

PEMODELAN MATEMATIKA LAJU ALIRAN PANAS PADA WAJAN PEMBUATAN ARANG AKTIF-13 DENGAN MENGUNAKAN METODE BEDA HINGGA (*FINITE DIFFERENCE METHOD*)

Nurhayati^{(1)*}, Tiryono R.⁽²⁾, Dorrah A.⁽³⁾, Aang N.⁽⁴⁾

^(1, 2, 3, 4)Afiliasi 1, 2, 3, 4: Mahasiswa dan Dosen Jurusan Matematika, FMIPA,
Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35141

nurhayati28091998@gmail.com, rtir04@yahoo.com, tiryono.1962@fmipa.unila.ac.id,

Abstract. *In this paper we propose the theory of finite difference method for calculating heat transfer on rectangular tin pan alloy which the center temperature is 700°C and the ambient temperature is 30°C. The aim in this paper we used this method for calculating of heat transfer on the pan in order to process of making activated charcoal especially called "arang aktif-13". We design a furnace which is the heat resources in the center only then choosing 9 points rectangularly on the plate pan that it will be calculated the value of temperature and the velocity of temperature on these points. By assumption the temperature at the center of the pan on the furnace is consistence or stable, then we do the process of defried of row material coconut shell until cooked as activated charcoal. We consider choosing 9 points in order to be calculated as manually easily and therefore can be comparing with using software lindo, and also for more points rather than 9 we suggested using machine more efficient. The spreading of the heat on the plate pan when the moment achieve the condition of the temperature around the pan stable, then it can be animated by using software matlab. By doing defried of row material, that process will need 13 minutes to become activated charcoal.*

Keywords : *Finite Different Method, Heat Transfer, Active Charcoal-13, Matlab and Lindo*

Abstrak. Pada karya ilmiah ini memperkenalkan teori beda hingga untuk menghitung laju dan nilai temperatur di beberapa titik pada wajan berbentuk persegi dengan temperatur tengahnya 700°C dan temperatur lingkungan diluar wajan 30°C. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan teori tersebut untuk proses pembuatan arang aktif-13 dengan cara penggongsengan pada permukaan wajan berbentuk persegi, diawali dengan melakukan perhitungan nilai temperatur di beberapa titik permukaan wajan dan perhitungan laju di beberapa titik tersebut. Dirancang pada permukaan wajan persegi sejumlah 9 titik yang akan dihitung nilai temperatur dan laju temperaturnya, diasumsikan titik pusat wajan yang terpasang pada tungku memiliki temperatur stabil, selanjutnya dilakukan proses penggongsengan material tempurung kelapa hingga tercapai menjadi arang aktif. Dipilih 9 titik pada wajan agar dapat dilakukan perhitungan secara manual untuk dibandingkan dengan perhitungan menggunakan software Lindo, untuk jumlah n titik dengan $n > 9$ perhitungan menggunakan software lebih efisien. Penyebaran panas pada wajan setelah tercapai temperatur setabil dapat dianimasikan dengan bantuan aplikasi Matlab. Dari proses kerja penggongsengan tersebut diperoleh arang aktif dengan durasi penggongsengan selama 13 menit dan memperoleh 3 kg arang aktif.

Kata Kunci : Metode Beda Hingga, Laju-Nilai Temperatur, Arang Aktif-13, Matlab dan Lindo

PENDAHULUAN

Arang aktif merupakan arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap (*adsorpsi*) yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Bahan baku yang paling banyak beredar dipasaran adalah dari tempurung kelapa. Fungsi dari arang aktif adalah sebagai bahan penyerap, penjernih, juga bisa sebagai katalisator. Industri kimia, farmasi, makanan dan minuman adalah pengguna terbesar untuk produk ini. Untuk membuat arang aktif dari tempurung sebaiknya menggunakan tempurung dari kelapa tua, kayunya keras, dan berkadar air rendah. Sehingga memudahkan dalam proses pengarangan, dan pematangannya akan berlangsung baik dan merata.

Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan proses perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Panas mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Mekanisme perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas yang terjadi saat proses pembakaran arang aktif adalah perpindahan panas secara konduksi yaitu perpindahan panas melalui zat penghantar tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat itu.

Jika dilihat dari studi kasus, pembuatan arang aktif dengan proses penggosengan (pengeringan) merupakan salah satu penerapan dari permasalahan perpindahan panas dalam kehidupan sehari-hari. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan persamaan diferensial khususnya metode beda hingga. Dimana sumber panas pada proses pembuatan arang aktif berasal dari nyalanya api yang berada di dalam tungku pembuatan arang aktif, sumber panas tersebut menyebabkan penyebaran panas pada wajan sehingga dapat merubah tempurung kelapa menjadi arang aktif. Pada penelitian ini penulis akan membahas

pemodelan matematika laju aliran panas pada wajan pembuatan arang aktif dengan menggunakan metode beda hingga (*finite difference method*).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di gang Swadaya X No.9, Gunung Terang, Langkapura, Kota Bandar Lampung pada semester ganjil tahun ajaran 2018/2019 dengan melakukan penelitian secara studi pustaka dan penelitian lapangan.

Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu batu bata, wajan tembaga, tempurung kelapa yang sudah dipotong kecil-kecil, sutil, ember, minyak kelapa, kayu bakar, dan air.
2. Mendesain tungku pembakar dengan menggunakan batu bata, dibuat dengan bentuk kubus dengan satu sisi kosong dan lebar tungku 30 cm. Setelah itu, nyalakan api pada tungku dengan menggunakan minyak tanah dan kayu bakar.
3. Letakkan wajan pada tungku pembakar tunggu sampai wajan panas sekitar 1 menit. Setelah wajan panas masukan tempurung kelapa yang sudah dipotong kecil-kecil pada wajan.
4. Selanjutnya melakukan proses penggosengan. Saat proses penggosengan siapkan alat *stopwatch* untuk menghitung berapa lama waktu proses penggosengan dan gunakan tabel suhu untuk mengasumsikan suhu pada saat penggosengan tempurung kelapa. Dapat dilihat pada tabel berikut :

Keadaan	Suhu
Api Merah	700 ⁰ C

Suhu Lingkungan	30°C
-----------------	------

Tabel 1. Tabel Suhu

Dapat dilihat pada tabel 1 api merah atau bisa diasumsikan sumber panas (suhu pusat) dari nyalanya api yang dialirkan pada wajan yaitu 700°C dan Suhu lingkungan atau suhu disekitaran tungku pembakar adalah 30°C.

5. Saat proses penggongsengan, suhu dianggap *konstan* dari awal penggongsengan sampai akhir penggongsengan dan aduk tempurung kelapa dengan menggunakan sutil agar tempurung kelapa bisa matang merata dan menjadi arang aktif sempurna.
6. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan *stopwatch* didapatkan waktu yang didapatkan saat proses penggongsengan tempurung kelapa adalah 6 menit 30 detik tempurung kelapa dalam keadaan setengah matang dan setelah 13 menit tempurung kelapa sudah menjadi arang aktif. Dengan melihat tempurung kelapa sudah tidak keras, mudah dipatahkan, dan tempurung kelapa sudah berwarna hitam.
7. Setelah proses penggongsengan selesai, tempurung kelapa yang sudah menjadi arang aktif diangkat dari wajan dan ditiriskan beberapa menit.

Metode Penelitian

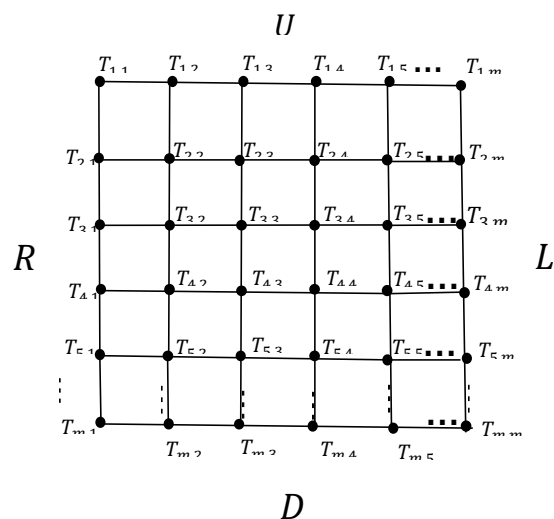
1. Membuat ilustrasi dari model wajan sehingga dapat lebih mudah untuk ditentukan persamaan aliran panasnya menggunakan metode beda hingga.

