

ANALISA PENGGUNAAN *HEATER* (PEMANAS) PADA SISTEM PENDINGIN DIESEL *ENGINE* TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR

Muhammad azhar¹⁾, Sungkono²⁾

¹⁾aay.azhar@gmail.com, ²⁾sungkono@umi.ac.id

(1,2) Magister Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Ringkasan

Artikel ini menyampaikan perbedaan waktu dan jumlah konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) yang dibutuhkan sebuah mesin untuk mencapai suhu kerja. Uji coba dilakukan pada generator set mesin diesel *Caterpillar* type C13 tanpa menggunakan pemanas, pemanas 500 watt, 1.000watt, 1.500 watt, dan 2.354 watt. Pada pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan pemanas dengan daya 2.354 watt menghasikan 20% lebih efektif untuk melakukan pemanasan atau hanya membutuhkan waktu 20 menit untuk mencapai suhu optimal engine sebesar 81°C - 84°C. Selain itu juga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar atau *fuel consumption* sebanyak 1,4 liter (20,9 %).

Kata Kunci : Mesin Diesel, pemanas , konsumsi bahan bakar.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan generator set sebagai sumber energi cadangan di beberapa objek vital dan pelayanan publik sangat penting. Seperti rumah sakit yang merupakan lembaga pelayanan kesehatan yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat. Pelayanan ini membutuhkan peralatan-peralatan medis seperti pasien monitor, lampu medis, mesin anestesi, USG dan inkubator dll. Agar menjaga semua peralatan medis tetap menyala jika terjadi pemadaman listrik, rumah sakit sudah mengantisipasi dengan menyiapkan generator set bertenaga diesel yang otomatis menyala jika terjadi pemadaman listrik. Terjadi pemadaman listrik kerja secara mendadak menyebabkan generator set langsung bekerja dan langsung dibebani. Pembebanan generator set pada saat engine belum mencapai suhu kerja dapat menyebabkan terjadinya *overcooling*, dan itu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada komponen-komponen mesin Penggunaan pemanas pada saluran system pendinginan dapat membantu engine untuk mencapai suhu kerjanya lebih cepat dan mencegah terjadinya *overcooling*

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dicapai dalam artikel ini adalah ingin mengetahui berapa waktu dan bahan yang di perlukan dibutuhkan sebuah engine *Engine Caterpillar C13* tanpa menggunakan pemanas, pemanas 500 watt, 1.000 watt, 1.500 watt,dan 2.354 watt untuk untuk mencapai suhu kerja.

Tujuan Artikel

Artikel ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbedaan waktu dan jumlah bahan bakar yang di butuhkan sebuah engine *Engine Caterpillar C13* yang menggunakan *Byass Heater* pada *cooling system* untuk untuk mencapai suhu kerja dan mencegah terjadinya *overcooling*

Manfaat Artikel

Pada penelitian ini peneliti mendapatkan data waktu dan daya heater yang paling optimal sehingga dapat mencegah dan menangani terjadinya *overcooling* pada engine diesel *caterpillar C13*.

2. KAJIAN PUSTAKA

Motor bakar diesel biasa disebut juga dengan Mesin diesel adalah mesin pembakaran dalam, karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi ada beberapa hal yang mempengaruhi kinerja mesin diesel, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat

homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, karakteristik bahan bakar (termasuk cetane number). Dalam mesin diesel terdapat 5 sistem yang bekerja yaitu *air intake & exhaust sistem*, *Lubrication system*, *fuel system*, *electric system* dan *cooling system*. Fungsi dasar dari sistem pendingin adalah untuk mendinginkan mesin dan memberikan kondisi kerja yang lebih baik untuk mesin tanpa *overheating* atau *overcooling* (Sebastian dan Paul, 2016). Sistem pendingin (*cooling system*) yang baik adalah waktu pemanasan yang singkat tetapi disisi lain energi untuk pemanasan hemat. Sistem pendinginan dengan berbasis cair / coolant adalah sistem yang paling banyak digunakan dalam mesin diesel. Sistem ini efektif dalam mendinginkan mesin akan tetapi memiliki kelemahan karena waktu pemanasan yang lama untuk mencapai suhu operasi mesin. Sistem pendingin (*cooling system*) adalah sistem atau rangkaian peralatan yang digunakan untuk menjaga suhu suatu struktur atau perangkat agar tidak melebihi batas yang ditentukan oleh kebutuhan keselamatan dan efisiensi. Media yang digunakan dalam sistem pendingin dapat berupa udara atau cairan (coolant), dapat digunakan baik sendiri-sendiri atau kombinasi keduanya. Sistem pendingin menjaga akan suhu tidak **terlalu panas (*overheating*)** atau **terlalu dingin (*overcooling*)**.

