

PENENTUAN LOKASI SENSOR TEMPERATUR PADA TANGKI BAHAN BAKU PILOT PLANT BIODIESEL KUALITAS TINGGI KAPASITAS 1 TON/HARI

Kristianto Adi Widiatmoko¹, Adi Prismantoko^{1*}, Fairuz Milkiy Kuswa¹, Adinda Prawitasari¹, Maharani Dewi Solikhah¹, Agus Kismanto¹

¹Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Disain, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 15314

ABSTRAK

Perkembangan biodiesel di Indonesia didorong oleh beberapa faktor pendukung seperti pemanfaatan biodiesel sebagai salah satu cara dalam mengatasi permasalahan tekanan impor BBM dan meningkatkan ketahanan energi. Implementasi penggunaan biodiesel ini mengalami kendala yang salah satunya adalah kualitas mutu dari biodiesel dan harga yang kurang bersaing dengan minyak solar. Oleh sebab itu diperlukan teknologi produksi biodiesel kualitas tinggi dengan menggunakan teknologi tanpa katalis yang beroperasi pada suhu tinggi. Salah satu peralatan yang penting dalam pilot plant biodiesel adalah tangki bahan baku. Deteksi suhu dalam tangki tersebut penting untuk keberhasilan proses. Penempatan sensor suhu yang tepat diperlukan untuk pembacaan suhu yang akurat. Salah satu cara dalam menentukan titik lokasi sensor suhu adalah dengan memperhatikan persebaran panas pada tangki *pilot plant* biodiesel. Proses dalam menentukan lokasi sensor temperatur pada tangki ini dimulai dengan pembuatan model pada perangkat lunak Energi2D. Kemudian menambah titik-titik lokasi yang mungkin akan dipasang sensor temperatur merata pada bagian tangki. Perambatan panas dimulai dari titik elemen pemanas. Pada mulanya elemen pemanas akan memanaskan lingkungan sekitar pemanas terlebih dahulu dan kemudian menyebar ke arah atas. Dari keenam lokasi sensor suhu ini, lokasi sensor 5 dan sensor 6 adalah lokasi yang sesuai karena temperatur fluida pada lokasi ini memiliki karakteristik paling cepat dalam mencapai kesetimbangan temperatur. Jadi apabila dalam tangki tersebut terdapat aliran pemasukan dan pengeluaran fluida yang tetap, maka lokasi sensor 5 dan sensor 6 yang paling sesuai. Berbeda apabila fluida didalam tangki tidak berganti, maka lokasi sensor nomor 3 dan nomor 4 menjadi yang sesuai karena temperatur pada lokasi ini menunjukkan rata-rata temperatur dari keseluruhan tangki.

Kata kunci : *penempatan sensor; temperatur; transfer panas; tangki;*

ABSTRACT

The development of biodiesel in Indonesia is driven by several supporting factors such as the use of biodiesel as a way to overcome the problem of fuel import pressures and increase energy security. Implementation of the use of biodiesel is experiencing problems, one of which is the quality of biodiesel and prices that are less competitive with diesel oil. Therefore a high quality biodiesel production technology is needed by using a catalyst-free technology that operates at high temperatures. One of the important equipment in biodiesel pilot plant is the raw material. Detection of the temperature in the tank is important for the success of the process. The right temperature sensor placement is required for accurate temperature readings. One way to determine the location of a temperature sensor is to pay attention to the heat distribution in the biodiesel pilot plant tank. The process of determining the location of the temperature sensor in this tank begins with the modeling of the Energi2D software. Then add locations where the temperature sensor might be installed evenly on the tank. Heat propagation starts from the point of the heating element. At first the heating element will heat the environment around the heater first and then spread towards the top. Of the six locations of temperature sensors, sensor locations 5 and sensor 6 are suitable locations because the temperature of the fluid at this location has the most rapid characteristics in achieving temperature equilibrium. So if in the tank there is a steady flow of fluid intake and discharge, the location of sensor 5 and sensor 6 is the most appropriate. It is different if the fluid in the tank does not change, the location of sensors number 3 and number 4 becomes appropriate because the temperature at this location shows the average temperature of the entire tank.

