

# OPTIMASI PRODUKSI DAN SIFAT FUNGSIONAL ASAP CAIR KAYU KARET

## OPTIMIZATION OF PRODUCTION AND FUNGSIONAL PROPERTIES OF LIQUID SMOKE PRODUCED FROM HEVEA RUBBER WOOD

Purnama Darmadji\*), H.A. Oramahi, Haryadi\*) dan Ria Armunanto\*\*)

### ABSTRACT

Optimization of production process of liquid smoke from rubber wood was carried out by using *response surface methodology* (RSM) to optimize production of liquid smoke, phenol and carbonyl in liquid smoke. The objectives were to look for optimum condition for production of liquid smoke containing phenol, carbonyl and acid contents and analyze the components of liquid smoke. The study applied RSM with three variable design i.e. pyrolysis temperature (x), at temperatures of 350 (-1), 400 (0) and 450 °C (1), pyrolysis times for 60 (-1), 90 (0) and 120 minutes (1) and moisture contents of 10 (-1), 15 (0) and 20 % (1) with 15 runs.

The rubber wood composed of cellulose 45,67 %, hemicellulose 28,32 % and lignin 16,69 %. Optimum production of liquid smoke was obtained at temperature of 420.87 °C for 99.60 minutes, moisture content of 16.55 % and the production was 54.39 %. The optimum phenol content was obtained at temperature of 388.18 °C for 99.74 minutes and moisture contents of 23.40 % and phenol content obtained was 1.78 %. The optimum carbonyl contents was obtained at temperature of 395.14 °C at 93.46 minutes and at moisture content of 15.78 % and carbonyl content obtained was 5.55 %. The optimum acid content was obtained at temperature of 388.24 °C for 91.74 minutes and at moisture contents of 15.18 % and acid content obtained was 5.55 %.

key word : optimization, liquid smoke, phenol, carbonyl, acid, rubber wood

### PENDAHULUAN

Produksi asap cair dari limbah padat rempah-rempah dengan cara pirolisa sudah pernah dilaporkan, bahwa masing-masing limbah rempah menghasilkan fraksi asap cair yang bervariasi kandungan senyawa fungsionalnya, tergantung pada macam bahan dasar dan suhu pirolisa yang digunakan (Darmadji, dkk, 1998).

Indonesia adalah produsen karet alam nomor dua di dunia yang cukup menghasilkan devisa bagi negara. Untuk mempertahankan dan meningkatkan sebagai negara eksportir karet selain harus meningkatkan mutu dan daya saing, juga harus menaati kesepakatan-kesepakatan global tentang standart mutu. Masalah standar mutu kian menjadi suatu yang amat penting karena akan dipakai sebagai hambatan teknis dalam perdagangan internasional dimasa yang akan datang, apalagi dimulainya program ISO seri 14000 yang menangani masalah manajemen lingkungan. Dalam ISO seri 14000 ditetapkan bahwa setiap produksi

industri tidak hanya dituntut mutunya bagus tetapi juga mempersyaratkan agar dalam proses produksinya tidak merusak dan mencemari lingkungan (Anonim, 1996). Untuk itu perlu diusahakan suatu terobosan dalam industri karet alam dengan memanfaatkan limbah yang ada dalam industri perkebunan serta mengembangkan proses produksi dengan biaya yang murah. Salah satu alternatif adalah menggunakan asap cair dengan memanfaatkan limbah kayu karet tua untuk perbaikan kualitas dan perbaikan lingkungan.