Overcooling

Overcooling terjadi di karena engine bekerja di saat suhu kerja belum tercapai sehingga mempengaruhi kinerja beberapa komponen. Sebuah piston akan mencapai bentuk dan kinerja yang diinginkan apabila engine sudah mencapai suhu yang diinginkan. Beberapa akibat yang terjadi akibat pengaruh kondisi overcooling antara lain keausan lebih cepat (Deng et al., 2018);(Xin, 2013);(Lodi et al., 2020). Hal ini disebabkan pelumasan belum selesai pada saat suhu masih dingin dan emisi tinggi (Deng et al., 2018). Mesin yang dijalankan pada temperatur lebih rendah dari temperatur kerja akan menghasilkan polutan CO, NOx, dan HC yang lebih boros bahan bakar (Xin, 2013). Semakin cepat tercapainya suhu kerja suatu engine maka akan semakin baik. Untuk mencapai hal tersebut maka dipasanglah sebuah pemanas (*heater*) pada jalur *by pass* saluran pendingin. Menurut (leamastech.com) terjadinya *overcooling* dapat diamati pada temperatur air pendingin yang selalu rendah (jauh dibawah temperatur kerja idealnya). Jika hal ini terjadi berarti *overcooling*. Dari neraca panas hal ini berarti terjadi kenaikan kerugian karena pendinginan (*cooling loos*). Dengan adanya kenaikan *cooling loos* ini berarti daya mekanis yang dihasilkan sudah pasti berkurang. Tetapi pada engine tidak terasa betul, yang lebih terasa adalah adanya kenaikan pemakaian bahan bakarnya. Jadi *overcooling* sepertinya tidak berakibat menurunnya daya mekanis engine yang dihasilkan melainkan menaikinya konsumsi bahan bakar yang diperlukan engine.

Bypass Heater pada Cooling System

Menurut Mitchell (2009) Sistem pendingin standar pabrik biasanya menimbulkan dua masalah. Pertama, kelemahan yang terkait dengan pengoperasian komponen mekanis pada kecepatan putaran tinggi disebabkan oleh hubungan mekanisnya. Hal ini tidak hanya mengurangi tenaga mesin secara keseluruhan tetapi juga meningkatkan konsumsi bahan bakar. Kedua, pendinginan berlebih bisa terjadi karena kecepatan pompa air berbanding lurus dengan kecepatan mesin. Dalam kondisi dingin, kecepatan pompa harus dikurangi agar panas lebih cepat.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi overcooling dan mempercepat proses pemanasan mesin. Modifikasi dilakukan baik secara mekanis, elektrik, maupun kimia. Modifikasi mekanis dilakukan oleh Ibrahim (2017) Dengan memanfaatkan panas buangan knalpot di sekitar turbocharger untuk mempercepat pemanasan cairan pendingin. Chalgren (2004) dan Mitchell (2009) Memodifikasi katup pada termostat untuk mempercepat waktu pemanasan. Sedangkan penelitian lain menyebutkan bahwa penggunaan termostat dengan sistem bukaan variabel dapat mengurangi periode pemanasan mesin dan menurunkan emisi CO₂, CO, HC, dan asap knalpot secara signifikan (Mohamed, 2016). Penelitian menggunakan penyimpanan panas juga dapat mempercepat pemanasan di musim dingin (Vasiliev et al., 1999). Beberapa menggunakan kipas dengan kecepatan bervariasi untuk mempercepat periode pemanasan (Nunney, 2007). Penggunaan nanofluida (Al₂O₃) juga mampu mempercepat proses pemanasan. Ghasemi Zavaragh (2017) melakukan penelitian dengan menggunakan injeksi udara dan berhasil mempercepat waktu pemanasan sebesar 33,3%.