Keywords : *sensor placement; temperature; heat transfer; tank;*

* Adi Prismantoko

Email: adi.prismantoko@bppt.go.id

Diterima 20 Januari 2020; Penerimaan hasil revisi 20 Februari 2020; Disetujui 20 Februari 2020

Tersedia online Maret 2020

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2020

1. PENDAHULUAN

Perkembangan biodiesel di Indonesia didorong oleh beberapa faktor pendukung seperti pemanfaatan biodiesel sebagai salah satu cara dalam mengatasi permasalahan tekanan impor BBM dan meningkatkan ketahanan energi (Dharmawan et al. 2016; Dutu 2016). Selain itu biodiesel merupakan salah satu solusi dalam mengatasi penurunan harga komoditas pertanian yang merupakan bahan baku pembuatan biodiesel sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat dan daerah (Nuva et al, 2019). Pemerintah Indonesia mewajibkan penggunaan biodiesel sebesar 30% pada tahun 2020 untuk sektor transportasi. Hal ini ditandai dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri ESDM no. 12 tahun 2015 (ESDM, 2015). Implementasi penggunaan biodiesel ini mengalami kendala yang salah satunya adalah kualitas mutu dari biodiesel dan harga yang kurang bersaing dengan minyak solar. Oleh sebab itu diperlukan teknologi produksi biodiesel kualitas tinggi dengan menggunakan teknologi tanpa katalis.

Salah satu peralatan yang terdapat di dalam *plant* biodiesel ini adalah reaktor yang berfungsi untuk mereaksikan CPO dan Methanol sehingga menjadi biodiesel. Dalam proses ini diperlukan suhu hingga 280 °C (Manuale, 2011).

Penelitian mengenai perhitungan pemilihan lokasi sensor suhu telah banyak dilakukan oleh penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian mengenai perhitungan penempatan sensor suhu pada faktor bentuk seluler yang tipis telah dilakukan (Biber, 2015). Selain itu penelitian tentang peletakan sensor suhu untuk mendeteksi gangguan pada jalur pipa juga telah diteliti sebelumnya (Mathew, 2015). Dari penelitian-penelitian ini, dapat diketahui bahwa kalkulasi untuk menentukan lokasi sensor suhu sangat tergantung pada obyek yang akan dibaca temperaturnya.

Penelitian mengenai penentuan lokasi sensor pada sebuah tangki belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, dalam makalah ini akan dibahas mengenai cara menentukan titik lokasi sensor suhu dengan memperhatikan persebaran panas pada tangki *pilot plant* biodiesel kualitas tinggi kapasitas 1 ton/hari.

2. PEMODELAN TERMAL

2.1 Pemodelan Matematis

Persebaran panas di dalam suatu media dapat diakibatkan melalui beberapa cara. Salah satu cara

adalah melalui konduksi. Konduksi panas untuk media yang heterogen dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 1:

$$\rho c \left[\frac{\partial T}{\partial t} \cdot \nabla \cdot (v T) \right] = \nabla \cdot [k \nabla T] + q \quad (1)$$

dimana $T(x, y, z)$ adalah distribusi temperatur, k adalah konduktifitas termal, c adalah kapasitas panas, ρ adalah kerapatan, v adalah kecepatan fluida, dan $q(x, y, z)$ adalah panas yang dikeluarkan.

