

Evolusi Peleburan Paraffin Sebagai Material Penyimpan Kalor (Studi Kasus Pada Model Tube-and-shell Versus Model Cone-and-shell)

Agus Dwi Korawan^{a,*}

^aProgram Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul Cepu 58315 Telp. (0296) 422322, Facs. (0296) 425429

*Email : ad_korawan@yahoo.co.id

Abstract

Paraffin as a heat storage material has many advantages, including good thermal properties, safe to use because it is not easy to react, and inexpensive. In this study, the paraffin was applied to the tube-and-shell and cone-and-shell type heat storage. The observed process is the paraffin melting process, which is done by taking pictures with digital cameras in both types during the melting process, taking pictures every 45 minutes from the beginning until the completion of the melting process. The results show that the paraffin melting in the tube-and-shell model occurs first, but the paraffin smelting is finished faster in the con-and-shell model.

Keywords : Paraffin, Tube-and-Shell, Cone-and-Shell, Melting.

1. Pendahuluan

Paraffin yang kita kenal sehari hari dengan nama lilin, banyak digunakan dalam kehidupan sehari hari, selain untuk penerangan, juga untuk hiasan lampu ulang tahun atau peringatan tertentu. Ternyata paraffin bisa digunakan sebagai material penyimpan kalor laten, dimana paraffin memenuhi syarat sebagai bahan penyimpanan kalor laten karena ketersediaannya dalam rentang suhu pengoperasian yang besar (Sharma et al, 2009).

Di samping itu, paraffin sebagai material penyimpan kalor mempunyai sifat-sifat yang patut diperhitungkan, karena mempunyai sifat thermal yang baik (Kavitha dan Arumugam, 2013). Aman digunakan karena tidak mudah bereaksi dengan tempat yang digunakan (Zalba et al, 2003), satu lagi yang sangat penting, yaitu paraffin harganya murah (Farid et al, 2004).

Penyimpanan kalor sangat diperlukan khususnya untuk menyimpan energi panas matahari, dimana energi panas matahari hanya ada pada siang hari, sehingga hanya bisa dipakai pada siang hari juga, tetapi dengan adanya penyimpanan kalor, maka energi panas matahari di kumpulkan dan disimpan, selanjutnya di keluarkan pada saat malam hari, saat hujan atau mendung.

Paraffin saat dipanaskan, temperaturnya akan naik sampai pada temperatur leburnya, pada saat ini kalor disimpan dalam bentuk kalor sensibel. Bila pemanasan dilanjutkan, maka paraffin mulai melebur, dan kalor disimpan dalam bentuk kalor laten. Pemanasan selanjutnya akan menaikkan temperatur paraffin cair, dan kembali kalor disimpan dalam bentuk kalor sensibel.

Penyimpanan kalor dalam bentuk kalor laten lebih menguntungkan, karena kalor laten dari paraffin nilainya lebih besar dari kalor sensibelnnya, untuk paraffin yang dijual bebas, nilai kalor latennya sebesar 166.000 J/kg sedang nilai kalor sensibelnnya 3100 J/kg K (Korawan et al, 2013).

Penyimpanan kalor tipe tube-and-shell sangat menarik perhatian karena bentuknya sederhana, sehingga sering diteliti untuk menunjukkan karakteristiknya, diantaranya perubahan temperatur paraffin selama proses peleburan (Hamdani et al, 2012), juga pernah diteliti dengan hasil berupa perubahan temperatur, kontur liquid solid interface, liquid fraction, dan bilangan Nusselt (Korawan et al, 2017).

Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan antara penyimpanan kalor tipe tube-and-shell dengan tipe cone-and-shell, dilakukan secara eksperimen. Tujuan dari penelitian untuk melihat proses peleburan dari awal sampai akhir. Peleburan yang terjadi difoto setiap 45 menit dan hasilnya dibandingkan antara kedua tipe penyimpanan kalor tersebut.

