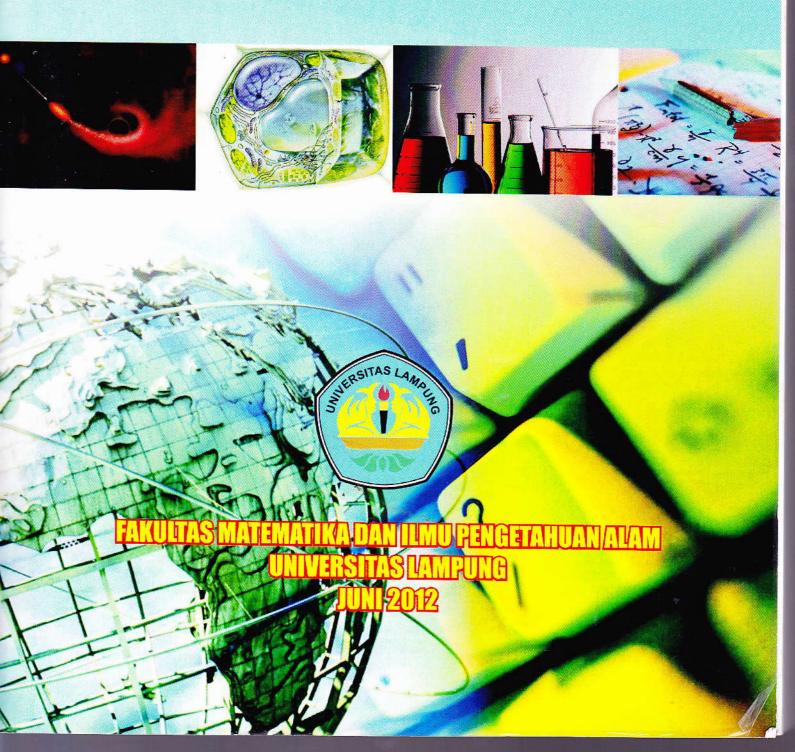
PROMINE

SEMINAR NASIONAL SAINS MATEMATIKA INFORMATIKA DAN APUKASINYA III (SN-SMAIP III) 2012



Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya III 2012

TEAM PENYUNTING:

Sukir Maryanto, M.Si., Ph.D (Universitas Brawijaya)
Dr. dr. Zinatul Hayati M Kes. Sn MK (K) (Universita)

Dr. dr. Zinatul Hayati, M.Kes., Sp.MK (K) (Universitas Syiah Kuala)

Dr. Ir. Joelianingsih, M.T. (Institut Teknologi Indonesia)

Dr. Kurnia Muludi (Universitas Lampung)

Rochmah Agustrina, Ph.D. (Universitas Lampung)

Prof. Sutopo Hadi, Ph.D. (Universitas Lampung)

Mulyono, Ph.D. (Universitas Lampung)

Posman Manurung, Ph.D. (Universitas Lampung)

Mustofa Usman, Ph.D. (Universitas Lampung)

Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc. (Universitas Lampung)

Tugiyono, Ph.D. (Universitas Lampung)

ISBN No. 978-602-98559-1-3

PENERBIT

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

ALAMAT REDAKSI

Gedung Dekanat Lantai 4

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

Telp./Fax: +62-721-704625;

