



PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BIJI NYAMPLUNG UNTUK BAHAN BAKAR BRIKET BIOARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Arif Budiarto, Ganish Eko Mayndra, Didi Dwi Anggoro^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, SH. Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Penelitian dilakukan dengan membuat briket dengan bahan baku limbah kulit biji nyamplung (*Callophylum inaphylum*), yang sebelumnya sudah dipirolisa menjadi arang, dengan tiga jenis perekat, yaitu natrium silikat, tepung terigu dan tepung tapioka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum pembuatan briket bioarang dari limbah kulit biji nyamplung yang meliputi jenis perekat, ukuran partikel, serta konsentrasi perekat. Penelitian ini menggunakan dua tahapan yaitu tahap pertama adalah penentuan jenis perekat terpilih sedangkan tahap kedua adalah penentuan kondisi optimum yang meliputi konsentrasi perekat dan ukuran partikel. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa jenis perekat yang terbaik untuk pembuatan briket dari kulit biji nyamplung adalah tepung tapioka. Briket dengan konsentrasi perekat 17,66 % pada ukuran 20 mesh menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 6772,582 kal/gr yang telah memenuhi standar nasional Indonesia maupun standar Jepang. Briket dengan konsentrasi perekat 6,34 % pada ukuran 20 mesh menghasilkan stability yang paling jelek dan % loss tertinggi yaitu sebesar 33,56 % sedangkan briket dengan konsentrasi perekat 16 % pada ukuran 40 mesh dan 17,66 % pada ukuran 20 mesh menghasilkan stability yang paling baik dan % loss terendah yaitu masing-masing sebesar 0,83% dan 1,24%. Pengujian stability menunjukkan bahwa briket memiliki ukuran yang relatif konstan dari hari ke hari. Dari penelitian ini diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah biomassa seperti limbah kulit biji nyamplung (*Callophylum inaphylum*) hingga menjadi kontribusi bagi upaya pengadaan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

Kata kunci : Pirolisi, briket bioarang, kulit biji nyamplung, tepung tapioka

Abstract

This research was started by pirolized the main matter, nyamplung's seed peel into char with three kinds of adhesive agent as is sodium silicate, wheat powder, and tapioca starch. The aims of this research are to know the right kind of the adhesive, to know the optimal particle size of the nyamplung seed's peel ash, to know the optimal of the adhesive concentration, and to know the optimal condition of the briquette making by using response surface methodology (RSM). This research uses two steps, first is first is certaining the right kind of the adhesive agent and second one is optimization of independent variables as are the concentration of adhesive agent and the char particle size. The result of this research shows that the best kind of adhesive agent which is used to produce a good briquette is tapioca starch. Briquette with 17,66% adhesive agent and 20 mesh particle size results the highest heating value as is 6772,582 kal/gr which has fulfilled the standart of Indonesian and Japanese. Briquette with 6,34 % adhesive agent and 20 mesh particle size results the worst stability and the highest % loss as is 33,56 % while briquette with 16 % adhesive agent and 40 mesh particle size also 17,66 % adhesive agent and 20 mesh particle size results the best stability and the lowest % loss consecutively as is 0,83 % and 1,24 %. Stability test shows that briquette product is stable in diameter and height all the time. From this research's results, it is wished to take a further research that study about the other independent variables to produce the better nyamplung's seed peel briquette so it can give a contribution for inventing alternative enviromental agreeable fuel.

Keywords: pyrolysis, briquette, Nyamplung nut shell, tapioca starch

1. PENDAHULUAN

Kenaikan harga Bahan Bakar Minyak banyak berdampak terhadap kebutuhan masyarakat untuk mencari energi alternatif pengganti minyak tanah dan gas. Oleh karena itu, usaha untuk mencari bahan bakar alternatif yang

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: anggoro@undip.ac.id)

dapat diperbarui (renewable), ramah lingkungan, dan bernilai ekonomis harus dilakukan. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan kekayaan alam hayati sebagai sumber minyak nabati dan sumber karbon yang dapat menjadi energi alternatif. Tanaman nyamplung merupakan salah satu alternatif karena bijinya memiliki kandungan minyak yaitu 50-70% dan kandungan serat yang cukup tinggi yaitu 70,47% (Ratih dan Radhita, 2009).