Potensi kayu karet tua cukup besar. Dengan perkiraan umur ekonomis pohon karet sekitar 30 tahun, maka luas areal peremajaan atau tanaman tua yang harus dibongkar pertahunnya sebanyak 120.000 ha (BPS, 1996). Apabila jumlah tanaman karet setiap hektar sebanyak 500 pohon, maka ketersediaan kayu karet tua pertahun sebesar 60.000.000 batang. Bila perkiraan berat per batang kayu adalah 1 ton, maka potensi kayu karet tua sebesar 60.000.000 ton kayu karet tua per tahun (Darmadji dan Suhardi, 1998) sedangkan menurut Ser (1990) dalam Wardani dan Sukaton (1996) diperkirakan dua juta meter kubik per tahun kayu karet hasil peremajaan. Dengan proses pirolisa kayu tersebut akan menghasilkan asap cair 40%, arang 50% dan tar 10% (Tranggono, dkk., 1996). Darmadji dan Suhardi (1998) melaporkan bahwa asap cair mengandung asam yang cukup tinggi yang potensial sebagai koagulan sekaligus sebagai antimikrobia. Kadar fenol dalam asap cair berpotensi sebagai antioksidan dan karbonil mempunyai potensi pencoklatan melalui reaksi Maillard. Dengan melihat potensi tersebut, pemanfaatan asap cair untuk koagulan lateks akan menjadikan dasar pengembangan proses peningkatan produksi karet yang berwawasan lingkungan.

Menurut Tranggono, dkk, (1996) hasil analisa pirolisa dengan menggunakan DTA (*differential thermal analysis*) dan TGA (*thermal gravimetri analysis*) ditetapkan bahwa suhu pirolisa berkisar 400°C, dan dengan alat reaktor pirolisa waktu yang diperlukan untuk menghasilkan asap cair tersebut kurang lebih 1 jam.

Optimasi dengan *response surface methodology* (RSM) merupakan teknik statistik dan matematik untuk meneliti proses yang kompleks dengan menggunakan beberapa faktor-faktor yang berpengaruh. Konsep asli metode ini dikenalkan oleh Box and Wilson pada tahun 1951 untuk mempelajari hubungan respon dan beberapa

\*) Fakultas Teknologi Pertanian UGM

\*\*\*) F-MIPA UGM

faktor (Shieh, dkk., 1996). RSM telah sukses diterapkan untuk mengoptimasi kondisi beberapa variabel pada penelitian tentang pangan (Batistuti, dkk., 1991; Mudahar, dkk., 1992;; Shieh, dkk., 1996), namun sampai saat ini belum ada penelitian mengenai optimasi produksi asap cair, kadar fenol, karbonil dan keasaman asap cair dari kayu karet. Berdasar optimasi pendahuluan yang dilakukan oleh Tranggono, dkk., (1996) tersebut dirancanglah suatu penelitian untuk mengoptimasi produkasi asap cair dan sifat-sifat fungsionalnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum produksi asap cair dengan 3 faktor yang diperkirakan berpengaruh yaitu suhu pirolisa, waktu pirolisa dan kadar air kayu, terhadap produksi fenol, karbonil dan asam asap cair pada pirolisa kayu karet, serta menganalisa komponen asap cair hasil produksi asap cair pada kondisi yang optimal.

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan kayu karet tua diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara IX, Kebun Batu Jamus, Kerjo Arum, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Kayu karet dipotong dengan ukuran 4 x 4 x 3 cm, kemudian kayu karet dikeringkan sampai kadar air 10, 15 dan 20 %.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah: NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> alkalis, Reagen Folin-Ciocalteu, aquades, HCl, KOH, fenol murni, larutan 2,4 dinitrofenilhidrazin, dan senyawa standar fenol dan asam asetat untuk analisa GC.

### Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan asap cair yaitu reaktor, dapur pemanas listrik, pipa penyalur asap, kolom kondensasi, penampung asap cair, dan pipa penyalur asap cair. Reaktor tersebut berbentuk silinder dengan tinggi 40 cm dan diameter 20 cm serta dilengkapi 2 buah termokopel yang dihubungkan dengan readout-meter. Dapur pemanas listrik berbentuk selubung reaktor dengan pemanas listrik 3 kW. Pipa penyalur asap berdiameter 2,5 cm dan panjang kurang lebih 150 cm, sedang pipa penyalur asap sisa diameternya 1,5 cm. Kolom pendingin tersebut memiliki diameter 20 cm dan tinggi 100 cm termasuk tipe double pipe heat exchanger dengan air yang dialirkan pada sisi pipa luar. Sebagai penampung digunakan botol kaca standar ukuran 1000 ml.

