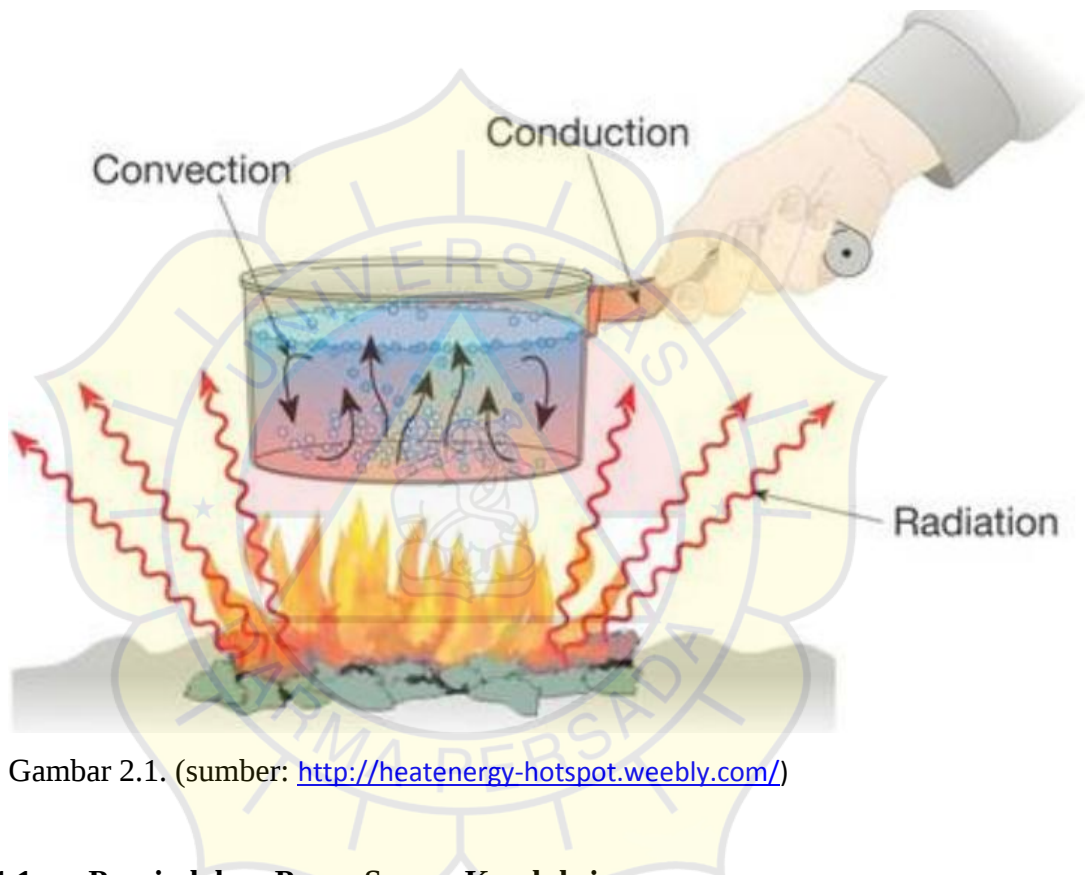


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perpindahan Panas

Perpindahan panas (heat transfer) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (heat) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah.



Gambar 2.1. (sumber: <http://heatenergy-hotspot.weebly.com/>)

2.1.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) dan perpindahan panas pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya.

Contohnya:

- Benda yang terbuat dari logam akan terasa hangat atau panas jika ujung benda dipanaskan, misalnya ketika memegang kembang api yang sedang dibakar.

- Knalpot motor menjadi panas saat mesin dihidupkan.
- Tutup panci menjadi panas saat dipakai untuk menutup rebusan air.

2.1.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah. Jika partikel berpindah dan mengakibatkan kalor merambat, terjadilah konveksi. Konveksi terjadi pada zat cair dan gas (udara/angin).

Contohnya:

- Gerakan naik dan turun air ketika dipanaskan.
- Gerakan balon udara.
- Asap cerobong pabrik yang membumbung tinggi.

2.1.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan kalor secara radiasi adalah perpindahan panas tanpa zat perantara. Radiasi biasanya disertai cahaya.

Contohnya:

- Tubuh terasa hangat ketika berada di dekat sumber api.
- Pakaian menjadi kering ketika dijemur di bawah terik matahari.
- Menetaskan telur unggas dengan lampu.