Tanaman nyamplung (*Callophylum inaphylum*) atau yang biasa disebut Bintangur, merupakan tanaman berkayu keras dengan tinggi mencapai 20 meter dan diameter 0,8 meter. Tanaman ini berasal dari Asia Selatan. Di Indonesia tanaman nyamplung banyak ditemukan di pesisir selatan Pulau Jawa pada ketinggian 0 hingga 200 m dari permukaan laut. Kayu nyamplung biasa dimanfaatkan sebagai material dalam pembuatan bahan bangunan, furniture, dan peralatan lainnya. Biji nyamplung diambil kandungan minyak yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar rumah tangga, sedangkan kulit biji nyamplung saat ini menjadi limbah bagi pabrik pengolah minyak nyamplung seperti di daerah Cilacap (Samino, 2009).

Untuk mengatasi permasalahan limbah tersebut, maka penelitian ini mempelajari pemanfaatan limbah kulit biji nyamplung sebagai bahan dasar alternatif pembuatan briket bioarang. Dalam penelitian ini akan diuji pengaruh ukuran partikel, jenis perekat, dan konsentrasi perekat terhadap nilai kalor dan daya tahan briket yang dihasilkan.

2. Bahan dan Metode Penelitian (atau Pengembangan Model bagi yang Simulasi/Permodelan)

Material :

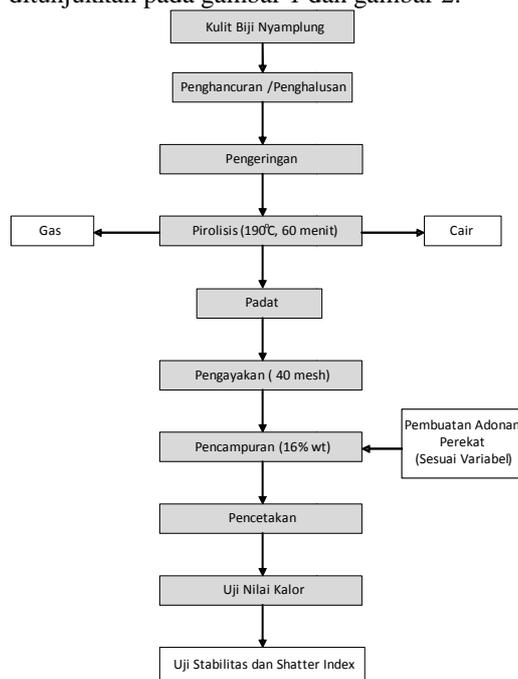
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : limbah kulit biji nyamplung, natrium silikat, tepung terigu, tepung tapioka, dan air.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pirolisa, alat pengepres briket, partikel, kompor, pengaduk, boom calorimeter, grinder, timbangan, dan jangka sorong.

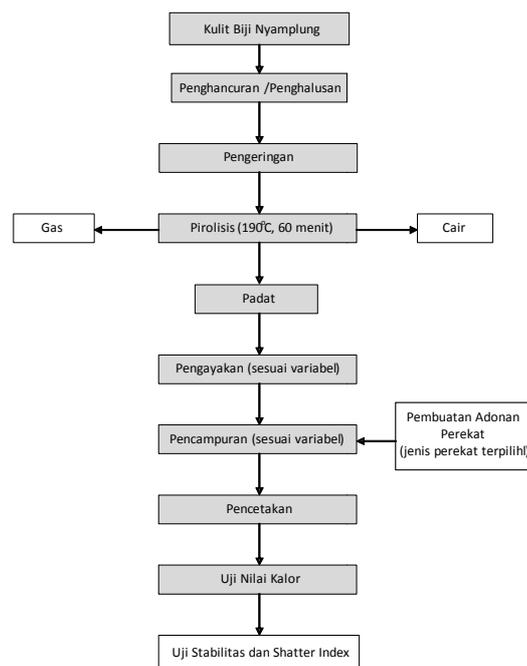
Metode Penelitian :

Dalam penelitian ini, digunakan tiga variabel berubah yang diuji. Variabel tersebut adalah jenis perekat (natrium silikat, tepung terigu dan tepung tapioka), konsentrasi perekat (8%, 12%, dan 16%), dan ukuran partikel (16 mesh, 20 mesh, dan 40 mesh). Dengan variabel tetap suhu pirolisa 190°C, waktu pirolisa 60 menit, jenis bahan (kulit biji nyamplung) dan tekanan pengompaksian (50 kg/cm² gauge). Dalam penelitian ini dilakukan uji nilai kalor dan daya tahan briket yang meliputi uji *stability* dan uji *shatter index*. Pengujian nilai kalor dari briket kulit biji nyamplung yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian dengan alat *boom calorimeter* dengan menggunakan asam benzoat dalam kalibrasinya. Sementara pengujian daya tahan index dilakukan dengan dua metode pengujian, yaitu uji *stability* untuk mengetahui apakah terjadi perubahan ukuran diameter dan tinggi briket dalam waktu satu minggu, serta uji *shatter index* dimana briket dijatuhkan pada ketinggian 1.8 meter dan kemudian ditimbang untuk mengetahui prosentase berat partikel yang hilang.