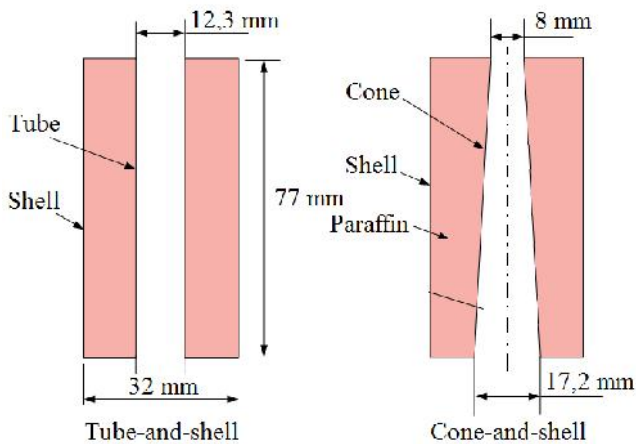
2. Metodologi

Penelitian dilakukan secara eksperimen, menggunakan dua model yaitu model tube-and-shell dan model cone-and-shell, kedua model ditunjukkan pada gambar 1. Sedangkan dimensi dari kedua model ditunjukkan pada gambar 2.



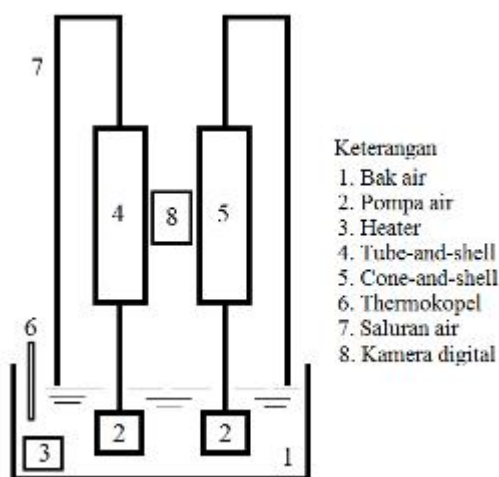
Gambar 1. Model yang digunakan untuk penelitian

Tube dan cone terbuat dari tembaga sedangkan shell terbuat dari pipa akrilik, tutup bawah dan atas terbuat dari plastik. Paraffin diletakkan di ruangan antara tube dan shell. Paraffin dimasukkan dengan cara di cairkan dan dituangkan, selanjutnya di diinginkan sampai mencapai temperatur kamar dan berubah wujud dari cair menjadi padat.



Gambar 2. Dimensi model

Skema penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 3. Menggunakan bak air yang berisi air panas dengan temperatur 68°C , untuk menjaga temperatur air konstan, maka dipasang heater yang akan dinyalakan saat temperatur air turun dan dimatikan saat temperatur air kembali pada nilai 68°C . Air panas disirkulasikan melewati tube-and-shell dan cone-and-shell menggunakan pompa air, selanjutnya air kembali ke bak air, proses peleburan di foto menggunakan kamera digital setiap 45 menit sampai semua paraffin mencair. Gambar saat melakukan penelitian seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Skema penelitian

Penelitian dilakukan secara bersamaan, dengan maksud agar kedua model menerima kondisi yang sama,

yaitu temperatur air yang sama. Pompa air yang digunakan juga sama, baik merek maupun debitnya. Penelitian diawali pada pagi hari, dimana temperatur paraffin sama dengan temperatur sekitar yaitu 29°C .