http://fmipa.unila.ac.id/

E-mail: seminar-smap@unila.ac.id

DAFTAR ISI

Kelompok Matematika	Halaman
SOLUSI NUMERIK KONDISI TUNAK DINAMIKA SUHU DAN KONVERSI PADA PROSES OKSIDASI METANA MENGGUNAKAN REAKTOR ALIRAN BOLAK BALIK Aang Nuryaman, Agus Yodi G, Kuntjoro Adji S, dan Yogi Wibisono Budhi	1-4
ANALISIS SENSITIFITAS KOEFISIEN MANNING UNTUK ALIRAN TUNAK 1-D MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS Ahmad Zakaria	5-9
OPTIMALISASI PELAKSANAAN PROYEK FENDER JEMBATAN AMPERA DENGAN APLIKASI METODE PERT DAN CPM Sugandi Yahdin, Sisca Octarina dan Palesa Hasanah	10-15
PENYELESAIAN TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP) MENGGUNAKAN METODE CUTTING PLANE DAN Perangkat Lunak QSopt 1.0 Zaenal Abidin	16-20
Kelompok Informatika	
IMPLEMENTASI ALGORITMA HALF-BYTE DENGAN NILAI PARAMETER 7 PADA KOMPRESI FILE GAMBAR, TEKS, AUDIO, DAN VIDEO Anggar Bagus Kurniawan, Aristoteles, dan Machudor Yusman	21-23
PENERAPAN FUZZY SET UNTUK PENGKATEGORIAN TINGKAT KESULITAN SOAL (Studi Kasus English Proficiency Test/EPT) Anggi Desilia, Didik Kurniawan, dan Anie Rose Irawati	24-27

SOLUSI NUMERIK KONDISI TUNAK DINAMIKA SUHU DAN KONVERSI PADA PROSES OKSIDASI METANA MENGGUNAKAN REAKTOR ALIRAN BOLAK BALIK

Aang Nuryaman ^{1,3}, Agus Yodi G¹, Kuntjoro Adji S¹, dan Yogi Wibisono Budhi ²

KK Matematika Industri dan Keuangan FMIPA ITB, Jl. Ganesha no 10 Bandung,Indonesia ¹
KK Perancangan dan Pengembangan Proses Teknik Kimia FTI ITB, Jl. Ganesha no 10 Bandung Indonesia ²
Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng
Bandarlampung Indonesia ³
Email: aangnuryaman@gmail.com

ABSTRAK

Persamaan diferensial parsial tak linier yang menggambarkan proses oksidasi metana diberikan dalam satu sistem persamaan yang melibatkan suku difusi dan konveksi. Pada kondisi tunak (kesetimbangan) sistem tersebut tereduksi menjadi masalah nilai batas dalam bentuk sistem persamaan diferensial biasa tak linier. Pada artikel ini akan dikaji solusi tunak dinamika suhu dan konversi metana untuk model homogen semu 1-D dengan pendinginan dan tanpa pendinginan. Selanjutnya profil solusi tunak akan dihampiri secara numerik dengan menggunakan simulasi komputasi.

Katakunci: solusi tunak, model homogen semu 1-D, reactor aliran bolak-balik

1. PENDAHULUAN

Usaya untuk mengurangi pemanasan global accat emisi gas rumah kaca makin gencar diakukan. Pemberi kontribusi terbesar Erjadinya pemanasan global adalah gas (karbindioksida) dan CH₄ (metana). Malaupun volume di udara kecil, satu molekul CH4 menghasilkan efek pemanasan 23 kali lebih tinggi daripada molekul CO2. Emisi gas CH4 utamanya diperoleh dari sector agrikultur (44%),pembakaran tiomassa (22%), penambangan batubara 12%), dan industri gas dan minyak (15%) Moore et. al., 1988).

Salah satu strategi untuk mengurangi pengaruh pemanasan global adalah dengan mengkonversi gas CH₄ menjadi gas CO₂ menurut persamaan reaksi:

 $CH_2 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ $H_{298} = -802.7 \text{ kJ/mol}$

*Conversi gas CH₄ menjadi gas CO₂ akan menurunkan pengaruh pemanasan sebesar

eceradaan gas CH₄ yang cukup kecil di utara (0,1-1% volume), bersuhu rendah dan utak stabil menyebabkan konversi gas CH₄ menjadi gas CO₂ membutuhkan reaktor terkatalis dan pemanasan awal gas umpan es & Kolaczkowski, 1997) dengan memanfaatkan panas hasil reaksi katalitik terbakaran gas CH₄ menjadi CO₂ sebagai sumber energi termal. Agar mendapatkan mengi termal yang besar maka salah satu sataginya adalah menggunakan metode aran bolak-balik (reverse flow) pada gas

umpannya. Untuk itu dikembangkanlah Reaktor Aliran Bolak-Balik (RABB) yaitu reaktor unggun tetap yang arah alirannya diubah secara periodik.