Bypass Heater sendiri adalah penggunaan heater (pemanas) di saluran *bypass* pada *cooling system* (sistem pendinginan). Untuk mempercepat pencapaian suhu kerja sebuah mesin diesel Penggunaan pemanas dilakukan untuk memanaskan engine dengan cara memanaskan cairan pendingin dan memindahkan panas tersebut ke engine melalui saluran *bypass* sistem pendinginan). Cairan pendingin dialirkan dari engine melalui saluran *bypass* menuju *heater* (pemanas dan kembali beberapa pemanas cairan pendingin menggunakan pompa sirkulasi (listrik) untuk memanaskan coolant terlebih

dahulu sebelum mesin dinyalakan. Apa yang disebut pemanas aliran paksa, atau pemanas sirkulasi, menghangatkan cairan pendingin dan memompanya melalui engine untuk memberikan distribusi panas yang merata. heater pendingin menggunakan proses thermosiphon untuk perpindahan panas. Pemanas ini menghangatkan cairan pendingin dan mengalirkannya melalui mesin dengan konveksi termal

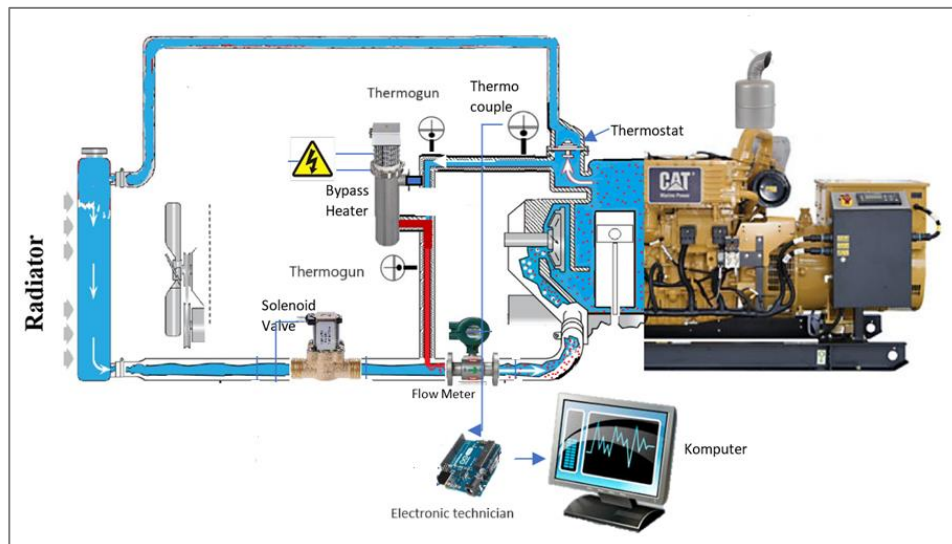
3. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu menggunakan *bypass heater*, dimana parameter penelitian ini meliputi: yaitu daya membandingkan daya *pemanas (heater)* yang digunakan terhadap konsumsi bahan bakar dan temperatura pada cairan pendingin serta waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu kerja. Pengujian ini menggunakan generator set caterpillar 400kva dilengkapi mesin C13, alat pendukung yang digunakan antara lain yaitu 1 unit Heater Kim Hotstart type CL130Da2-000, ET tool jenis CAT 317-7484, 1 buah dimmer kapasitas 4000 watt pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan daya yaitu tanpa pemanas, pemanas 500 watt, 1.000 watt, 1.500 watt 2.354 watt. Pengujian ini dilaksanakan pada laboratorium *electronic engine* dan system kontrol Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin pada bulan juli sampai dengan september 2023

