

CELLULOSE NANOCRYSTALS AS A DISPERSANT IN THERMAL  
TRANSPORT FLUID: INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER ANALYSIS IN  
AUTOMOTIVE COOLING SYSTEM

KAALIARASAN A/L RAMACHANDRAN

Thesis submitted in fulfillment of the requirements  
for the award of the degree of  
Master of Science

Faculty of Mechanical Engineering  
UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG

JULY 2017

## ABSTRAK

Kenderaan dilengkapi dengan sistem penyejukan untuk menyerap haba yang berlebihan dari enjin. Kajian menunjukkan bahawa penambahbaikan radiator telah mencapai tahap maksima dan sebarang pengubahsuaian tidak akan meningkatkan penyerapan haba. Manakala, nilai termofizikal yang rendah di dalam cecair penyejuk konvensional dikaitkan dengan penyerapan haba yang rendah. Oleh itu, permintaan untuk cecair penyejuk yang mempunyai nilai termofizikal yang tinggi semakin meningkat. Jika cecair penyejuk dengan nilai termofizikal yang tinggi dapat dihasilkan, saiz radiator boleh dicecilkan justeru ia akan membantu mengurangkan berat kenderaan. Dalam beberapa dekad yang lalu, penyelidikan terhadap bendalir nano mendapat perhatian penyelidik dari seluruh dunia. Bendalir nano ialah penyebaran bahan yang bersaiz nano di dalam larutan yang dapat membantu meningkatkan nilai termofizikal. Dalam kajian ini, bendalir nano yang diluputi oleh “nanocellulose” diekstrak daripada tumbuhan bernama “Hemlock Western” pada nisbah berat sebanyak 8.0% telah digunakan untuk meningkatkan nilai termofizikal. Bendalir nano dapat dihasilkan dengan mencampurkan “nanocellulose” dalam campuran Etilina glikol-air suling pada nisbah isipadu 40:60. Bendalir nano disediakan dengan menggunakan kaedah penyediaan dua langkah. Kestabilan bendalir nano telah dinilai dengan menggunakan kaedah kualitatif dan kaedah kuantitatif. Keputusan kestabilan bendalir nano menunjukkan bahawa ianya stabil lebih daripada satu bulan. Nilai termofizikal untuk bendalir nano telah diukur pada pelbagai kepekatan isipadu terdiri daripada 0.1, 0.5, 0.9 dan 1.3% yang diukur pada suhu diantara 30°C ke 80°C. Kadar penyerapan haba akan dibandingkan antara bendalir nano dan cecair konvensional di dalam radiator. Analisis statistik menunjukkan bahawa kepekatan isipadu 0.5% mempunyai nilai termofizikal yang optimum dan akan digunakan sebagai cecair penyejuk di dalam radiator untuk dibandingkan dengan cecair penyejuk konvensional. Eksperimen ini dijalankan pada dua keadaan yang berbeza iaitu tanpa pengaruh kipas dan dengan pengaruh kipas. Keputusan eksperimen menunjukkan bahawa nilai pekali pemindahan haba, pemindahan haba perolakan, nombor “Reynolds”, nombor “Nusselt” mempunyai hubungan berkadar terus dengan kadar aliran isipadu. Manakala, faktor geseran mempunyai hubungan songsang dengan kadar aliran isipadu. Pemindahan haba maksimum yang diperolehi dalam eksperimen ialah sebanyak 66.85% untuk keadaan tanpa pengaruh kipas dan 55.27% untuk keadaan dengan pengaruh kipas. Oleh itu, bendalir nano menyerap haba secara lebih berkesan jika dibandingkan dengan cecair penyejuk konvensional. Di samping itu, peningkatan pemindahan haba maksimum yang melibatkan aliran bendalir dalam radiator sebanyak 39.75% untuk keadaan tanpa pengaruh kipas dan 43.24% dalam keadaan pengaruh kipas. Selain itu, nilai “performance factor” untuk keadaan tanpa dan dengan pengaruh kipas ialah 2.15 dan 2.28. Oleh itu, bendalir nano yang dihasilkan daripada “nanocellulose” sesuai dijadikan sebagai bahan penyejuk dan boleh digunakan untuk aplikasi penyejukan enjin kerana ia mempunyai nilai penyerapan haba yang baik jika dibandingkan dengan cecair penyejuk konvensional.

## ABSTRACT

The excess heat produced in an internal combustion engine is removed by mean of an automotive cooling system. A literature survey shows that improvement on fins and microchannel in the radiator already reaches it limitation and any further modification would not make any difference. On the other hand, it is reported that conventional thermal transport fluid has poor thermophysical property and another reason for low heat dissipation from engine. Thus, demand for thermal transport fluid with high thermophysical property is increasing as it able to enhance heat transfer performance. Besides, by using an improved thermal transport fluid, size of the radiator could be miniaturized which also reduces weight of the vehicle. Literally, it helps to improve engine performance of vehicle. Few decades ago, nanofluid is widely have been researched to be used in heat transport applications. Nanofluid is prepared by dispersing nano-scaled material into a basefluid which enhances thermophysical property. In this research, nanosubstance used was nanocellulose extracted from Western Hemlock plant at weight concentration of 8.0% to be used as novel thermal transport fluid in radiator. The nanosubstance is dispersed into ethylene glycol-distilled water mixture at volume ratio of 40:60, respectively. Heat transfer performance of nanofluid and conventional ethylene glycol-water mixture is compared in a fabricated radiator test rig. Nanofluid is prepared by using two-step preparation method. Stability of nanofluid is evaluated through qualitative and quantitative method. The stability results prove that nanofluid can be stable for more than a month. Thermophysical property measurement for nanofluid is measured for volume concentration of 0.1, 0.5, 0.9 and 1.3% at temperature ranged from 30°C to 80°C. Analysis from statistical tool shows that volume concentration 0.5% has an optimized thermophysical property and it had been used as nanofluid (thermal transport fluid) in radiator. Then, experiment for heat transfer performance comparison for nanofluid and conventional thermal transport fluid is conducted in the automotive radiator test rig. Experiment for heat transfer analysis is conducted under two different circumstances; without the influence of draft fan and with the influence of draft fan. The experiment result shows that experimental heat transfer coefficient, convective heat transfer, Reynolds number, Nusselt number has proportional relation with volumetric flow rate. Meanwhile, friction factor has inverse relation with the volumetric flow rate. Maximum convective heat transfer enhancement recorded is 66.85% for without the influence of fan circumstance and 55.27% with the influence of fan circumstance. Thus, nanofluid able to remove heat efficiently in automotive cooling system. On the other side, maximum heat transfer enhancement involving ratio of convective heat transfer against conductive heat transfer in radiator is 39.75% for without the influence of draft fan circumstance and 43.24% with the influence of fan circumstance. Besides, maximum thermal and hydraulic performance factor without and with the influence of fan is 2.15 and 2.28 respectively. Thus, nanocellulose based nanofluid is suitable for automotive cooling application since it has a better heat transfer performance than conventional thermal transport fluid.