

OPTIMASI PROSES POLIMERISASI MINYAK KULIT JAMBU
METE (CNSL, *CASHEW NUT SHELL LIQUID*) DENGAN FORMALDEHID

Luqman Buchori^{*)}

Abstract

Jambu mete represents the crop which is a lot of its benefit. From various benefit of jambu mete, there is one part of which not yet been exploited in an optimal that is husk. Whereas in its husk is contain oil so-called Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) about 32-36%. This oil can be used as natural source phenol and alternatively substitution phenol from petroleum. This phenol is reacted by formaldehyde will form the phenol formaldehyde resin. Besides containing natural phenol, CNSL also contain the other bunch like karboksilat bunch, alkyl bunch and alkenes bunch. This bunch will influence process of forming of phenol formaldehyde resin as a consequence have an effect on characteristic and quality of resin so that require to be searched the optimum condition in making of phenol formaldehyde resin. Objective of this research is to look for the optimum condition in making of phenol formaldehyde resin of novolac type and also know the influence of comparison of reactant and operating temperature for to resin yielded. Dependent variables in this research are reactor volume (500 ml) with the volume bases 250 ml, catalyst acid HCl, mixing speed (200 rpm), operating time (90 minute), pH (2) and operating pressure (1 atm). Independent variables are CNSL/formaldehyde ratio and operating temperature. Perceived parameter is free rate formaldehyde. Method is used to design and process data is RSM (Response Surface Methodology) method constructively the Static program. Result of this research indicates that the most effect on variable is ratio CNSL/formaldehyde. Optimum condition are obtained at F/C ratio of 0.65-0.85 and temperature of 75-85⁰C with the conversion of 0.55. The biggest rate resin obtained at F/C ratio 0.75/1 and temperature 80⁰C. This resin is very jell and have best sticky and also drug after running dry. This novolac resin is applicated as furniture coating. Coating yielded have well sticky with the auburn color.

Key words : CNSL; coating; formaldehyde; phenol; resin

Pendahuluan

Resin phenol formaldehid merupakan resin yang dibuat dengan cara mereaksikan phenol dengan formaldehid. Resin ini mempunyai berbagai macam kegunaan antara lain sebagai lak dan permis, senyawa cetakan, bahan laminating, plastik, dan bahan perekat. Selama ini phenol yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan resin phenol formaldehid berasal dari minyak bumi. Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan dan cadangannya semakin menipis. Oleh karena itu, perlu dicarikan bahan alternatif untuk menggantikan sumber phenol lain selain minyak bumi.

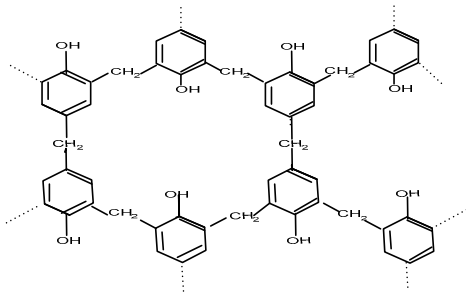
Kulit biji mete mengandung minyak yang disebut Minyak Kulit Biji Mete (MKBM)/*Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL). Kandungan CNSL dalam kulit biji mete sekitar 32-36% (Suwondo dan Lubis, 2001). Komponen-komponen yang terdapat dalam CNSL terdiri dari asam anarkadat, kardol dan kardanol dengan komposisi masing-masing 70%, 18% dan 5% (Budiaty dkk, 2004). Asam anarkadat, kardol dan kardanol merupakan senyawa kimia alami yang mengandung gugus phenol. Oleh karena itu Minyak Kulit Biji Mete (CNSL) memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan resin phenol formaldehid. Setiap 1 kg kulit biji mete bisa menghasilkan 100 gr minyak kulit biji mete (Suwondo dan Lubis, 2001).

Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) digunakan sebagai bahan dasar dalam berbagai industri dammar, lak varnish, pelunak gesekan, pelapis rem, kopling, dan bahan perekat. Produk kondensasi CNSL dengan aldehid disebut CNSL *phenolic resin* yang digunakan sebagai pelapis permukaan, bahan perekat, vernis, dan cat. Jenis poliamin yang disintesis dari CNSL atau kardanol digunakan sebagai *curing agent* untuk resin epoksi. CNSL dan derivatnya digunakan sebagai antioksidan, plasticizers dan bahan tambahan untuk memproses senyawa karet dan untuk modifikasi bahan plastik (Martin, 1956).