Tabel 1. Spesifikasi Generator Set

Spesifikasi	Generator set
Engine type	C13 ATAAC, I-6 4-stroke water-cooled diesel
Genset type	PRIME 280 ekW 350 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts
Bore	130.00 mm (5.12 in)
Stroke	157.00 mm (6.18 in)
Displacement	12.50 L (762.80 in ³)
Compression ratio	16.3:1
Aspiration	Air-to-air aftercooled
Fuel system	MEUI
Governor type	ADEM A4 control system
Cooling System	Vertical or RH thermostat outlet
Air Flow Restriction	0.12 kPa
Air Flow (max @ rated speed for radiator arrangement)	398 m ³ /min
Engine Coolant Capacity	14.2 L
Radiator Capacity	31 L
Engine Coolant Capacity w/ Rad	45.2 L
Heat rejection to coolant	113 kW
Heat rejection to exhaust	248 kW
Emissions (Nominal) ³	
NO _x	2876.9 mg/nm ³
CO	760.6 mg/nm ³
HC	7.2 mg/nm ³
Particle	0.0 mg/nm ³



Gambar 1. Simulasi Pemasangan Bypass Heater

Dalam studi eksperimental ini, perangkat pengukuran bahan bakar digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar. Thermogun digunakan untuk menunjukkan suhu permukaan engine. Kecepatan engine juga diukur dengan sensor kecepatan bawaan yang beroperasi dengan sistem kelistrikan. Clamp On Multi Meter untuk mengetahui besaran arus di gunakan heater. Dimmer berfungsi sebagai pengatur daya yang digunakan pada heater, Flow meter Digital mengetahui besaran fluida (cairan pendingin) atau coolant yang melewati heater. Stop Watch Digital di gunakan memantau durasi waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu kerja engine. Semua data terukur yang dijelaskan di atas dikumpulkan dan dicatat di computer melalui (ET) *Electronic Technician*. Beberapa data yang akan dianalisis dalam pengujian ini adalah sebagai berikut: (1) Waktu pemanasan. Waktu pemanasan menjadialah satu parameter penting dari karakteristik mesin. Durasi waktu pemanasan yang lebih singkat dapat mengurangi limbah bahan bakar (2) Konsumsi bahan bakar. Kebandingan pengaruh penambahan pemanas bypass terhadap konsumsi bahan bakar

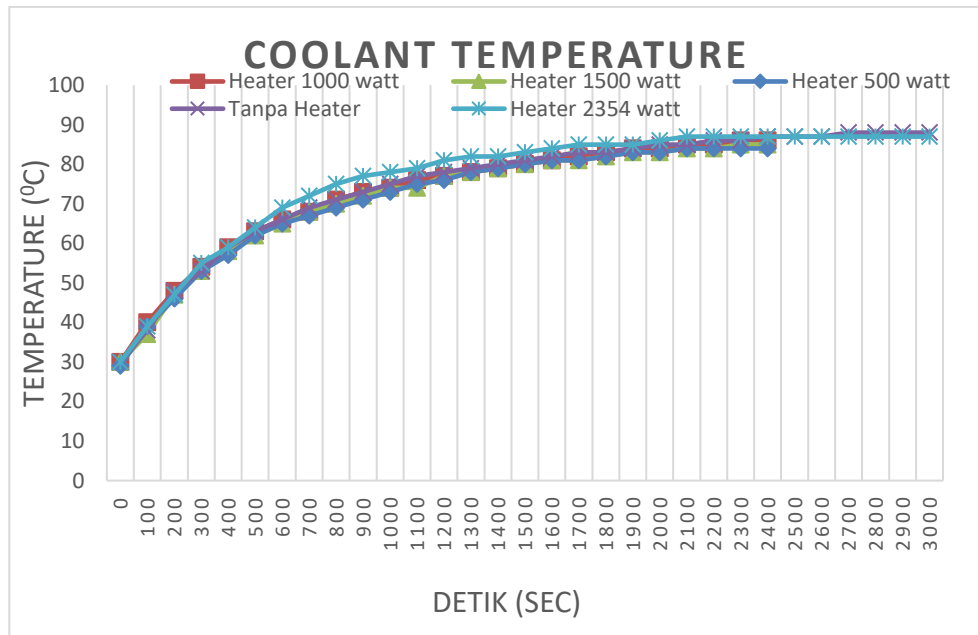
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini yang dianalisa adalah system *bypass pemanas* pada mesin C13, maksud tujuan dari penelitian ini ialah mencari data aktual pada *system preheater* baik itu daya listrik yang diperlukan pemanas suhu temperatur *coolant* pada *sistem* Pada pembahasan ini yang dianalisa adalah *system preheater* pada mesin C13, maksud tujuan dari penelitian ini ialah mencari data aktual pada *sistem preheater* baik itu daya listrik yang diperlukan pemanas, suhu temperatur *coolant* pada *system preheater*, konsumsi bahan bakar engine pada saat *system preheater* bekerja, daya listrik *system preheater* yang efisien.

