

OPTIMASI GASIFIKASI AMPAS TEBU MENGGUNAKAN DESIGN EXPERT 11 UNTUK MEMAKSIMALKAN RASIO SYNGAS

Erna Yuliwati^{1,*}, Reno Winaldo², Dian Kharismadewi¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Palembang

²Program Studi Teknik Kimia Program Magister,
Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang
Jln. Jend. Ahmad Yani 13 Ulu Seberang Ulu II, Kec. Plaju,
Kota Palembang, Sumatera Selatan 30263.

*Corresponding author: erna_yuliwati@um-palembang.ac.id

Abstrak

Tebu adalah salah satu tanaman yang termasuk jenis multikultural dan merupakan salah satu komoditi perkebunan yang mempunyai peran strategis dalam perekonomian Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji optimasi teknologi gasifikasi ampas tebu menjadi combustible dan non-combustible syngas (CH₄, H₂ dan CO) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20%-40% udara stoikiometri) dengan pemecahan rantai hidrokarbon panjang menjadi hidrokarbon pendek pada temperatur tinggi menggunakan piranti lunak Design Expert 11.0® dengan Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design yang menghasilkan respon yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon gas mampu bakar (CO, CH₄, dan H₂) sangat dipengaruhi oleh temperatur, massa katalis (zeolit) dan volume air. Optimasi menggunakan program Design Expert 11.0® dengan RSM Central Composite Design menghasilkan formula pengolahan yang optimal pada temperatur 500°C, massa katalis (zeolit) 200gr dan volume air 40mL/menit akan menghasilkan gas metan 8,5535% mol, dengan nilai desirability sebesar 0,992. Formula yang didapat selanjutnya dilakukan uji verifikasi untuk membuktikan tingkat kebenaran dari formula yang didapat menggunakan Design Expert 11.0®.

Kata Kunci : ampas tebu, optimasi, design expert, gasifikasi.

Abstract

Sugar cane is one of the plants that belong to the multicultural type and is one of the plantation commodities that has a strategic role in the Indonesian economy. This research aims to examine the optimization of sugarcane bagasse gasification technology into combustible and non-combustible gas (CH₄, H₂ and CO) through the combustion process with limited air supply (20-40% stoichiometric air) by breaking long hydrocarbon chains into short hydrocarbons at high temperatures using Design Expert 11.0® software with Central Surface Composite Design's Response Surface Methodology (RSM) that produces an optimal response. The results showed that the response of gases capable of combustion (CO, CH₄, and H₂) was strongly influenced by temperature, catalyst mass (zeolite), and the water of volume. Optimization using the Design Expert 11.0® program with RSM Central Composite Design produces an optimal processing formula at 500°C, catalyst mass (zeolite) 200gr, and volume of water 40mL/min * will produce 8.5535% methane gas, with a desirability value of 0.992. The obtained formula is then subjected to a verification test to prove the correctness of the formula obtained using Design Expert 11.0®.

Keywords: bagasse, optimization, design expert, gasification. .

PENDAHULUAN

Tebu adalah salah satu tanaman yang termasuk jenis multikultura, dimana tanaman ini merupakan bahan baku industri gula yang merupakan salah satu komoditi perkebunan yang mempunyai peran strategis dalam perekonomian di Indonesia. Dengan luas areal sekitar 420,15 ribu hektar pada tahun 2017 (Statistik Tebu Indonesia 2017, Badan Pusat Statistik), industri gula berbahan baku tebu merupakan salah satu sumber pendapatan bagi ribuan petani tebu dan pekerja di industri gula. Gula juga merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi sebagian besar masyarakat dan sumber kalori yang relatif murah.

Manfaat utama tebu adalah sebagai bahan baku pembuatan gula pasir. Ampas tebu atau lazimnya disebut baggase adalah hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Dari satu pabrik

dihasilkan ampas tebu sekitar 35- 40% dari berat tebu yang digiling (Zultiniar dkk., 2011).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memberikan nilai tambah terhadap ampas tebu tersebut, salah satunya pembuatan biogas dengan proses gasifikasi. Gasifikasi merupakan pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (H_2 , CH_4 , CO) melalui proses pembakaran menggunakan udara yang terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara stoikiometri (Rinovianto, 2012).

Tabel.1 Karakteristik gas hidrogen pada temperatur dan tekanan standar ($25\text{ }^\circ\text{C}$ dan 100 Kpa)

Rumus Kimia	H_2
Warna	Tidak berwarna
Densitas	0.08988 g/L (0°C dan $101,325\text{ kPa}$) saat cair 0,0763 g/cm ³ saat padat
Titik lebur	13,99 K ($-259,16\text{ }^\circ\text{C}$, $-434,49\text{ }^\circ\text{F}$)
Titik didih	20,271 K ($-252,879\text{ }^\circ\text{C}$, $-423,182\text{ }^\circ\text{F}$)
Sumber: Wikipedia hydrogen , 2020 dalam Hidayat, 2021	

Gas hasil proses gasifikasi juga disebut gas mampu bakar, syngas atau produser gas (Sukiran dan Mohammad Azri , 2014). Pada suhu ruangan dan tekanan standar, metana adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Bau dari metana (yang sengaja dibuat demi alasan keamanan) dihasilkan dari penambahan odoran seperti metanathiol atau etanathiol. Metana mempunyai titik didih $-161\text{ }^\circ\text{C}$ ($-257.8\text{ }^\circ\text{F}$) pada tekanan 1 atmosfer. Sebagai gas, metana hanya mudah terbakar bila konsentrasinya mencapai 5-15% di udara. Metana yang berbentuk cair tidak akan terbakar kecuali diberi tekanan tinggi (4-5 atmosfer).

