

## MEKANISME KERJA MESIN UAP KERETA API

Hilma Alifatur Rofida<sup>1</sup>, Sudarti<sup>2</sup>, Yushardi<sup>3</sup>  
[alifarofida@gmail.com](mailto:alifarofida@gmail.com)<sup>1</sup>, [sudarti@gmail.com](mailto:sudarti@gmail.com)<sup>2</sup>, [yushardi@gmail.com](mailto:yushardi@gmail.com)<sup>3</sup>  
Universitas Jember

### ABSTRAK

Mesin uap adalah mesin yang menggunakan energi panas uap air dan mengubahnya menjadi energi mekanik. Mesin uap merupakan mesin pembakaran luar yang memisahkan cairan dari hasil pembakaran. Mesin uap pertama kali dibuat oleh Hero dari Alexandria seorang ahli matematika, fisika dan teknik Yunani pada abad ke-1 Masehi, ia menggambarkan beberapa alat sederhana yang beroperasi dengan prinsip perubahan tekanan uap. Meskipun mesin uap tidak lagi berperan besar dalam teknologi modern, warisan dan pengaruhnya tetap kuat. Perkembangan mesin uap membuka jalan bagi inovasi teknologi berikutnya dan memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan sosial dan ekonomi umat manusia. Lokomotif uap merupakan salah satu jenis lokomotif yang menggunakan tenaga mesin uap untuk menarik kereta api. Lokomotif uap menggunakan batu bara, kayu atau minyak sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap di dalam ketel. Uap inilah yang menggerakkan piston yang terhubung secara mekanis ke roda penggerak. Lokomotif uap pertama kali ditemukan oleh Richard Trevithick pada tahun 1802 di Britania Raya.

**Kata Kunci:** mesin uap, kereta api, lokomotif.

### ABSTRACT

*A steam engine is a machine that uses the heat energy of water vapor and converts it into mechanical energy. A steam engine is an external combustion engine that separates liquid from combustion products. The first steam engine was made by Hero of Alexandria, a Greek mathematician, physicist and engineer in the 1st century AD. He described several simple devices that operated on the principle of changing steam pressure. Although the steam engine no longer plays a major role in modern technology, its legacy and influence remains strong. The development of the steam engine paved the way for subsequent technological innovations and made a major contribution to the social and economic development of humanity. A steam locomotive is a type of locomotive that uses steam engine power to pull trains. Steam locomotives use coal, wood or oil as fuel to produce steam in the boiler. This steam is what moves the piston which is mechanically connected to the drive wheel. The first steam locomotive was invented by Richard Trevithick in 1802 in Great Britain.*

**Key words:** steam engine, train, locomotive.

### PENDAHULUAN

Sejarah termodinamika dimulai dengan penggunaan pertama dari kata termodinamika mana pun. Hal ini dinyatakan oleh William Thomson tahun 1849 tentang mesin termo-dinamis. Yang dimaksud dengan mesin adalah alat yang mengubah panas (thermo) menjadi gerak (dinamika) (Saslow, 2020). Mesin uap adalah penemuan ilmiah besar yang paling awal. Mesin uap mengendalikan sebagian besar pertumbuhan ekonomi modern pada abad pertama. Seperti yang sering dikatakan, “Langkah penting dalam penemuan mesin uap adalah penemuan tekanan atmosfer”. Penemuan ini menunjukkan kemungkinan penggunaan tekanan atmosfer untuk menciptakan ruang hampa di dalam piston. Puncaknya adalah penemuan mesin uap (Suenega, 2020).

Mesin uap secara historis menjadi salah satu penemuan paling luas di bidang teknik, terutama pada abad ke-18 dan ke-19, ketika uap merupakan sumber energi yang paling umum. Pada kenyataannya, mereka adalah mesin panas di mana terjadi pemuaian uap dan energi panas diubah menjadi energi mekanik (usaha), yang besarnya ditentukan

oleh gradien suhu antara suhu uap di saluran masuk dan suhu uap masuk Uap keluar dari stopkontak mesin (Sola dan Antunez, 2023). Robert Robey (1826–1876) merupakan seorang insinyur Inggris yang memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan mesin untuk berbagai kegunaan termasuk mesin uap. Robey and Co. adalah sebuah perusahaan teknik yang berpusat di Lincoln (Inggris), didirikan pada tahun 1849, yang memproduksi berbagai macam mesin, antara lain mesin perontok, mesin portabel, mesin traksi, kendaraan uap, mesin uap untuk kereta api, dan mesin giling uap (Sola et.al, 2021).