Gambar 4. Pelaksanaan penelitian

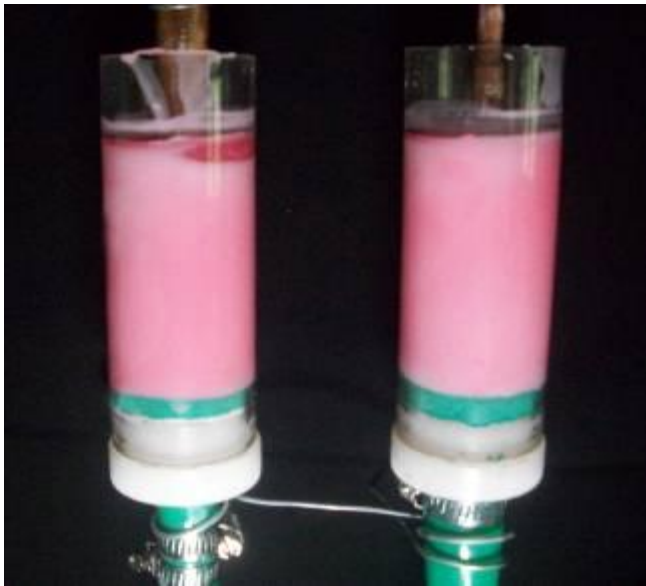
3. Hasil dan Pembahasan

Peleburan paraffin pada model tube-and-shell versus model cone-and-shell pada menit ke 0 ditunjukkan pada gambar 5. Dan pada menit ke 45 ditunjukkan pada gambar 6. Pada semua gambar yang disajikan bahwa gambar sebelah kiri adalah model tube-and-shell dan gambar sebelah kanan adalah model Cone-and-shell.



Gambar 5. Proses peleburan paraffin pada menit ke 0

Pada gambar 5 terlihat bahwa paraffin dalam keadaan padat, temperatur awal paraffin adalah 29°C. dari warna yang terlihat menunjukkan bahwa terjadi keseragaman warna pada semua paraffin pada kedua model. Sedang pada menit ke 45 (gambar 6), mulai terjadi peleburan pada model tube-and-shell, yang ditandai dengan perubahan warna semakin merah di bagian atas kanan. Sedangkan pada model cone-and-shell belum terlihat tanda-tanda peleburan. Ini mengindikasikan bahwa peleburan paraffin pada model tube-and-shell diawali lebih cepat dibanding dengan model cone-and-shell.



Gambar 6. Proses peleburan paraffin pada menit ke 45

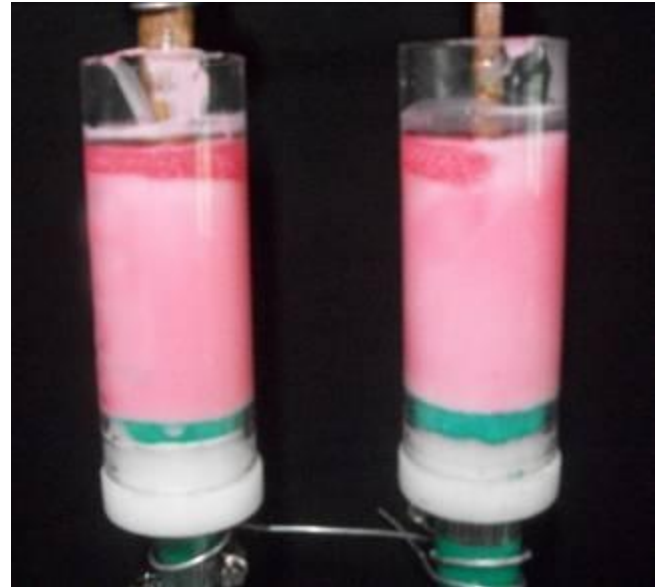
Peleburan paraffin pada model tube-and-shell versus model cone-and-shell pada menit ke 90 ditunjukkan pada gambar 7. Sedang peleburan paraffin pada menit ke 135 ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 7. Proses peleburan paraffin pada menit ke 90

Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa luasan gambar paraffin cair pada model tube-and-shell semakin besar,

menunjukkan bahwa peleburan berjalan terus, dan juga terlihat pada sisi kiri mulai terlihat juga peleburan paraffin yang ditandai dengan warna paraffin yang semakin merah. Pada model cone-and-shell terlihat peleburan yang juga dimulai pada bagian atas shell, hal ini ditandai dengan perubahan warna paraffin yang juga semakin merah.



