

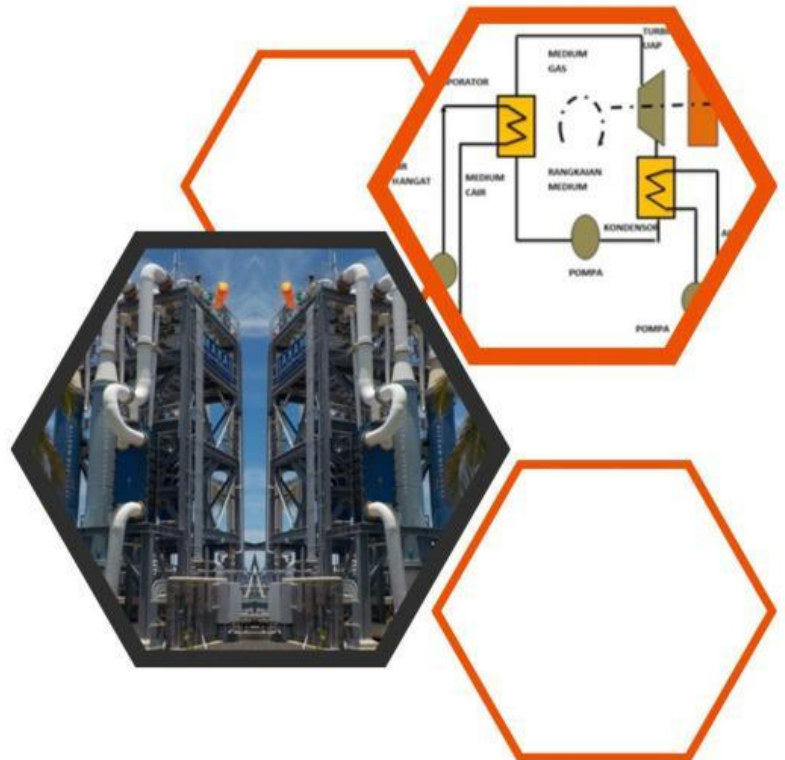


Kampus  
Merdeka  
INDONESIA JAYA

# E-LKM TERMODINAMIKA KIMIA

*Socio Scientific Issue (SSI) Berbasis  
Project Based Learning (PjBL)*

## PERTEMUAN 3 SIKLUS CARNOT



2024



## Kompetensi yang Diharapkan



### CPMK

Mampu menerapkan hukum termodinamika pada berbagai sistem kimia

### SUB-CPMK

Mampu memprediksikan kespontanan sistem kimia dengan cara mengaplikasikan hukum-hukum termodinamika secara benar

### INDIKATOR

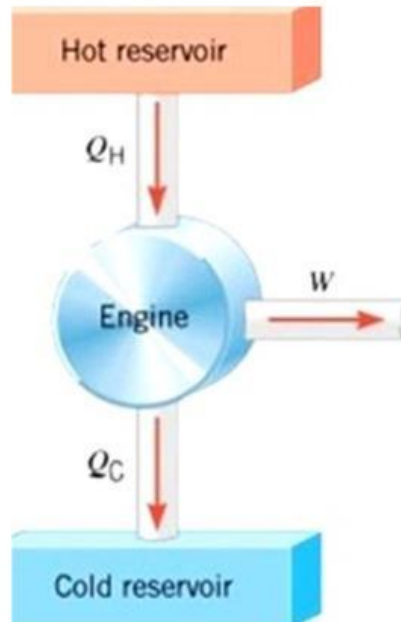
Ketepatan menjelaskan hukum kedua termodinamika pada mesin kalor Carnot



