

**OPTIMASI GASIFIKASI DARI AMPAS TEBU
 MENGGUNAKAN SOFTWARE DESIGN EXPERT 11
 UNTUK MEMAKSIMALKAN RASIO
 COMBUSTIBLE-NON COMBUSTIBLE GAS**

**RENO WINALDO
94218009**



TESIS

Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia Universitas
Muhammadiyah Palembang
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
Dipertahankan pada tanggal 27 Agustus 2020
Di Universitas Muhammadiyah Palembang

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2020

**OPTIMASI GASIFIKASI DARI AMPAS TEBU
 MENGGUNAKAN SOFTWARE DESIGN EXPERT 11
 UNTUK MEMAKSIMALKAN RASIO
 COMBUSTIBLE-NON COMBUSTIBLE GAS**

**RENO WINALDO
94218009**



TESIS

Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia Universitas
Muhammadiyah Palembang
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
Dipertahankan pada tanggal 27 Agustus 2020
Di Universitas Muhammadiyah Palembang

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2020

**OPTIMASI GASIFIKASI DARI AMPAS TEBU MENGGUNAKAN
SOFTWARE DESIGN EXPERT 11 UNTUK MEMAKSIMALKAN
RASIO COMBUSTIBLE-NON COMBUSTIBLE GAS**

TESIS

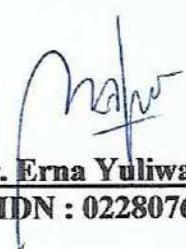
NAMA : RENO WINALDO

NIM : 94218009

Disetujui untuk disampaikan kepada Panitia Penguji

Pada Tanggal: 27 Agustus 2020

Pembimbing 1



Ir. Erna Yuliwati, M.T, Ph.D
NIDN : 0228076701

Pembimbing 2



Dian Kharismadewi, S.T, M.T, Ph.D
NIDN : 0222048201



PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reno Winaldo
NIM : 94218009
Program Studi : Teknik Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Teknik baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penilitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, 27 Agustus 2020
Yang membuat pernyataan,



(Reno Winaldo)

ABSTRACT

Gasification is a form of increasing the use of energy contained in biomass materials. In this research studied the optimization of sugarcane bagasse gasification technology into combustible and non-combustible gas (CH_4 , H_2 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 optimal response. The results showed that the response of gases capable of combustion (CO , CH_4 , and H_2) 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®.

Key Words : Bagasse, Optimization, Design Expert.

ABSTRAK

Gasifikasi merupakan salah satu bentuk peningkatan pemanfaatan energi yang terkandung di dalam bahan biomassa. Pada penelitian ini dikaji optimasi teknologi gasifikasi ampas tebu menjadi *combustible* dan *non-combustible syngas* (CH_4 , H_2 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, CH_4 , dan H_2) 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 metana 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

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullai Wabarakatuh

Ahamdulillahhirobbil'alamin, segala puji hanya kepunyaan Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis berjudul "**OPTIMASI GASIFIKASI AMPAS TEBU (BAGASSE) MENGGUNAKAN SOFTWARE DESIGN EXPERT 11 UNTUK MEMAKSIMALKAN RASIO COMBUSTIBLE-NON COMBUSTIBLE GAS**". Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) pada Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.

Dalam penyelesaian tesis ini tidaklah semudah membalikan telapak tangan. Banyak kendala dan kesulitan yang bersifat teknis dan kendala akademis yang ditemukan, serta pandemi yang melanda dunia termasuk negara kita Indonesia. Dengan kenyataan tersebut penulis menyadari bahwa tesis ini belum sempurna dan butuh perbaikan secara akademis terutama pada pendalaman observasi yang perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, dari pengorbanan dan jerih payah dalam penyelesaian tesis ini maka besar harapan agar tesis ini dapat bermanfaat bagi siapa saja, walaupun masih banyak kekurangan dan kelemahan yang ada pada tesis ini. Pada akhirnya dalam kesempatan ini disampaikan rasa terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada berbagai pihak yang telah berperan dalam pemberian bantuan berupa arahan, bimbingan dan dorongan semangat yang diberikan selama proses penyelesaian tesis ini. Oleh karena itu, diucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tinggi nya kepada yang terhormat :

