

Simulasi Numerik Distribusi Temperatur Pada Pirolisis Serbuk Kayu Di Fix Bed Pyrolyser

Ricky Indriyanto¹⁾, Widya Wijayanti²⁾, Lilis Yuliati³⁾

^{1),2),3)}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang
Jl.MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia.
E-mail : indriyantoricky@gmail.com

Abstrak. Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia biomassa menjadi produk yang bermanfaat. Salah satu metode yang digunakan adalah piroliser fixed bed, yang terdiri dari tungku pemanas silinder vertikal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya perpindahan panas dari pirolisis serbuk kayu mahoni, pada fixed bed pyrolyser yang ditentukan berdasarkan distribusi temperatur pada tungku pirolisis. Temperatur pada tungku fixed bed pyrolyser, dianalisa dan disimulasikan dengan menggunakan software Comsol Multiphysics. Hasil simulasi numerik diverifikasi dengan menggunakan hasil eksperimen pada pyrolyzer dengan geometri dan parameter simulasi diambil dari kondisi eksperimen pirolisis yang sama. Hasil pengamatan distribusi temperatur pada suhu 250 oC dengan laju pemanasan 400 oC/Jam di setiap titik piroliser, ditunjukkan dengan gradasi warna dan kontur temperature, dimana distribusi temperatur yang paling tinggi ditunjukkan dengan warna dan kontur tempertur yang semakin terang, dan semakin besar variasi laju pemanasan maka distribusi temperatur akan semakin terang.

Kata kunci: Pirolisis, Fixed bed, Temperature, Comsol Multiphysics

1. Pendahuluan

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi thermal material organik pada suasana inert (tanpa kehadiran oksigen) yang akan menyebabkan terbentuknya senyawa volatil. Pirolisis pada umumnya diawali pada suhu 200 oC dan bertahan pada suhu sekitar 450 – 500°C [1]. Dalam proses pirolisis, molekul hidrokarbon yang besar dan kompleks dipecah menjadi molekul yang relatif kecil dan sederhana. Bahan yang biasa dipirolisis diantaranya biomassa, limbah manusia dan hewan, sisa makanan, kertas, plastik, dan biomassa. Dan hasil dari pirolisis diantaranya char (solid), tar (liquid), dan gas (syngas). Dalam penelitian ini digunakan biomassa yang berasal dari serbuk kayu mahoni.

Perpindahan panas adalah proses perpindahan energi sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Ada tiga macam mekanisme perpindahan panas yang berbeda yaitu : perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Dalam proses pirolisis perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas konduksi, konveksi. Perpindahan panas konduksi terjadi dari dinding reaktor dengan serbuk *biomass*, konveksi terjadi pada saat gas N₂ yang dialirkan kedalam tungku yang mencegah *biomass* terbakar, serta perpindahan panas radiasi terjadi dari heater dengan dinding reaktor. Untuk mengetahui distribusi temperatur panas yang terjadi, maka perlu dianalisa secara numerik.

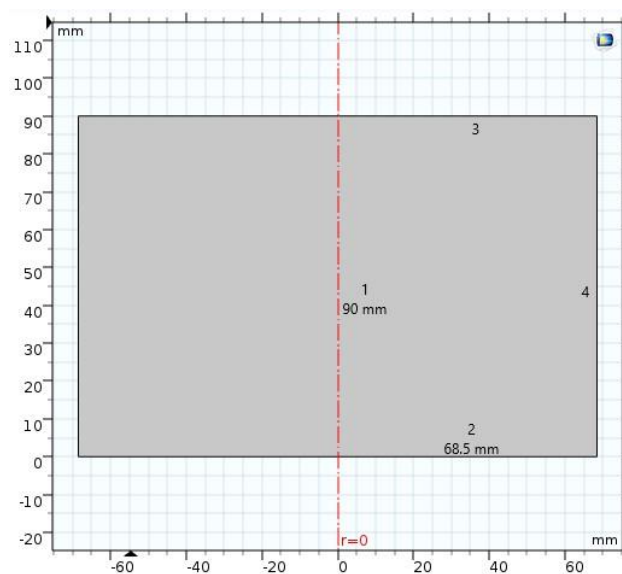
Wijayanti, dkk [2] melakukan penelitian tentang simulasi numerik pada proses pirolisis biomassa dengan penambahan metode *trial and error*, menghasilkan proses pengurangan volume dalam eksperimen dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu : zona reaksi dehidrasi, zona dekomposisi termal selulosa dan, zona dekomposisi termal lignin.