Gambar 8. Proses peleburan paraffin pada menit ke 135

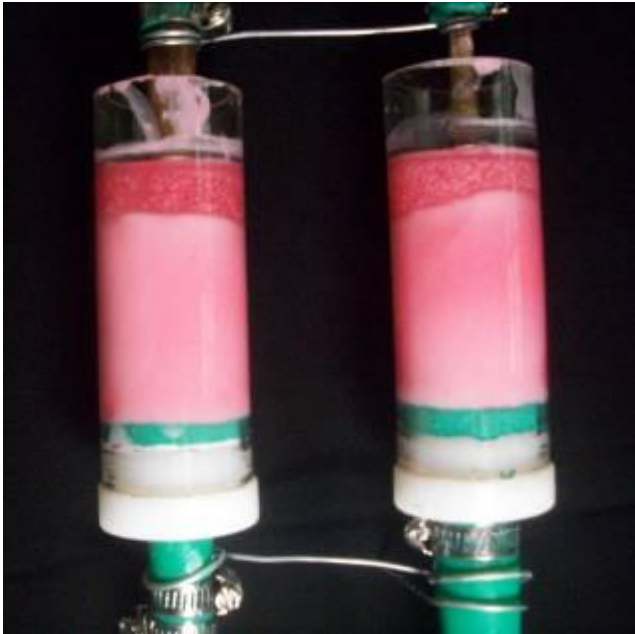
Berdasarkan gambar 8 proses peleburan paraffin pada menit ke 135 terlihat bahwa pada model tube-and-shell sudah semakin banyak jumlah paraffin yang berbentuk cair, sementara pada model cone-and-shell masih terlihat lebih sedikit dibanding dengan model tube-and-shell.

Peleburan paraffin pada model tube-and-shell versus model Cone-and-shell pada menit ke 180 ditunjukkan pada gambar 9. Sedang peleburan paraffin pada menit ke 225 ditunjukkan pada gambar 10.



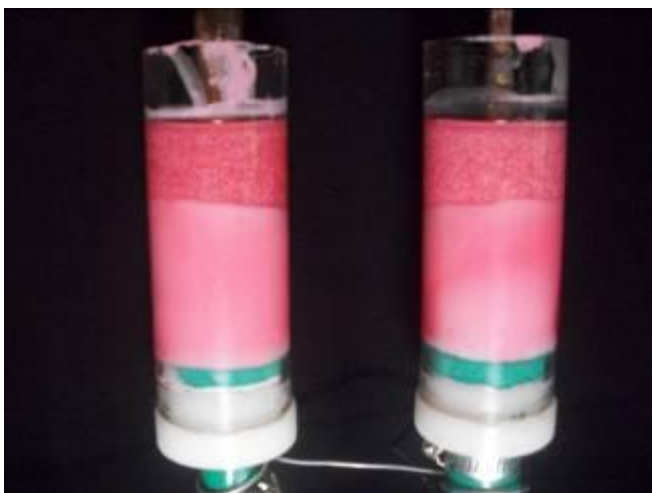
Gambar 9. Proses peleburan paraffin pada menit ke 180

Pada gambar 9 terlihat bahwa peningkatan jumlah paraffin cair pada kedua model terlihat nyata bila dibandingkan dengan gambar 8, tetapi pada model cone-and-shell terjadi peningkatan yang lebih signifikan, hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk dari tube menjadi cone mulai terlihat pengaruhnya, dan bila dilihat pada gambar 10 menunjukkan bukti yang semakin bisa diterima bahwa peleburan pada model cone-and-shell menjadi lebih cepat.



Gambar 10. Proses peleburan paraffin pada menit ke 225

Peleburan paraffin selanjutnya diperlihatkan pada gambar 11 dan gambar 12 untuk model kedua model.