2.2. Perpindahan Panas Berdasarkan Susunan Aliran Fluida

Yang dimaksud dengan susunan aliran fluida adalah beberapa kali fluida mengalir sepanjang penukar panas sejak saat masuk hingga keluar serta bagaimana arah aliran relatif antara kedua fluida yaitu dengan aliran searah atau aliran berlawanan.

2.2.1. Perpindahan Panas dengan Aliran Searah (Co-Current/Parallel Flow)

Yaitu apabila arah aliran dari kedua fluida di dalam penukar kalor adalah sejajar. Artinya kedua fluida masuk pada sisi yang satu dan keluar dari sisi yang lain mengalir dengan arah yang sama. Karakter penukar panas jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar.

2.2.2. Perpindahan Panas dengan Berlawanan Arah (Counter Current/ Flow)

Yaitu bila kedua fluida mengalir dengan arah yang saling berlawanan dan keluar pada sisi yang berlawanan. Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima panas (temperatur fluida dingin) saat keluar penukar kalor (T_4) lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor (temperatur fluida panas) saat meninggalkan penukar kalor.

2.3. Keel Cooler

Keel Cooler adalah sistem pendingin tertutup berupa tabung-tabung yang dipasang secara eksternal pada lambung kapal dibawah garis air. Yang fungsinya untuk mentransfer panas dari pendingin sebelum kembali ke mesin. Keuntungan *Keel Cooler* antara lain:

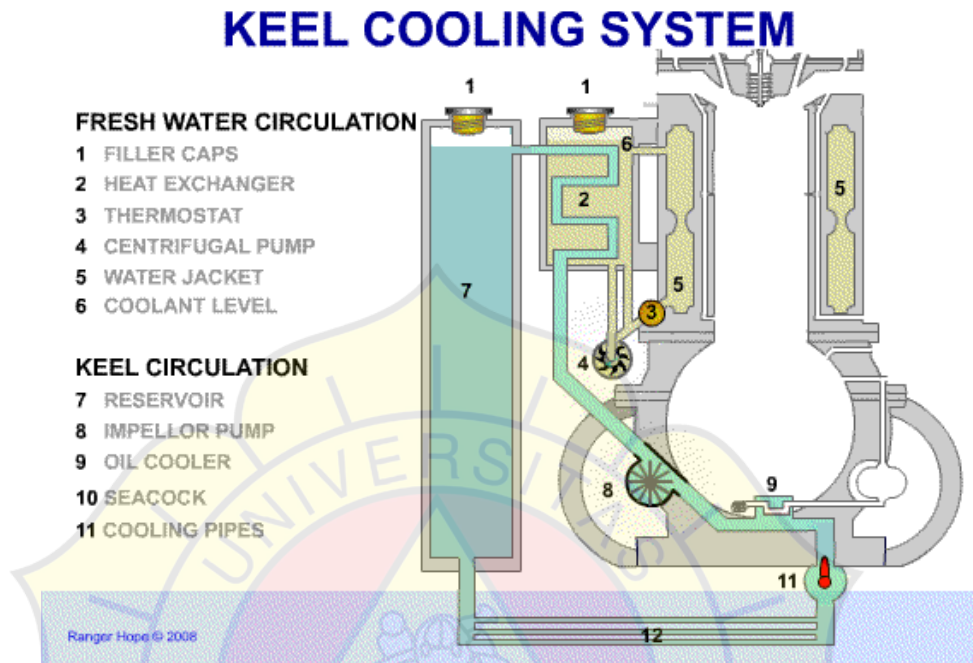
1. Pendingin dengan menggunakan air tawar termasuk dalam sistem pendingin tertutup dapat memperpanjang umur setiap propulsi, generator, dan mesin lainnya.
2. *Keel cooler* tidak memerlukan air laut di dalam lambung seperti *heat exchanger*.
3. Mengurangi *downtime* dengan mencegah garam, lumpur, dan serpohan masuk ke dalam *engine jackets*.
4. dapat menghilangkan kebutuhan untuk mengeringkan sistem pendingin dalam suhu beku.