### Prosedur Penelitian

Kayu karet dianalisa kadar hemiselulosa, selulosa dan lignin dengan Metode Choosen (dalam Datta, 1981). Kayu karet dipotong dengan ukuran 4 x 4 x 3 cm, kemudian kadar air ditentukan sebesar 10,15 dan 20%. Asap cair dibuat dengan memasukkan potongan kayu karet ke dalam reaktor kemudian ditutup dan rangkaian kondensor dipasang. Selanjutnya dapur pemanas dihidupkan dengan suhu yang dikehendaki. Suhu yang digunakan dalam

penelitian adalah 350, 400, 450 °C, selama 60, 90, 120 menit. Waktu pirolisa dihitung setelah suhu yang diinginkan sudah tercapai, kemudian asap yang keluar dari reaktor disalurkan ke kolom pendingin melalui pipa penyalur, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dingin dengan menggunakan pompa. Embunan berupa asap cair ditampung dalam botol, sedangkan asap yang tidak dapat diembunkan dibuang melalui pipa penyalur asap sisa. Produksi asap cair termasuk di dalamnya tar dan arang yang diperoleh dihitung sebagai % berat. Selanjutnya asap cair dianalisa kandungan fenol (metode Senter, 1989), karbonil dengan kolorimeter (Lappin dan Clark, 1951) dan asam dengan metode AOAC (1995)

### Optimasi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini untuk penentuan kondisi optimum produksi asap cair, kadar fenol, karbonil dan keasaman serta produksi arang digunakan *Response Surface Methodology (RSM)* dengan 3 variabel Box-Benhken dengan 15 percobaan. Kondisi optimum atau titik stasioner pada saat turunan model matematik sama dengan nol, kemudian untuk menentukan nilai maksimum, minimum atau sadel ditentukan dengan persamaan kanonik.

Bila semua nilai hasil perhitungan positif berarti nilai konversi yang dihasilkan maksimum, bila nilai yang dihasilkan negatif berarti hasil konversi yang dihasilkan minimum, sedangkan bila nilai hasil perhitungan ada yang positif dan negatif berarti konversi yang dihasilkan berupa sadel atau titik belok.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi bahan baku kayu karet

Hasil analisa kimia kayu karet yang meliputi kadar air, selulosa, hemiselulosa dan lignin kayu karet dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Water content, Cellulosa, Hemicellulosa and Lignin of Hevea Rubber Wood

	Water content (%)	Cellulosa (%)	Hemicellulosa (%)	Lignin (%)
Rubber wood (wb)	12,51	39,96	24,78	14,61
(db)		45,67	28,32	16,69

Menurut Fengel dan Wegener (1995), kandungan selulosa pada kayu secara umum sebesar 40-50 %. Pada Tabel 2 terlihat bahwa kandungan selulosa sesuai dengan laporan tersebut. Menurut Fengel dan Wegener (1995) kandungan lignin yang terdapat dalam tumbuhan yang berbeda sangat bervariasi, yaitu berkisar antara 20 hingga 40 %. Pada Tabel 1 terlihat bahwa kandungan lignin yang dihasilkan lebih sedikit dari pada penelitian Fengel dan Wegener. Menurut Wardhani dan Sukaton (1996), kandungan lignin kayu karet antara 22-29 %. Data diatas

menunjukkan bahwa kandungan lignin lebih kecil, hal ini disebabkan karena distribusi lignin didalam dinding sel dan kandungan lignin pada bagian pohon yang berbeda akan menghasilkan kandungan lignin yang berbeda pula (Fengel dan Wegener, 1995).

Menurut Girad, 1992 bahwa proporsi tiga struktur polimer kayu bervariasi tergantung jenis kayu, tapi secara kasar rasio selulosa 2 bagian, hemiselulosa 1 bagian dan lignin 1 bagian, hal ini diperkuat oleh Draudt, (1963) kayu keras mempunyai kandungan selulosa 2 bagian, hemiselulosa 1 bagian dan lignin 1 bagian. Menurut Zaitsev (1969), kandungan lignin kayu keras antara 18-24 % berat kering kayu sedangkan menurut Kollman dan Cote (1968) bahwa kandungan lignin kayu keras lunak berkisar 25-35 % dan kayu keras 18-25 %.