Langkah-langkah percobaan dibagi dalam dua tahapan, yaitu tahap pendahuluan dan tahap percobaan yang ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Tahap I



Gambar 2. Diagram Alir Proses Tahap II

Dalam hal ini, dilakukan percobaan pendahuluan yang bertujuan untuk menentukan terlebih dahulu jenis perekat terbaik yang akan digunakan dalam tahap percobaan. Dalam tahap ini akan diujikan penggunaan jenis perekat natrium silikat, tepung tapioka dan tepung terigu dengan variabel tetap suhu pirolisa 190°C, waktu pirolisa 60 menit, jenis bahan(kulit biji nyamplung) dan tekanan pengompaksian(50 kg/cm² gauge). Penentuan jenis perekat ditentukan melalui hasil uji kalor briket serta uji daya tahan briket (*shatter index* dan *stability*). Setelah ditentukan jenis perekat yang terbaik, maka penelitian dilanjutkan ke tahap percobaan untuk menentukan konsentrasi perekat terbaik dan ukuran partikel yang terbaik, yang akan ditentukan pula melalui uji kalor briket dan uji daya tahan briket (*shatter index* dan *stability*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Jenis Perekat dan Pengaruh Jenis Perekat terhadap Nilai Kalor, *Stability*, dan *Shatter Index* Briket Bioarang.

Jenis bahan perekat mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai kalor yang dimiliki oleh briket. Dari data tabel 3, nilai kalor untuk jenis perekat tepung terigu mempunyai nilai kalor yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis perekat lain yaitu sebesar 6615,142kal/gr. Kemudian secara berurutan dari tepung tapioka (6541,257kal/gr), silikat (4267,571kal/gr). Hal ini disebabkan kadar karbon pada tepung terigu lebih besar (total karbohidrat, protein, dan lemak sebesar 87,5%) dari kadar karbon pada tepung tapioka (total karbohidrat, protein, dan lemak sebesar 84,7%). Karena kadar karbon mempengaruhi nilai kalor yang dimana semakin tinggi kadar karbon, nilai kalor akan semakin besar(Y. Uemura dkk. , 2010).

Apabila dilihat dari tabel 1 maka dapat diambil kesimpulan bahwa jenis perekat dan natrium silikat memiliki *shatter index* (uji terhadap benturan) yang lebih baik bila dibandingkan dengan jenis perekat tepung terigu dan tepung tapioka dimana memiliki loss sebesar 0,34% sedangkan tepung terigu dan tepung tapioka memiliki loss sebesar 2,41% dan 0,83%. Akan tetapi nilai kalor dari jenis perekat natrium silikat sangat kecil dibandingkan tepung tapioka.

Tabel 1 Hasil Uji Nilai Kalor dan Uji *Shatter Index* pada Variabel Jenis Perekat

Jenis Perekat	Nilai Kalor (kal/gr)	% Loss
Tapioka	6541.257	0.83
Terigu	6615.142	2.41
Natrium silikat	4267.571	0.34

Tabel 2 Hasil Uji *Stability* Briket dengan Variabel Jenis Perekat

Jenis Perekat	Dimensi	Stability				
		waktu (hari)				
		1	2	3	4	5
Tapioka	diameter (cm)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
	tinggi (cm)	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7
Terigu	diameter (cm)	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
	tinggi (cm)	4.9	4.8	4.8	4.7	4.7
Silikat	diameter (cm)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
	tinggi (cm)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9

Penentuan Apabila dilihat dari tabel 1 dan 2 yang memiliki *stability* (kestabilan bentuk dan ukuran) dan *shatter index* (uji terhadap benturan) paling baik adalah silikat karena dapat menjaga ukuran briket (diameter 4,2 cm dan tinggi 4,9 cm) tetap dan ketahanan briket terhadap benturan dengan kehilangan massa sebesar 0,34%. Namun dari tabel 1 menunjukkan bahwa briket yang menggunakan perekat silikat mempunyai nilai kalor yang paling rendah (4267,571kal/gr).