Lokomotif uap merupakan salah satu jenis lokomotif yang menggunakan tenaga mesin uap untuk menarik kereta api. Lokomotif uap menggunakan batu bara, kayu, atau minyak sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap di dalam ketel. Uap ini menggerakkan piston yang terhubung secara mekanis ke roda penggerak. Pasokan bahan bakar dan air dipasang di dalam lokomotif atau melalui tender di belakang lokomotif. Lokomotif uap pertama kali dikembangkan di Britania Raya pada awal abad ke-19 dan digunakan dalam sistem perkeretaapian sampai pertengahan abad ke-20. Richard Trevithick menciptakan lokomotif uap pada 1802 (Kunzel, 2010).

## **METODE**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Tinjauan literatur ini mengadopsi prosedur dan pendekatan spesifik yang relevan untuk penelitian sistematis. Oleh karena itu, tujuan utamanya adalah untuk menjelaskan topik diskusi dengan mencatat, mengidentifikasi, memahami, dan berbagi informasi, serta memahami topik yang diminati. tinjauan literatur ini, penting untuk mempertimbangkan signifikansinya dalam penelitian umum, karena pengetahuan mendalam yang dibagikan dalam bagian ini sangat diperlukan untuk mengimbangi literatur keamanan siber yang terus berkembang dan sangat penting dalam membantu para praktisi dan personel terkait. untuk menghasilkan temuan dan kemudian menilai dan mensintesis isu-isu yang dibahas dalam diskusi konseptual dan empiris. Hasilnya, dalam tinjauan literatur ini, dilakukan penelitian sistematis, yang melibatkan kumpulan luas berbagai karya terbitan oleh penulis berbeda mengenai topik diskusi dan penilaian topik yang dapat dipelajari melalui diskusi yang cukup banyak.

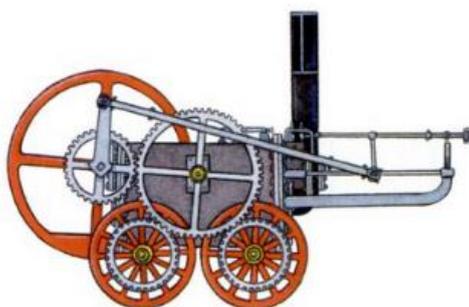
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Revolusi industri 4.0 ini berbeda dengan revolusi-revolusi sebelumnya. Pada revolusi industri 1.0 atau revolusi generasi pertama merupakan revolusi pada tahap awal yang terjadi pada abad ke 18. Jika pada saat itu banyak pekerjaan yang masih mengandalkan tenaga manusia dan hewan namun setelah terjadi revolusi industri 1.0 yang ditandai dengan adanya penemuan sebuah alat tenun mekanis dengan menggunakan mesin uap pada tahun 1784 semuanya berubah, tenaga hewan dan manusia tidak lagi digunakan mengakibatkan banyaknya pengangguran walaupun jumlah produksi meningkat. Penemuan mesin uap juga membuat meningkatnya perekonomian dan penghasilan perkapita negara menjadi enam kali lipat sehingga dapat membuat sebuah perubahan-perubahan baru yang akan melahirkan kembali sebuah revolusi industri dengan perkembangan yang lebih maju (Annisa, 2021).

Era kapal uap membawa periode perubahan yang mempengaruhi banyak aspek pelayaran, tidak hanya penampilan dan praktiknya tetapi juga dampaknya terhadap lingkungan. Hal ini memfasilitasi gangguan lebih lanjut dan munculnya apa yang telah menjadi standar industri untuk ‘penggerak utama’: mesin diesel (Carney dan Joseph, 2020).

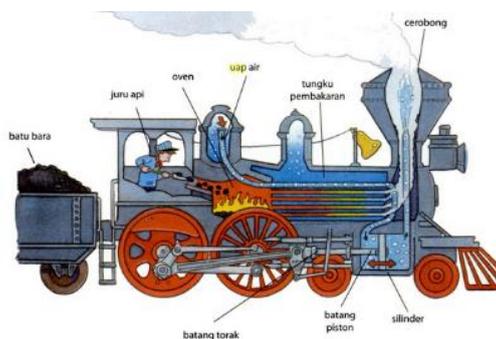
Mesin uap secara historis menjadi salah satu penemuan yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik, terutama antara abad ke-18 dan ke-19 ketika uap merupakan bentuk energi yang paling umum digunakan. Pada kenyataannya, mereka didasari sebagai mesin termal, di mana terjadi pemuain uap, mengubah energi panas menjadi energi mekanik (usaha), yang besarnya akan bergantung pada gradien suhu antara suhu uap di pintu masuk dan suhu uap (Sola, 2023).