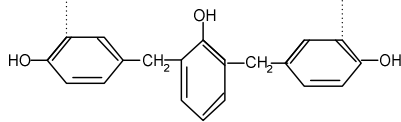
Phenol formaldehid merupakan resin sintesis yang digunakan secara komersial baik dalam industri plastik maupun cat (*surface coating*). Phenol formaldehid dihasilkan dari reaksi polimerisasi antara phenol dan formaldehid dimana formaldehid mempunyai fungsionalitas 2 dan phenol mempunyai fungsionalitas 3. Reaksi terjadi antara phenol pada posisi ortho maupun para dengan formaldehid untuk membentuk rantai yang *crosslinking* dan pada akhirnya akan membentuk jaringan tiga dimensi (Hesse, 1991).

Reaksi phenol dan formaldehid akan membentuk dua jenis resin yaitu resole dan novolak.

^{*)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro



Gambar 1. Struktur molekul resole



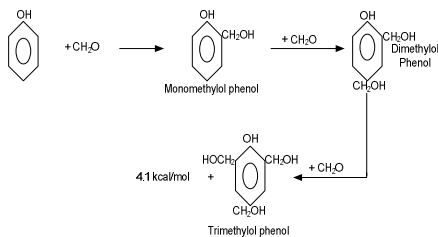
Gambar 2. Struktur molekul novolak

Resin resole mempunyai sifat yang tak larut dalam pelarut dan akan mengeras bila dipanaskan (thermoset). Resole terbentuk pada suasana basa. Pembentukan gugus metylol berjalan lebih cepat daripada pembentukan gugus methylene dan ether. Gugus methylol membentuk polimer thermosetting yang jika sudah mengeras tidak dapat larut dalam pelarut.

Resin novolak mempunyai sifat yang mudah larut dalam pelarut dan permanen. Novolak termasuk jenis thermoplas. Novolak terbentuk apabila suasana asam. Pembentukan gugus methylol berjalan lambat sedangkan terurainya methylol menjadi gugus rantai methylene dan pembentukan ether berjalan cepat.

Reaksi pembentukan resin phenol formaldehid terdiri dari dua tahap reaksi yaitu:

a. Reaksi Addisi (Methylolasi)



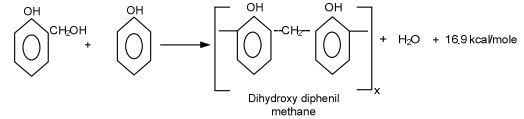
Phenol dan formaldehid akan bereaksi secara adisi membentuk monomethylol phenol. Pada monomethylol phenol ini masih ada 2 gugus reaktif yang dapat bereaksi lagi dengan formaldehid menjadi dimethylol phenol dan pada akhirnya membentuk trimethylol phenol. Gugus methylol ini akan bereaksi lanjut pada tahap kondensasi untuk membentuk resin berupa polymer rantai panjang dengan adanya pemanasan.

b. Reaksi Kondensasi

Reaksi kondensasi terdiri dari dua jenis reaksi pembentukan yaitu:

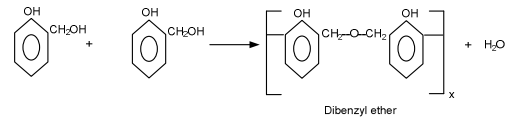
• Reaksi methylenasi

Reaksi ini merupakan reaksi antara gugus methylol dengan phenol yang akan membentuk methylene dan air.

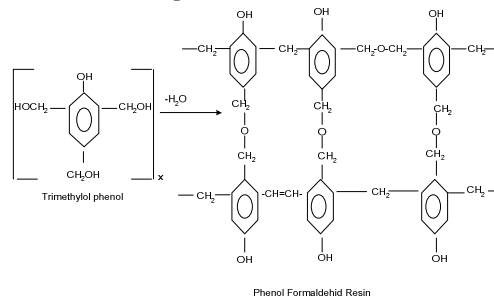


• Reaksi pembentukan ether

Reaksi pembentukan ether merupakan reaksi antara beberapa gugus methylol yang akan membentuk ikatan rantai panjang dan air.



Reaksi polimerisasi kondensasi akan terus berlanjut membentuk suatu polimer.



Tahap reaksi dalam pembentukan novolak tidak jauh berbeda dengan pembentukan resole, yakni terdiri dari reaksi addisi dan kondensasi. Akan tetapi pada novolak, reaksi polikondensasi dapat berlangsung sempurna sampai membentuk rantai dengan struktur *methylene link* dan *phenole terminate* tanpa adanya gugus fungsional dan tidak dapat cure dengan sendirinya. Novolak terbentuk apabila suasana asam. Pembentukan gugus metylol berjalan lambat, sedangkan terurainya metylol menjadi gugus rantai metylene dan pembentukan ether berjalan cepat (Hesse, 1991).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimum pembuatan resin phenol formaldehid jenis novolak dengan reaksi polimerisasi untuk aplikasi coating serta mengetahui pengaruh variabel perbandingan reaktan dan suhu operasi terhadap resin yang dihasilkan.