Pada pengujian ini preheater menggunakan daya listrik dari mesin. Agar peneliti dapat mengatur daya listrik pemanas yang diperlukan system preheater untuk bekerja sehingga mencapai suhu optimal kerja engine tersebut, Dalam penelitian ini ini dilakukan dengan memvariasikan daya yaitu tanpa pemanas, pemanas 500 watt, 1.000 watt, 1.500 watt 2.354watt. sampai mendapatkan suhu maksimal dari masing-masing daya pemanas.

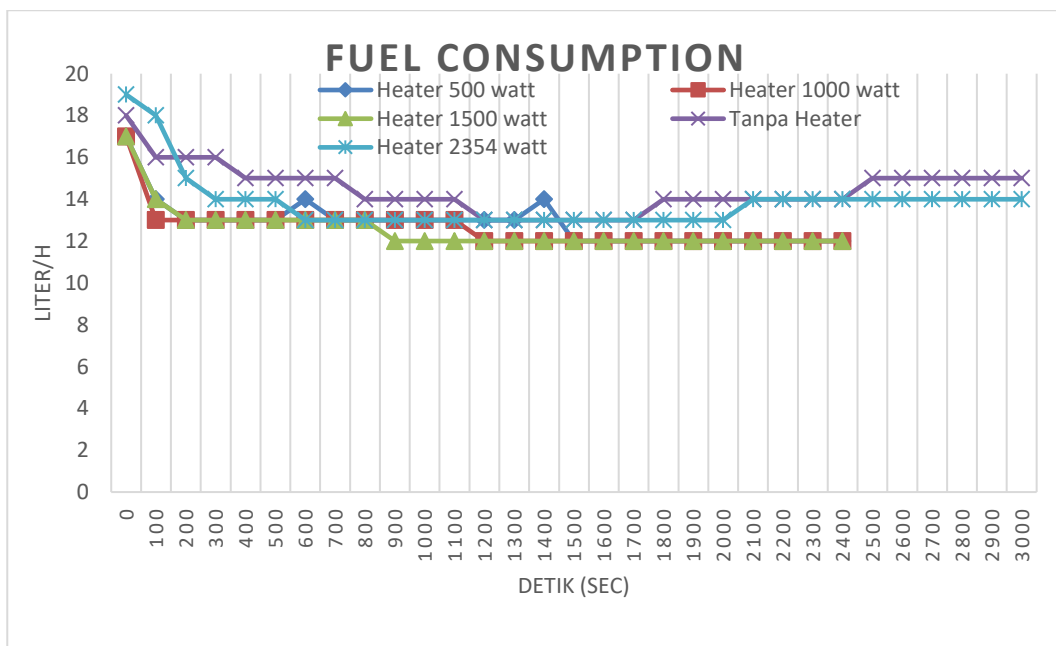
Penelitian ini juga menggunakan (ET) *Electronic Technician* agar dapat memantau semua parameter dari engine ketika *engine running* dan dapat mengetahui konsumsi bahan bakar yang dikeluarkan, *Coolant temperature*, *engine oil pressure* dan lain-lain, tetapi permasalahan yang terjadi ialah grafik yang keluar tidak menunjukkan grafik per menit. Jadi hasil data yang keluar dari (ET) *Electronic Technician* jadi bahan perbandingan sehingga peneliti akan mengolah data tersebut sebagai data perbandingan hasil yang didapat dari penggunaan *pemanas* dengan mengatur watt secara manual menggunakan Dimmer, sehingga data aktual dapat dibandingkan dengan data yang keluar dari (ET) *Electronic Technician*.