Lokomotif berasal dari bahasa Inggris, “locomotive engine”. Artinya mesin yang bergerak pada sebuah jalur. Lokomotif menggerakkan gerbong-gerbong. Perjalanan lokomotif uap pertama adalah pada 1804. Lokomotif tersebut dibuat oleh Richard Trevithick asal Inggris. Dia memutakhirkan mesin uap yang diciptakan oleh James Watt pada tahun 1784. Pada tahun 1830 M, George Stephenson dari Inggris membuat rel dari besi antara Manchester dan Liverpool. Lokomotif uap digerakkan dengan batu bara dan air. Juru api atau stoker memasukkan batu bara ke oven. Melalui pembakaran ini, tercipta udara panas yang mengalir melalui pipa-pipa dan memanaskan air di dalam sebuah cerek sehingga menimbulkan uap air yang digunakan untuk menggerakkan sebuah silinder. Melalui tekanan air, silinder ini bergerak maju dan mundur. Akhirnya, roda kereta dapat digerakkan. Lokomotif uap pertama di Jerman bernama “Adler” yang berarti burung garuda, dibuat di Inggris. Pada 7 Desember 1835, kereta ini mulai beroperasi dari Nurnberg ke Furth. (Kunzel, 2010).



Gambar 1. Lokomotif uap pertama

Sumber: (Kunzel, 2010)



Gambar 2. Mesin kereta uap

Sumber: (Kunzel, 2010)

Mekanisme mesin uap kereta api melibatkan proses pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan uap air, yang digunakan sebagai penggerak lokomotif dan pada kereta itu sendiri. Proses pertama yaitu Pembakaran Bahan Bakar, bahan bakar yang digunakan yaitu batu bara atau minyak. Bahan bakar ini dibakar dalam tungku untuk memanaskan air. Air disimpan dalam kuali dan dipanaskan dengan api yang dihasilkan

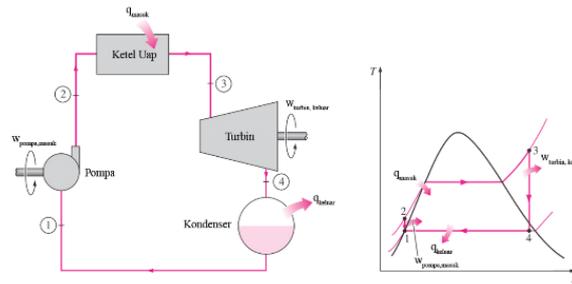
dari pembakaran bahan bakar. Panas dari api memanaskan pipa-pipa di dalam ketel, mengubah air menjadi uap. Selanjutnya uap yang dihasilkan boiler dikirim ke silinder mesin uap, sehingga mendorong piston ke arah yang diinginkan. Piston ini terhubung ke roda kereta api melalui mekanisme yang rumit. Gerakan vertikal piston disalurkan melalui mekanisme penggerak yang mengubah gerakan linier piston menjadi gerakan rotasi sumbu roda. Hal ini menyebabkan roda kereta berputar sehingga kereta dapat bergerak maju.

Proses selanjutnya setelah uap mendorong piston, uap tersebut dikondensasikan kembali menjadi air oleh pendingin. Air yang dihasilkan ini dikembalikan ke boiler dan dipanaskan kembali, membentuk siklus berulang. Mekanisme ini menghasilkan tenaga yang cukup untuk menggerakkan kereta pada kecepatan yang diinginkan. Meskipun mesin uap kini sudah jarang digunakan dalam transportasi modern karena munculnya mesin diesel dan listrik yang lebih efisien, teknologi ini tetap berperan penting dalam sejarah perkembangan perkeretaapian (Fathun, 2020).