Metode Penelitian

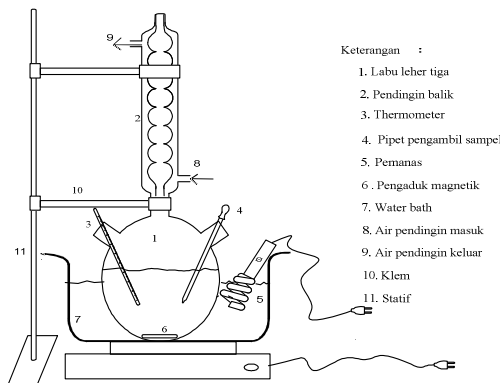
Pada proses pembuatan resin phenol formaldehid ini dipilih variabel tetap volume reaktor 500 mL dengan basis volume 250 mL, katalis asam HCl, skala kecepatan pengadukan 200 rpm, waktu operasi 90 menit, pH = 2 dan tekanan operasi 1 atm. Sedangkan variabel berubahnya yaitu rasio CNSL/formaldehid dan suhu operasi. Parameter yang diamati adalah kadar formaldehid bebas. Analisa dan pengolahan data menggu-

nakan bantuan program statika dan menghasilkan run percobaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Run Percobaan

Run	Rasio CNSL/Formaldehid	Suhu (°C)	CNSL (mL)	Formaldehid (mL)
1	1:0,50	70	167	83
2	1:0,50	90	167	83
3	1:1,00	70	125	125
4	1:1,00	90	125	125
5	1:0,39	80	168	82
6	1:1,60	80	96	154
7	1:0,75	65	143	107
8	1:0,75	95	143	107
9	1:0,75	80	143	107
10	1:0,75	80	143	107

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) yang telah diambil dari kulit biji mete dicampur dengan formaldehid ke dalam beaker glass sesuai dengan variabel percobaan. HCl ditambahkan sampai pH campuran mencapai 2. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dilakukan pengadukan. Labu kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu operasi. Setelah suhu operasi tercapai kemudian dilakukan pengambilan sampel awal untuk dianalisa kadar formaldehid bebas. Pemanasan dan pengadukan dilanjutkan sampai 90 menit. Sampel akhir diambil untuk dianalisa kadar formaldehid bebasnya. Sampel kemudian dipanaskan sampai meleleh dan ditambahkan curing agent urea formaldehid. Sampel ini kemudian dilarutkan dalam etanol untuk dijadikan vernish.

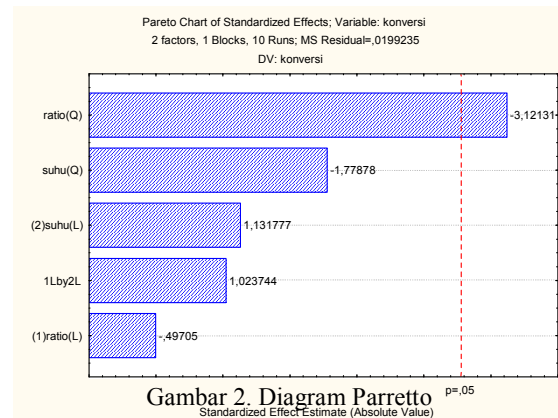
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Suhu dan Rasio terhadap Konversi

Pengaruh suhu dan rasio terhadap konversi yang diperoleh dari percobaan disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

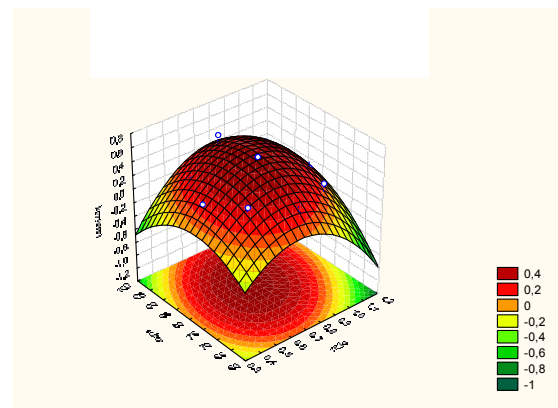
Tabel 2. Konversi pada masing-masing variabel