Penentuan jenis perekat yang dipakai dalam percobaan berikutnya dititikberatkan terhadap nilai kalor, *shatter index* dan keekonomian bahan baku. Dari data yang didapatkan, tepung tapioka adalah jenis perekat yang paling memenuhi kualitas tersebut, karena mempunyai nilai kalor paling tinggi setelah tepung terigu yaitu 6541,257 kal/gr, *shatter index* terendah setelah silikat yaitu 0,83%, dan bahan baku tepung tapioka merupakan bahan baku termurah di antara yang lain dan melimpah di Indonesia.



Pengaruh Konsentrasi Perekat dan Ukuran Partikel terhadap Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,5°C – 4,5°C, dengan satuan kalori (Koesoemadinata : 1980). Dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu bahan bakar dalam jumlah tertentu.

Nilai kalor tertinggi yang didapatkan pada penelitian ini adalah 6772.582 kal/gr. Nilai kalor tersebut telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk bahan bakar padat yaitu sebesar minimal 5000 kal/gr. Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai kalor tertinggi (6772.582 kal/gr) dihasilkan oleh variabel 17.66% perekat 20 mesh (run 7), sedangkan nilai kalor terendah (5784.115 kal/gr) diperoleh dari variabel 8% perekat 40 mesh (run 2).

Data hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi perekat dengan ukuran mesh yang sama (run no.2, 4, dan 9) menghasilkan nilai kalor yang relatif semakin tinggi seperti yang terlihat dari tabel di bawah ini, Tabel 3 Hasil Uji Nilai Kalor Briket dengan Variabel % perekat dan ukuran partikel

Run	Konsentrasi Perekat (% wt)	Ukuran Partikel (mesh)	Nilai kalor (kal/gr)
1	8	16	5932.729
2	8	40	5784.115
3	16	16	6766.478
4	16	40	6541.257
5	12	20	6282.539
6	6.34	20	5804.714
7	17.66	20	6772.582
8	12	16	6319.058
9	12	40	6241.207
10	12	20	6282.539

Dalam penelitian ini digunakan tepung tapioka sebagai perekat, sebagaimana diketahui bahwa bahan perekat tersebut tersusun oleh atom-atom C, yang dimana atom C merupakan bahan baku pembakaran. Dari hasil percobaan menunjukkan semakin besar konsentrasi perekat maka atom karbon juga semakin tinggi, sehingga nilai kalor yang dihasilkan juga akan semakin tinggi (Y. Uemura dkk. , 2010).

Sementara itu, semakin besar ukuran partikel (mesh) pada konsentrasi perekat yang sama (run no.8, 9, dan 10) menghasilkan nilai kalor yang semakin rendah.

Tabel 4 Nilai kalor berdasarkan konsentrasi perekat yang sama

Run	Konsentrasi Perekat (% wt)	Ukuran Partikel (mesh)	Nilai Kalor (kal/gr)
8	12	16	6319.058
9	12	40	6241.207
10	12	20	6282.539

Hal tersebut terjadi karena semakin kecil ukuran partikel mengakibatkan meningkatnya kerapatan briket, sehingga air pada proses pembuatan adonan briket yang terjebak di dalamnya sulit untuk keluar pada saat pengeringan (penjemuran) produk briket. Adanya kadar air inilah yang menyebabkan turunnya nilai kalor pada briket (Y. Uemura dkk. , 2010).

Pengaruh % Perekat dan Ukuran Partikel terhadap Ketahanan Briket (Shatter Index)

Daya tahan briket terhadap benturan diuji dengan pengujian shatter index. Pengujian ini dilakukan untuk menguji seberapa kuatnya briket bioarang dari kulit biji nyamplung yang dihasilkan terhadap benturan yang disebabkan oleh ketinggian untuk kemudian didapatkan data berapa % bahan yang hilang atau yang lepas dari briket akibat dijatuhkan dari ketinggian 6 ft (1,8 meter). Setelah mengetahui berapa % partikel yang hilang, kita dapat mengetahui kekuatan briket terhadap benturan. Apabila partikel yang hilang terlalu banyak, berarti briket yang dibuat tidak tahan terhadap benturan.

Hasil pengujian yang diperlihatkan oleh table 8 dan 9 menunjukkan bahwa briket dengan konsentrasi perekat 6,34% dan ukuran partikel 20 mesh (run no.6) adalah briket yang paling rapuh. Briket tersebut kehilangan partikel sebanyak 33.56%. Briket paling kuat diperoleh dari variabel konsentrasi perekat 16% dengan ukuran partikel 40 mesh (run no.4) karena hanya kehilangan partikel sebesar 0.83%.