Tabel 2. Karakteristik metana pada temperatur dan tekanan standar ($25\text{ }^\circ\text{C}$ dan 100 Kpa)

Rumus Kimia	CH_4
Massa Molar	$16,04\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Penampilan gas	tidak berwarna
Bau	tidak berbau
Densitas	$655.6\text{ }\mu\text{g cm}^{-3}$
Titik lebur	$-187,2\text{ }^\circ\text{C}$; $-304,9\text{ }^\circ\text{F}$; $86,0\text{ K}$
Titik didih	$-162\text{ }^\circ\text{C}$; $-260\text{ }^\circ\text{F}$; 111 K
Kelarutan dalam air	35 mg dm^{-3} (at $17\text{ }^\circ\text{C}$) log P 1.09 Termokimia
Kapasitas kalor (C)	$35.69\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$
Entropi molar standar (S)	$186.25\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$
Wikipedia Metana, 2020 dalam Hidayat 2021)	

Pada penelitian ini akan dibahas optimasi gasifikasi biogas dari ampas tebu secara statistik. Optimasi adalah suatu metode atau desain eksperimental yang digunakan untuk mendapatkan formula yang optimum (Herdiansyah, dkk, 2017). Kemajuan dibidang teknik statistika dan matematika yang didukung oleh perkembangan software (perangkat lunak) komputer menghasilkan suatu teknik optimasi yang mengkombinasikan teknik statistika dan matematika yang dikenal dengan nama Response Surface Methodology (RSM) atau Metode Respon Permukaan.

Response Surface Methodology (RSM) adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan bertujuan untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2009). Metode ini pertama kali diajukan sejak tahun 1951 dan sampai saat ini telah banyak dimanfaatkan baik dalam dunia penelitian maupun aplikasi industri. Menurut Myers dan Montgomery (1995), RSM merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis

permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon. Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon.

Penggunaan RSM dalam mengoptimalkan perlakuan dikaji untuk optimasi pembuatan biogas dari ampas tebu (baggase) dengan gasifikasi sehingga didapatkan produk syngas yang maksimal (Alwan, 2019, Basu, 2010 dan Ginting, 2015).

Response Surface Methodology (RSM)

Proses optimasi formula dan proses produksi pada penelitian ini menggunakan peranti lunak (software) Design-Expert 11. Peranti lunak ini menyediakan fasilitas mixture design (D-optimal) dan Response surface design. Mixture design atau desain campuran digunakan untuk mendapatkan formula yang optimum. Response surface design atau desain permukaan respon digunakan untuk mendapatkan parameter proses yang optimum (Iriawan, 2006). Baik mixture design maupun response surface merupakan metode yang menggunakan prinsip response surface methodology. Menurut Montgomery (2001), Response Surface Methodology (RSM) atau metodologi permukaan respon adalah kumpulan teknik-teknik statistik dan matematika yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis masalah-masalah dimana responnya dipengaruhi oleh beberapa variabel. Menurut Montgomery (2009), Response Surface Methodology (RSM) meringkas sebuah kelompok teknik statistik untuk membangun model empiris dan eksploitasi model. Metode ini menghubungkan sebuah respon atau variabel keluaran (output) dengan data masukan (input) yang mempengaruhinya. Jika suatu daerah dengan respon optimum ditemukan maka dibuat suatu model untuk menghubungkan ke daerah tersebut sehingga analisis dapat dilakukan untuk mencapai daerah optimal tersebut. Menurut Myers et al (2009), pengaplikasian (RSM) membutuhkan model perkiraan untuk mendapatkan permukaan respon yang benar. Model tersebut adalah model empiris yang biasanya menggunakan model multipel regresi (Gumerov, 2016). Model regresi yang sederhana adalah model regresi linear yang ditunjukkan pada persamaan (1).

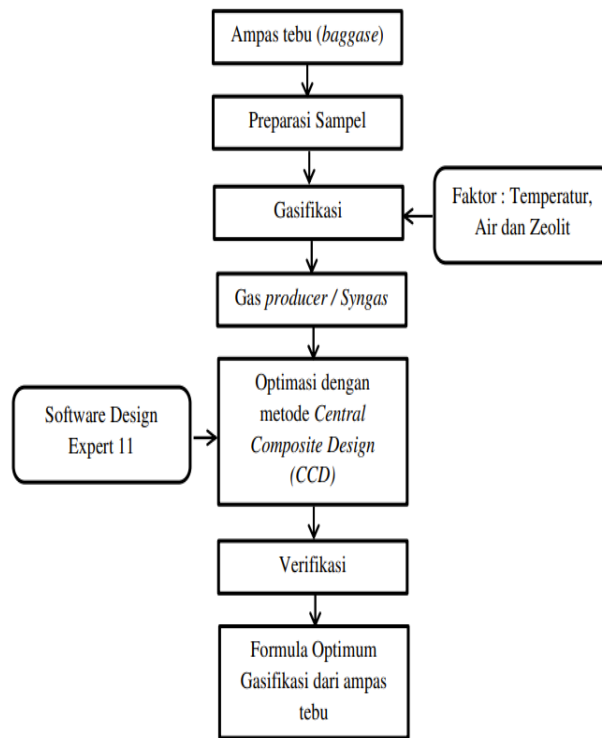
$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

Persamaan (1) merupakan sebuah model regresi linear multipel dengan dua variabel bebas. Variabel bebas ini sering disebut dengan variabel prediksi (predictors) atau regresor. β_0 merupakan intersep dengan nilai yang tetap. β_1 dan β_2 merupakan koefisien regresi parsial dimana β_1 mengukur perubahan y setiap perubahan unit x_1 dan β_2 mengukur perubahan y setiap perubahan unit x_2 . Model yang lebih kompleks ditunjukkan pada persamaan (2). Persamaan tersebut mencantumkan interaksi antara kedua regresor.