Run	Rasio CNSL/Formaldehid	Suhu (°C)	Konversi
1	1 : 0,50	70	0,33
2	1 : 0,50	90	0,11
3	1 : 1,00	70	0,19
4	1 : 1,00	90	0,27
5	1 : 0,39	80	0,21
6	1 : 1,10	80	0,06
7	1 : 0,75	65	0,10
8	1 : 0,75	95	0,53
9	1 : 0,75	80	0,55
10	1 : 0,75	80	0,55

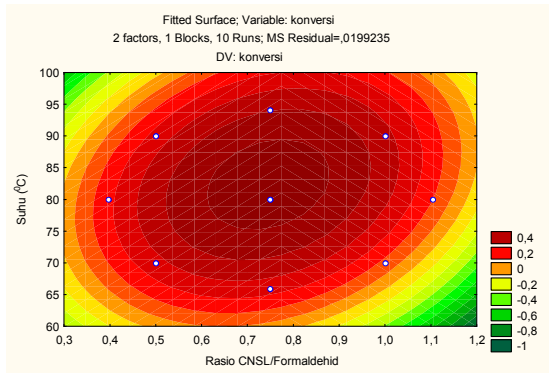


Gambar 2. Diagram Parreto

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa variabel yang paling berpengaruh adalah rasio F/C. Rasio akan mempengaruhi jumlah fungsionalitas pada masing-masing reaktan sehingga produk yang dihasilkanpun juga berbeda. Ketika rasio F/C >1 maka pembentukan gugus methylol berjalan cepat daripada pembentukan jembatan methylene, sedangkan ketika rasio F/C <1 maka pembentukan jembatan methylene berjalan cepat daripada pembentukan gugus methylol.



Gambar 3. Grafik optimasi 3 dimensi pengaruh variabel suhu dan rasio Formaldehid/CNSL terhadap konversi formaldehid



Gambar 4. Grafik kontur permukaan konversi formaldehid vs suhu dan rasio Formaldehid /CNSL

Pada gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa konversi terbesar ditunjukkan pada daerah kurva merah tua. Grafik di atas menunjukkan bahwa variabel optimum didapatkan pada rentang rasio F/C=0,65-0,85 dan rentang suhu 75-85 °C dengan konversi 0,55. Pada rentang rasio optimum apabila suhu terus dinaikkan maka konversi akan turun. Hal ini terjadi karena apabila suhu sudah melewati titik optimum dan terus dinaikkan maka phenol formaldehid akan mengalami kerusakan yaitu akan terjadi fenomena siklisasi yakni gugus akhir oligomer dari phenol formaldehid akan terhubung dengan formaldehid (Nelson, 1980). Hal ini menyebabkan konversi yang dihasilkanpun akan semakin kecil. Dari tinjauan termodinamika, reaksi dasar polimerisasi pada pembentukan resin phenol formaldehid berlangsung secara eksotermis (Othmer, 1984) sehingga konversi yang lebih besar diperoleh pada suhu rendah dibandingkan pada suhu tinggi (Billmeyer, 1957) dan mencapai optimum pada rentang suhu 75-85°C, sehingga apabila suhu terus dinaikkan maka kurang efektif karena menghambat reaksi pembentukan produk. Sedangkan bila reaksi dijalankan di bawah suhu optimumnya maka laju polimerisasi akan lambat dan reaksi tidak berjalan sempurna, karena pada tahap awal (inisiasi) diperlukan radikal bebas yakni protonasi gugus karbonil yang diikuti oleh substitusi aromatik elektrofilik pada posisi *orto* atau *para* dalam pembentukan polimer yang sangat dipengaruhi oleh suhu (Malcolm, 2001).

Sedangkan pada rentang suhu optimum, jika rasio F/C dinaikkan maka konversi juga akan turun karena jumlah formaldehid bebasnya akan banyak yang tidak bereaksi. Polimer-polimer jaringan terbentuk karena phenol merupakan gugus polifungsional. Dalam medium asam, pembentukan eter berjalan cepat dikarenakan protonasi gugus-gugus alkohol oleh proton phenol atau oleh proton dari asam tambahan yang menyebabkan gugus tersebut jauh lebih rentan terhadap reaksi pergantian oleh gugus alkohol tetangganya. Oleh karena itu bila rasio terus dinaikkan melewati rentang optimumnya yakni F/C 0,65-0,85 maka akan membentuk metida-metida kuinon *orto* atau *para* yang reaktif yang menjadikan gugus akhir oligomer phenol formaldehid akan berikatan dengan formaldehidnya sehingga reaksi tidak sempurna

(Malcolm, 2001). Apabila rasio F/C di bawah kondisi optimum, ini berarti jumlah gugus formaldehid yang bereaksi dengan fungsionalitas pada phenol akan berkurang sehingga laju pembentukan produk akan kecil

Aplikasi Resin *Novolac* untuk Coating Furniture

Resin yang diperoleh memadat setelah kering. Setelah dilakukan pemanasan, resin yang memadat mengalami pelelehan. Dari fenomena tersebut, dapat disimpulkan bahwa resin yang diperoleh adalah jenis termoplastik (*novolak*). Resin ini terbentuk dalam suasana asam dimana pembentukan gugus *methylol* lambat sedangkan pembentukan *methylene* cepat.

