghasilkan kerja yang berguna.



Gambar 5. Perbedaan temperatur air yang keluar dan masuk *engine* fungsi suhu air masuk

- Hubungan antara temperatur air pendingin dengan volume air dalam bak pencampur.

Dari hasil pengukuran, terbukti bahwa semakin banyak air pendingin yang ada dalam bak pencampur (bak 1), semakin rendah temperatur air pendingin yang masuk *engine*, baik untuk gabah IR64 maupun IR70. Hal ini dapat dilihat dalam gambar 6.

Air pendingin yang keluar dari *engine* dialirkan dalam pipa berlubang (*spray*) yang terletak di atas bak pencampur. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, didapat bahwa terjadi penurunan temperatur yang cukup besar antara temperatur air keluar pipa berlubang dengan temperatur air di permukaan bak 1. Hal ini dapat dilihat dalam tabel 2.

Ternyata temperatur air pada permukaan bak 1 masih lebih tinggi daripada temperatur lingkungan. Dengan demikian, terjadi perpindahan panas antara air dalam bak dengan lingkungan, dalam selang waktu tertentu, sehingga temperatur air saat masuk *engine* lebih rendah dari temperatur air di permukaan bak 1. Jika temperatur air yang masuk *engine* masih lebih tinggi dari temperatur *setting*, maka air dalam bak penampung (bak 2) akan dialirkan ke bak 1 agar

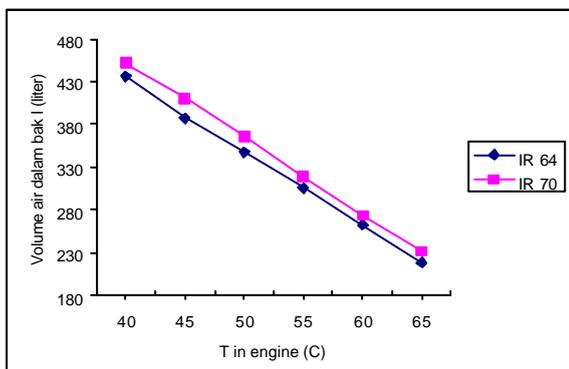
setelah bercampur menghasilkan air dengan temperatur sama dengan temperatur *setting*. Dengan masuknya air dari bak 2 ke bak 1 membuat volume air dalam bak 1 bertambah dimana hal ini diiringi dengan penurunan temperatur.

Temperatur air dalam bak 2 pasti lebih rendah dari temperatur air dalam bak 1, karena terjadi perpindahan panas secara alami antara air dalam bak 2 dengan lingkungan sekitar. Air dalam bak 2 berasal dari sebagian air dalam bak 1 yang diambil dengan pompa dan ditambah dengan *makeup water* untuk mengantisipasi air yang hilang karena penguapan dalam *cooling tower*.

Air yang dialirkan dalam pipa berlubang berhubungan langsung dengan udara yang ditarik oleh suatu fan dalam *cooling tower*. Pada saat ini, akan terjadi perpindahan panas dan massa dari air ke udara karena adanya perbedaan temperatur dan perbedaan tekanan parsial. Udara akan keluar dari *cooling tower* dengan temperatur yang lebih tinggi karena menerima panas dari air dan mempunyai kelembaban yang lebih tinggi karena sebagian air akan menguap. Hal ini menyebabkan temperatur air akan turun, seperti yang terlihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Penurunan temperatur air pendingin dalam cooling tower.

Gabah IR64		Gabah IR70	
T _{out} pipa (°C)	T di permukaan bak I (°C)	T _{out} pipa (°C)	T di permukaan bak I (°C)
90.8	76.0	92.8	77.8
87.0	72.9	89.3	74.6
83.2	69.4	85.6	71.7
79.3	66.5	82.3	69.4
75.1	63.1	78.3	66.3
71.8	60.9	74.3	62.7



Gambar 6. Hasil pengukuran rata-rata volume air dalam bak pencampur selama 5 hari.

5. Kesimpulan

Temperatur air pendingin yang paling optimal masuk *engine* diesel seperti dalam lampiran 2 di suatu *huller* dengan sistem pendinginan terbuka seperti dalam lampiran 1 di daerah Lumajang adalah 65°C untuk gabah jenis IR64 maupun IR70.

Konsumsi bahan bakar yang diperlukan jika air pendingin masuk *engine* pada temperatur 40°C adalah 16,9 liter/jam untuk gabah IR64 dan 18,2 liter/jam untuk gabah IR70. Sedang jika air pendingin masuk *engine* pada temperatur 65°C, konsumsi bahan bakar adalah 14,6 liter/jam untuk gabah IR64 dan 15,6 liter/jam untuk gabah IR70.

Untuk mencapai temperatur optimal yaitu 65°C, diperlukan air pendingin dalam bak pencampur sebanyak 220 liter untuk gabah jenis IR64 dan sebanyak 230,6 liter untuk gabah jenis IR70.

6. Saran

Untuk *huller* dengan sistem pendinginan tertutup, temperatur optimal air pendingin dapat lebih tinggi dari 65°C, dalam hal ini temperatur yang optimal dibatasi oleh karakteristik oli pelumas yang digunakan.

Dengan melakukan modifikasi pada sistem pendinginan, dari sistem pendinginan terbuka menjadi pendinginan tertutup, maka tentu tekanan dalam sistem dapat ditingkatkan sehingga suhu air pendingin boleh lebih tinggi dari 100°C. Dengan demikian *engine* dapat bekerja pada suhu lebih tinggi dimana penggunaan bahan bakar dapat lebih ekonomis lagi. Selain dengan meningkatkan tekanan agar suhu air pendingin dapat tetap dalam fase cair walaupun suhu tinggi, dapat juga air dicampur dengan coolant agar titik didihnya meningkat, atau juga dengan menggunakan sistem pendinginan evaporative cooling.

Tentu saja dengan melakukan peningkatan suhu kerja dari sistem pendingin ini perlu pula diperhatikan sistem lainnya seperti sistem pelumasan, yaitu kemampuan kerja dari minyak pelumas hingga suhu berapa.

Selain itu juga perlu diperhitungkan ketahanan dari material *engine* itu sendiri. Secara prinsip sebenarnya makin tinggi suhu dari ruang bakar, maka makin sedikit pula endapan atau kerak yang tertinggal di dalamnya.

Daftar Pustaka

1. Fox, Robert W. and McDonald, Alan T. *Introduction to Fluid Mechanics*, 3rd ed. John Wiley & Sons. Inc, 1985.
2. Hariyanto. "Perencanaan Pengaturan Temperatur Air Pendingin Dengan Mengubah Volume Air Pendingin pada Bak Pencampur Untuk Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller", Tugas Akhir tidak dipublikasikan. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra di Surabaya, 1999.

Lampiran :

Spesifikasi motor diesel yang digunakan:

Merk	: Mitshubishi
Model engine	: 6 D 14
Type ruang bakar	: Direct Injection type
Diameter Bore x panjang stroke (mm)	: 110 x 115
Total Displacement (cc)	: 6557
Compression ratio	: 17
Jumlah silinder	: 6
Firing order	: 1 – 5 – 3 – 6 – 2 – 4
Maximal output	: 155 PS / 2900 rpm
Maximal Torsi	: 41,5 N.m / 1800 rpm
Engine idling (rpm)	: 550 – 600 rpm
Maximal engine rpm tanpa beban	: 3180 – 3220 rpm