

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Kebutuhan akan energi menjadi salah satu hal yang paling penting dalam kehidupan manusia modern. Meningkatnya kebutuhan akan energi, khususnya dalam bidang transportasi, mengakibatkan ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil. Hal ini mengakibatkan banyak masalah pada sektor lingkungan, seperti peningkatan polusi udara, emisi gas rumah kaca, dan pemanasan global. Berdasarkan data dari Kementerian Perhubungan, bidang transportasi menyumbang sekitar 50,6% dari total emisi karbon di Indonesia, dengan sepeda motor dan mobil sebagai kontributor utama.

Selain menghasilkan emisi karbon yang cukup merusak lingkungan, kendaraan bermotor juga menghasilkan panas buang dari knalpot yang biasanya terbuang dan tidak dimanfaatkan lebih lanjut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhang Nuo [1], sekitar 40% energi bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan bermotor diubah menjadi panas buang yang akan dilepaskan ke lingkungan. Dikarenakan hal tersebut potensi pemanfaatan panas buang knalpot kendaraan bermotor ini menjadi penting, terutama untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan akibat dari penggunaan bahan bakar fosil dan mendukung efisiensi energi yang lebih tinggi.

Beberapa teknologi telah diterapkan sebagai langkah untuk memanfaatkan panas buang knalpot yang terbuang ke lingkungan, seperti penggunaan *Thermoelectric Generator* (TEG), *Organic Rankine Cycle* (ORC), dan *Electric Turbo Compound* (ETC).

Dalam penelitian Moreno et al[2], penelitian dilakukan dengan cara membandingkan beberapa model konstruksi TEG dalam menghasilkan energi listrik dengan variasi temperatur yaitu 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, dan 180°C. Perancangan TEG juga dilakukan dengan menambahkan beberapa variasi sistem pendingin dengan menggunakan *heatsink*, *heat pipe*, dan *heat pipe* ditambahkan dengan kipas. Hasil yang didapatkan adalah penyebaran panas yang dihasilkan *heater* berpengaruh dalam menghasilkan tren kenaikan temperatur antara struktur knalpot, sisi panas TEG, dan sisi dingin TEG yang cenderung sama.

Sedangkan dalam penelitian Mariani et al[3], penelitian dilakukan dengan menggunakan ORC pada kendaraan penumpang tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung daya mekanik yang dapat dipulihkan serta peningkatan efisiensi mesin yang dihasilkan oleh penerapan sistem ORC, berdasarkan data uji emisi berkendara nyata (*Real Driving Emission*). Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa Daya yang dipulihkan oleh sistem ORC bervariasi antara 0,5 kW hingga 2,5 kW, tergantung pada kondisi operasional mesin, serta peningkatan efisiensi mesin bervariasi antara 2,5% hingga 12%, dengan rata-rata peningkatan sekitar 6% saat mempertimbangkan waktu tinggal (*residence time*) dalam setiap kondisi operasional.

Penelitian lain yang memanfaatkan panas buang knalpot dari kendaraan bermotor dilakukan oleh Noor et al[4], Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengevaluasi potensi pemulihan energi panas buang dari mesin pembakaran dalam *Internal Combustion Engine* (ICE) menggunakan sistem *Electric Turbo Compound* (ETC). Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin turbo Ford *EcoBoost* 1,0 liter tiga silinder sebagai *baseline* dan membandingkannya dengan versi ETC, selain itu ETC yang digunakan terdiri dari turbin tambahan di bawah turbo charger, terhubung dengan generator listrik untuk memanfaatkan energi panas buang. Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan efisiensi bahan bakar yang digunakan, Sistem ETC menunjukkan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) hingga 3% pada kecepatan mesin penuh 2500 rpm dan BMEP meningkat hingga 0,5 bar pada beban mesin tinggi, menunjukkan peningkatan tenaga per unit berat mesin. Hasil lain yang didapat dalam penelitian ini adalah Energi panas buang yang dipulihkan oleh ETC secara signifikan meningkatkan efisiensi termal mesin, terutama pada beban mesin menengah hingga tinggi.

Tinjauan literatur menunjukkan bahwa telah terdapat banyak teknologi yang memanfaatkan panas buang knalpot kendaraan bermotor demi meningkatkan efisiensi dari kendaraan bermotor, namun masih terdapat banyak kekurangan pada teknologi-teknologi tersebut, seperti efisiensi yang rendah dan pengaplikasian yang sulit untuk diterapkan di berbagai macam kondisi. Oleh karena itu diperlukannya

pengembangan teknologi lain yang memanfaatkan panas buang knalpot kendaraan bermotor.