Persamaan 1 adalah persamaan diskrit untuk domain ruang dan waktu melalui perbedaan hingga domain waktu (FDTD). Metode FDTD yang implisit dipergunakan untuk dapat menghasilkan komputasi numeris yang lebih stabil.

$$\begin{aligned} \rho_{i,j,k} c_{i,j,k} = & \left[\frac{T_{i,j,k}^{n+1} - T_{i,j,k}^n}{\Delta t} \right. \\ & + \frac{u_{i+1,j,k}^{n+1} T_{i+1,j,k}^{n+1} - u_{i-1,j,k}^{n+1} T_{i-1,j,k}^{n+1}}{2\Delta x} \\ & + \frac{v_{i,j+1,k}^{n+1} T_{i,j+1,k}^{n+1} - v_{i,j-1,k}^{n+1} T_{i,j-1,k}^{n+1}}{2\Delta y} \\ & \left. + \frac{w_{i,j,k}^{n+1} T_{i,j,k+1}^{n+1} - w_{i,j,k-1}^{n+1} T_{i,j,k-1}^{n+1}}{2\Delta z} \right] \\ = & \frac{1}{\Delta x} \left[k_{i+\frac{1}{2},j,k} \frac{T_{i+1,j,k}^{n+1} - T_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta x} \right. \\ & - k_{i-\frac{1}{2},j,k} \frac{T_{i,j,k}^{n+1} - T_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x} \left. \right] \\ & + \frac{1}{\Delta y} \left[k_{i,j+\frac{1}{2},k} \frac{T_{i,j+1,k}^{n+1} - T_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta y} \right. \\ & - k_{i,j-\frac{1}{2},k} \frac{T_{i,j,k}^{n+1} - T_{i,j-1,k}^{n+1}}{\Delta y} \left. \right] \\ & + \frac{1}{\Delta z} \left[k_{i,j,k+\frac{1}{2}} \frac{T_{i,j,k+1}^{n+1} - T_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta z} \right. \\ & - k_{i,j,k-\frac{1}{2}} \frac{T_{i,j,k}^{n+1} - T_{i,j,k-1}^{n+1}}{\Delta z} \left. \right] \end{aligned} \quad (2)$$

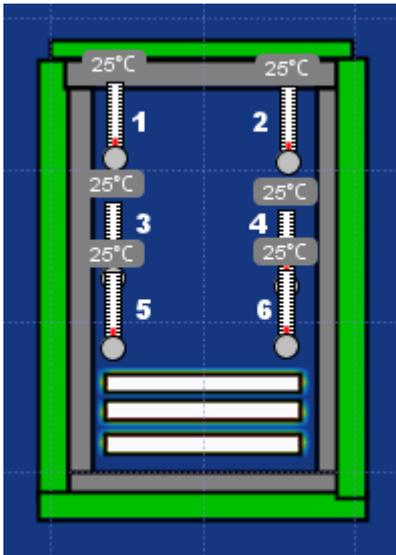
Dimana $M, N, dan L$ menggambarkan volume kubus di arah i, j, k , $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ menggambarkan panjang kubus pada arah yang sama, Δt adalah beda waktu.

2.2 Pemodelan Termal Tangki

Untuk dapat menentukan lokasi dari sensor temperatur dengan baik, maka diperlukan sebuah model termal dari tangki penyimpan bahan baku di *pilot plant* biodiesel kualitas tinggi kapasitas 1 ton/hari. Model ini dipergunakan untuk simulasi kondisi suhu selama proses berlangsung. Dalam model ini, dipasang titik pengukuran suhu tersebar merata di seluruh model untuk mengamati perpindahan panas yang terjadi di dalam tangki. Model yang dipergunakan untuk kalkulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Tangki dimodelkan secara dua dimensi dengan pandangan tampak samping. Hal ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman mengenai perpindahan

panas pada tangki secara vertikal. Dalam model, dinding tangki digambarkan dengan bangun persegi panjang yang berwarna abu-abu. Di dalam tangki tersebut terdapat elemen pemanas yang terletak pada bagian bawah dimodelkan dengan tiga bangun persegi panjang berwarna putih. Elemen pemanas sebenarnya adalah pipa koil dengan yang terdiri dari tiga tingkat dengan fluida pemanas berupa oli. Elemen pemanas terletak pada bagian bawah tangki dengan jarak titik terendah elemen pemanas dengan dasar tangki sebesar 150 mm. Seluruh permukaan bagian luar tangki dilapisi dengan lapisan insulasi.