1. **Ir. Erna Yuliwati, M.T, Ph.D** dan **Dian Kharismadewi, S.T, M.T, Ph.D** sebagai dosen pembimbing yang menjadi inspirasi serta telah banyak berperan dengan mengorbankan waktu, tenaga, juga fikirannya dalam pengarahan dan memberi semangat hingga tesis ini selesai dengan baik.
2. **Dr. Ir. Elfidiah, M.T** sebagai **Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia** Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah berperan dalam pemberian ilmu pengetahuan melalui perkuliahan dan seminar, baik pemberian materi, metoda, motivasi, inspirasi dan kritikan yang menjadi pondasi ilmu pengetahuan dalam penyelesaian tesis ini.
3. **Dr. Sri Rahayu, SE, MM** sebagai Direktur Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah berperan dalam pemberian dorongan serta kebijakan akademis PPS secara formal, disiplin, jujur dan serius dalam perkuliahan sehingga kebijakan ini menjadi dasar dalam penyelesaian tesis ini.
4. Dosen Pengudi **Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T, Eko Ariyanto, S.T, M. Chem.Eng, Ph.D** dan **Dr. Mardwita, S.T, M.T**. Terima kasih untuk semua kritik dan saran dalam perbaikan tesis ini.
5. **Semua Dosen** Program Studi Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang tidak dapat disebutkan satu

persatu, terima kasih untuk ilmu, motivasi, inspirasi, kritikan, bimbingan, semangat yang luar biasa sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. **Kedua Orang Tua**, Alm. Marcon M. Ngali dan Alm. Wirnas Wahid yang telah membesarkan dengan penuh kasih sayang. Semoga papa dan mama tenang disana dan ditempatkan di tempat terbaik oleh Allah SWT. Keluarga Besar Marcon terkhusus kakakku Onzukrisno, SH, M. Si dan Widya Sari, S. Sos, MM yang selalu mendukung dalam mencapai cita-cita ini. Buat istriku tercinta Irma Nurvani dan ketiga anak-anak ayah Reisya Quinnna Latisha Winaldo, Raffa Malik Farshad Winaldo dan Ryanza Alfarezel Evano Winaldo yang telah rela berbagi waktu keluarga. Semoga anak-anak ayah memiliki Pendidikan yang lebih tinggi dari ayah.
7. **Teman-teman** angkatan empat S2 Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang, Merry, Devi, Irma, Mimi, Tri dan Eja yang telah sama-sama berjuang dengan berbagai macam cerita. Terimakasih juga untuk para senior Syamsu Rizal, S.T, M.T, Nurlaillah, S.Si, M.T dan Herawati, S.Tr.T yang telah banyak memberikan saran dan idenya.
8. **Dan pihak-pihak lain** yang tidak bisa disebutkan semuanya karena keterbatasan halaman. Semoga peran serta semua pihak tersebut menjadi catatan amal baik di JannahNYA ALLAH SWT.

Untuk yang terakhir kalinya, penulis berdoa semoga amal kebaikan dari berbagai pihak tersebut mendapatkan pahala yang berlipat ganda dari Allah SWT. Serta semoga tesis ini bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat	iii
Abstrak.....	iv
Abstract.....	v
Prakata	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
1. Tujuan Umum	4
2. Tujuan Khusus	4
D. Manfaat Penelitian	4
1. Manfaat Teoritis	4
2. Manfaat Praktis	5
 BAB II. KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESUIS	
A. Kajian Pustaka.....	6
1. Ampas Tebu	6
2. Gasifikasi	7
a. <i>Updraft Gasifier</i>	8
b. <i>Downdraft Gasifier</i>	9
3. <i>Combustible and Non Combustible Gas Producer/Syngas</i>	11
a. Gas Hidrogen (H_2)	12
b. Gas Metana (CH_4)	13
c. Gas Karbon Monoksida (CO)	15
4. Sifat fisika terhadap gasifikasi	17
a. Temperatur	17
b. Zeolit	18
c. Air	21
5. Metode Optimasi	22
a. <i>Response Surface Methodology (RSM)</i>	22
b. <i>Design of Expert (DoE)</i>	25
c. <i>Central Composite Design (CCD)</i>	25
1). Faktor	28
2). Level Faktor	28
3). <i>Response</i>	28