Reaktor digunakan untuk menentukan kualitas dari perpindahan panas, waktu proses dari fase gas dan fase cair dan keluaran dari produk utama [3]. Reaktor merupakan salah satu elemen penting pada teknologi pirolisis plastik, karena panas dalam jumlah yang besar perlu dipindahkan melalui dinding reaktor untuk memastikan terjadinya proses pirolisis plastik [4]. Oleh sebab itu, mengetahui proses perpindahan panas yang terjadi di dalam reaktor sangat dibutuhkan untuk mendesain sebuah reaktor, optimasi dan prosedur scale-up [5]. Data sebaran suhu dibutuhkan terkait dengan produk yang dihasilkan dari proses pirolisis. Data eksperimen yang diperoleh digunakan untuk membuat model simulasi dari reaktor pirolisis plastik. Namun demikian, hanya ada beberapa penelitian yang mengelompokkan pendekatan eksperimental dan numerik untuk memberikan analisis mendalam tentang fenomena multifisik (titik thermal, fluida, dan kimia) [6].

2. Pembahasan

2.1. Metode Penelitian

Analisa yang dimaksud adalah analisa numerik dengan metode finite volume dengan mengambil sampel distribusi temperatur di beberapa titik didalam tungku fixed bed pyrolyser dengan memvariasikan temperatur 250 °C, dan laju pemanasan 400 °C/Jam. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software Comsol Multiphysics* dimana pada penelitian sebelumnya telah dilakukan proses *pyrolysis* biomassa serbuk kayu mahoni (*Switenia macrophylla*) dan data hasil penelitian tersebut dijadikan sebagai validator simulasi CFD yang akan dilakukan penulis. Data akan disimulasikan menggunakan *software* dengan memasukkan parameter sesuai dengan proses pengujian. Kesesuaian parameter yang dimasukkan, akan berpengaruh terhadap kesesuaian hasil simulasi dengan hasil data eksperimen yang dilaksanakan pada proses penelitian. Hasil dari eksperimen akan berupa warna sesuai dengan gradien perpindahan panas yang terjadi selama proses *pirolisis* di dalam tungku *piroliser*.



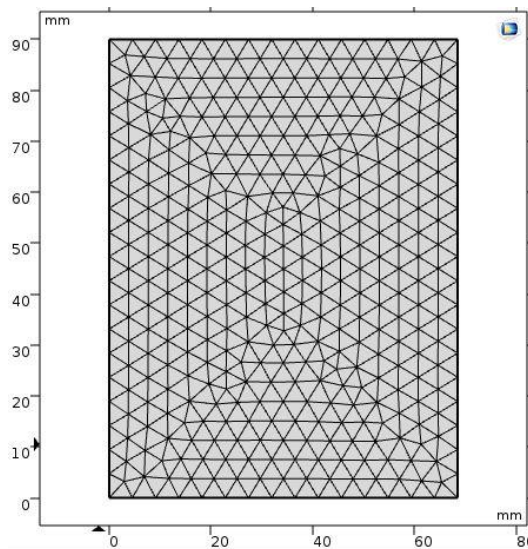
Gambar 1 : Geometri Simulasi

Pada gambar geometri diatas, merupakan penggambaran tungku secara keseluruhan dan dimasukkan ke dalam *software* secara *symmetry* yang merupakan salah satu perintah yang ada didalam *software* yang berfungsi sebagai penggambaran sebagian dari geometri, yang dapat diasumsikan sebagai gambaran satu sisi yang lain.