Hasil Pengujian



Gambar 2 . Grafik Coolant Temperature

Pada gambar 2 terdapat 5 data dengan daya pemanas yang berbeda jika pada tegangan 500 watt maka engine membutuhkan waktu 1500 (Sec) atau 25 menit untuk memanaskan *coolant* mencapai suhu optimalnya 81°C - 84°C, pada daya di 1.000 watt maka pemanas (*Heater*) membutuhkan waktu 1500 (Sec) atau 25 menit untuk memanaskan *coolant* mencapai suhu optimalnya 81°C -84°C, kemudian daya 1500 watt pemanas (*Heater*) membutuhkan waktu 1500 (Sec) atau 25 menit untuk memanaskan *coolant* mencapai suhu optimalnya 81°C -84°C, selanjutnya pemanas (*Heater*) dengan daya 2.354 watt memanaskan *coolant* hanya dengan waktu 1.200 (Sec) atau 20 menit. Sedangkan tanpa pemanas (*Heater*) pemanasan *coolant* memakan waktu 1500 (sec) atau 25 menit. Maka dapat dilihat bahwa pemanasan *coolant* dengan daya pemanas (*Heater*) 500 watt, 1000 watt, 1500 watt dan tanpa pemanas (*Heater*) sama memakan waktu 1500 (sec) atau 25 menit.



Gambar 3. Grafik Fuel Consumption

Pada gambar 3 terdapat 5 data, 4 data dengan menggunakan daya berbeda yang dialirkan ke pemanas (heater) dan 1 data tanpa menggunakan pemanas (Heater). pada daya heater 500 watt *fuel consumption* nya 12 liter/jam di 1500 (Sec) atau 25 menit, pada daya dinaikan di 1000 watt maka *fuel consumption* nya 12 liter di 1500 (Sec) atau 25 menit untuk mencapai suhu kerja optimal. Namun apabila daya di 1500 watt maka *fuel consumption* nya 12 /jam liter di 1500 (Sec) atau 25 menit untuk mencapai suhu kerjanya kemudian tanpa menggunakan heater maka *fuel consumptionnya* 12 liter/H di 1500 (Sec) atau 25 menit, Sedangkan *engine* yang menggunakan daya listrik *heater* sebesar 2.354 watt menunjukkan hasil 20% lebih efektif untuk melakukan pemanasan awal yaitu dikarenakan hanya membutuhkan waktu 20 menit untuk mencapai suhu optimal *engine* sebesar 81°C - 84°C. Pada kondisi ini konsumsi bahan bakar atau *fuel consumption* hanya sebanyak 5,1 liter. Nilai ini lebih rendah 20,9 % dibandingkan tanpa menggunakan *heater* sebanyak 6,5 liter.

Hal ini di karenakan waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur kerja lebih cepat. Apabila *combustion chamber* cepat mencapai suhu optimal pembakaran maka *fuel consumption* semakin irit. konsumsi bahan bakar *engine* pada saat *system bypass heater* bekerja, daya listrik *bypass heater* yang efisien.

5. KESIMPULAN DAN SARAN-SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *diesel engine* yang menggunakan *heater* dengan daya kurang dari 1500 watt tidak memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan tanpa *heater*. Hal ini karena waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu kerja sama-sama memakan waktu 25 menit. Sedangkan *engine* yang menggunakan daya listrik *heater* sebesar 2.354 watt menunjukkan hasil 20% lebih efektif untuk melakukan pemanasan awal yaitu dikarenakan hanya membutuhkan waktu 20 menit untuk mencapai suhu optimal *engine* sebesar 81°C - 84°C. Pada kondisi ini konsumsi bahan bakar atau *fuel consumption* hanya sebanyak 5,1 liter. Nilai ini lebih rendah 20,9 % dibandingkan tanpa menggunakan *heater* sebanyak 6,5 liter