Menurut Montgomery (2009), RSM merupakan prosedur yang berurutan. Ketika suatu kejadian fisik berada jauh dari titik optimum maka model yang pertama (persamaan 1) digunakan. Model ini akan mendekati atau menunjukkan peneliti pada daerah optimum melalui jalur pengoptimasian atau *path of improvement*. Ketika suatu daerah optimum ditemukan maka model yang lebih kompleks seperti model kedua (persamaan 2) digunakan. Selanjutnya proses analisis permukaan respon dilakukan untuk untuk mendapatkan titik optimum.

METODE PENELITIAN

Penelitian gasifikasi ampas tebu (baggase) dapat dilihat pada gambar 6. Namun dalam penelitian ini, penulis hanya melanjutkan dari penelitian sebelumnya, yaitu mulai dari optimasi dengan menggunakan software Design Expert 11.



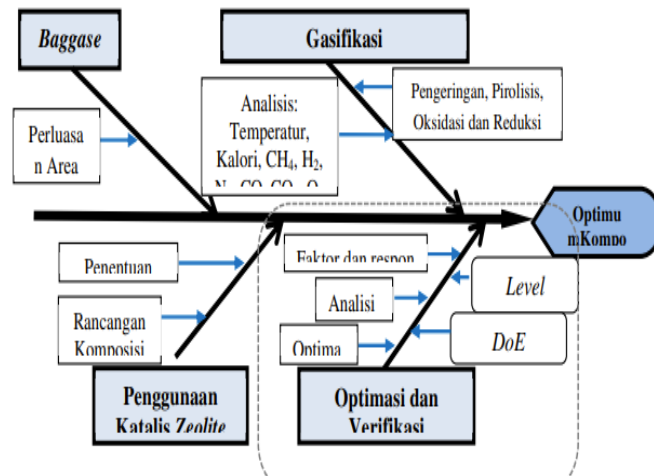
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Kondisi temperatur dan penambahan air pada zeolite dengan jumlah 200 gr (standar) akan dapat menghasilkan formula optimum untuk menghasilkan syngas maksimum dari bahan ampas tebu (bagase). Nilai prediksi dari hasil model matematika yang akan didapatkan dari RSM sebaiknya memiliki tingkat diferensiasi 0,005 (dilihat dari ANOVA) dan *desireability* mendekati 1,0.

Adapun sistem yang digunakan untuk gasifikasi ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.

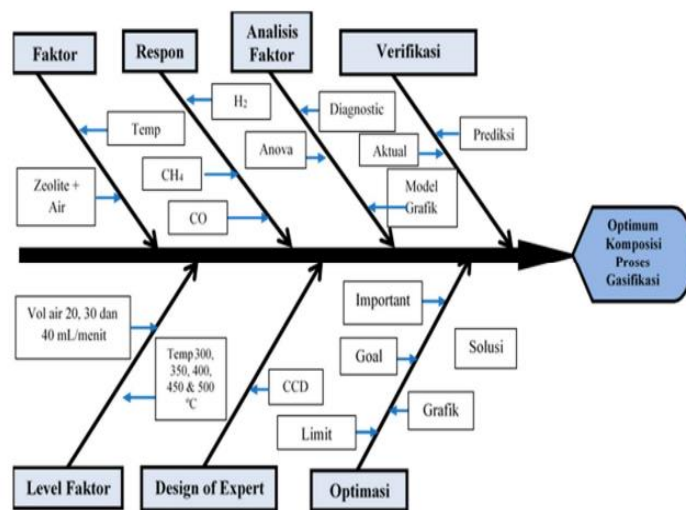


Gambar 2. Sistem Gasifikasi Ampas Tebu (Rizal dkk., 2020)



Gambar 3. Fishbone Diagram Penelitian

Tahap gasifikasi telah dilakukan oleh peneliti terdahulu (Rizal, Samsyu 2019) dimana temperatur yang digunakan antara 300 - 500°C dengan penambahan zeolite dan air dengan variasi volume air 20–40 mL/menit namun tidak menghasilkan nilai yang baik. Sehingga data yang digunakan pada penelitian ini mengambil faktor temperatur, zeolite plus air dan respon produk gas H₂, CH₄ dan CO.