Penggunaan *Thermal Energy Storage* (TES) sebagai metode penyimpanan energi panas telah banyak dilakukan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Nomura et al[5], fokus utama pada penelitian ini adalah untuk menilai efek tinggi PCM dalam *heat storage unit* (HSU), laju aliran *Heat Transfer Oil* (HTO), dan jumlah lubang injeksi pada performa pelepasan panas, fokus lain dari penelitian ini adalah memanfaatkan *erythritol* sebagai PCM karena kapasitas panas laten yang tinggi dan stabilitas termal yang baik, untuk pemulihan panas buang bersuhu rendah. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *Erythritol* sebagai PCM dan HTO dengan konduktivitas termal rendah untuk menjaga stabilitas selama transfer panas. Penelitian ini membuktikan bahwa peningkatan laju aliran HTO (F) meningkatkan laju pelepasan panas rata-rata (q) hingga titik tertentu, dan pada aliran tinggi ($> 7.50 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$), efisiensi pelepasan panas menurun akibat *drift flow* HTO dan solidifikasi PCM yang tidak diinginkan.

Penelitian lain yang memanfaatkan PCM sebagai metode untuk penyimpanan energi panas dilakukan oleh Yuan et al[6], tujuan utama dari penelitian ini adalah mengembangkan metode untuk meningkatkan atau menyesuaikan konduktivitas termal dari bahan PCM untuk aplikasi dalam konversi, penyimpanan, dan pemanfaatan energi panas, serta mengevaluasi berbagai strategi untuk meningkatkan efisiensi transfer panas PCMs melalui penambahan material pendukung seperti karbon, logam, nitrida, dan teknologi enkapsulasi mikro. Penelitian dilakukan dengan menggunakan berbagai material tambahan seperti karbon (*graphene*, *carbon nanotube*), logam (tembaga, aluminium), nitrida, dan enkapsulasi mikro. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu penambahan bahan karbon seperti *expanded graphite* (EG) dapat meningkatkan konduktivitas termal PCMs hingga 1000% dibandingkan PCMs murni dan logam seperti tembaga dan aluminium secara signifikan meningkatkan efisiensi transfer panas, tetapi memiliki keterbatasan seperti berat dan reaktivitas kimia tinggi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya penggunaan PCM sebagai metode TES dengan memanfaatkan panas buang knalpot kendaraan belum banyak dilakukan.

Maka dari itu pengembangan *thermal energy storage* dengan teknologi *phase change material* perlu dilakukan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah, diantaranya yaitu:

1. Limbah panas knalpot yang dihasilkan dari sistem pembakaran bahan bakar masih cukup tinggi.
2. Pencemaran Udara yang disebabkan limbah panas kendaraan bermotor
3. Dibutuhkan teknologi yang dapat menyimpan dan memanfaatkan limbah panas knalpot.

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Pengujian dilakukan dalam skala lab.
2. Pengujian dilakukan dengan variasi laju aliran fluida, temperatur knalpot, dan *Phase Change Material*.
3. Pengujian yang dilakukan hanya skala lab dengan temperatur ruangan lab yang konstan

1.4. Perumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang disampaikan, maka akan muncul permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan *thermal energy storage* pada knalpot mobil
2. Bagaimana pengaruh laju aliran fluida dan temperatur knalpot pada coil terhadap perbedaan temperatur fluida saat masuk dan keluar.
3. Bagaimana pengaruh dari laju aliran fluida dan temperatur knalpot pada coil terhadap koefisien perpindahan panas total dan *energy saving* pada *thermal energy storage*.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini di antaranya:

1. Mengambil limbah panas kendaraan yang terbuang sia-sia.
2. Menggunakan Teknologi *Thermal Energy Storage* pada knalpot kendaraan untuk mengambil limbah panas
3. Melakukan uji coba variasi laju aliran fluida dan temperatur knalpot untuk mengetahui performa TES

1.6. Kegunaan Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya di bidang konversi energi, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian pada tugas akhir ini, di antaranya yaitu:

1. Sebagai Literatur pada penelitian sejenis mengenai pengembangan teknologi khususnya di sistem pendingin yang bersumber dari panas.
2. Sebagai informasi bagi pengembangan sistem penyimpanan energi panas yang memanfaatkan panas buang knalpot.
3. Sebagai informasi untuk meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian sistem penyimpanan panas berbasis teknologi *phase change material* (PCM) dan coil pendingin.

Intelligentia - Dignitas