Saran

Penelitian hanya berfokus pada *engine C13* yang menggunakan *heater* dan tidak menggunakan *heater*, yang dilihat dari efisiensi waktu mencapai suhu kerja *engine*, bahan bakar dan untuk mengurangi resiko *overcooling*. Masih ada hal-hal maupun permasalahan yang berhubungan dengan *cooling system* maupun *heater*. Sehingga untuk analisa selanjutnya agar menambah materi atau ada hal yang masih kurang dalam penelitian sistem pemanas (*Heater*) ini, agar nantinya diperoleh hasil-hasil yang luas dan detail. Serta diharapkan pada penelitian selanjutnya alangkah baiknya memberi beban pada *engine C13* demi mendapatkan hasil data yang jauh lebih sempurna.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Burke R, *et al* (2010) "Systems approach to the improvement of engine warm-up behaviour" *Overtrain and Vehicle Research Centre, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, Bath, UK* 2Ford Motor Company, UK https://www.academia.edu/2539033/Systems_approach_to_the_improvement_of_engine_warm_up_behaviour
2. Chalgren, R. D. (2004) "Thermal comfort and engine warm-up optimization of a low-flow advanced thermal management system," *SAE Technical Papers*, 01-(0047.). doi: 10.4271/2004-01-0047. <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2004-01-0047>
3. Chen, X. *et al.* (2014) "Investigation of the cold-start engine performance at a low temperature for an engine fuelled with alternative fuel," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 228(3), hal. 310–318. doi: 10.1177/0954407013511070. https://www.researchgate.net/publication/273882587_Investigation_of_the_cold-start_engine_performance_at_a_low_temperature_for_an_engine_fuelled_with_alternative_fuel
4. Coronella, C.J.; Lynam, J.G.; Reza, M.T.; Uddin, M. (2014) *Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass, Application of Hydrothermal Reactions to Biomass Conversion*. doi: 10.1007/978-3-642-54458-3. https://www.researchgate.net/publication/260421964_Hydrothermal_Carbonization_of_Lignoc