Metode Beda Hingga

Metode beda hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan teknis atau masalah dari suatu gejala fisis. Secara umum metode beda hingga adalah metode yang mudah dalam menyelesaikan masalah fisis yang mempunyai bentuk geometri yang teratur, seperti interval satu dimensi, domain kotak

dalam dua dimensi dan kubik dalam tiga dimensi (Li, 2010).

Beda hingga sendiri sesungguhnya didefinisikan sebagai nilai perbedaan dari dua titik. Ide dari metode beda hingga ini adalah mencari aproksimasi numerik sebuah titik berdasarkan nilai dari titik-titik lain disekitar titik tersebut. Pada kasus perpindahan panas konduksi 2 dimensi disimulasi sebagai kasus perpindahan panas konduksi 2D pada plat bujur sangkar dengan nilai-nilai suhu sisi-sisi diketahui. Misal plat bujur sangkar tersebut seperti pada gambar berikut:



Gambar. 1 Nodal Interior

Sehingga didapatkan persamaan umum sebagai berikut :

$$R + U + T_{1,2} + T_{2,1} - 4T_{1,1} = 0$$

$$T_{1,1} + U + T_{1,3} + T_{2,2} - 4T_{1,2} = 0$$

$$T_{1,2} + U + T_{1,4} + T_{2,3} - 4T_{1,3} = 0$$

$$T_{1,3} + U + T_{1,5} + T_{2,4} - 4T_{1,4} = 0$$

·

·

$$T_{1,m-1} + U + T_{2,m} + L - 4T_{1,m} = 0$$

$$R + T_{1,1} + T_{2,2} + T_{3,1} - 4T_{2,1} = 0$$

·

·

$$T_{m,m-1} + T_{m-1,m} + L + D - 4T_{m,m} = 0$$

2. Mencari nilai suhu dengan persamaan yang telah dibuat dengan bantuan software Lindo sehingga akan didapat suhu disetiap titik yang telah dibuat

Pengertian Lindo (*Linear Interactive Discrete Optimizer*)

Ada banyak software yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pemograman linear seperti TORA, LINGO, EXCEL, dan banyak lagi yang lainnya. Adapun salah satu software yang sangat mudah digunakan untuk masalah pemograman linear adalah dengan menggunakan Lindo. Lindo (*Linear Interactive Discrete Optimizer*) adalah software yang dapat digunakan untuk mencari penyelesaian dari masalah pemograman linear. Dengan menggunakan software ini memungkinkan perhitungan masalah pemograman linear dengan n variabel.

3. Mencari laju pada setiap titik suhu dengan menggunakan metode beda hingga
4. Melihat bagaimana sebaran aliran panas pada wajan pembuatan arang aktif dengan menggunakan *Transient Heat Conduction* pada aplikasi Matlab.

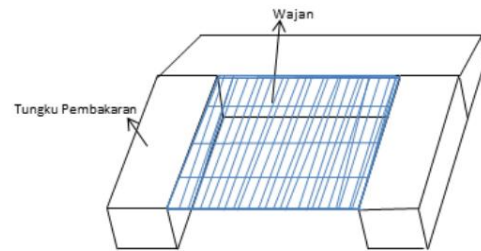
Pengertian Matlab (Matrik Laboratory)