2.2. Tahap Simulasi

Pada tahap ini dilakukan simulasi menggunakan *Comsol Multiphysics*, untuk melihat laju perpindahan panas yang terjadi pada *fixed bed pyrolyser* dengan *biomassa* serbuk kayu mahoni, pada tahap simulasi dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

- a) Pre-processing
 - Pada tahap ini, dilakukan pembuatan geometri tungku *Fixed bed pirolizer* dalam bentuk 2D asimetri.
 - Meshing yang merupakan pembagian geometri menjadi domain – domain yang lebih kecil.



Gambar 2. Gambar Meshing fixed bed pirolizer

Gambar diatas merupakan pembagian domain dari *fixed bed pyrolizer*, dengan pilihan *software* “fine” dan telah membagi geometri menjadi 720 elemen domain dan 68 elemen *boundary*.

b) Processing

Pada tahap ini, dilakukan penentuan kondisi batas (*Boundary Condition*) dan pemilihan metode Inialisasi

- *Boundary Condition* :

$$\text{Symmetry} : -n \cdot x \cdot q \dots\dots\dots (1)$$

- Rumus diatas merupakan rumus permodelan geometri dari 2D Asimetri

- *Heating rate* : 400°C/Jam

- Jenis perpindahan panas transien (dipengaruhi oleh waktu).

- Isolasi pada batas bawah geometri :

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{(r,0,t)} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

- Batas konveksi antara biomassa dengan tungku pirolizer :

$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{(y,R,t)} = h(T_{\infty} - T_s) \dots\dots\dots (3)$$

- *Initial Condition* : T = 0

c) Post processing

Pada tahap ini, merupakan tahap terakhir dari proses simulasi. Pada tahapan ini akan ditampilkan hasil dari proses perhitungan pada kondisi batas dan metode studi yang digunakan. Dalam post processing dapat menampilkan tampilan grafis yang menunjukkan mesh, kontur, vektor, dan grafik.

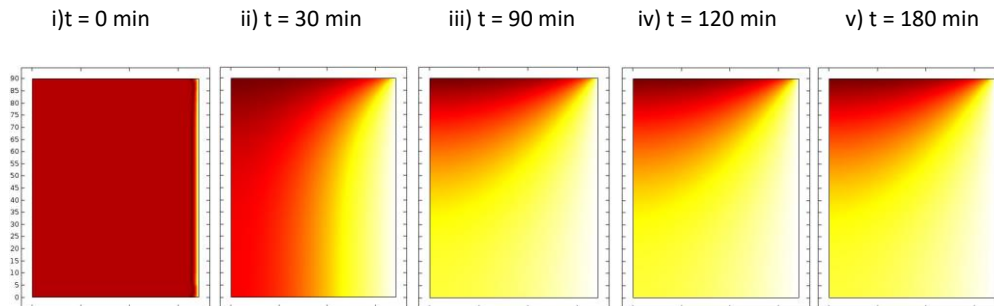
2.6. Implementasi Tiang Fiberglass Reinforced Composite

Penempatan Tiang Fiberglass Reinforced Composite perdana ini diimplementasikan pada lokasi tiang besi berkarat di Desa Ranau Panjang di Kecamatan Rundeng Kota Subulussalam Propinsi Aceh.

2.3. Hasil Implementasi

Dari simulasi penelitian yang dilaksanakan, diperoleh hasil distribusi temperatur berupa gambar gradasi warna dan gambar kontur dari perpindahan panas yang diasumsikan sebagai proses distribusi temperatur yang terjadi di dalam *fixed bed pyrolyser*.