Sebelum mengering, resin *novolak* yang dihasilkan berbentuk cairan yang mempunyai berat molekul tertentu. Semakin besar berat molekul akan meningkatkan viskositas/kekentalan produk. Semakin besar viskositas produk maka semakin besar pula jaringan polimer yang terbentuk sehingga daya adhesi akan semakin besar pula. Semakin besar daya adhesi maka semakin besar pula daya rekatnya.

Dalam penelitian ini diperoleh kadar resin terbesar pada perbandingan reaktan F/C=0,75/1 yang berbentuk cairan sangat kental dan mempunyai kelengketan yang paling baik serta memadat setelah kering. Resin ini kemudian diaplikasikan sebagai coating pada kayu tripleks. Hasil aplikasi coating pada kayu tripleks ditunjukkan pada gambar 5.

Pada variabel optimum yakni rasio F/C = 0,75/1 dan suhu 80°C, coating yang dihasilkan mempunyai kelengketan yang baik dengan warna cokelat kemerahan, sedangkan pada variabel yang lain, coating yang dihasilkan mempunyai kelengketan yang kurang baik dengan warna coklat kehitaman.



Gambar 5. Aplikasi coating pada triplek

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variabel yang paling berpengaruh adalah rasio F/C dan kondisi optimum didapatkan pada rentang rasio F/C=0,65-0,85 dan rentang suhu 75-85 °C dengan konversi 0,55. Kadar resin terbesar pada perbandingan reaktan F/C=0,75/1 yang berbentuk cairan sangat kental dan mempunyai kelengketan paling baik serta memadat setelah kering. Pada variabel optimum yakni rasio F/C

= 0,75/1 dan suhu 80⁰C, coating yang dihasilkan mempunyai kelengketan yang baik dengan warna coklat kemerahan, sedangkan pada variabel yang lain, coating yang dihasilkan mempunyai kelengketan yang kurang baik dengan warna coklat kehitaman.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Moch. Rizal Aulia dan M. Imam Baihaqi yang telah membantu terlaksananya penelitian ini hingga selesai.

Daftar Pustaka

1. Alelio, G. F. D. and Guilel, R. L., (1955), *Experimental Plastics and Synthetic Resins*, John Wiley and Sons Inc., New York.
2. Billmeyer Jr, F. W., (1957), *Textbook of Polymer Chemistry*, Interscience Publisher INC, New York.
3. Daru, M. dan Nunung, M. D., (1994), *Jambu Mete dan Pembudidayaannya*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
4. Frisch, K. C., (1967), Phenolic Resin and Plastics dalam *Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 15 Edisi 2, Mei Ya Publication Inc.
5. Hesse, W.,(1991),*Phenolic Resin* dalam *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Vol. 19 Edisi 5, VCH Publishers, New York.
6. [http://en.wikipedia.org/wiki/Jambu Mete](http://en.wikipedia.org/wiki/Jambu_Mete)., diakses 5 Maret 2009.
7. <http://www.Cardolite.com>. Test Plan For Cashew Nut Shell Liquid, Cardolite Corporation. Inc., diakses thn 2009.
8. Malcolm, P. S., (2001), *Kimia Polymer*, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
9. Martens, C.R., (1967), *Technology of Paint, Varnishes and Lacquers*, Associated Products The Sherwin Williams Company Cleveland, Ohio
10. Martin, R. W., (1956), *The Chemistry of Phenolic Resins*, John Willey & Sons Inc, New York.
11. Meyer, (1962), *Polymer*, Chapman and Hall, New York.
12. Mustofa, R. dan Sri S. I., (1998), Pengaruh pH Terhadap Kuat Geser Perekat Kayu dari Resin Urea Formaldehid dan Resin Phenol Formaldehid, *Laporan Penelitian*, Jurusan Teknik Kimia Undip, Semarang
13. Othmer, K., (1984), *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd edition, Interscience Publication, John Willey and Sons, New York.
14. *Statistika Indonesia*, (2003), BPS.
15. Suwondo, A. D. dan Lubis, L., (2001), Ekstraksi CNSL dari Kulit Biji Jambu Mete, *Laporan Penelitian* Jurusan Teknik Kimia Undip, Semarang