Tabel 5 Hasil Uji *Shatter index* Briket dengan Variabel % perekat dan ukuran partikel

Run	Konsentrasi Perekat (% wt)	UkuranPartikel (mesh)	% Loss (% wt)
1	8	16	21.24
2	8	40	6.45
3	16	16	12.39
4	16	40	0.83
5	12	20	10.91
6	6.34	20	33.56
7	17.66	20	1.24
8	12	16	17.72
9	12	40	1.88
10	12	20	10.91

Dari data yang ada, dapat diketahui bahwa semakin banyak konsentrasi perekat dengan ukuran mesh yang sama (run no.2, 4,dan 9) menghasilkan daya tahan terhadap benturan yang semakin kuat seperti yang terlihat dari tabel di bawah ini,

Tabel 6*Shatter index* berdasarkan ukuran partikel (mesh) yang sama

Run	Konsentrasi Perekat (% wt)	Ukuran Partikel (mesh)	% Loss (% wt)
2	8	40	6.45
4	16	40	0.83
9	12	40	1.88

Hal ini disebabkan oleh adanya daya ikat dari perekat sehingga semakin banyak perekat maka briket yang dijatuhkan akan mengalami kerontokan (terlepasnya partikel – partikel briket) dalam jumlah yang semakin sedikit.

Selain itu, dapat diketahui pula bahwa semakin kecil ukuran partikel bahan dengan % perekat yang sama (run 8, 9, dan 10) menghasilkan daya tahan terhadap benturan yang semakin kuat seperti yang terlihat dari tabel di bawah ini,

Tabel 7*Shatter index* berdasarkan ukuran partikel(mesh) yang sama

Run	Konsentrasi Perekat (% wt)	Ukuran Partikel (mesh)	% Loss (% wt)
8	12	16	17.72
9	12	40	1.88
10	12	20	10.91

Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang lebih kecil akan menghasilkan rongga yang lebih kecil pula sehingga kerapatan partikel briket akan semakin besar dan kualitas briket semakin bagus karena tidak mudah rontok/hancur. Dari tabel 8 dan 9, dapat diketahui bahwa dari ukuran partikel 16 mesh sampai 40 mesh pada konsentrasi perekat yang sama dihasilkan briket paling baik pada ukuran partikel 40 mesh karena hanya mengalami kehilangan partikel paling sedikit (run 8, 9, dan 10).

Pengaruh Konsentrasi Perekat dan Ukuran Partikel terhadap Stabilitas Briket (Stability)

Pengujian *stability* adalah pengujian untuk mengetahui perubahan bentuk dan ukuran dari briket sampai briket mempunyai ketetapan ukuran dan bentuk (stabil). Apabila briket mengalami perubahan ukuran dan bentuk secara terus-menerus maka dapat dipastikan bahwa proses pembriketan gagal.

Dari pengujian *stability* dapat dilihat pada tabel 2 bahwa tinggi briket yang dihasilkan menunjukkan ukuran yang relatif konstan dari hari ke hari.Hanya pada beberapa variabel saja terjadi perubahan tetapi hal tersebut tidak terlalu signifikan. Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa briket dengan konsentrasi perekat 6,34 % pada ukuran 20 mesh menghasilkan *stability* yang paling jelek karena mengalami penurunan tinggi sebesar 1 cm pada hari ke-4 namun setelah itu konstan sedangkan briket dengan konsentrasi perekat 16 % pada ukuran 40 mesh dan 17,66 % pada ukuran 20 mesh menghasilkan *stability* yang paling baik karena mengalami tidak mengalami penurunan tinggi seperti yang terlihat pada tabel 8 dan table 9.

Tabel 8 Hasil Uji *Stability* Briket dengan Variabel Konsentrasi Perekat dan Ukuran Partikel (diameter)

Konsentrasi Perekat (% wt)	Ukuran partikel (mesh)	Stability				
		Dimensi				
		diameter (cm) pada hari ke-				
		1	2	3	4	5
6.34	20	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
16	40	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
17.66	20	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1

Tabel 9 Hasil Uji *Stability* Briket dengan Variabel Konsentrasi Perekat dan Ukuran Partikel (tinggi)

Konsentrasi Perekat (% wt)	Ukuran partikel (mesh)	Stability				
		Dimensi				
		tinggi (cm) pada hari ke-				
		1	2	3	4	5
6.34	20	4.5	4.4	4.4	4.3	4.3
16	40	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
17.66	20	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9

Bila dilihat dari diameternya, briket pada semua variabel tidak mengalami perubahan dari hari ke hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa briket yang dihasilkan telah mengalami kestabilan diameter. Kestabilan ukuran terjadi dikarenakan ikatan antara partikel yang satu dengan yang lainnya sudah kuat dan mantap akibat dari proses pengompaksian yang diberikan.