### Penentuan Kondisi Optimum produksi asap cair

Produksi asap cair yang dihasilkan dari pirolisa kayu karet dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Liquid Smoke Production from Hevea Rubber Wood

Number of sample	X1 Pyrolyzing Temperature (°C)	X2 Pyrolyzing Time (Minute)	X3 Water Content of Wood (%)	Y Yield of Liquid Smoke (%)
1	350 (-1) <sup>a</sup>	60 (-1)	15 (0)	36,75
2	350 (-1)	120 (1)	15 (0)	41,50
3	450 (1)	60 (-1)	15 (0)	51,00
4	450 (1)	120 (1)	15 (0)	51,10
5	350 (-1)	90 (0)	10 (-1)	47,75
6	350 (-1)	90 (0)	20 (1)	49,50
7	450 (1)	90 (0)	10 (-1)	46,75
8	450 (1)	90 (0)	20 (1)	49,00
9	400 (0)	60 (-1)	10 (-1)	41,00
10	400 (0)	60 (-1)	20 (1)	40,00
11	400 (0)	120 (1)	10 (-1)	50,00
12	400 (0)	120 (1)	20 (1)	53,40
13	400 (0)	90 (0)	15 (0)	53,00
14	400 (0)	90 (0)	15 (0)	53,30
15	400 (0)	90 (0)	15 (0)	53,10

<sup>a</sup> (-1), (0), (1) = code

Menurut penelitian produksi asap cair mengikuti model matematika orde dua, sehingga dirumuskan sebagai berikut :

$$Y = 53,13328 + 2,793717 x_1 + 3,406198 x_2 + 0,800017 x_3 - 2,94791 x_1^2 - 5,097913 x_2^2 - 1,935408 x_3^2 - 1,162498 x_1 x_2 + 0,125005 x_1 x_3 + 1,100006 x_2 x_3$$

Pada Tabel 3 diatas terlihat bahwa produksi asap cair berkisar antara 36,75 - 53,40 %, sedangkan prediksi kondisi optimum (titik stasioner) produksi asap cair yang diperoleh dari perhitungan RSM bahwa kondisi optimum (titik stasioner) produksi asap cair adalah suhu pirolisa

420,87 °C, waktu 99,6 menit dan kadar air 16,56 % serta produksi sebesar 54,39 %.

Menurut Tranggono, dkk, (1996) produksi asap cair dari berbagai macam kayu dan tempurung kelapa berkisar antara 39,15 % sampai 61,55 % dengan rata-rata 50,09 %. Produksi asap cair optimal yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi dari hasil rata-rata penelitian yang dilakukan oleh Tranggono, dkk.(1996), disebabkan perbedaan jenis kayu, kadar air, lama pirolisa dan suhu pirolisa serta ukuran kayu yang dipirolisa. Menurut Fretheim, et al. (1980) volume kondensat asap cair maksimal tercapai pada suhu 450 °C. Produksi asap cair dari kayu karet yang optimal lebih rendah dari penelitian Frentheim, dkk.,l (1980) disebabkan perbedaan jenis kayu, kadar air kayu dan ukuran kayu .

Kontur kondisi optimum produksi asap cair dapat dilihat pada gambar 2.

Analisa kanonik untuk produksi asap cair adalah:

$$Y = 54,39 - 2,8064 W_1^2 - 1,8431 W_2^2 - 5,3336 W_3^2$$

Nilai persamaan diatas bertanda negatif semua yang berarti menandakan grafik yang dihasilkan berbentuk maksimum seperti terlihat pada Gambar 2 diatas.