Desain *keel cooler* harus memenuhi kriteria berikut:

1. Baja struktural (ringan) di las dilambung kapal. Jika suhu air melebihi 30°C , khususnya air garam, penggunaannya *keel cooler* direkomendasikan terbuat dari bahan yang tahan korosi.
2. Pendingin engine mengalir dari belakang ke depan kapal (*counter-flow*).
3. Tidak ada cat atau lapisan pelindung yang diterapkan untuk memanaskan permukaan transfer.

2.3.1. Komponen-Komponen Keel Cooler

Komponen-komponen *keel cooler* sama dengan yang konvensional. Ada pompa air (*water pump*), lubang aliran air, *expansion tank* tempat dimana dipasang pengatur suhu (*temperature regulator*).

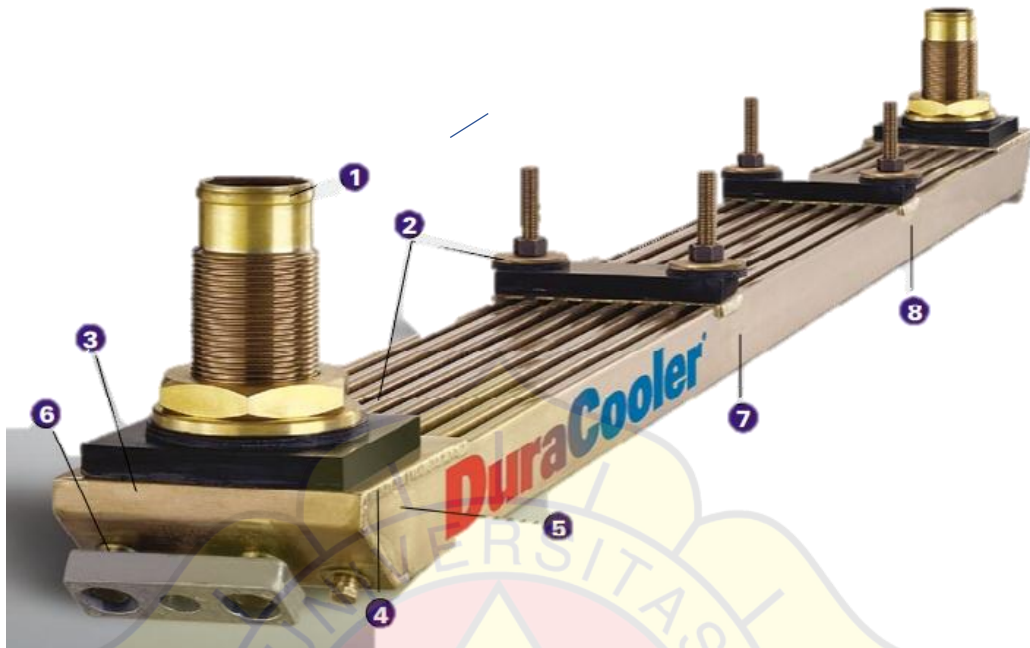


Gambar 2.1. Komponen *Keel Cooler* (sumber: google)

Perbedaan dengan sistem pendingin yang menggunakan *heat exchanger* dan *keel cooler* adalah sistem pendinginan menggunakan tabung yang dipasang pasang pada lambung kapal dibawah garis air dan air laut sebagai media langsung untuk sistem pendinginan.

2.4. Jenis-Jenis *Keel Cooler*

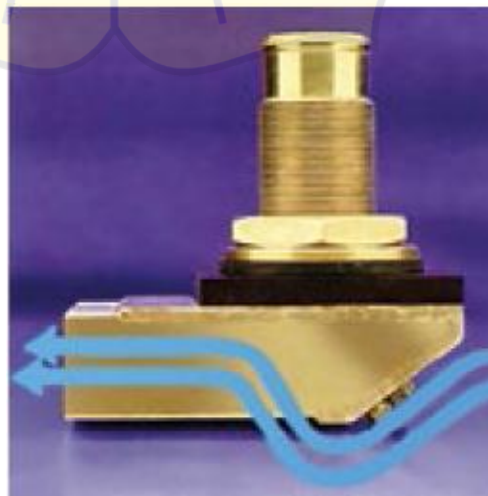
2.4.1. *Trough-Hull Nozzle Design*



Gambar 2.2. Komponen *Trough-Hull Nozzle Design* (sumber: catalog duramax)

Keel cooler model ini dipasang melalui lambung yang berfungsi untuk daya tahan yang lebih lama.