Gambar 1. Model Tangki Penyimpanan Bahan Baku

Lapisan ini berfungsi untuk menahan panas dari dalam tangki terbuang ke lingkungan. Lapisan insulasi memiliki ketebalan sebesar 60 mm. Lapisan insulasi ini digambarkan di model sebagai bangun persegi panjang dengan warna dasar hijau.

Terdapat enam sensor suhu pada model. Lokasi ke-enam sensor ini berada di atas elemen pemanas. Sensor-sensor ini ditempatkan pada bagian pinggir tangki. Jarak sensor terhadap dinding pinggir tangki adalah sebesar 200 mm. Posisi vertikal dari sensor-sensor tersebut adalah sebesar 20%, 40% dan 60 % dari total tinggi tangki diukur dari titik atas tangki. Posisi dari enam sensor suhu ini menggambarkan rencana penempatan sensor pada tangki yang sebenarnya.

Model serta simulasi perhitungan perpindahan panas dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Energi2D. Parameter yang digunakan untuk membentuk model dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Model

Parameter	Nilai
Dimensi Tangki	$\phi 0.9 \times 1.5 \text{ m}$
Tebal insulasi	50 mm
Konduktifitas termal tangki	16.2 W/m °C
Konduktifitas termal insulasi	0.07 W/m °C
Spesifikasi termal fluida	5.26 J/kg °C
Konduktifitas fluida	0.712 W/m °C

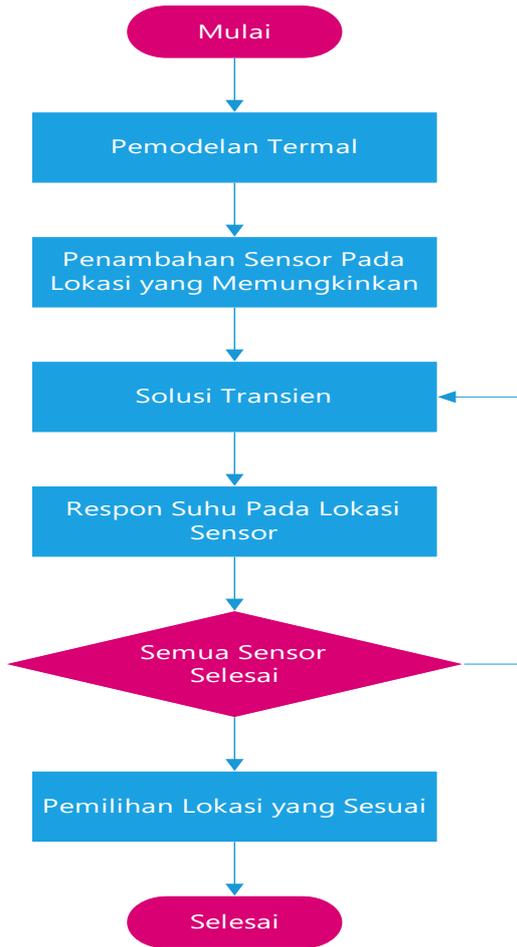
3. METODOLOGI DALAM PENELITIAN

Proses dalam menentukan lokasi sensor temperatur pada tangki bahan baku ini dimulai dengan pembuatan model pada perangkat lunak Energi2D. Parameter dan perancangan model ini telah dijelaskan pada Bab 2. Langkah berikutnya adalah menambah titik-titik lokasi yang mungkin akan dipasang sensor temperatur merata pada bagian tangki. Hal ini bermaksud untuk menguji titik pemasangan yang paling tepat sehingga dapat mendekati gambaran kondisi temperatur pada tangki yang sebenarnya.