Gambar 4. Diagram Fishbone Tahapan Proses Gasifikasi

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

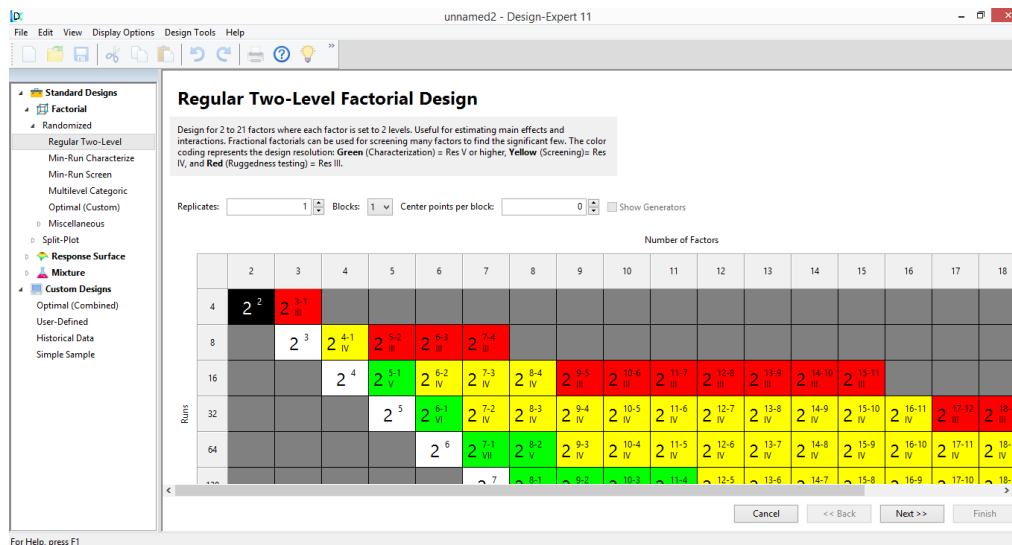
Pada penelitian ini dilakukan optimasi proses kondisi gasifikasi ampas tebu dengan menggunakan Design Expert 11, dimana tahapan awal yang harus dipersiapkan adalah dengan menentukan faktor (variabel penelitian) dan respon (parameter uji) untuk mendapatkan proses kondisi optimum guna menghasilkan produk maksimum yang terdiri dari *combustible* dan *non-combustible syngas*. Faktor yang digunakan adalah variasi temperatur dan komposisi 200 gr zeolite + air dengan laju alir 20, 30 dan 40 mL/menit, untuk mendapatkan produk gas metan (*combustible gas*) dan hidrogen , karbon monoksida (*non-combustible gas*). Dalam desain eksperimental yang menggunakan Design Expert 11 ini, ada beberapa tahap yang harus dilakukan yaitu:

1. Pembuatan Design

Design of experiment merupakan langkah awal dan bagian penting dalam memulai rangkaian proses optimasi. DoE adalah desain pebelitian yang dihasilkan dari software design expert yang efisien dimana kita harus menentukan jumlah faktor dalam sistem dan kemudian menginput batas atas dan bawah sebagai batasan integrasi model matematika yang akan diolah, seperti pada Gambar 5 berikut. Dalam pembuatan desain ada beberapa langkah yaitu :

a. Penentuan Faktor

Pada penelitian ini faktor yang digunakan adalah temperatur dan 200gr Zeolit ditambah air. Adapun variasi temperatur adalah 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C. Sedangkan variasi lainnya adalah 200 gr Zeolit + 20 mL air per menit, 200 gr Zeolit + 30 mL air per menit dan 200 gr Zeolit + 40 mL air per menit.



Gambar 5. Penentuan Faktor dan Respon untuk Optimasi

b. Penentuan Response

Response adalah hasil dari gasifikasi, yaitu hydrogen (H₂), methane (CH₄), dan carbon monoxide (CO). Pada tahap ini pilih jumlah responses sebanyak 3 (tiga) yaitu produk gas metana, hidrogen dan karbonmonoksida, dimana ketiga respon ini merupakan parameter ukur yang paling berpengaruh untuk memenuhi tujuan, Pada penelitian ini ditetapkan 3 respon yaitu combustible gas (gas metan) dan non combustible gas (hidrogen dan carbon monoksida).

2. Design Layout of Experiment

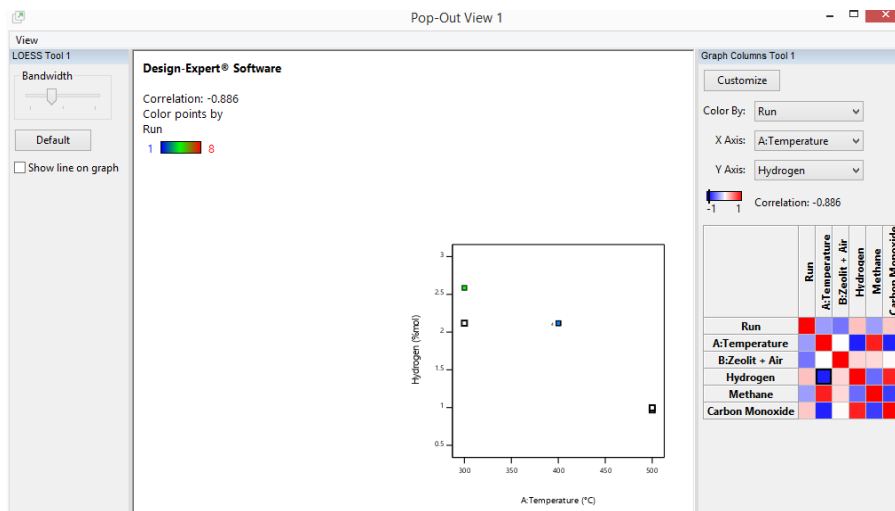
Setelah selesai membuat desain, software Design Expert 11 akan menentukan jumlah running dan variable dari desain yang kita buat dan akan meminta untuk memasukan data dari variable tersebut. Pada Design Actual ada beberapa informasi yang dapat ditampilkan antara lain : Design Layout, Column Info, Summary, Graph Columns, Evaluation. Pada Design Layout of Experiment terlihat jumlah running dan data aktual yang kita masukkan sesuai dengan data hasil penelitan.

Pada Gambar 6 dapat dilihat Faktor dan response yang ditetapkan pada penelitian ini.