Optimasi Proses dengan Menggunakan Metode RSM dalam menentukan kondisi optimum nilai kalor

Setelah dilakukan percobaan dengan menggunakan variabel optimasi, hasil percobaan di analisa dengan metode RSM yang dilakukan dengan bantuan program statistika 6. Berikut adalah hasil analisa hubungan antara konsentrasi perekat dan ukuran partikel berdasarkan penggunaan metode RSM.

Tabel 10 *Summary effect estimates* untuk hubungan variabel dengan nilai kalor

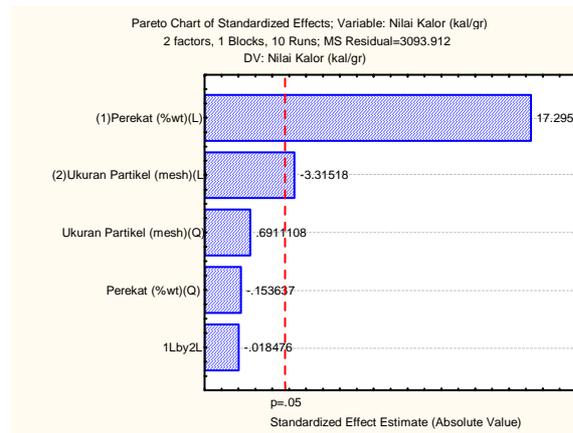
	Effect	Coeff.
Mean/Interc.	6217.109	6217.109
(1) % perekat (L)	9.07397	4.536985
% perekat (Q)	-0.080	-0.040
(2) Ukuran partikel (L)	-0.0398	-0.0199
Ukuran partikel (Q)	0.01406	-0.00703
1L by 2L	-1.80918	-0.90459

Maka persamaan model matematis yang sesuai untuk hubungan variabel dengan nilai kalor adalah

$$Y = 6217.109 + 4.536985x_1 - 0.040x_1^2 - 0.0199x_2 - 0.00703x_2^2 - 0.90459x_1x_2$$

Dimana Y = nilai kalor (kal/gr)
 x_1 = konsentrasi perekat (%)
 x_2 = ukuran partikel (mesh)

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa yang paling berpengaruh konsentrasi perekat. Hal tersebut didukung dari hasil pareto chart seperti yang terlihat pada diagram di bawah ini,



Gambar 1 Pareto Chart Untuk Nilai Kalor

Dalam diagram pareto chart di atas blok diagram yang tidak melewati $p = 0.05$ tidak berpengaruh terhadap hasil percobaan. Sehingga dalam hal ini dapat disimpulkan variabel berupa konsentrasi perekat(L) dan ukuran partikel (L) berpengaruh terhadap nilai kalor. Sedangkan variabel konsentrasi perekat dan ukuran partikel dalam model kuadrat (Q) tidak berpengaruh terhadap hasil percobaan. Selain itu dalam grafik tersebut interaksi antar variabel tidak berpengaruh terhadap nilai *kalor* sehingga kinerja dari suatu variabel tidak dipengaruhi oleh variabel yang lain. Hasil tersebut selanjutnya divalidasi menggunakan metode ANOVA.

Tabel 11 Analisa Anova untuk Nilai Kalor

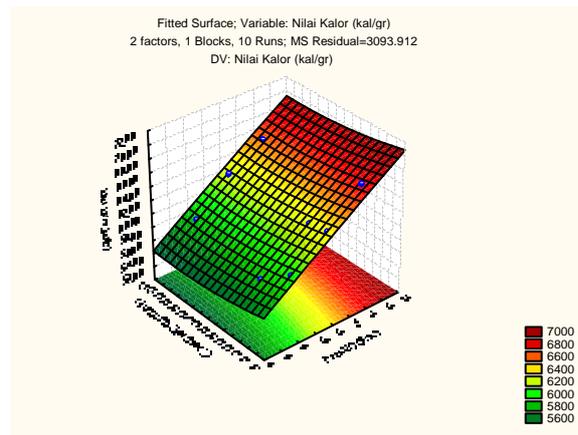
	SS	Dk	MS	F	R ²
Regresi Model	12376	4	3093.9	0.0003	0.98917
Error/ Residual	1130087	5	226071.4		
Total	1142463				

Hasil dari pencocokan model dengan menggunakan metode ANOVA diperoleh harga $R^2 = 0.98917$. Dari harga R^2 yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa R^2 mendekati satu sehingga model matematik yang diperoleh signifikan dengan data percobaan dan persamaan tersebut dapat digunakan.