4).	Verifikasi.....	28
B.	Kerangka Pemikiran.....	29
C.	Hipotesis.....	30

BAB III. METODE PENELITIAN

A.	Waktu dan Tempat Penelitian	31
B.	Alat dan Bahan	31
1.	Alat.....	31
2.	Bahan.....	31
C.	Variabel Penelitian.....	32
1.	Variabel Terikat	32
2.	Variabel Bebas	32
D.	Kerangka Penelitian/Diagram Fishbond	32
E.	Desain awal nilai prediksi dan nilai aktual proses gasifikasi.....	33

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Hasil Penelitian	36
1.	Pembuatan Desain (<i>DoE Design of Expert</i>).....	36
a.	Penentuan Faktor.....	37
b.	Penentuan <i>Response</i>	39
2.	<i>Design Layout of Experiment</i>	39
3.	Analisis Desain	55
a.	Hidrogen.....	55
b.	Metana.....	65
c.	Karbon Monoksida.....	75
4.	Optimasi Proses Kondisi Gasifikasi.....	85
5.	<i>Post Analysis</i> dari Optimasi Proses.....	88
6.	Kinetika Reaksi Gasifikasi Ampas Tebu	89
B.	Pembahasan.....	92
1.	Hidrogen.....	92
2.	Metana.....	94
3.	Karbon Monoksida.....	96
4.	Desirability	97
5.	Uji Verifikasi.....	98

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

A.	Simpulan	101
B.	Saran.....	102

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Ampas Tebu	6
Gambar 2. <i>Updraft gasifier</i>	9
Gambar 3. <i>Downdraft gasifier</i>	10
Gambar 4. Grafik Kandungan Komposisi Syngas Ampas Tebu	17
Gambar 5. Unit penyusun Zeolit.....	19
Gambar 6. Hasil SEM Zeolit alam lolos mesh 225.....	21
Gambar 7. Ilustrasi proses optimasi dengan RSM (Montgomery 2001)	24
Gambar 8. Titik uji <i>central composite design</i> (CCD) (Montgomery 2001).....	27
Gambar 9. Tahapan Penelitian	29
Gambar 10. <i>Gasifier Updraft</i> skala laboratorium	31
Gambar 11. Diagram Fishbone gasifikasi secara umum.....	32
Gambar 12. Diagram Fishbone Tahapan Optimasi proses gasifikasi	33
Gambar 13. <i>Normal Plot of residuals</i>	35
Gambar 14. <i>Predicted versus Actual</i>	35
Gambar 15. Tampilan awal Design Expert 11	37
Gambar 16. Menentukan jumlah faktor	38
Gambar 17. Memasukkan nama faktor dan satuannya	38
Gambar 18. Penentuan <i>response</i> proses gasifikasi	39
Gambar 19. <i>Design Layout of experiment</i>	40
Gambar 20. <i>Column Info of Factors and Responses</i>	40
Gambar 21. <i>Summary of factors and responses</i>	41

Gambar 22. Temperatur vs Hidrogen	42
Gambar 23. Temperatur vs Metana.....	43
Gambar 24. Temperatur vs karbon monoksida	44
Gambar 25. Zeolit + Air vs Hidrogen	45
Gambar 26. Zeolit + Air vs Metana	46
Gambar 27. Zeolit + Air vs Karbon Monoksida	47
Gambar 28 <i>Evaluation Model</i>	48
Gambar 29. <i>Evaluation Results Model Term</i>	49
Gambar 30. <i>Evaluation Results Degrees of Freedom</i>	50
Gambar 31. <i>Evaluation Results Matrix Measures</i>	52
Gambar 32. <i>Evaluation FDS Graphs</i>	53
Gambar 33. <i>Evaluation All Factor</i>	53
Gambar 34. Peta kontur untuk zeolit + air vs temperatur	54
Gambar 35. <i>Effects</i> dari Hidrogen.....	55
Gambar 36. <i>Anova curvature Check</i> dari Hidrogen.....	56
Gambar 37. Anova untuk faktor terpilih dari respon hidrogen.....	57
Gambar 38. <i>Anova Fit Statistics</i> dari hidrogen	57
Gambar 39. <i>Anova Coefficients in Term of Coded Factors</i> dari Hidrogen.....	58
Gambar 40. <i>Anova Final Equation in Term of Actual Factor</i> dari Hidrogen.....	59
Gambar 41. <i>Diagnostic Residual vs Predicted</i> dari Hidrogen	59
Gambar 42. <i>Diagnostic Residual vs Run</i> dari Hidrogen	60
Gambar 43. <i>Diagnostic Predicted vs Actual</i> dari Hidrogen.....	61