Std	Run	Factor 1 A:Temperature C	Factor 2 B:Zeolit + Air mL/Menit	Response 1 Hydrogen %	Response 2 Methane %	Response 3 Carbon Monoxi... %
4	1	500	40	0.9973	7.8611	28.8488
8	2	400	30	2.1184	7.2893	35.3855
6	3	400	30	2.1184	7.2893	35.3855
5	4	400	30	2.1184	7.2893	35.3855
3	5	300	40	2.5861	5.4243	35.6189
2	6	500	20	0.9698	8.6006	24.257
1	7	300	20	2.1184	3.394	39.8995
7	8	400	30	2.1184	7.2893	35.3855

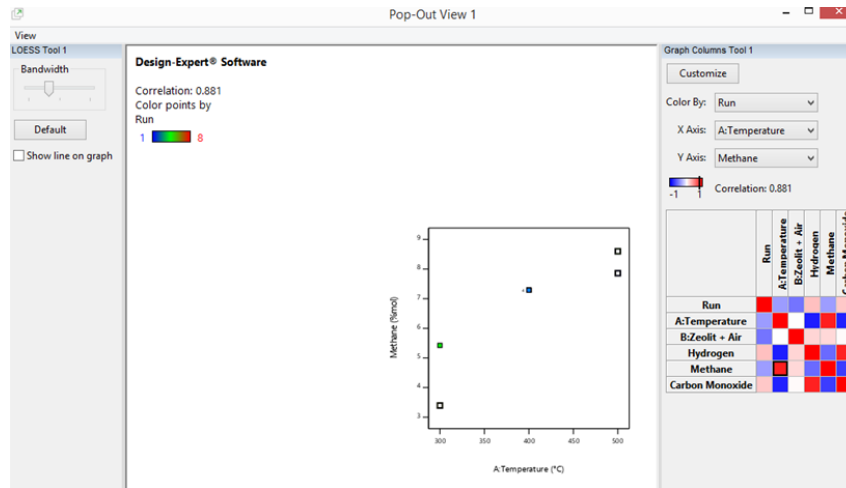
Gambar 6. Graph Column untuk Masing-Masing Faktor

Pada gambar 7 dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap produksi hidrogen, pada temperatur 300^oC produksi hidrogen sebesar 2,1184% mol dan dengan kenaikan temperatur hingga 400^oC terlihat bahwa produksi hidrogen sebesar 1,6232%mol dan dengan kenaikan temperatur 500^oC produksi hidrogen dengan proses gasifikasi menurun hingga sebesar 0,9698% mol.



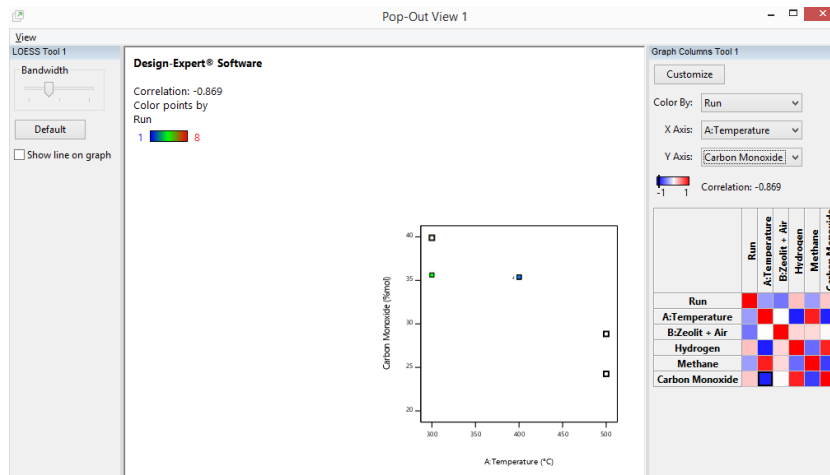
Gambar 7. Pengaruh Temperatur pada Produksi Hidrogen

Pada gambar 8 dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap produksi metana, pada temperatur 300^oC produksi metana sebesar 3,3940% mol dan dengan kenaikan temperatur hingga 400^oC terlihat bahwa produksi metana sebesar 5,2034%mol dan dengan kenaikan hingga temperatur 500^oC produksi metana dengan proses gasifikasi meningkat hingga sebesar 8,6006% mol.



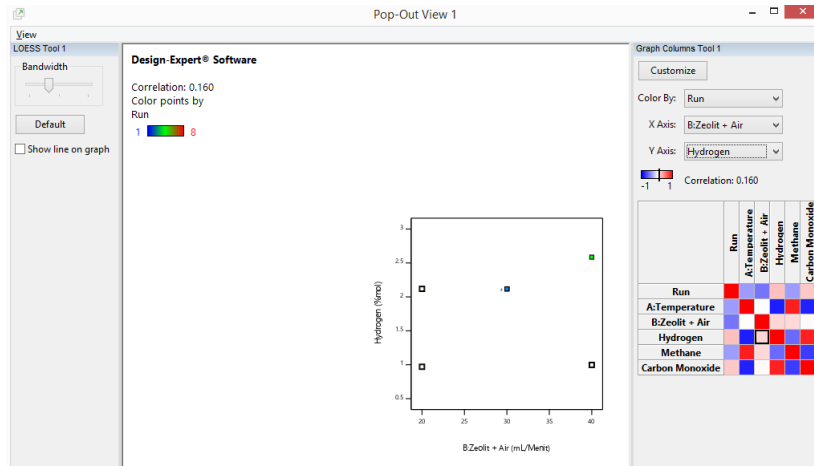
Gambar 8. Pengaruh Temperatur pada Produksi Metana

Pada gambar 9 dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap produksi karbon monoksida, pada temperatur 300°C produksi Carbon monoksida sebesar 39,8995 % mol dan dengan kenaikan temperatur hingga 400°C terlihat bahwa produksi karbon monoksida sebesar 31,8176 % mol dan dengan kenaikan hingga temperatur 500°C produksi karbon monoksida dengan proses gasifikasi menurun hingga sebesar 24,2570 % mol.