Tabel 12 Nilai Optimum Variabel untuk Nilai Kalor

	Observed Minimum	Critical	Observed Maximum
% perekat	6.34000	16.16355	17.66000
Ukuran partikel	16.0000	27.49270	40.00000
Prediction value	6694.217		

Dari persamaan $Y = 6217.109 + 4.536985x_1 - 0.040x_1^2 - 0.0199x_2 - 0.00703x_2^2 - 0.90459x_1x_2$ dengan $x_1 = 16.16355$ dan $x_2 = 27.49270$ didapatkan $Y_{optimal} = 6708.735 \text{ kal/gr}$. Nilai tersebut mendekati nilai optimum hasil prediksi (6694.217). Dengan demikian apabila dilakukan percobaan dengan x_1 (16.16355) dan x_2 (27.49270) maka didapatkan nilai kalor yang optimal. Pada gambar 2 berikut adalah grafik optimasi 3 dimensi untuk memprediksi nilai kalor.



Gambar 2 Grafik Kontur Permukaan untuk Optimasi Nilai Kalor

Variabel jenis perekat yang optimum yaitu tapiokadigunakan sebagai acuan untuk mendapatkan dua variabel optimum lainnya pada program RSM. Fitted surface menggambarkan hubungan variabel-variabel optimum yang ditunjukkan dengan tingkat warna. Dari grafik diatas terlihat bahwa grafik tersebut tidak dapat menunjukkan kondisi optimum sehingga tidak dapat digunakan untuk menentukan kondisi optimum.Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan alat penelitian (ayakan) sehingga data yang diperlukan untuk penentuan kondisi optimum kurang memadai.

Optimasi Proses dengan Menggunakan Metode RSM dalam menentukan kondisi optimum % loss

Tabel 13 Summary effect estimates untuk hubungan variabel dengan % loss

	Effect	Coeff.
Mean/Interc.	4.7517	4.75173
(1) % perekat (L)	7.888848	3.944424
% perekat (Q)	0.026669	0.013335
(2) Ukuran partikel (L)	-0.10844	-0.05442
Ukuran partikel (Q)	-0.11684	-0.05842
1L by 2L	0.747654	0.373827

Maka persamaan model matematis yang sesuai untuk hubungan variabel dengan nilai % loss adalah

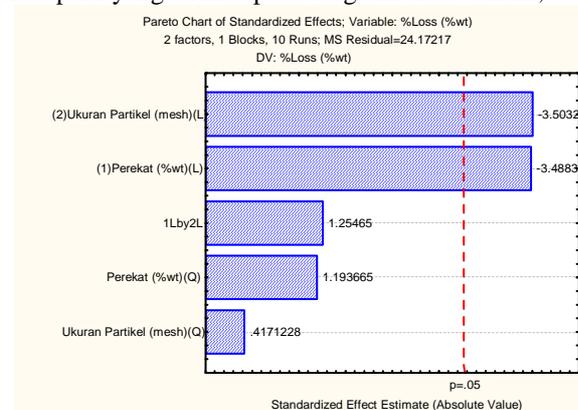
$$Y = 5.75173 - 3.944424x_1 + 0.013335x_1^2 - 0.05422x_2 - 0.05842x_2^2 + 0.373828x_1 x_2$$

Dimana Y = % loss

x₁ = konsentrasi perekat (%)

x₂ = ukuran partikel (mesh)

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa yang paling berpengaruh ukuran partikel. Hal tersebut didukung dari hasil pareto chart seperti yang terlihat pada diagram di bawah ini,



Gambar 3 Pareto Chart Untuk Nilai Kalor

Dalam diagram pareto chart di atas blok diagram yang tidak melewati $p = 0.05$ tidak berpengaruh terhadap hasil percobaan. Sehingga dalam hal ini dapat disimpulkan variabel berupa konsentrasi perekat(L) dan ukuran partikel (L) berpengaruh terhadap % loss. Sedangkan variabel konsentrasi perekat dan ukuran partikel dalam model kuadrat (Q) tidak berpengaruh terhadap hasil percobaan. Selain itu dalam grafik tersebut interaksi antar variabel tidak berpengaruh terhadap % loss sehingga kinerja dari suatu variabel tidak dipengaruhi oleh variabel yang lain. Hasil tersebut selanjutnya divalidasi dengan menggunakan metode ANOVA.