Dinamika perilaku suhu dan konsentrasi pada proses oksidasi metana menggunakan RABB dapat dimodelkan dalam bentuk sistem persamaan diferensial parsial yang di dalamnya memuat suku diffusi dan konveksi, diantaranya yang dipresentasikan oleh J. Khinast et. al (1999), F. Aube' & H. Sapoundjiev (2000) dan Matros Bunimovich (1996). Pada artikel ini akan dikaji model homogen semu 1-D untuk RABB dengan pendinginan. Pada saat kondisi tunak, maka profil solusi tunak merupakan solusi dari masalah nilai batas berbentuk persamaan differensial biasa tak linier orde 2. Karena bentuknya yang tak linier, maka solusi analitiknya sulit untuk diperoleh. Oleh karena itu pada artikel ini akan dipresentasikan hampiran solusi tunak tersebut secara numerik dengan menggunakan simulasi komputasi.

Adapun struktur penulisan artikel ini disusun sebagai berikut. Pada bagian 2 membahas metode penelitian yang dilakukan dan pada bagian 3 akan dibahas model homogeny semu 1-D. Sedangkan pada bagian 4 akan disampaikan mengenai hasil dan pembahasan

pembahasan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi pustaka berupa jurnal dan buku-buku referensi yang terkait dengan RABB dan simulasi komputasi. Langkahlangkah yang dilakukan adalah mengkontruksi model matematika dinamika RABB pada saat kondisi tunak kemudian mensimulasikan secara numerik untuk beberapa nilai parameter heat loss yang berbeda untuk mendapatkan profil hampiran solusi tunak.

2.1. MODEL HOMOGEN SEMU 1-D

Salah satu model matematika menggam-barkan dinamika suhu konsentrasi pada oksidasi CH4 menggunakan RABB adalah homogen semu 1-D (J. Khinast et. al, 1999) untuk rektor dengan pendinginan. Asumsi yang digunakan pada model ini adalah distribusi suhu dan konsentrasi sepanjang garis $z = z_i$ dengan z_i adalah koordinat titik ke-i dari panjang reaktor adalah bernilai sama dan tidak ada hambatan antara fasa gas dan fasa padat (perubahan suhu gas metana dan katalis dianggap sama). Model matematika ini diturunkan dari hukum kekekalan massa dan kekekalan energi untuk reaksi:

$$input - output + generasi = akumulasi$$

Berdasarkan asumsi yang digunakan maka model homogen semu 1-D yang terbentuk dalam arah aliran ke kanan diberikan oleh persamaan:

$$\begin{split} \left((1-\varepsilon)\left(\rho c_{\mathfrak{p}}\right)_{g}+\varepsilon\left(\rho c_{\mathfrak{p}}\right)_{g}\right)\frac{\partial T}{\partial t}&=\lambda_{\mathfrak{A}x}\frac{\partial^{2}T}{\partial z^{2}}\\ &-u\left(\rho c_{\mathfrak{p}}\right)_{g}\frac{\partial T}{\partial z}-U_{w}a_{w}\left(T-T_{c}\right)\\ &+\left(-\Delta H\right)g(T)C\\ \varepsilon\frac{\partial c}{\partial t}&=\varepsilon D\frac{\partial^{2}C}{\partial z^{2}}-u\frac{\partial C}{\partial z}-g(T)C \end{split} \tag{1}$$

dimana konstanta laju reaksi g(T) diberikan oleh

$$g(T) = \frac{\eta k_{\infty} k_{c} a_{v} \exp(-E/RT)}{k_{c} a_{v} + \eta k_{\infty} \exp(-E/RT)}$$

Dengan syarat batas di z = 0

$$-\frac{\lambda_{ax}}{\omega(\rho\varepsilon_{\mathfrak{P}})_{a}}\frac{\partial T}{\partial z} = T_{\mathfrak{P}} - T : -\frac{\varepsilon\rho}{\omega}\frac{\partial C}{\partial z} = C_{\mathfrak{P}} - C$$
 (3)

dan di z = L

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = \frac{\partial c}{\partial z} = 0 \tag{4}$$