Perkembangan kereta api juga tercermin pada sistem kereta api. Mulai dari penerapan sistem manual hingga beralih ke sistem otomatis. Sistem otomatis yang digunakan pada kereta api merupakan sistem pneumatik yang digunakan pada beberapa pintu kereta. Sistem pneumatik dipilih sebagai sistem kendali karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem hidrolik. Sistem pneumatik adalah suatu sistem yang menggunakan udara tekan sebagai media kendali, dan udara tekan sebagai media kendali dikirim ke aktuator pneumatik, yang fungsinya untuk membuka, menutup atau melakukan operasi lain sesuai kebutuhan (Narwalutama, 2021).

Lokomotif uap yaitu kereta api yang digerakkan oleh uap yang dihasilkan oleh ketel uap yang dipanaskan dengan kayu, batu bara, atau minyak berat. Oleh karena itu kendaraan ini dinamakan kereta api dan masih digunakan hingga saat ini. Untuk menggerakkan roda kereta, uap dikirim dari ketel uap ke ruang tempat piston berada. Uap air yang masuk mendorong piston untuk bergerak, sedangkan uap air yang dihasilkan di dalam ruang piston dipaksa keluar. Uap air diatur melalui mekanisme langsung ke ruang piston. Piston kemudian memutar roda melalui mekanisme gerak maju mundur (Hidayat, 2019).

Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Siklus Rankine pertama kali ditemukan oleh William John Maquom Rankine. Siklus Rankine ideal biasanya digunakan di pembangkit listrik tenaga uap. Siklus ini terdiri dari dua fase fluida kerja: cair dan uap. Siklus ini biasanya menggunakan air sebagai media kerjanya. Siklus Rankine terdiri dari empat komponen Ketel. Boiler adalah mesin yang mengubah air menjadi uap. Turbin uap adalah penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik. Energi kinetik tersebut diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin yang dihubungkan dengan generator. Kondensor adalah suatu alat yang mengubah fasa uap menjadi fasa cair. Dapat menghasilkan energi listrik. Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkut zat cair dari suatu tempat ke tempat lain (Irawan *et.al.*, 2021).



Gambar 3. Siklus Rankie

Sumber: <https://images.app.goo.gl/PZzsSXBergHff7zG6>

Mesin uap lunak dapat dikembangkan dalam menciptakan osilator. Osilasi menggunakan uap sebagai fluida kerjanya, menyerupai mesin uap klasik. Osilator dapat bekerja di bawah udara dan air dengan memberikan pasokan air secara terus menerus. Osilasi menawarkan pendekatan efektif untuk robot lunak dan mesin uap yang dapat beradaptasi sendiri (Zhiwei, 2021).

Analisis termodinamika dilakukan untuk mesin turbin gas turunan aero yang memanfaatkan injeksi uap untuk meningkatkan efisiensinya. Targetnya adalah untuk mengeksplorasi kinerja unit turbin gas efisiensi tinggi untuk pembangkit listrik tanpa siklus Rankine hilir. Efisiensi siklus sederhana GT dapat ditingkatkan sebagai alternatif melalui injeksi air/uap. Injeksi uap di masa lalu digunakan untuk mengurangi polutan seperti NO, emisi, namun kemudian diketahui bahwa dengan pengaturan tertentu hal ini dapat memberikan manfaat kinerja tambahan [2]. Uap dihasilkan oleh pemulihan panas buangan GT (siklus STIG). Siklus STIG tidak hanya memulihkan limbah panas, namun juga mengurangi daya input kompresor dengan mengurangi aliran udara kompresor hingga 15%. Yang terakhir ini dilakukan dengan mengorbankan daya pompa terhadap aliran umpan air STIG. Untungnya daya pompa jauh lebih kecil dibandingkan daya kompresor yang berkurang (Kok, 2023).

## KESIMPULAN

Mesin uap secara historis menjadi salah satu penemuan yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik, terutama antara abad ke-18 dan ke-19 ketika uap merupakan bentuk energi yang paling umum digunakan. Pada kenyataannya, mereka didasari sebagai mesin termal, di mana terjadi pemuaian uap, mengubah energi panas menjadi energi mekanik, yang besarnya akan bergantung pada gradien suhu antara suhu uap di pintu masuk dan suhu uap. lokomotif berasal dari bahasa Inggris, “locomotive engine”. Melalui pembakaran ini, tercipta udara panas yang mengalir melalui pipa-pipa dan memanaskan air di dalam sebuah cerek sehingga menimbulkan uap air yang digunakan untuk menggerakkan sebuah silinder.