1. Ukuran dan diameter *nozzle* dibuat sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan
2. Ukuran dan posisi harus dipasang dengan baik
3. Merampingkan desain *header* untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas dibandingkan dengan desain persegi.



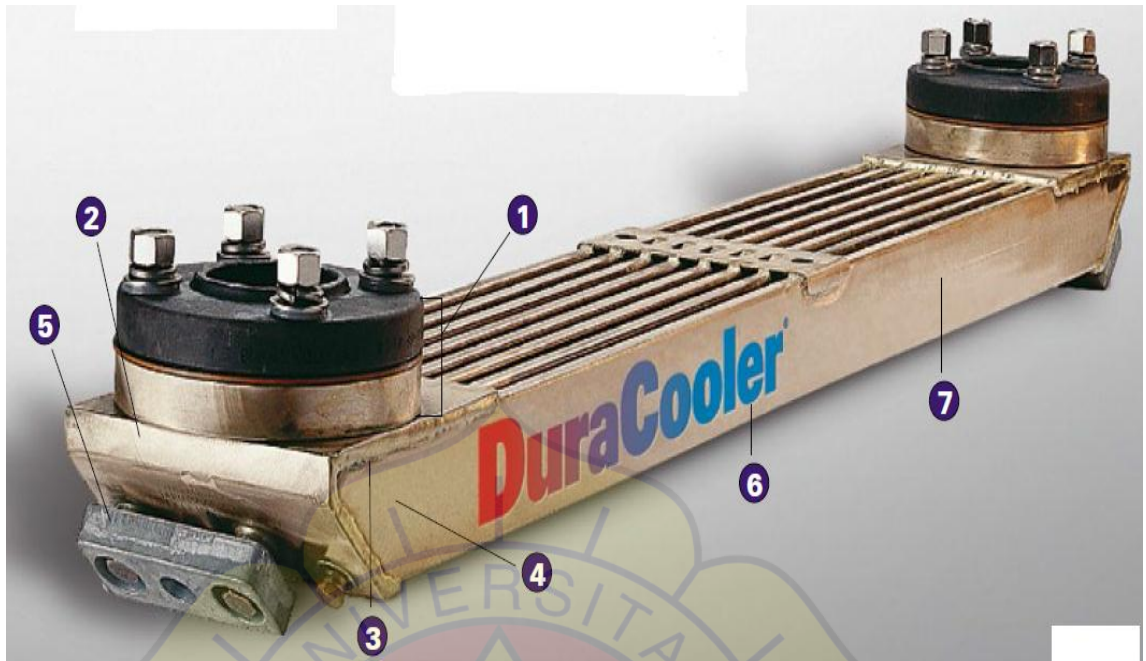
Gambar 2.3. Desain *header*

4. Desain dua bagian *header* yaitu dengan cara dipatri dibagian luar dan dalam material *keel cooler* untuk meningkatkan integritas dan mengurangi kebocoran.
 - Bahan pengukur berat untuk *header* bertujuan untuk memberikan kekuatan dan daya tahan yang luar biasa.
 - Solder perak kelas premium
 - Menyediakan kekuatan maksimum, fleksibilitas dan ketahanan kebocoran pada semua sambungan pendingin.
 - Setiap *DuraCooler* diuji tekanan dan getarannya untuk integritas sambungan yang benar.
5. Lubang aliran pendingin didalam *keel cooler* dipatenkan untuk meningkatkan kinerja pendingin luar.
6. Anoda dipasang ditepi miring dari *header* untuk membuat efisiensi bahan bakar yang lebih baik, dan mencegah *keel cooler* dari korosi.
7. Konstruksi yang kaku memungkinkan untuk pengaplikasian dan pembongkaran dengan mudah.
8.
 - Material berkekuatan tinggi memiliki sifat anti fouling, perpindahan panas yang sangat baik dan juga tahan terhadap erosi aliran air.
 - Semua tabung memiliki ketebalan dinding 0,062 *inch*.

Ada 3 ukuran tabung yaitu:

1. #2 Tubes: 0,343" wide x 1,500" high.
2. #3 Tubes: 0,500" wide x 1,687" high.
3. #4 Tubes: 0,500" wide x 2,500" high.