## Materi Singkat

### Mesin kalor carnot

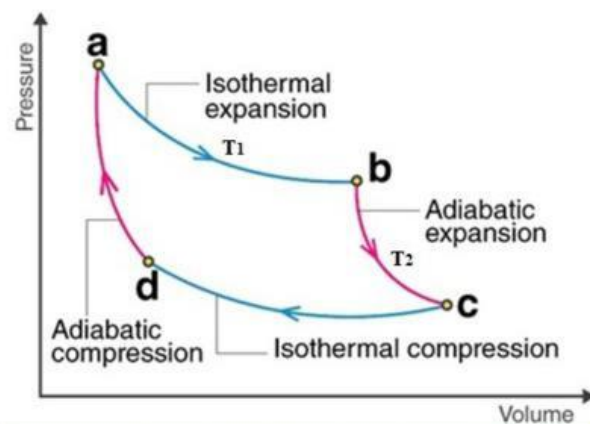
Mesin carnot ialah mesin kalor hipotetis dan ideal yang mengabsorpsi panas pada temperatur tinggi, melakukan kerja dan mengembalikan sisa panas ke reservoir lain pada temperatur rendah. Skema mesin Carnot dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Mesin Carnot

Menurut Dogra (2009) Siklus Carnot dapat dilihat pada Gambar 2 dan keadaan itu terdiri dari 4 proses sebagai berikut:

- Ekspansi isoterm dan reversibel
- Ekspansi adiabatik dan reversibel
- Kompresi isoterm dan reversibel
- Kompresi adiabatik dan reversibel



Gambar 2. Siklus Carnot

Harga besaran termodinamika dapat dihitung dalam setiap proses dan harganya adalah

Proses 1 :  $\Delta U_1 = q_1 + w_1$

$$\Delta U_1 = 0$$

$$q_1 = -w$$

$$w = -PdV$$

Untuk gas ideal



$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V} dV$$

$$W = -nRT \int_{v_1}^{v_2} \frac{dV}{V}$$

Proses 2 :  $U_2 = q_2 + w_2$

$$q_2 = 0$$

$$\Delta U_2 = w_2$$

$$\Delta U_2 = n C_v dT$$

$$= n C_v (T_2 - T_1)$$

Proses 3 :  $\Delta U_3 = q_3 + w_3$

$$\Delta U_3 = 0$$

$$q_3 = w_3$$

$$w_3 = -PdV \int_{v_3}^{v_4} \frac{dV}{V}$$

$$w = -nRT_2$$

Proses 4 :  $\Delta U_4 = q_4 + w_4$

$$q_4 = 0$$

$$\Delta U_4 = w_4$$

$$\Delta U_4 = n C_v dT$$

$$= n C_v (T_1 - T_2)$$



Efisiensi mesin kalor didefinisikan sebagai perbandingan jumlah total kerja yang dilakukan terhadap jumlah total panas yang diabsorpsi, yaitu

$$\varepsilon = \frac{w}{q} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Dalam hal siklus carnot,  $q = q_1$  dan  $w = q_1 + q_2$

$$\varepsilon = \frac{q_1 + q_2}{q_1} = 1 + \frac{q_2}{q_1} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Efisiensi tidak pernah dapat lebih besar dari satu, karena tanda  $q_2$  yaitu panas yang dilepaskan oleh sistem pada reservoir dingin adalah negatif. Persamaan (3.2) dapat juga ditulis sebagai

$$\varepsilon = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$
$$\varepsilon = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

dimana  $T_1$  dan  $T_2$  adalah temperatur reservoir yang panas dan yang dingin.