Melalui tekanan air, silinder ini bergerak maju dan mundur. Akhirnya, roda kereta dapat digerakkan. Lokomotif uap pertama di Jerman bernama “Adler” yang berarti burung garuda, dibuat di Inggris. Pada 7 Desember 1835, kereta ini mulai beroperasi dari Nurnberg ke Furth. Panas dari api memanaskan pipa-pipa di dalam ketel, mengubah air menjadi uap. Selanjutnya uap yang dihasilkan boiler dikirim ke silinder mesin uap, sehingga mendorong piston ke arah yang diinginkan. Piston ini terhubung ke roda kereta api melalui mekanisme yang rumit. Gerakan vertikal piston disalurkan melalui mekanisme penggerak yang mengubah gerakan linier piston menjadi gerakan rotasi sumbu roda. Hal ini menyebabkan roda kereta berputar sehingga kereta dapat bergerak maju.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alif MAR, Hussain M, Tucker G, Iwnicki S, 2024. A comparative analysis of CNN, CCT, and ViT in Achieving High accuracy for missing bolt classification in train components. *Exp Med Biol*, 12(2).
- Annisa, A. (2021). Sejarah revolusi industri dari 1.0 sampai 4.0. Artikel Mahasiswa Sistem Telekomunikasi, 1, 2-3.
- Carney M, Joseph, 2020. Evolution in the engine room: a review of technologies to deliver decarbonised, sustainable shipping; technology options for the shipping sector to meet international ship emissions limits. *Johnson matthey technology review*, 64(3):374-392.
- Feistel R, Hellmuth O. 2021. Relative humidity: a control valve of the steam engine climate. *Human, earth, and future*, 2(2):140-182
- Hidayat W. 2019. Penciptaan Prototipe Locomotif Dari Barang Bekas Menjadi Karya Seni Bernilai Ekonomis. *Journal of Art, Design and Media*.
- Irawan, O. W., Pratama, L. S., & Insani, C. (2021). Analisis Termodinamika Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap Kapasitas 1500 kW. *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, 5(3), 109.
- Kok JBW, Haselhoff EA. Thermodynamic analysis of the thermal and exergetic performance of a mixed gas-steam aero derivative gas turbine engine for power generation. *Heliyon*, 9(8):e18927.
- Li X, Xie W, Zhu J. Interfacial Solar Steam/Vapor Generation for Heating and Cooling. *Adv Sci (Weinh)*. 9(6):e2104181.
- Lu Y, Xiang Y, Chen B, Zhu H, Yue J, Jin Y, He P, Zhao Y, Zhu Y, Si J, Zhou D. Steam turbine power prediction based on encode-decoder framework guided by the condenser vacuum degree. *PLoS One*. 17(10):e0275998.
- Miller DP. A New Perspective on the Natural Philosophy of Steams and Its Relation to the Steam Engine. *Technol Cult*. 61(4):1129-1148.
- Narwalutama, R. dan Tuapetel, J.V. (2021). Perencanaan Sistem Kontrol Pnuematik Sebagai Pengendali Pada Pintu Gerbong Kereta. *Repository Institut Teknologi Indonesia*
- Onggowarsito C, Feng A, Mao S, Nguyen LN, Xu J, Fu Q. Water Harvesting Strategies through Solar Steam Generator Systems. *ChemSusChem*. 15(23):e202201543.
- Saslow WM. A History of Thermodynamics: The Missing Manual. *Entropy (Basel)*. 22(1):77.
- Sola JIR, Antunez JFG, 2023. Analysis of the singel cylinder steam engine of the grasshopper beam by henry muncaster. *Machines*. 11(7):703.
- Sola JIR, Cidoncha GDR, Marin RO, Arbizu JT, 2021. An approach to the study of a 19th-century sugarcane mill and steam engine through CAD techniques and mechanical engineering. *Machines*. 9(11):295-309.
- Suenaga K. The 'Industrial Enlightenment' and technological paradigms of the modern steel industry. *Technol Soc*. 63:101375
- Yang M, Hu Y, Zheng S, Liu Z, Li W, Yan F. Integrated Moist-Thermoelectric Generator for Efficient Waste Steam Energy Utilization. *Adv Sci (Weinh)*. 10(22):e2206071.
- Zhiwei L, Nosng VM, Yadong Y. 2021. Ligh-powered soft steam engines for self-adaptive oscillation and biomimetic swimming. *Science Robotics*. 6(61):1-14