Gambar 44. <i>Diagnostic Residuals vs Temperature</i> dari Hidrogen	61
Gambar 45. <i>Diagnostic Residuals vs Zeolit + air</i> dari Hidrogen	62
Gambar 46. <i>Diagnostic Report</i> dari Hidrogen	63
Gambar 47. <i>Model Graphs Interaction</i> dari Hidrogen.....	64
Gambar 48. <i>Model Graphs Contour</i> dari Hidrogen.....	64
Gambar 49. <i>Effects</i> dari Metana.....	65
Gambar 50. <i>Anova curvature Check</i> dari Metana	65
Gambar 51. <i>Anova for selected factorial model</i> dari Metana	66
Gambar 52. <i>Anova Fit Statistics</i> dari Metana	67
Gambar 53. <i>Anova Coefficients in Term of Coded Factors</i> dari metana	68
Gambar 54. <i>Anova Final Equation in Terms Actual Factors</i> dari metana..	68
Gambar 55. <i>Diagnostics Residual vs Predicted</i> dari metana	69
Gambar 56. <i>Diagnostics Residual vs Run</i> dari Metana.....	70
Gambar 57. <i>Diagnostics Predicted vs Actual</i> dari metana.....	71
Gambar 58. <i>Diagnostics Residual vs Temperatur</i> dari metana.....	71
Gambar 59. <i>Diagnostics Residuals vs Zeolit + air</i> dari metana	72
Gambar 60. <i>Diagnostics Report</i> dari metana.....	73
Gambar 61. <i>Model Graph Interction</i> dari metana.....	74
Gambar 62. <i>Model Graph Contour</i> dari metana	74
Gambar 63. Efek dari Karbon Monoksida	75
Gambar 64. ANOVA <i>Curvature Check</i> dari Karbon Monoksida.....	76
Gambar 65. <i>ANOVA for selected factorial model</i> dari karbon Monoksida.....	77
Gambar 66. <i>ANOVA Fit Statistics</i> dari karbon monoksida	77

Gambar 67. ANOVA Coefficients in Term of Coded Factors dari karbon monoksida	78
Gambar 68. ANOVA Final Equation in Term of Coded Factors dari karbon monoksida	79
Gambar 69. Diagnostics Residual vs Predicted dari karbon monoksida	79
Gambar 70. Diagnostics Residual vs Run dari karbon monoksida	80
Gambar 71. Diagnostics Predicted vs Actual dari karbon monoksida	81
Gambar 72. Diagnostics Residuals vs Temperatur dari karbon monoksida	81
Gambar 73. Diagnostics Residuals vs Zeolit + air dari karbon monoksida	82
Gambar 74. Diagnostics Report dari karbon monoksida	83
Gambar 75. Model Graph Interaction dari karbon monoksida	84
Gambar 76. Model Graph Contour dari karbon monoksida.....	85
Gambar 76. Model Graph Contour dari karbon monoksida.....	85
Gambar 77. Optimization Numerical	86
Gambar 78. Optimization Numerical Interaction	87
Gambar 79. Optimization Numerical Graph Contour	88
Gambar 80. Post Analysis Confirmation.....	89
Gambar 81. Kinetika Reaksi Kenaikan Temperatur dan 200gr Zeolit + air 20ml/menit.....	90
Gambar 82. Kinetika Reaksi Kenaikan Temperatur dan 200gr Zeolit + air 30ml/menit.....	91