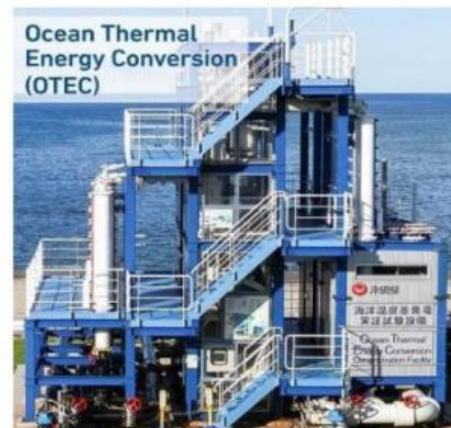
## 1. Scientific Background



Baca dan pahami wacana/artikel mengenai isu permasalahan dibawah ini

### Pembangkit Listrik Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)

OTEC atau yang merupakan singkatan dari Ocean Thermal Energy Conversion adalah satu teknik terbaru yang bertujuan untuk merubah energi yang ada di dalam lautan menjadi energi terbarukan yang salah satunya berupa energi listrik (Riyanto 2017). Namun, teknik ini memiliki kekurangan yaitu mengenai biaya. OTEC membutuhkan pipa mahal berdiameter besar yang ditenggelamkan sekitar satu mil di bawah permukaan laut. Sehingga banyak negara yang kekurangan sumber daya ekonomi untuk membangun infrastruktur ini. Pembangkit listrik OTEC yang telah dibuat oleh Amerika Serikat dan Jepang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembangkit Listrik OTEC

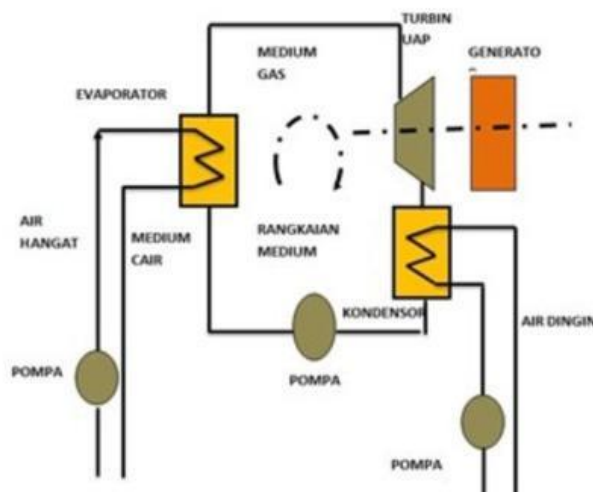
(Sumber : Eksplorasi.id)

Ide pemanfaatan energi panas laut bersumber dari adanya perbedaan temperatur yang berada di antara laut dalam dan perairan dekat permukaan untuk menjalankan mesin kalor. Temperatur di permukaan laut lebih hangat karena panas dari sinar matahari diserap sebagian oleh permukaan laut. Namun di bawah permukaan laut, temperatur akan turun dengan cukup drastis



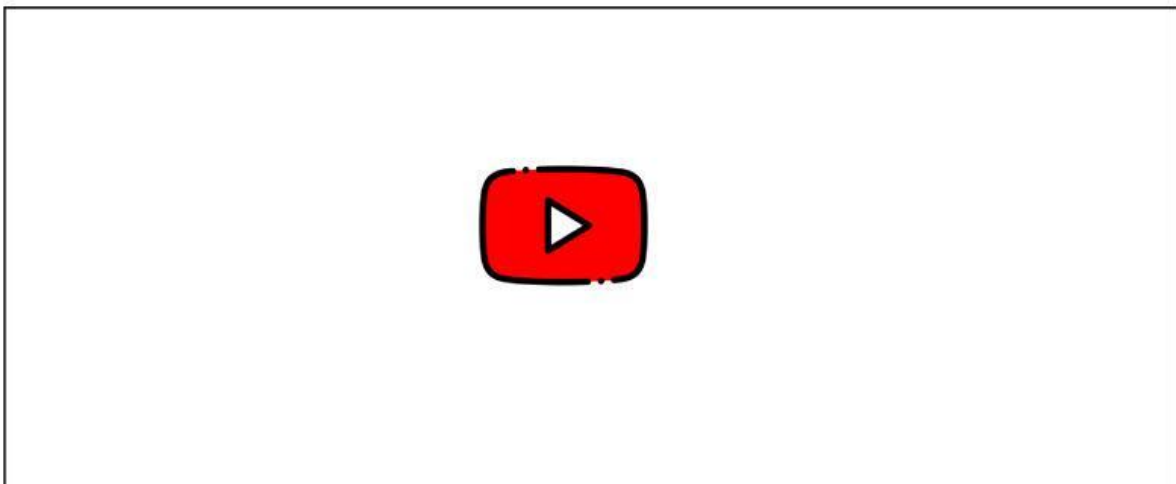
## Lanjutan Isu ...