Kondisi awal ditentukan pada tahapan ini. Kondisi awal yang diperlukan pada tahap ini adalah suhu bahan baku yaitu sebesar 30 °C yang sama dengan suhu lingkungan. Selain itu suhu pemanas ditetapkan konstan sebesar 250 °C. Pada perhitungan ini gradasi kenaikan suhu pemanas diabaikan untuk mempermudah proses simulasi. Simulasi dapat dilakukan setelah tahapan-tahapan ini dilakukan. Selama simulasi diamati mengenai kondisi suhu pada titik-titik lokasi sensor. Tahap terakhir adalah menyeleksi titik lokasi sensor mana yang paling tepat untuk menggambarkan kondisi Flowchart urutan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

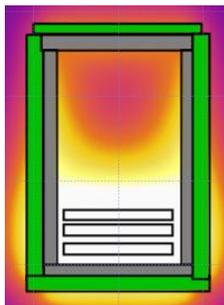
Perambatan panas dimulai dari titik elemen pemanas. Pada mulanya elemen pemanas akan memanaskan lingkungan sekitar pemanas terlebih dahulu dan kemudian menyebar ke arah atas. Cairan yang berada didekat elemen pemanas akan memanaskan dinding tangki didekatnya. Karena material dinding tangki mempunyai sifat yang mudah menghantarkan panas, maka dinding tangki ini akan mentransfer panas ke cairan yang terletak jauh dari elemen pemanas. Titik cairan yang berada paling atas pada tangki adalah titik yang terakhir yang dipengaruhi oleh elemen pemanas yang lokasinya ada



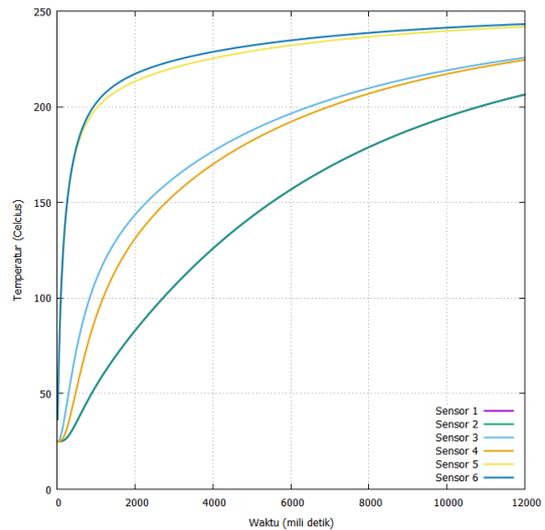
Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

pada bagian bawah. Sebaran panas pada tangki dapat dilihat pada Gambar 3.

Grafik respon panas pada titik sensor suhu yang dipasang pada model dapat dilihat pada Gambar 4. Dari grafik diatas, sensor nomor 6 dan sensor nomor 5 memiliki grafik peningkatan suhu terhadap waktu yang hampir sama. Kenaikan suhu pada kedua sensor ini berimpit, karena jarak kedua sensor dengan pemanas sama. Sensor nomor 5 dan sensor nomor 6 memiliki laju pemanasan yang paling tinggi dibandingkan dengan sensor-sensor lainnya.



Gambar 3. Sebaran Panas Hasil Simulasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku



Gambar 4. Grafik Respon Panas Pada Titik Sensor Suhu

Hal ini dikarenakan sensor nomor 5 dan 6 adalah sensor yang berjarak paling dekat dengan elemen pemanas. Lokasi yang lain adalah sensor 4 dan sensor 3. Kedua sensor ini terletak di atas sensor 5 dan sensor 6 sehingga jarak kedua sensor ini terhadap elemen pemanas lebih jauh jika dibandingkan jarak elemen pemanas ke sensor 5 dan sensor 6. Grafik peningkatan suhu terhadap waktu dari kedua sensor 3 dan sensor 4 ini berada dibawah grafik suhu terhadap waktu sensor 5 dan sensor 6. Hal ini berarti waktu yang diperlukan untuk memanaskan bahan pada kedua lokasi ini menjadi lebih lama. Lokasi sensor 1 dan sensor 2 adalah pada sisi atas tangki. Kedua sensor ini memiliki jarak yang terjauh apabila dibandingkan dengan jarak sensor-sensor yang lain dengan elemen pemanas. Oleh karena itu wajar apabila grafik perubahan temperatur terhadap waktu dari kedua sensor ini berada pada bagian paling bawah. Hal ini menandakan lokasi ini memiliki waktu terlama dalam peningkatan suhu.

Dari keenam lokasi sensor suhu ini dapat dipilih titik lokasi yang tepat untuk dipasang sensor suhu pada tangki sebenarnya. Lokasi sensor 5 dan sensor 6 memiliki karakteristik paling cepat untuk mencapai kesetimbangan temperatur. Dengan demikian kedua lokasi ini cocok dipasang sensor suhu untuk tangki penyimpanan bahan baku yang mempunyai fluida yang berganti. Jadi apabila di dalam tangki tersebut terdapat aliran pemasukan dan pengeluaran fluida yang tetap, maka lokasi sensor 5 dan sensor 6 dapat menunjukkan suhu kesetimbangannya. Berbeda apabila fluida di dalam tangki tidak berganti, maka lokasi penempatan sensor pada nomor 3 dan nomor 4 dapat menunjukkan suhu rata-rata pada tangki tersebut.

5. KESIMPULAN

Simulasi mengenai persebaran panas di dalam tangki penyimpanan bahan baku untuk pembuatan biodiesel kualitas tinggi telah dilakukan pada penelitian ini. Dari hasil simulasi dapat ditarik kesimpulan bahwa lokasi yang terbaik untuk penempatan sensor suhu dipengaruhi oleh lokasi pemanas dan aktifitas di dalam tangki tersebut. Apabila pemanas berada di dasar tangki dan terdapat aliran fluida masuk dan keluar yang konstan maka lokasi sensor nomor 5 dan nomor 6 adalah yang sesuai. Sedangkan apabila lokasi pemanas di dasar tangki dan tidak terdapat aliran fluida di dalam tangki, maka lokasi sensor nomor 3 dan nomor 4 adalah lokasi yang sesuai untuk dipasang sensor suhu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Program Insentif Sistem Inovasi Nasional (SINAS) Tahun 2019 RistekDikti.

REFERENSI

- Cathy Biber, (2015). Sensor Placement for Surface Temperature Control in Thin Mobile Form Factors. *SEMI-THERM Symposium*: 31-36.
- Dharmawan, Arya Hadi, Nuva, Rizki Amalia, D. A Sudaryanti. (2016). Isu Relevan Kebijakan Bioenergi Dalam Mendukung Ketahanan Dan Kemandirian Energi Di Indonesia: State of the Art. Bogor.
- Dutu, Richard, (2016). Challenges and Policies in Indonesia's Energy Sector. *Energy Policy*, 20 (4): 55:64.
- Manuale, D.L, Mazzieri. V. M, Torres. G, Vera C. R. Yori J. C, (2011). Non-catalytic biodiesel Process With Adsorption-based Refining. *Fuel*, 90 (3), 1188-1196.
- Mathew Lee Hsien Loong, Mohd. Zainolarifin Mohd Hanafi, Fatimah Sham Ismail. (2015). Thermal Pipeline Sensor Placement Model For Fault Detection,
- Nuva, Fauzi A, Dharmawan A. H, Putri E. I. K. (2019). Ekonomi Politik Energi Terbarukan dan Pengembangan Wilayah: Persoalan Pengembangan biodiesel di Indonesia. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 7 (2), 110:118
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2015.