Pembuktian kondisi optimum produksi asap cair pada suhu pirolisa 420,87 °C, waktu 99,6 menit dan kadar air 16,56 % dihasilkan produksi asap cair sebesar 53 %, sedangkan dari perhitungan produksi sebesar 54,39 %, berarti mempunyai error sebesar 2.29 %.

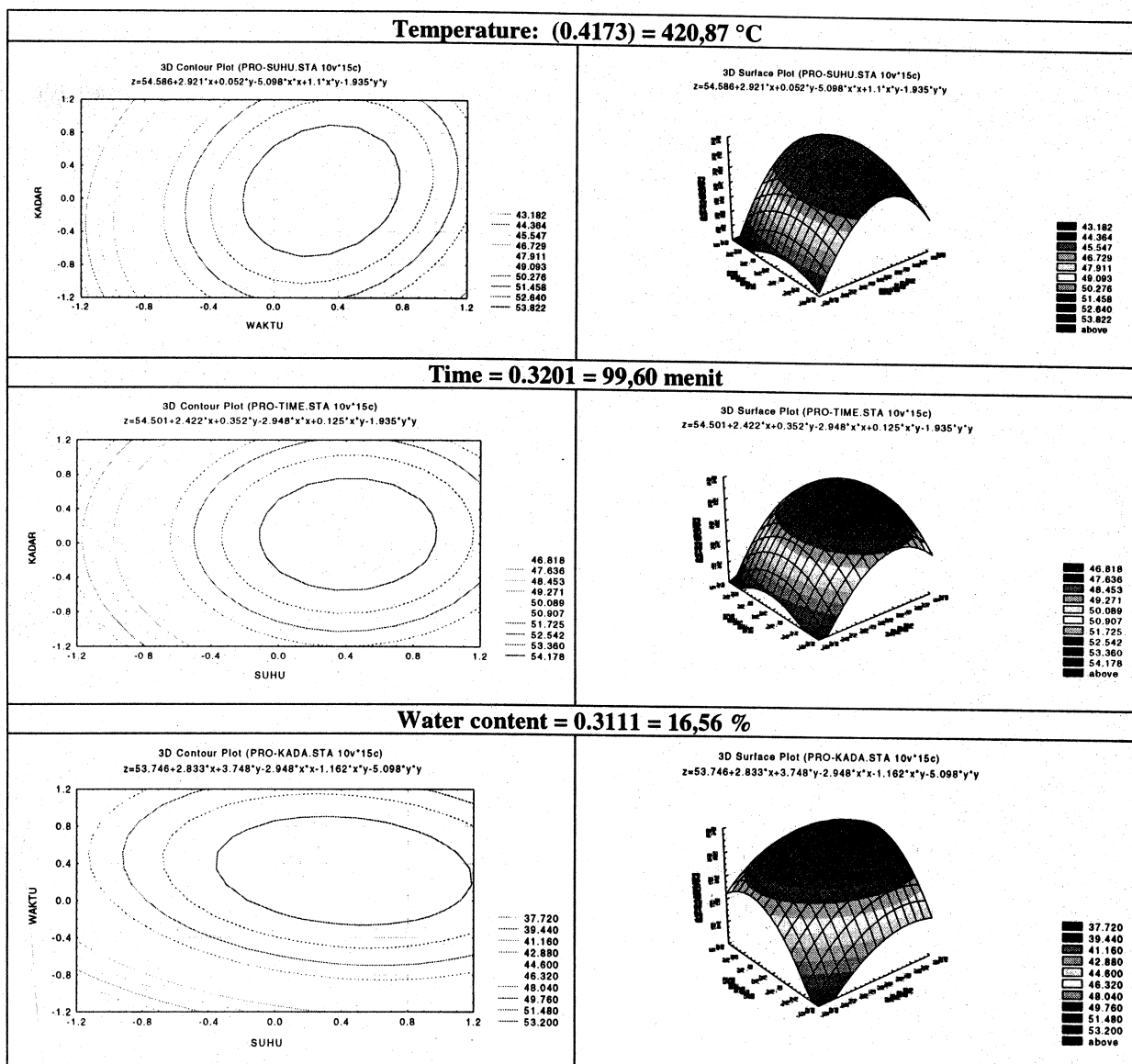
### Penentuan Kondisi Optimum berdasar Kadar Fenol Asap Cair

Kadar fenol yang dihasilkan dari pirolisa kayu karet dapat dilihat pada Tabel 5..