Suhu permukaan air laut di sekitar garis khatulistiwa berkisar antara  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$ C. Di bawah permukaan air, suhu ini menurun dan mencapai  $50^{\circ}$ - $70^{\circ}$  C sepanjang tahun pada kedalaman  $\pm$  500 meter. Selisih suhu ini dapat dimanfaatkan untuk menjalankan mesin penggerak berdasarkan prinsip termodinamika dan dengan menggunakan suatu zat kerja yang mempunyai titik didih yang rendah seperti amonia.



Gambar 4. Skema Prinsip Konversi Energi Panas Laut. (sumber : Wordpress.com)

Adapun skema prinsip kerja pembangkit listrik OTEC dapat dilihat pada video berikut





## Menganalisis SSI

Berdasarkan artikel yang kalian baca, tuliskanlah masalah (isu sosial ilmiah) yang kamu temukan!

Apakah menurut kamu Indonesia berpotensi pada implementasi pembangkit listrik OTEC ?

Prinsip kerja pembangkit listrik OTEC menggunakan prinsip termodinamika. Jelaskanlah prinsip termodinamika yang digunakan pada pembangkit listrik OTEC !

Suatu mesin harus diketahui efisiensinya. Bagaimana efisiensi dari mesin kalor yang kamu ketahui ?



## 2. Evaluation of Information



### Internet Explorer

Mari kita kunjungi website-website berikut untuk menambah wawasan materi mengenai siklus Carnot.



Hubungan hukum termodinamika II dengan mesin kendaraan bermotor :

[https://bit.ly/hukum\\_II\\_termodinamika](https://bit.ly/hukum_II_termodinamika)



Jurnal pemanfaatan energi kalor Biomassa pada mesin Stirling

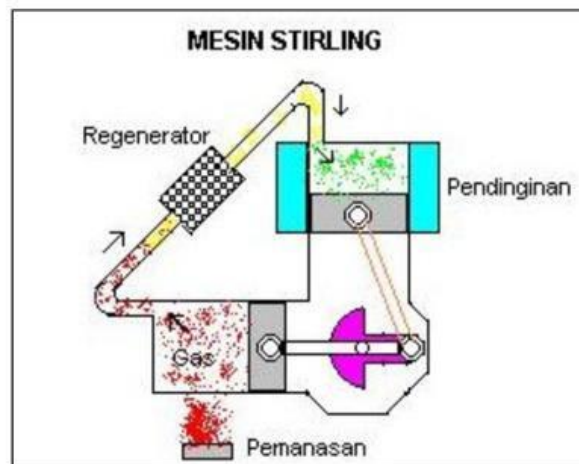
[https://bit.ly/energi\\_kalor\\_biomassa](https://bit.ly/energi_kalor_biomassa)



## Pemanfaatan Mesin Stirling



Energi Fosil yang terus menerus digunakan karena kebutuhannya yang cenderung meningkat, sementara di sisi lain persediaan energy fosil yang menipis dan waktu pembentukan energy fosil membutuhkan waktu yang sangat lama, sehingga menyebabkan energi fosil diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama lagi. Solusi dari kebergantungan pada energi fosil adalah dengan mengembangkan penggunaan sumber energi alternative yang berlimpah dan mudah didapatkan. Salah satu teknologi yang dapat memanfaatkan penggunaan sumber energi alternative tersebut adalah teknologi pembakaran luar, dimana kelebihan teknologi ini adalah dapat menggunakan berbagai jenis bahan bakar termasuk di dalamnya bahan bakar nonfosil.



Gambar 3. Prinsip Kerja Mesin Stirling (sumber : Laskar.teknik.com)

Mesin stirling termasuk teknologi pembakaran luar yang paling awal dan banyak digunakan karena dapat menggunakan kalor dari banyak sumber kalor yang tersedia, termasuk didalamnya biomassa (Satria 2020) Biomassa merupakan sumber energy alternative yang sangat melimpah dan mudah didapatkan, sehingga dapat menjadi solusi dari keterbatasan energy fosil. Mesin Stirling menawarkan peluang-peluang untuk mencapai efisiensi tinggi bersama dengan pengurangan emisi dari produk hasil pembakaran. Mesin stirling bekerja berdasarkan prinsip termodinamika. (Eurepley 2022).