- ellulosic_Biomass
5. Daniels, C. C. dan Braun, M. (2006) "The friction behavior of individual components of a spark-ignition engine during warm-up," *Tribology and Lubrication Technology*, 62(11), hal. 62–69. https://www.researchgate.net/publication/233282186_The_Friction_Behavior_of_Individual_Components_of_a_Spark-Ignition_Engine_During_Warm-Up
 6. Deng, Y. *et al.* (2018) "Effects of cold start control strategy on cold start performance of the diesel engine based on a comprehensive preheat diesel engine model," *Applied Energy*. Elsevier, 210(June 2017), hal. 279–287. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.093. https://www.researchgate.net/publication/320628849_Effects_of_cold_start_control_strategy_on_cold_start_performance_of_the_diesel_engine_based_on_a_comprehensive_preheat_diesel_engine_model
 7. Ghasemi Zavaragh, H. *et al.* (2017) "Optimization of heat transfer and efficiency of engine via air bubble injection inside engine cooling system," *Applied Thermal Engineering*. Elsevier Ltd, 123, hal. 390–402. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.04.164. https://www.researchgate.net/publication/317114915_Optimization_of_heat_transfer_and_efficiency_of_engine_via_air_bubble_injection_inside_engine_cooling_system
 8. Ibrahim, T. M. *et al.* (2017) "Enhancing vehicle's engine warm up using integrated mechanical approach," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 210(1). doi: 10.1088/1757-899X/210/1/012064. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/210/1/012064/pdf>
 9. "Know your cooling system" (2008) in *Caterpillar*. Caterpillar Inc. <https://sos.hastingsdeering.com.au/oil/HDLabServices/assets/pubs/brochures/know-your-cooling-system.pdf>
 10. Kurnia, L. (2019) *Mengecek data klaim pemadaman listrik PLN, Beritagar.id*. Tersedia pada: <https://beritagar.id/artikel/berita/mengecek-data-klaim-pemadaman-listrik-pln>
 11. Lodi, F. *et al.* (2020) "Engine performance and emissions analysis in a cold, intermediate and hot start diesel engine," *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(11). doi: 10.3390/app10113839 <https://saemobilus.sae.org/content/982645/>
 12. Luan, Y. dan Henein, N. A. (1998) "Contribution of cold and hot start transients in engine-out hc emissions," *SAE Technical Papers*. doi: 10.4271/982645. <https://saemobilus.sae.org/content/2021-01-0396>
 13. Mitchell, T. *et al.* (2019) "Automotive thermostat valve configurations: Enhanced warm-up performance," *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Transactions of the ASME*, 131(4), hal. 1–7. doi: 10.1115/1.3117183. https://www.academia.edu/76548534/Automotive_Thermostat_Valve_Configurations_for_Enhanced_Performance_Control_and_Testing
 14. Mohamed, E. S. (2016) "Development and analysis of a variable position thermostat for smart cooling system of a light duty diesel vehicles and engine emissions assessment during NEDC," *Applied Thermal Engineering*. Elsevier Ltd, 99, hal. 358–372. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2015.12.099. https://www.researchgate.net/publication/233988104_The_Danish_Muhammad_Cartoon_Conflict/link/0046353937b1f77098000000/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdWJsZWVhbnVsbH19
 15. Nunney, M. J. (2007) *Light and Heavy Vehicle Technology*, Elsevier. Elsevier Ltd. doi: 10.4324/9780080465753. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780080465753/light-heavy-vehicle-technology-nunney>
 16. *Polaris Laboratoris* (2020) "Overcooling Is as Detrimental as Overheating," hal. 2–3. <https://polarislabs.com/overcooling-is-as-detrimental-as-overheating>
 17. Raju., D. *et al.* (2015) "Review on engine cooling system," *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, 7(5), hal. 335–345. https://www.researchgate.net/publication/342158576_REVIEW_PAPER_OF_ENGINE_COOLING_SYSTEM
 18. Sebastian, K. dan Paul, J. (2016) "Advances in cooling systems," III(I), hal. 20–26. https://www.researchgate.net/publication/344931462_Water_Demand_Scenarios_for_Electricity_Generation_at_the_Global_and_Regional_Levels
 19. Syahrir, M dan sungkono (2021), Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodisel (B30) dan Dextrite terhadap Kinerja Mesin Diesel, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia https://docplayer.info/219233301-Pengaruh-penggunaan-bahan-bakar-biodisel-b30-dan-dextrite-terhadap-kinerja-mesin-diesel.html#google_vignette

20. Ramadhas & Hongming Xu (2017) Intake air heating strategy to reduce cold-start emissions from diesel engines Biofuels ISSN Journal homepage: A.S.
<https://research.birmingham.ac.uk/en/publications/intake-air-heating-strategy-to-reduce-cold-start-emissions-from>
21. Vasiliev, L. L. *et al.* (1999) "Heat storage device for pre-heating internal combustion engines at start-up," *International Journal of Thermal Sciences*, 38(1), hal. 98–104. doi: 10.1016/S0035-3159(99)80020-8.
https://www.researchgate.net/publication/257890652_Heat_storage_device_for_pre-heating_of_the_internal_combustion_engine_for_starting
22. Xin, Q. (2013) "Diesel engine heat rejection and cooling," in *Diesel Engine System Design*, hal. 825–859. doi: 10.1533/9780857090836.4.825.
https://www.researchgate.net/publication/288497554_Diesel_engine_heat_rejection_and_cooling
23. Yadav, K. *et al.* (2019) "Effect of coolant temperature on performance and emissions characteristics of I.C. engines: A Review," 10(5).
https://www.researchgate.net/publication/292967352_The_Use_of_a_WaterLube_Oil_Heat_Exchanger_and_Enhanced_Cooling_Water_Heating_to_Increase_Water_and_Lube_Oil_Heating_Rates_in_Passenger_Cars_for_Reduced_Fuel_Consumption_and_CO2_Emissions_During_Cold_Start