Gambar 83. Kinetika Reaksi Kenaikan Temperatur dan 200gr Zeolit +	
air 40ml/menit.....	92
Gambar 84. <i>3D Surface</i> dari Hidrogen	94
Gambar 85. Pengaruh temperatur terhadap produk syngas (Sukiran, 2014).....	95
Gambar 86. <i>3D Surface</i> dari metana	95
Gambar 87. <i>3D Surface</i> dari karbon monoksida.....	97
Gambar 88. <i>Desirability</i>	98



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi gas hidrogen pada temperatur dan tekanan standar (25 °C dan 100 Kpa)	13
Tabel 2. Spesifikasi metana pada temperatur dan tekanan standar (25°C dan 100Kpa).....	14
Tabel 3. Spesifikasi karbon monoksida pada temperatur dan tekanan standar (25°C dan 100Kpa).....	16
Tabel 4. Komposisi Syngas Ampas Tebu dengan Variasi Temperatur	17
Tabel 5 Data Awal gasifikasi dengan variasi temperatur, zeolite 200gr dan variasi air	34
Tabel 6. Data hasil uji verifikasi laboratorium.....	99
Tabel 7. Perbandingan data actual dengan prediksi model.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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 *bagasse* 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). Gas hasil proses gasifikasi juga disebut gas mampu bakar, *syngas* atau *producer gas*.

Untuk membuat sebuah gasifikasi dibuat alat untuk mengubah biomassa padat tersebut menjadi bahan bakar gas atau yang dikenal dengan *gasifier*. Hingga sekarang sudah banyak akademisi dan peneliti yang sudah mengembangkan berbagai desain *gasifier*. Dari yang berskala industri, skala kecil juga *gasifier* tepat guna. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan hasil dari gasifikasi tersebut, diantaranya dengan merubah temperatur, menambahkan air, menambahkan udara dan juga penambahan katalis.

Pada penelitian ini akan dibahas optimasi gasifikasi biogas dari ampas tebu secara statistik. Dimana penelitian gasifikasi biogas dari ampas tebu pada temperatur 300-500°C dengan menggunakan reaktor *updraft gasifier* telah dilakukan oleh Syamsu Rizal. 2019. Adapun yang menjadi alasan dalam pemilihan jenis reaktor ini adalah mekanismenya sederhana, arang (*charcoal*) habis terbakar, temperature keluaran rendah dan efisiensi tinggi. Optimasi adalah suatu metode atau desain eksperimental yang digunakan untuk mendapatkan formula yang optimum. Kemajuan dibidang teknik statistika dan metematika 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 Iriawan (2006), 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.

Ada 2 metoda yang sering digunakan pada saat mendesain suatu optimasi, yaitu RSM dan Taguchi. Berbagai asumsi statistika maupun matematika yang melekat pada metode RSM ini menjadi sebuah keunggulan dan terlihat ketika model matematis memenuhi seluruh asumsi statistik yang melekat sehingga optimasinya menjadi tidak bias. Sedangkan Taguchi tidak mampu memberikan arah optimasi sebagaimana RSM mengakomodasi adanya “*steepest ascent/descent*” (Hadiyat, 2012).

Berdasarkan hal diatas, penggunaan RSM dalam mengoptimalkan perlakuan kiranya perlu dikaji untuk optimasi pembuatan biogas dari ampas tebu (*bagasse*) dengan gasifikasi sehingga didapatkan produk *syngas* yang maksimal.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Belum adanya jumlah komposisi tepat untuk perlakuan gasifikasi dalam hal ini penambahan zeolit dan udara dengan variasi temperatur untuk menghasilkan *combustible* dan *non-combustible syngas* optimum pada

proses pembuatan biogas dari ampas tebu (*bagasse*) dengan menggunakan *Response Surface Methodology (RSM)*.

2. Belum efisien proses gasifikasi ampas tebu yang telah dilakukan sebelumnya karena menggunakan jumlah variabel yang banyak dan sulit mengukur tingkat akurasi produk yang dihasilkan.