Matlab merupakan kepanjangan dari *Matrix Laboratory*. Sesuai dengan namanya struktur data yang terdapat dalam Matlab menggunakan matriks berdimensi dua. Oleh karenanya penguasaan teori matriks mutlak diperlukan bagi pengguna pemula Matlab agar mudah dalam mempelajari dan memahami operasi-operasi yang ada di Matlab (Widiarsono, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

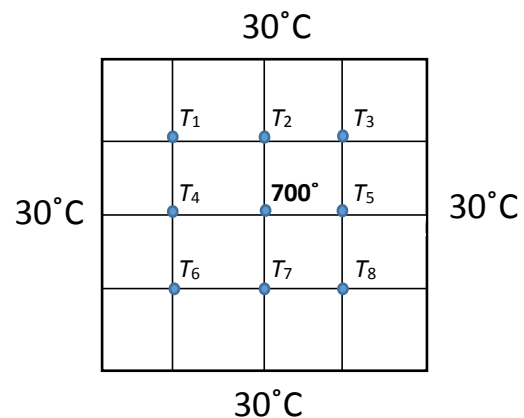
Pada penelitian ini didapatkan data suhu lingkungan 30°C dan sumber panas atau suhu pusat 700°C dengan mempunyai lebar tungku 30 cm. Membutuhkan waktu selama 13 menit untuk menghasilkan hasil arang

yang sempurna dan suhu dianggap konstan selama proses penggongsengan. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Tungku Pembuatan Arang Aktif

Diambil dari data yang sudah didapat saat penelitian, dapat diilustrasikan wajan berbentuk bujur sangkar dengan dibuat 9 titik untuk mencari suhu pada setiap titik pada wajan sebagai berikut:



Gambar 3. Ilustrasi Wajan dengan 9 Node Sehingga didapatkan persamaan :

$$4T_1 = T_2 + T_4 + 60$$

$$4T_2 = T_1 + T_3 + 730$$

$$4T_3 = T_2 + T_5 + 60$$

$$4T_4 = T_1 + T_6 + 730$$

$$4T_5 = T_3 + T_8 + 730$$

$$4T_6 = T_4 + T_7 + 60$$

$$4T_7 = T_6 + T_8 + 730$$

$$4T_8 = T_5 + T_7 + 60$$

Dengan persamaan di atas, dapat dicari nilai suhu T_1 sampai dengan T_8 pada wajan, dengan *meninput* 8 persamaan diatas pada aplikasi *software* Lindo dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Suhu di T_1 adalah 141,666672

Suhu di T_2 adalah 253,333328

Suhu di T_3 adalah 141,666672

Suhu di T_4 adalah 253,333328

Suhu di T_5 adalah 253,333328

Suhu di T_6 adalah 141,666672

Suhu di T_7 adalah 253,333328

Suhu di T_8 adalah 141,666672

Selanjutnya setelah mendapatkan nilai suhu maka dapat ditentukan laju aliran panas pada setiap titik suhu pada wajan, dengan δ = Laju Aliran Panas. Untuk mencari laju T_1 sampai dengan laju T_8 dapat dicari selisih nilai temperatur tinggi dikurangkan dengan nilai temperatur rendah dibagi 2. Kemudian menjumlahkan nilai garis vertikal dijumlahkan dengan nilai garis horizontal dibagi 2 karena terdapat dua sisi yaitu sisi vertikal dan sisi horizontal. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

Laju di T_1 adalah 111,666664

Laju di T_2 adalah 167,5

Laju di T_3 adalah 111,666664

Laju di T_4 adalah 167,5

Laju di T_5 adalah 167,5

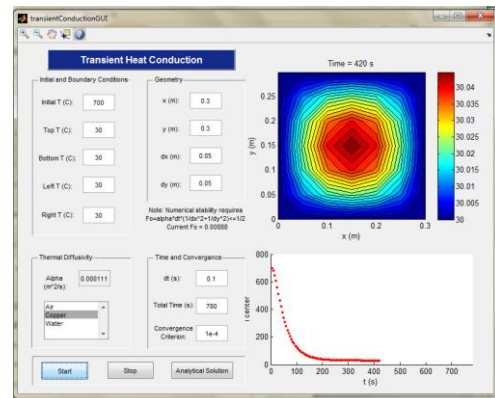
Laju di T_6 adalah 111,666664

Laju di T_7 adalah 167,5

Laju di T_8 adalah 111,666664

Selanjutnya, dengan menggunakan bantuan aplikasi Matlab pada *Transient Heat*

Conduction, bisa dilihat bagaimana penyebaran panas pada wajan saat proses pembuatan arang aktif. Seperti pada gambar berikut:



Penyebaran Panas Pada Wajan Dengan *Transient Heat Conduction*

Dapat dilihat pada gambar diatas dengan menginput sumber panas atau suhu awal 700°C dan suhu lingkungan 30°C , $x(m)$ dan $y(m)$ adalah lebar pada wajan yaitu 0.3 m dengan $dx(m)$ dan $dy(m)$ adalah lebar penyebaran panasnya adalah $0,05\text{ m}$ dengan $dt(s)$ waktu sebaran panas dari titik satu ke titik berikutnya adalah $0,1\text{ s}$ dan total time (s) adalah waktu yang dibutuhkan pada saat proses pembuatan arang aktif yaitu 13 menit (780 s). Terlihat pada gambar 6 penyebaran panas bergerak dari arah tengah (sumber panas) memutar menyebar hingga sampai ke ujung sisi pada wajan pembuatan arang aktif. Sedangkan terlihat pada grafiknya sebaran aliran panas selama 780 s akan bergerak menurun. Karena semakin menjauhi sumber panas maka penyebaran aliran panasnya akan semakin kecil.

KESIMPULAN

Suhu yang didapat di setiap titik pada wajan pembuatan arang aktif dengan menggunakan metode beda hingga dan bantuan *software* Lindo yaitu,

$T_1 = 141,666672, T_2 = 253,333328,$
 $T_3 = 141,666672, T_4 = 253,333328, T_5 =$
 $253,333328, T_6 = 141,666672, T_7 =$
 $253,333328, T_8 = 141,666672.$ Dengan laju
 aliran panas pada wajan pembuatan arang
 aktif dengan menggunakan metode beda
 hingga, $\delta T_1 = (111,666664), \delta T_2 =$
 $(167,5), \delta T_3 = (111,666664), \delta T_4 = (167,5)$
 $\delta T_5 = (167,5), \delta T_6 = (111,666664), \delta T_7 =$
 $(167,5), \delta T_8 = (111,666664).$ Dan
 Berdasarkan hasil perhitungan dengan
 menggunakan *Transient Heat Conduction*
 pada aplikasi Matlab, dapat dilihat
 penyebaran panas bergerak dari arah tengah
 (sumber panas) memutar menyebar hingga
 sampai ke ujung sisi pada wajan pembuatan
 arang aktif. Sedangkan terlihat pada
 grafiknya sebaran aliran panas selama 780 s
 akan bergerak menurun. Karena semakin
 menjauhi sumber panas maka penyebaran
 aliran panasnya akan semakin kecil.

Wazwaz, A. H. 2009. *Partial Differential
 Equations and Solitary Waves
 Theory*. Higher Education Press,
 Beijing.

Widiarsono. M.T. Teguh. 2005. *Tutorial
 Praktis Belajar Matlab*. Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Bronson, R. & Costa, G. 2007. *Persamaan
 Diferensial*. Erlangga, Jakarta.
- Cahyono, Edi. 2013. *Pemodelan
 Matematika*. Graha Ilmu,
 Yogyakarta.
- Incropera, F.P. 1981. *Fundamental of Heat
 Transfer*. John Wiley & Sons.
- Li, Zhilin. 2010. *Finite Difference
 Methods Basics Scientific Computation
 and Department of Mathematics
 North Carolina State University*.
- Prayudi. 2006. *Kalkulus Fungsi Satu
 Variabel*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Linus, Scharage. 1991. *Lindo An
 Optimization Modelling System*.
 Chicago: The Scientific Press.