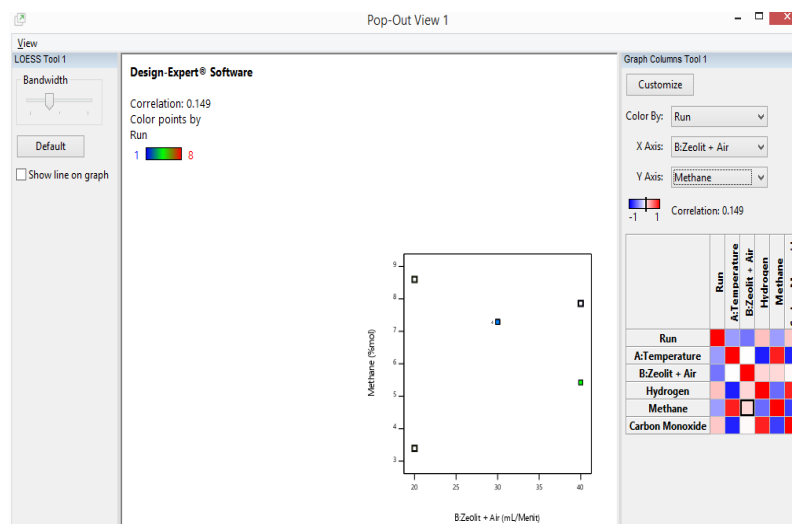
Gambar 9. Pengaruh Temperatur pada Produksi Karbon Monoksida

Pada gambar 10 dapat dilihat pengaruh zeolit + air terhadap produksi hidrogen, pada penambahan 200gr zeolite + air 20mL/menit produksi hidrogen sebesar 2,1184% mol dan dengan penambahan 200gr zeolite + air 30mL/menit terlihat bahwa produksi hidrogen sebesar 3,9823% mol dan dengan penambahan 200gr zeolite + air 40mL/menit produksi hidrogen dengan proses gasifikasi menjadi sebesar 2,5861% mol.



Gambar 10. Pengaruh Zeolite+Air pada Produksi Hidrogen

Pada Gambar 11 dapat dilihat pengaruh zeolit + air terhadap produksi metana, pada penambahan 200 gr zeolite + air 20 mL/menit produksi metana sebesar 3,3940 % mol dan dengan penambahan 200 gr zeolite + air 30mL/menit terlihat bahwa produksi metana sebesar 5,5799 % mol dan dengan penambahan 200 gr zeolite + air 40mL/menit produksi metana dengan proses gasifikasi menjadi sebesar 5,4243 % mol.

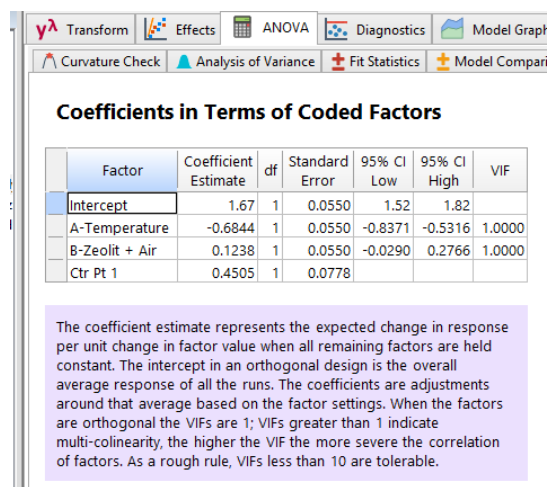


Gambar 11. Pengaruh Zeolite+Air pada Produksi Metana dan Karbon Monoksida

Pada Gambar 11 diatas dapat dilihat juga pengaruh zeolit + air terhadap produksi karbon monoksida, pada penambahan 200 gr zeolite + air 20 mL/menit produksi karbon monoksida sebesar 39,8995 % mol dan dengan penambahan 200gr zeolite + air 30mL/menit terlihat bahwa produksi karbon monoksida sebesar 38,1262% mol dan dengan penambahan 200gr zeolite + air 40mL/menit produksi karbon monoksida dengan proses gasifikasi menjadi sebesar 35,6189% mol. Pada bagian Evaluation terdapat beberapa jenis sub bagian yaitu Model, Results dan Graphs. Pada sub bagian Model, terdapat beberapa macam proses order, serta Model Type yang akan digunakan, seperti pada proses order terdapat Modified, Design Model, Mean, Linear, 2FI, Quadratic, Cubic, Quartic, Fifth, dan Sixth. Sedangkan pada Model Type terdapat pilihan polynomial dan factorial. Dalam penelitian ini penulis menggunakan Model 2FI dan Model Type polynomial, sehingga beberapa 42 istilah yang akan muncul dalam model ini adalah intercept, A (temperatur), B (zeolit + Air) dan AB (temperatur dan zeolit + Air).

ANOVA

ANOVA for Selected Factorial Model terlihat dalam term Model bahwa temperatur mempunyai nilai p-value sebesar 0,0006 dan zeolite + air mempunyai nilai p-value sebesar 0,0877. Dan nilai Lack of fit untuk hidrogen adalah sebesar 0,0484.



Gambar 12. Grafik ANOVA dengan *Factorial Model* untuk Hidrogen

Pada gambar 13 dibawah dijelaskan nilai Intercept untuk respon hidrogen adalah 1,67 dengan standar error 0,0550 untuk faktor temperatur dan zeolit + air. Sehingga didapat model matematika:

$$Y_1 = 167-0,6844 X_1+0,1238 X_2+0,4505$$

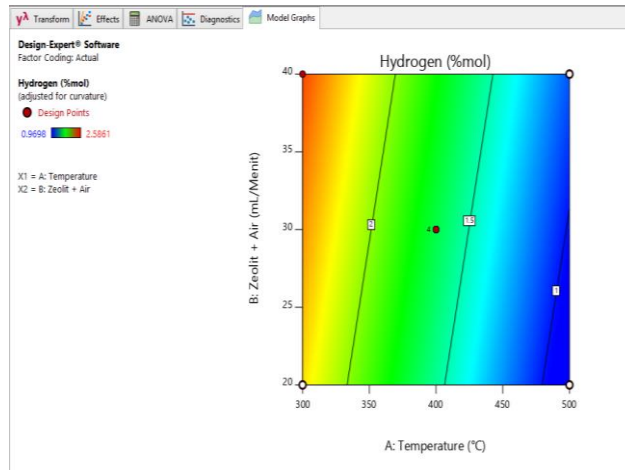
Prediksi kadar hidrogen yang dihasilkan dari temperatur dan zeolit + air. Apabila pointer mouse diletakkan pada sembarang titik dalam gambar, maka akan muncul prediksi nilai hidrogen.