C. Tujuan Penelitian

1 Tujuan Umum

Tujuan umum pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum proses gasifikasi *bagasse* dengan *Response Surface Methodology (RSM)* menggunakan *software Design of Expert 11* untuk efisiensi proses gasifikasi ampas tebu

2. Tujuan Khusus

Untuk mendapatkan gas metana yang maksimal dari proses gasifikasi *bagasse* melalui eksperimental menggunakan *software Design of Expert 11*.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Mendapatkan kondisi optimum proses gasifikasi *bagasse* untuk mendapatkan gas metana yang maksimal serta memberikan alternatif sumber energi bahan bakar.

2. Manfaat Praktis

Modifikasi proses gasifikasi dengan komposisi penambahan zeolit dan air serta temperatur yang tepat sehingga didapatkan kondisi optimum gasifikasi *bagasse* untuk menghasilkan gas metana yang maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Agussetiani, L. dkk 2013. Pembuatan Nanozeolit dari Zeolit Alam Secara *Top Down* Menggunakan *High Energy Milling* dan Aplikasinya untuk Penyerapan Ion Fe³⁺. Jurnal Kimia, Fakultas Sains dan Metematika Undip Vol 1, No. 1 (2013).
- Amrullah, Shafwan. 2019. Pengaruh Perbedaan Bentuk Bahan Baku dan Suhu Gasifikasi Ampas Tebu Terhadap Produksi Hidrogen. Jurnal Pengendalian Pencemaran (JPPL). Vol. 1 No. 1 September 2019.
- Alwan, Hafid. 2019. Model Gasifikasi Biomassa menggunakan Pendekatan Kesetimbangan Termodinamika Stoikiometris dalam Memprediksi Gas Produser, Jurnal Integrasi Proses, Vol. 8, No. 1 (Juni 2019) 31-38.
- Badan Pusat Statistik, 2017. Statistik Tebu Indonesia Tahun 2017
- Basu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis : Practical Design and Theory*, Academic Press, Elsevier
- Christiany NS dkk 2018. Analisa Pemakaian Bahan Bakar Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa Dengan Menguji Variasi Rasio yang Paling Efisien Terhadap Ketel Uap Sebagai Bahan Bakar Alternatif, Jurnal e-dinamis, Volume. 6, No. 2 Juni 2018.
- Ciptadi, B dkk. 2012. Metode Alternatif untuk Mendeteksi Bias Respons *Social Desirability* pada Item-item Tes Kepribadian, Jurnal Pengukuran Psikologi dan Pendidikan Indonesia, Vol I, No 1, Januari 2012.
- Emi, Dandan Kusnandar, dkk. 2015. Perbandingan *Metode Coefficient of Determination Ratio* dan Regresi Diagnostik Dalam Mendeteksi Outlier Pada Analisis Regresi Linier Berganda. Buletin Ilmiah Mat. Stat dan Terapannya (Bimaster) Vol. 4 No. 3 (2015), hal 153 – 158.
- Ginting, Agus S. 2015. Karakteristik Gas-Gas Hasil Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. 25 (2) : 158-163.
- Gumerov, Farid M 2016. *Mathematical Modelling of Technology for Disposal of Oil Sludge with the Use of Liquid and Supercritical Fluid Extraction Process. Journal of Engineering and Applied Sciences* 11 (9) : 2024-2027, 2016.