Tabel 14 Analisa Anova untuk Nilai % Loss

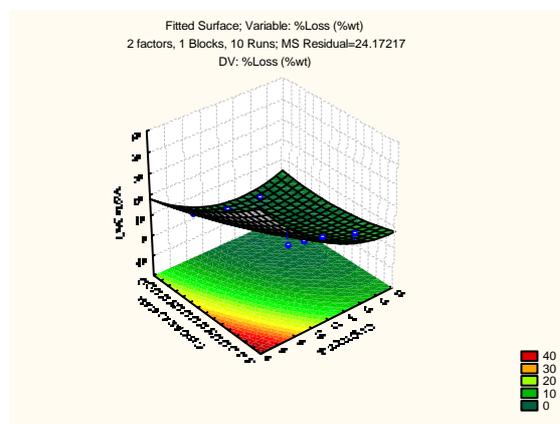
	SS	Dk	MS	F	R ²
Regresi Model	96.6887	4	24.1722	1.57415	0,89911
Error/ Residual	861.7089	5	172.34178		
Total	958.3976				

Hasil dari pencocokan model dengan menggunakan metode ANOVA diperoleh harga $R^2 = 0,89911$. Dari harga R^2 yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa R^2 mendekati satu sehingga model matematik yang diperoleh signifikan dengan data percobaan dan persamaan tersebut dapat digunakan.

Tabel 15 Nilai Optimum Variabel untuk Nilai % Loss

	Observed Minimum	Critical	Observed Maximum
% perekat	6.34000	18.60055	17.66000
Ukuran partikel	16.0000	19.02128	40.00000
Prediction value	6.672269		

Dari persamaan $Y = 4.75173 - 3.944424x_1 + 0.013335x_1^2 - 0.05422x_2 - 0.05842x_2^2 + 0.373828x_1x_2$ dengan $x_1 = 18.60055$ dan $x_2 = 9.02128$ didapatkan $Y_{optimal} = 6.512851$. Nilai tersebut mendekati nilai optimum hasil prediksi (6.672269). Dengan demikian apabila dilakukan percobaan dengan x_1 (18.60055) dan x_2 (19.02128) maka didapatkan %loss yang optimal. Pada gambar 4 berikut adalah grafik optimasi 3 dimensi untuk memprediksi nilai % loss.



Gambar 4 Grafik Kontur Permukaan untuk Minimum % Loss

Variabel jenis perekat yang optimum yaitu tapioka digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan dua variabel optimum lainnya pada program RSM. Fitted surface menggambarkan hubungan variabel-variabel optimum yang ditunjukkan dengan tingkat warna. Dari grafik diatas terlihat bahwa grafik tersebut tidak dapat menunjukkan kondisi optimum sehingga tidak dapat digunakan untuk menentukan kondisi optimum. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan alat penelitian (ayakan) sehingga data yang diperlukan untuk penentuan kondisi optimum kurang memadai.

4. KESIMPULAN

Jenis perekat tapioka merupakan perekat terbaik dibandingkan dengan 2 perekat lainnya (tepung terigu dan silikat) karena mempunyai nilai kalor tinggi, shatter index dan stability yang optimal. Semakin besar % konsentrasi perekat yang digunakan dalam campuran maka didapatkan nilai kalor yang tinggi dan ketahanan briket yang terbaik.



Ukuran mesh yang semakin besar (partikel semakin kecil) membuat ketahanan briket (shatter index) dan kestabilan ukuran (diameter serta panjang briket) semakin baik.

Dengan menggunakan *response surface methodology* didapat nilai variabel yang sesuai untuk menghasilkan nilai kalor dan shatter index yang optimum adalah 16.16 % - 18.60 % perekat dan ukuran partikel 19.02 - 27.49 mesh dengan nilai prediksi kalor 6694.217 kal/gr dan 6.67 % loss.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan anugerah-Nya, Bapak Dr.Ir. Budiyo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Bapak Ir. Didi Dwi Anggoro, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini, semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian dan laporan hasil penelitian ini serta DIKTI yang telah memberikan hibah dana penelitian melalui program kreativitas mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjari, Ratih, dan Radhita Endah, K, 2009, *Kajian awal pembuatan bahan bakar briket bioarang dari kulit biji nyamplung*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Samino, 2009. *Nyamplung*. <http://www.kphbanyumasbarat.perumperhutani.com> (Tanam Nyamplung \pm 1.000 Ha di tahun 2008, 16 September 2008) Diunduh Tanggal 8 April 2011.
- Y. Uemura, W. Omar, T. Tsutsui, D. Subbarao and S. Yusup, 2010. Relationship between Calorific Value and Elementary Composition of Torrefied Lignocellulosic Biomass. *Journal of Applied Sciences*, 10: 3250-3256.