Perhitungan ANOVA untuk metana juga dilakukan dan mendapatkan model matematika, dimana nilai koefisien untuk intercept untuk respon metana adalah 6,32, nilai koefisien untuk temperatur adalah 1,91 dan nilai koefisien untuk zeolit + air adalah 0,3227. Sehingga didapat model matematika untuk respon metana adalah:

$$Y = 6,32+1,91X_1+0,3227X_2+0,9693.$$

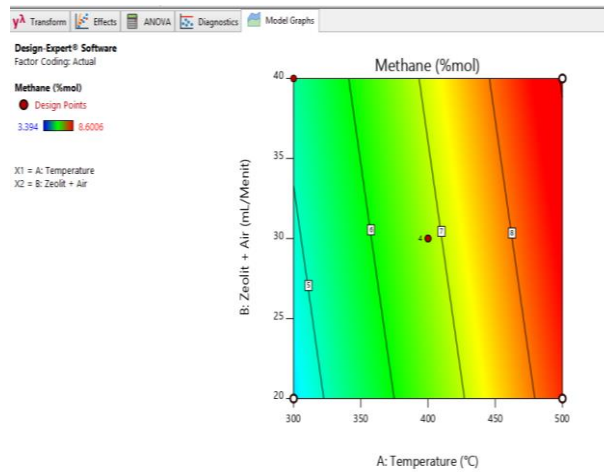
Sedangkan untuk karbondioksida dengan model matematika sebagai berikut, dimana nilai koefisien Intercept untuk respon karbon monoksida adalah 32,16, koefisien temeratur (X1) adalah – 5,60 dan koefisien zeolit + air (X2) adalah sebesar 0,0788. Sehingga didapat model matematika :

$$Y = 32,16-5,60X_1+0,0778X_2+323$$



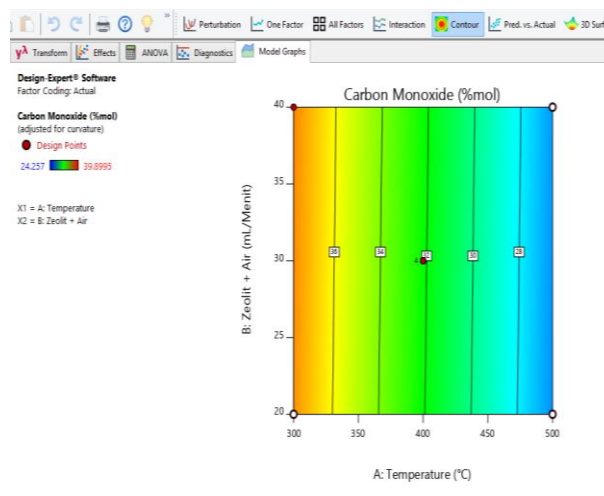
Gambar 13. Model *Graph Contour* Hidrogen

Gambar 13 di atas memperlihatkan prediksi kadar hidrogen yang dihasilkan dari temperatur dan zeolit + air.



Gambar 14. Model *Graph Contour* Metana

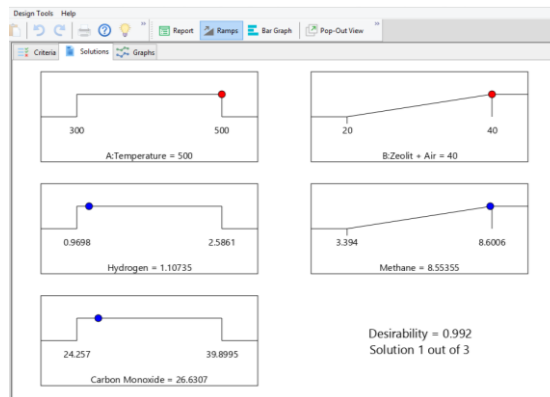
Gambar 14 di atas memperlihatkan prediksi kadar metana yang dihasilkan dari temperatur dan zeolit + air.



Gambar 15. Model *Graph Contour* Karbon Dioksida

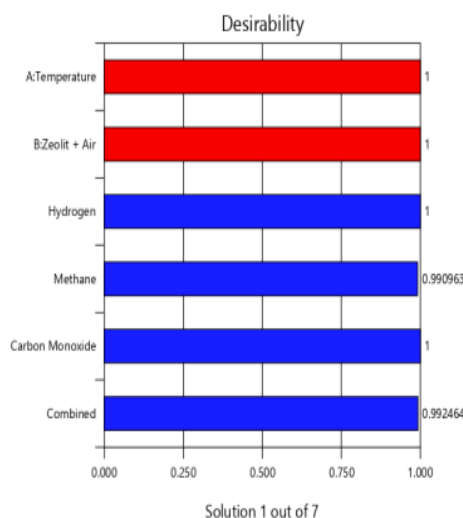
Optimasi

Optimasi Proses Kondisi Gasifikasi Dalam proses optimasi melalui desain eksperimental menggunakan Design Expert 11 ini, pada bagian numerical sub bagian criteria dapat ditentukan kriteria apa saja yang diinginkan. Dari uji coba yang telah dilakukan, didapatkan optimasi dengan kriteria untuk faktor temperatur yang menjadi goal adalah in range dan untuk faktor zeolit + air yang menjadi tujuan adalah memaksimalkan produk. Sedangkan untuk respon yang kriteria respon optimum yang diinginkan untuk hidrogen yang menjadi goal adalah in range, untuk metana yang menjadi goal adalah maksimum, dan untuk respon terakhir yaitu karbonmonoksida, kriteria yang menjadi goal adalah in range. Dari hasil kriteria yang dibuat tersebut didapatlah hasil optimasi dengan nilai desirability sebesar 0,992 seperti terlihat pada gambar 16 berikut.