- Hadiyat, M. Arbi. 2012. *Response-surface dan Taguchi* : Sebuah alternatif atau kompetisi dalam optimasi secara praktis. Prosiding Seminar Nasional Industrialisasi Madura. pp. 134-139. ISSN 2302-4135.
- Hidayat, Syarif dkk. 2019. Pirolisis Alang-alang (*Imperata Cilindrica*) sebagai Bioenergi di Provinsi Banten Indonesia. Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah, Vol. 3, No. 1 Juni 2019, Hal 60 – 79.
- Herdiansyah, M. Isman. dkk 2017. *Mathematical Model of Optimum Composition on Membrane Fabrication Parameters for Treating Batik Palembang Wastewater*. *Journal of Engineering and Applied Sciences* 12 (4) : 797-802, 2017.
- Loppies, Justus Elisa 2016. Karakteristik Arang Kulit Buah Kakao yang dihasilkan dari berbagai Kondisi Pirolisis. Jurnal Industri Hasil Perkebunan Vol. 11 No. 2 Desember 2016 : 105-111.
- Mohruni, Amrifan Saladin dkk. 2017 A Comparison RSM and ANN Surface Roughness Models in Thin-Wall Machining of Ti₆Al₄V using Vegetable Oils under MQL-Condition, *AIP Conference Proceedings* 1888, 020161 (2017).
- Montgomery, D. C. ,1997. *Design and Analysis of Experiments*, 4th edition, John Wiley & Sons, New York. (1st edition, 1976, 2nd edition, 1984, 3rd edition, 1991)
- Montgomery, D.C. 2009 *Introduction to Statistical Quality Control*. 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.
- Nisak, Aniqotun. 2018. Optimasi Konsentrasi Nanokristalin Selulosa dari Ampas Tebu (*Sugarcane officinarum*) sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Kapsul Bebas Gelatin. Srikpsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim 2018
- Nurmiah, Siti dkk, 2013. *Aplikasi Response Surface Methodology* pada optimalisasi kondisi proses pengolahan *Alkali Treated Cottonii* (ATC), *JPB Kelautan dan Perikanan* Vol. 8 No. 1 Tahun 2013: 9-22.

- Octaviani Maria. A dkk, 2017. Optimasi Faktor yang Berpengaruh pada kualitas Lilin di UD.X dengan Metode *Response Surface*, Jurnal Ilmiah Widya Teknik, Vol. 16 Nomor 1 2017.
- Purwoto, Heri. 2016. Optimasi Formula *Edible Film* Berbasis Amilopektin Pati Singkong dan Karagenan. M.P.I Vol 11 No. 1, April 2017 (31-40).
- Ramadhani, Reshita A, 2017. Review Pemanfaatan *Design Expert* untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, 2017, 1 (1), 11-16.
- Ratnawati, Susana E dkk, 2018. Aplikasi *Respone Surface Methodology (RSM)* pada Optimasi Ekstraksi Kalsium Tulang Lele, Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada 20(1):41-48 ISSN:0853-6384.
- Rinovianto, Guswendar. 2012. Karakteristik Gasifikasi pada *Updraft Double Gas Outlet* Menggunakan bahan Bakar Kayu Karet. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Rizal, Syamsu. 2019. Produksi *Synthetic Gas* dari proses Gasifikasi Limbah Biomassa Pabrik Gula Sebagai Energi Alternatif. Masters thesis, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG.
- Rizal, S dkk. 2020. Uji Performa Tungku Gasifikasi untuk Pirolisis gas metana dar Ampas Tebu, Jurnal Inovator, Vol. 3, No.1 (2020) 1-7.
- Sabitah, Yan dkk 2018. Gasifikasi Biomasa Limbah Sawit dengan Penambahan Katalis Bentonit. Prosiding Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco Vol. 1 2018 Hal 168-174.
- Sadaka, S dkk 2011. *Gasification of Phycoremediation Algal Biomass*. Bioresources 10 (2), 2609-2625.
- Suhendi, Endang. 2016. Pengaruh Laju Alir Udara dan Waktu Proses Gas Producer Limbah Tangkai Daun Tembakau Menggunakan *Gasifier* Tipe *Downdraft*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan (JBAT) 5 (2) (2016) 45-53.
- Sukiran, Mohamad Azri. 2014. *Pyrolysis of Empty Bunches : Influence of Temperature on The Yields and Composition of Gaseous Product*. American Journal of Applied Sciences 11 (4) : 606-610, 2014.

Yuliwati, E. 2012. *Effects of process conditions in submerged ultrafiltration for refinery wastewater treatment: Optimization of operating process by response surface methodology*, Desalination, Vol. 287, 15 February 2012, Pages 350-361

Zultiniar, dkk. 2012. Pengaruh Temperatur Pada Pembuatan Asam Oksalat dari Ampas Tebu. Jurnal Ilmiah Sains Terapan. Jurnal Teknobiologi, III(1) 2012: 31-34.