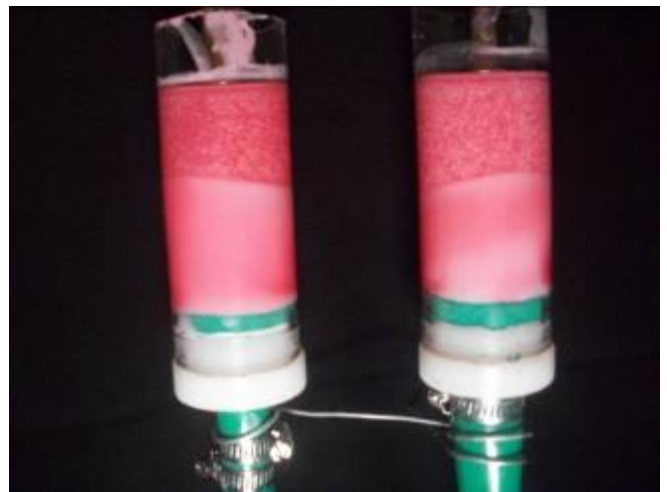


Gambar 11. Proses peleburan paraffin pada menit ke 270

Perbandingan peleburan paraffin pada model tube-and-shell dengan model cone-and-shell pada menit ke 270 seperti pada gambar 11, terlihat bahwa tinggi batas antara cair dan padat antara kedua model menunjukkan posisi yang sama, tetapi kalau kita lihat volumenya tentu saja berbeda, karena pada model cone-and-shell diameter cone pada

bagian atas lebih kecil dari diameter bagian bawahnya, atau dengan kata lain diameter cone bagian atas lebih kecil dari diameter tube bagian atas (gambar 1), sehingga volume paraffin yang mengisi antara cone dengan shell lebih banyak pada bagian atas dibanding bagian bawahnya.

Pada gambar 12 terlihat bahwa batas cair-padat pada model cone-and-shell lebih rendah dari model tube-and-shell, ini mengindikasikan bahwa peleburan pada model cone-and-shell lebih cepat.

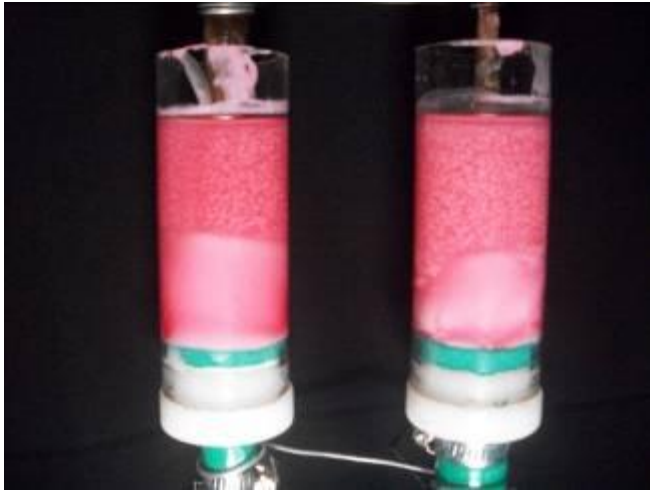


Gambar 12. Proses peleburan paraffin pada menit ke 315

Pada gambar 13 dan 14 menunjukkan peleburan paraffin pada menit ke 360 dan menit ke 405.



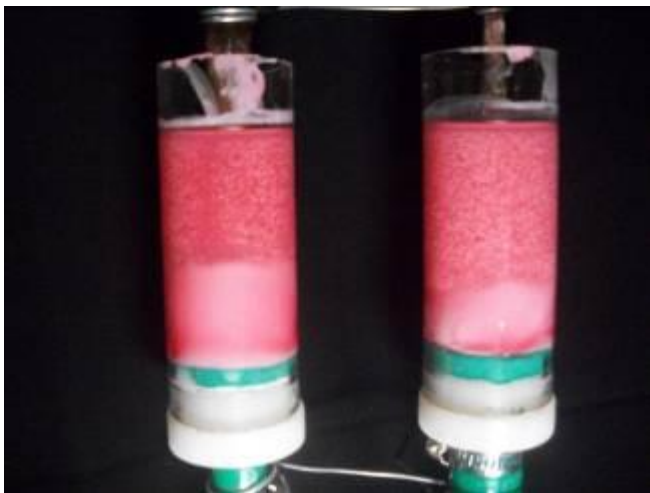
Gambar 13. Proses peleburan paraffin pada menit ke 360