2.4.2. Flange-Mount Design



Gambar 2.4 *Flange-Mount Design* (sumber: catalog duramax)

Desain DuraCooler ini tidak perlu penetrasi *Through-Hull*. *Flange-Mount* terletak diluar kapal agar mudah diakses. Desain ini direkomendasikan ketika area dalam lambung tidak luas atau peralatan alat kelengkapan internal pada standar melalui lambung tidak dapat diakses. Desain dan konstruksi *Flange-Mount* DuraCooler memberikan perpindahan panas optimal sama dengan desain *Trough-Hull* dan dapat dipasang untuk pengaplikasian yang disesuaikan dengan keinginan.

1. Koneksi Flange-Mount



Gambar 2.5 Koneksi *Flange-Mount*

Koneksi *Flange-Mount* diperoleh dengan menggunakan sambungan dari bahan *Copper-Nickel* yang ditempelkan pada kepala *DuraCooler* yang dipasangkan dengan sambungan baja ringan dan dilengkapi dengan pendingin

2. Merampingkan desain *header* untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas dibandingkan dengan desain persegi.



Gambar 2.6 Desain *header*

3. Desain dua bagian *header* yaitu dengan cara dipatri dibagian luar dan dalam material *keel cooler* untuk meningkatkan integritas dan mengurangi kebocoran.
 - Bahan pengukur berat untu *header* bertujuan untuk memberikan kekuatan dan daya tahan yang luar biasa.
 - Solder perak kelas premium
 - Menyediakan kekuatan maksimum, fleksibilitas dan ketahanan kebocoran pada semua sambungan pendingin.
 - Setiap *DuraCooler* diuji tekanan dan getarannya untuk integritas sambungan yang benar.
4. Lubang aliran pendingin didalam *keel cooler* dipatenkan untuk meningkatkan kinerja pendingin luar.
5. Anoda dipasang ditepi miring dari *header* untuk membuat efisiensi bahan bakar yang lebih baik, dan mencegah *keel cooler* dari korosi.
6. Konstruksi yang kaku memungkinkan untuk pengaplikasian dan pembongkaran dengan mudah.

7. Material berkekuatan tinggi memiliki sifat anti fouling, perpindahan panas yang sangat baik dan juga tahan terhadap erosi aliran air.
 - Semua tabung memiliki ketebalan dinding 0,062 *inch*.

Ada 3 ukuran tabung yaitu:

1. #2 Tubes: 0,343" wide x 1,500" high.
2. #3 Tubes: 0,500" wide x 1,687" high.
3. #4 Tubes: 0,500" wide x 2,500" high.

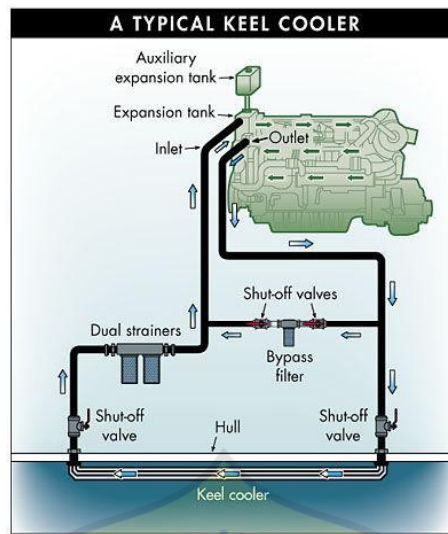
2.4.3. *Demountable Keel Cooler Design*



Gambar 2.7 *Demountable keel cooler design*

Konstruksi *keel cooler* yang terbuat dari *copper-nickel* yang dapat *didemount* terbukti sangat efisien dalam heat transfer, ketahanan korosi dan kekuatan di semua operasi kelautan komersial. Semua pendingin yang dapat di *demountable* dirancang khusus dan dibuat sesuai spesifikasi *engine* dan kondisi pengoperasian kapal.

2.5. Skematik Sistem Pendingin Menggunakan *Keel Cooler*



Gambar 3. Skematik *keel cooler*

Cara kerja sistem pendingin menggunakan *keel cooler* yaitu *fresh water* dari *expansion tank* dipompa oleh *water pump* lalu dialirkan ke *keel cooler* dimana *fresh water* didinginkan langsung oleh air laut sebagai media sistem pendingin secara langsung, kemudian *fresh water* yang sudah didinginkan di *filter* kembali sebelum ke *main engine*.