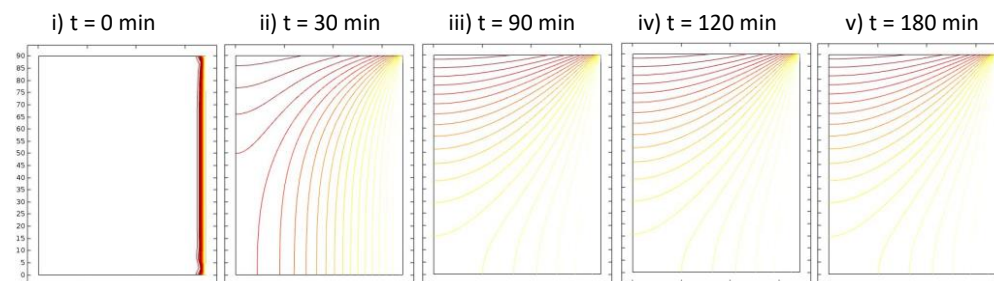
a) Hasil Simulasi Distribusi Temperatur Termal



Gambar 3. Gambar gradien temperatur pada waktu pengujian

Gambar gradasi warna di atas merupakan hasil pengamatan distribusi temperatur terhadap *fixed bed pyrolyser*, dengan menggunakan *software Comsol Multiphysics* dengan mengambil sampel pada beberapa variasi waktu didalam proses pirolisis. Semakin lama waktu yang diperlukan dalam proses pirolisis maka distribusi temperatur dalam *fixed bed pyrolyser* akan semakin tinggi dan merata.

b) Hasil Simulasi Distribusi Kontur Termal Temperatur



Gambar 4. Gambar kontur temperatur pada waktu pengujian

Gambar di atas merupakan hasil pengamatan distribusi temperatur terhadap *fixed bed pyrolyser*. Dengan menggunakan kontur temperatur termal, dengan pengambilan variasi waktu yang sama dengan Gambar 2.

3. Kesimpulan

Dari penelitian diatas dapat diambil kesimpulan bahwa, proses pirolisis sangat bergantung pada kualitas reaktor, dan temperatur tungku *pyrolizer*. Semakin tinggi laju pemanasan maka proses perpindahan panas yang berakibat pada distribusi temperatur didalam *fixed bed pyrolyser* akan semakin besar, sebagaimana ditunjukkan dengan gradien warna serta garis kontur distribusi temperatur dari proses pirolisis pada *fixed bed pyrolyser*

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kami haturkan kepada Istri tercinta serta Pemprov. Kalimantan Timur yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melanjutkan studi ke jenjang Magister Teknik mesin Brawijaya dan terimakasih kepada Dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing kami dalam melaksanakan perkuliahan di Universitas Brawijaya, Malang

Daftar Pustaka

- [1]. Sheth, P.N. and Babu, B.V., 2006, *Kinetic Modelling of the Pyrolysis of Biomass, Proceedings of National Conference on Environmental Conservation*, 453-458
- [2]. Tanoue, K., Widya, W., Yamasaki, K., Kawanaka, T., Yoshida, A., Nishimura, T., Taniguchi, M., Sasauchi, K., 2010., *Numerical Simulation Of The Thermal Conduction Of Packed Bed Of Woody Biomass Particles Accompanying Volume Reduction Induced By Pyrolysis*, J. Jpn. Inst. Energy, 89 (10), 948;
- [3]. Panda A K, Singh R K, Mishra D K, 2010., *Thermolysis of waste plastic to liquid fuel ; asuitable methode for plasttic waste manegement and manufacture of valueadded products – A world prospective Renew Sust Energy Reviews* 14(2010) :233-248.
- [4]. Csukás B, Varga M, Miskolczi N, Balogh S, Angyal A, Bartha L. 2012. Simplified dynamic simulation model of plastic waste pyrolysis in laboratory and pilot scale tubular reactor. *Fuel Processing Technology*. 106(2013): 186-200.
- [5]. Romagnosi L., Gascoin N., El-Tabach E., Fedioun I., Bouchez M., Steelant J., *Pyrolysis in Porous Media: Part 1. Numerical model and parametric study, Energy Conversion and Management* (2013), 63-73