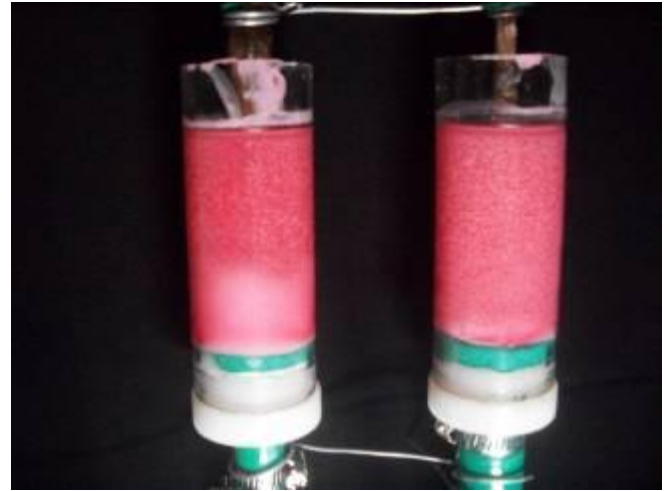
Gambar 14. Proses peleburan paraffin pada menit ke 405

Pada gambar 13 terlihat bahwa batas cair-padat pada model cone-and-shell lebih rendah dari pada model tube-and-shell, artinya bahwa volume paraffin cair pada model cone-and-shell lebih banyak dibanding pada model tube-and-shell. Juga pada gambar 14, yang juga mengindikasikan bahwa peleburan paraffin pada model cone-and-shell lebih cepat dibanding dengan model tube-and-shell.

Peleburan paraffin pada menit ke 450 dan pada menit ke 495 ditunjukkan pada gambar 15 dan gambar 16.



Gambar 15. Proses peleburan paraffin pada menit ke 450



Gambar 16. Proses peleburan paraffin pada menit ke 495

Pada gambar 15 terlihat bahwa luasan gambar paraffin padat pada model cone-and-shell lebih sedikit dibanding pada model tube-and-shell, dan pada gambar 16 menunjukkan bahwa paraffin padat pada model cone-and-shell sudah tidak ada, sementara pada model tube-and-shell masih ada.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Peleburan paraffin pada model tube-and-shell terlihat lebih dulu dibanding pada model cone-and-shell.
- Peleburan paraffin pada model cone-and-shell terlihat selesai lebih cepat dibanding dengan model tube-and-shell.

Daftar Pustaka

- Farid, M.M., Khudhair, A.M., Razack, S.A.K., Al-Hallaj, S., 2004. A review on phase change energy storage: Materials and applications. *Energy Convers. Manag.* 45, (9–10), 1597–1615.
- Hamdani, T.M., Irwansyah, Mahlia, 2012. Investigation of melting heat transfer characteristics of latent heat thermal storage unit with finned tube. *Procedia Eng.* 50, 122–128.
- Kavitha, K., Arumugam, S., 2013. Performance of paraffin as PCM solar thermal energy storage. 3, 1–5.
- Korawan, A.D., Soeparman, S., Wijayanti, W., Widhiyanuriyawan, D., 2017. Increased Melting Heat Transfer in the Latent Heat Energy Storage from the Tube-and-Shell Model to the Combine-and-Shell Model. *Model. Simul. Eng.* 2017.
- Korawan, A.D., Soeparman, S., Wijayanti, W., Widhiyanuriyawan, D., 2017. 3D Numerical and Experimental Study on Paraffin Wax Melting in Thermal Storage for the Nozzle-and-Shell, Tube-and-Shell, and Reducer-and-Shell Models. *Model Simul. Eng.* 2017.

- Sharma, A., Tyagi, V.V., Chen, C.R., Buddhi, D., 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13, 318–345.
- Zalba, H.M.B., Marin, J.M., Cabeza, L.F., 2003. Review on thermal energy storage with phase change : materials. *Heat transfer analysis and applications* 23.