Gambar 16. Optimization Numerical

Pada Gambar 17 terlihat nilai dari masing-masing desirability, dimana untuk faktor tempeteratur sebesar 1, zeolite+air sebesar 1, hydrogen sebesar 1, metana sebesar 0,990963, karbonmonoksida sebesar 1 dan secara combined didapat nilai desirability sebesar 0,992. Nilai desirability yang semakin mendekati 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna. Nilai desirability untuk faktor temperatur dan zeolit+air masing masing sebesar 1,0 dan nilai desirability untuk responses hidrogen dan karbon monoksida masing masing sebesar 1,0 serta metan sebesar 0,990963. Dari Reshita dkk (2017), optimasi komposisi campuran minyak nabati sebagai bahan baku sintesis biodiesel mendapatkan nilai rata-rata desirability maksimum mendekati 1,0. Hal serupa juga dilaporkan sebagai hasil penelitian dari Ramiah dkk (2012), Ratnawati dan Susana (2018), Yuliwatu dan Ismail (2012), Reshita Amalia Ramadhani dkk (2017), juga menghasilkan nilai desirability yang semakin mendekati 1,0



Gambar 17. Grafik Desirability Respon

SIMPULAN

Berdasarkan hasil desain ekperimental menggunakan Design Expert 11 yang telah dilakukan dapat dirangkum simpulan sebagai berikut :

1. Temperatur optimum penambahan katalis Zeolit + air untuk proses gasifikasi ampas tebu (baggase) adalah 500°C dan 40 mL/Menit. Dengan tingkat kepercayaan 95%. Dimana kadar hydrogen yang dihasilkan sebesar 1,1073 %mol, methane sebesar 8,5535 %mol dan carbon monoxide sebesar 26,6307 %mol.
2. Model Polinomial pada proses 2 FI secara signifikan mendapatkan hasil yang baik yang diukur dari hasil verifikasi dengan nilai prediksi dan aktual yang memiliki perbedaan (diferensiasi) sebesar 94,44%.
3. Matematika model untuk produk gasifikasi hasil optimasi menggunakan response surface methodology adalah sebagai berikut:

$$Y_1 \text{ (hidrogen)} = 1,6679 - 0,68435 X_1 + 0,1238 X_2$$

$$Y_2 \text{ (metan)} = 6,32 + 1,91085 X_1 + 0,3227 X_2 + 0,9693$$

$$Y_3 \text{ (karbon monoksida)} = 32,1561 - 5,601315 X_1 + 0,0778 X_2.$$

DAFTAR PUSTAKA

- Alwan, Hafid. (2019). Model Gasifikasi Biomassa menggunakan Pendekatan Kesetimbangan Termodinamika Termodinamika Stoikiometris dalam Memprediksi Gas Produser.
- Badan Pusat Statistik, 2017. Statistik Tebu Indonesia Tahun 2017
- Basu, Prabir. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory”, Academic Press, *Elsevier*
- Ginting, Agus S. (2015). Karakteristik Gas-Gas Hasil Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit.
- Gumerov, Farid M. (2016). Mathematical Modeling of Technology for Disposal of Oil Sludge with the Use of Liquid and Supercritical Fluid Extraction Process.
- Hidayat, Syarif. (2019). Pirolisis Alang-alang (*Imperara Cilindrica*) sebagai Bioenergi di Provinsi Banten Indonesia.
- Herdiansyah, M. Izman, Yuliwati, E, Ismail, A.F. (2017). Mathematical Model of Optimum Composition on Membrane Fabrication Parameters for Treating Batik Palembang Wastewater.
- Montgomery, D. C. (2009). Design and Analysis of Experiments, 6th Edition, *John Wiley & Sons*, New York.
- Myers, R. H. and Montgomery, D. C. (1995). Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments, New York: *John Wiley & Sons*.
- Ramadhani, Reshita A. (2017). Review Pemanfaatan Design Expert untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel.
- Ratnawati, Susana E. (2018). Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) pada Optimasi Ekstraksi Kalsium Tulang Lele.
- Rinovianto, Guswendar. (2012). Karakteristik Gasifikasi pada Updraft Double Gas Outlet Menggunakan bahan Bakar Kayu Karet.
- Rizal, Syamsu. (2019). Produksi Synthetic Gas dari Proses Gasifikasi Limbah Biomassa Pabrik Gula Sebagai Energi Alternatif.
- Rizal, S, Erna Y, M. Faisal. (2020). Uji Performa Tungku Gasifikasi untuk Pirolisis Gas Metana dari Ampas Tebu
- Sukiran, Mohamad Azri Sukiran. (2014). Pirolisis of Empty Bunches : Influence of Temperature on The Yields and Composition of Gaseous Product.
- Yuliwati, E. Ismail, A.F. (2012). Effects of Process Conditions in Submerged Ultrafiltration for Refinery Wastewater Treatment: Optimization of Operating Process by Response Surface Methodology.
- Zultiniar, (2011). Pengaruh Temperatur Pada Pembuatan Asam Oksalat dari Ampas Tebu. *Jurnal Ilmiah Sains Terapan*.