## Computational Thinking



Mulai

### *Decomposition :*

Berdasarkan wacana tersebut, apa saja informasi penting yang ada didapatkan ?

### *Abstraction :*

Apa saja bahan bakar yang dapat digunakan pada mesin striling ?

### *Pattern recogniton:*

Bagaimana efektivitas mesin striling dalam mengurasi penggunaan bahan bakar fosil ?

### *Algorihm:*

Bagaimana penerapan termodinamika pada mesin striling ?

Selesai

Silahkan Klik *Link* dibawah ini untuk mengupload jawaban !



Upload Jawaban



## Latihan Soal



Diskusikan jawaban dari soal berikut bersama anggota kelompok mu !

### *Decomposition :*

Sebuah mesin Carnot beroperasi antara suhu tinggi 500 K dan suhu rendah 300 K. Jika mesin menyerap kalor sebesar 1000 J pada suhu tinggi, tentukan:

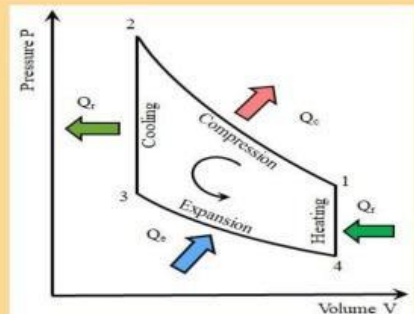
- Usaha yang dilakukan oleh mesin
- Kalor yang dilepas ke reservoir suhu rendah
- Efisiensi mesin

### *Abstraction :*

Jika efisiensi sebuah mesin Carnot ditingkatkan, apa yang akan terjadi pada suhu reservoir panas dan dingin? Jelaskan !

### *Pattern recogniton:*

Berdasarkan Diagram V— P dari mesin stirling ideal tersebut, jelaskan tiap proses yang terjadi !



### *Algorihm:*

Mesin Carnot bekerja dengan reservoir suhu 300K dan 600K serta bisa menyerap kalor sebanyak 500kJ. Berapa kalor yang terbuang dari mesin Carnot? Jelaskan langkah-langkah pengerjaan soal !

Silahkan Klik *Link* dibawah ini untuk mengupload jawaban !



Upload Jawaban



### 3. Impact of Local, National, and Global



Diskusikanlah bersama kelompokmu mengenai dampak serta mengetahui cara penyelesaiannya terhadap isu yang disajikan !

Kemukakan pendapat kamu mengenai dampak yang terjadi pada skala lokal, nasional atau global terhadap isu permasalahan pada tahap *scientific background* sebelumnya

Dampak yang terjadi pada skala lokal, nasional atau global	Bagaimana cara menyelesaikannya?



### 4. Decision Making



Setelah Setelah membaca isu mengenai Pembangkit Listrik *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC), maka sebagai seorang mahasiswa langkah apa yang akan kamu ambil sebagai partisipasi menjaga lingkungan ?



### 3. Menyusun Jadwal Proyek

Tabel 1. Tulislah jadwal pembuatan proyek beserta kegiatan yang telah dilakukan

Hari/ Tanggal	Kegiatan



### Melaksanakan Aktivitas Proyek (menguji hasil)

Tabel 2. Tulislah pelaksanaan proyek yang telah dilakukan

No	Hari/ Tanggal	Tahap pelaksanaan proyek	Hasil



## 5. Mengevaluasi Hasil (Produk)

- A. Evaluasilah Proses yang telah anda laksanakan selama pengerjaan proyek!
- B. Evaluasilah hasil (produk) yang telah anda buat!



Setelah selesai mengerjakan semua kegiatan yang ada dalam E-LKM 3 ini, periksa kembali tugas kelompokmu !

Kemudian presentasikanlah hasil pengerjaan E-LKM 3 di depan kelas bersama teman kelompokmu