Kedua syarat batas di atas sering disebut syarat batas Danckwert yang menyatakan laju flux suhu (konsentrasi) yang masuk di z=0 sebanding dengan selisih antara suhu (konsentrasi) gas umpan dengan suhu (konsentrasi) di titik tersebut serta tidak ada panas (konsentrasi) yang keluar dari daerah pengamatan. Pada persamaan (1)-(4), peubah T = T(z,t) dan C = C(z,t) berturutturut menyatakan suhu dan konsentrasi gas CH₄ pada posisi z dan saat z. Adapun keterangan parameter lain yang terdapat dalam persamaan (1)-(4) dapat dilihat dalam Tabel 1. Pada kasus RABB tanpa pendinginan maka suku ketiga di ruas kanan pada persamaan (1) tidak ada.

Tabel 1. Nilai parameter fisis RABB

Desc			
Para- meter	Nilai	Keterangan	
۶ <u></u>	4 10 mms	Konstanta difusi aksial	
だ。 人。	£0 s	Waktu pembalikan aliran	
1,0	1.28 Wm ⁻¹ K ⁻¹	Konduktivitas fasa padat	
Ŀ	1m	Panjang reactor	
100-1	624.4/2017 877	Kapasitas panas fasa gas	
(oc.),	1.319 10 ¹ /m ⁻¹ K ⁻¹	Kapasitas panas fasa padat	
ii .	2 ms = 1	Laju alir gas	
47==	- 50 K	Kenaikan suhu adiabatic	
ē T _ē	0.69	Bed voidage	
T_{\pm}	323 K	Suhu gas umpan	
A	130 Wm = 15-1	Koefisien transfer panas fluida	
*	0.005 m	Jari-jari luar reactor	
ku.	1.815. 10 5 74	Factor frekuensi	
E,	1.001.7 famo(**	Energo aktivasi	
a,	~ 2.6-25.8 m ⁻¹	Luas permukaan partike	
Ŕ,	0.115 mg -1 11	Koefisien transfer massa	
R	5.3145 [mtol = K = 1	Konstanta gas	
U	Mw ₋₁ K-1	Koefisien transfer panes keseluruhan	

Dengan melakukan penskalaan ulang pada (1)-(4) maka diperoleh persamaan tak berdimensi (van Noorden et.al., 2003):

$$\begin{array}{l} \theta_{t} = k_{1}\theta_{rr} - k_{1}\theta_{r} + k_{3}g(\theta)(1-r) + k_{3}(1-\theta) \\ y_{t} = k_{5}y_{xr} - k_{6}y_{r} + k_{7}g(\theta)(1-y) \\ k_{1}\theta_{x}(0,t) = k_{2}(\theta(0,t)-1) \\ k_{5}y_{x}(0,t) = k_{6}y(0,t) \\ \theta_{y}(1,t) = 0 & : y_{y}(1,t) = 0 \\ \text{dimans} \end{array} \tag{5}$$

$$g(\theta) = \frac{1.6656 \times 10^{-5} e^{25.785(\theta - 1)/6}}{1.6656 \times 10^{-5} + e^{-25.785(\theta}}$$

Peubah tak berdimensi yang digunakan pada persamaan (5)-(6) adalah sebagai berikut:

$$\begin{split} K_1 &= \frac{t_f \left((1-\varepsilon) \lambda_s + u^2 (\rho c_p)_g^2 / (h a_v) \right)}{L^2 \left((1-\varepsilon) (\rho c_p)_s + \varepsilon (\rho c_p)_g \right)} \\ K_2 &= \frac{t_f u (\rho c_p)_g}{L \left((1-\varepsilon) (\rho c_p)_s + \varepsilon (\rho c_p)_g \right)} \\ K_3 &= \frac{t_f \Delta T_{ad} k_{ad} \varepsilon^{\frac{5}{2}a/RT_0} (\rho c_p)_g}{T_0 \left((1-\varepsilon) (\rho c_p)_s + \varepsilon (\rho c_p)_g \right)} \\ K_4 &= \frac{2U t_f}{r \left((1-\varepsilon) (\rho c_p)_s + \varepsilon (\rho c_p)_g \right)} \\ K_5 &= \frac{t_f u}{r \left((1-\varepsilon) (\rho c_p)_s + \varepsilon (\rho c_p)_g \right)} \\ K_6 &= \frac{t_f u}{r} \\ K_7 &= \frac{t_f u}{\varepsilon L} \\ K_8 &= \frac{t_f u}{\varepsilon L} \\ K_9 &= \frac{a_v \exp(E_a(\theta-1) / (\theta R T_0))}{k_c a_v + k_u \exp(E_a/(\theta R T_0))} \\ \tilde{\sigma} &= \frac{T}{T_0}. \qquad y = \frac{C - C_0}{C_0} \end{split}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat kondisi tunak (kesetimbangan), matu $u_{-} = 0$, maka dari persamaan (5)-(6) diperoleh solusi tunak merupakan solusi dari masalah nilai batas berbentuk sistem cersamaan diferensial biasa (SPDB) tak inier orde-2:

$$\begin{aligned} & \hat{\sigma}_{xx} - k_2 \hat{\sigma}_x + k_5 g(\theta)(1 - y) + k_4 (1 - \theta) = 0 \\ & \hat{\sigma}_{xx} - k_4 \hat{y}_x + k_5 g(\theta)(1 - y) = 0 \\ & \hat{\sigma}_{x}(0) = k_5 (\theta(0) - 1); \quad k_5 \hat{y}_x(0) = k_6 \hat{y}(0) \\ & \hat{\sigma}_{x}(1) = 0 + y_x(1) = 0 \end{aligned} \tag{8}$$

Karena bentuknya yang tak linier maka secara analitik solusi tunak sulit untuk diceroleh. Dengan demikian profil solusi turak akan dihampiri secara numerik dengan menyesaikan masalah nilai batas 7-3). Shooting method dan collocation method merupakan salah satu teknik yang tacat digunakan untuk menyelesaikan masalah nilai batas ini. Di dalam artikel ini an digunakan salah satu tool dalam malab yaitu bvp4c untuk menyelesaikan masalah nilai batas (7)-(8). Tool bvp4c ini mengimplementasikan collocation method menyelesaikan masalah nilai batas percentuk:

$$\pi = f(x, y, p), \quad a \le kx \le b \tag{9}$$

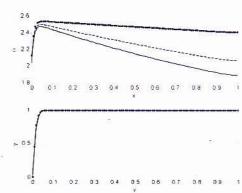
dengan kendala syarat batas:

$$g(y(a),y(b),p) = 0$$
 (10)

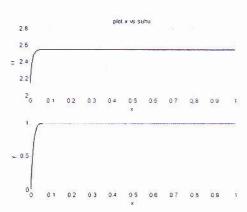
Langkah-langkah untuk mendapatkan profil hampiran solusi tunak, adalah sebagai berikut:

- 1. Ubah SPDB (7) ke dalam bentuk persamaan (9) dan syarat batas (8) ke dalam bentuk (10).
- bvp4c Gunakan tool menyelesaikan masalah nilai batas yang diperoleh dari langkah ke-1 kemudian plot hampiran solusi yang diperoleh.

Dengan menggunakan data fisis yang tersedia, maka diperoleh plot hampiran tunak untuk RABB dengan pendinginan dan tanpa pendinginan seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Profil solusi tunak peubah tak berdimensi untuk suhu dan konversi gas metana pada RABB dengan pendinginan. Garis penuh untuk k4 = 0.0175, garis putus-putus untuk $k_4 = 0.0675$ dan titik-titik untuk $k_4 = 0.1$.



Gambar 2. Profil solusi tunak peubah tak berdimensi untuk suhu dan konversi gas metana secara numerik pada RABB tanpa pendinginan