Tabel 5. Phenol Content of the Liquid Smoke

Number of Factor	X1 Pyrolyzing Temperature (°C)	X2 Pyrolyzing Time (Minutes)	X3 Water Content of Rubber Wood (%)	Y Yield of Phenol (%)
1	350 (-1) <sup>a</sup>	60 (-1)	15 (0)	2,78
2	350 (-1)	120 (1)	15 (0)	2,66
3	450 (1)	60 (-1)	15 (0)	2,56
4	450 (1)	120 (1)	15 (0)	2,96
5	350 (-1)	90 (0)	10 (-1)	3,86
6	350 (-1)	90 (0)	20 (1)	2,35
7	450 (1)	90 (0)	10 (-1)	3,49
8	450 (1)	90 (0)	20 (1)	2,69
9	400 (0)	60 (-1)	10 (-1)	2,75
10	400 (0)	60 (-1)	20 (1)	1,65
11	400 (0)	120 (1)	10 (-1)	2,49
12	400 (0)	120 (1)	20 (1)	1,77
13	400 (0)	90 (0)	15 (0)	2,19
14	400 (0)	90 (0)	15 (0)	2,20
15	400 (0)	90 (0)	15 (0)	2,23

<sup>a</sup> (-1), (0), (1) = Kode



**Figure 2. The Contour and Surface on Optimum Condition of Liquid Smoke Production**

Model matematika untuk kadar fenol pada asap cair dalam penelitian ini adalah :

$$Y = 2,206651 + 0,006253 x_1 + 0,017504 x_2 - 0,516269 x_3 + 0,732941 x_1^2 - 0,199604 x_2^2 - 0,157914 x_3^2 + 0,129992 x_1x_2 + 0,177495 x_1x_3 + 0,094991 x_2x_3$$

Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar fenol dihasilkan berkisar antara 1,65 – 3,86 %, sedangkan kondisi optimum kadar fenol yang diperoleh dari perhitungan RSM adalah pada produksi optimum (titik stasioner) kadar fenol asap cair adalah suhu 388,18 °C, waktu 99,74 menit dan kadar air 23,40 % dan kadar fenol sebesar 1,78 %.

Hamm dan Potthast (1976) melaporkan bahwa pada suhu 380 °C, 600 °C dan 760 °C kadar total fenol didalam asap adalah 998 mg, 4858 mg dan 2632 mg dalam 100 g kayu gergajian. Bila rendemen asap cairnya dianggap 50 %

maka total fenol pada ketiga suhu tersebut adalah 2 %, 9,72 % dan 5,26 %. Tranggono, dkk (1996) yang menyatakan bahwa kadar fenol pada asap cair yang dihasilkan dari bermacam-macam pirolisa kayu dan tempurung kelapa adalah 2,10 – 5,13 %. Menurut Spanyol, et al. (1962) dalam Draudt (1963) kadar fenol sebesar 0,20-0,29 g per 100 gram kayu oak gergajian dan 0,29-0,32 gram per 100 gram kayu spruce gergajian. Bila rendemen dianggap 50 %, maka kadar fenol sebesar 0,4-0,48 % pada kayu oak dan 0,58-0,64 % pada kayu spruce.

Kadar fenol yang optimal dari penelitian ini lebih kecil dari penelitian Tranggono, dkk, (1996), tetapi lebih kecil dari penelitian Spanyol, et al. (1962). Perbedan kadar fenol in disebabkan oleh perbedan jenis kayu yang digunakan, suhu pembakaran dan jenis kayu yang digunakan (Maga, 1996; Girard, 1992).

Kadar fenol optimal dalam penelitian ini masih dalam kisaran penelitian Maga (1996) yang melaporkan bahwa kadar fenol sebesar 0,2-2,9 %.

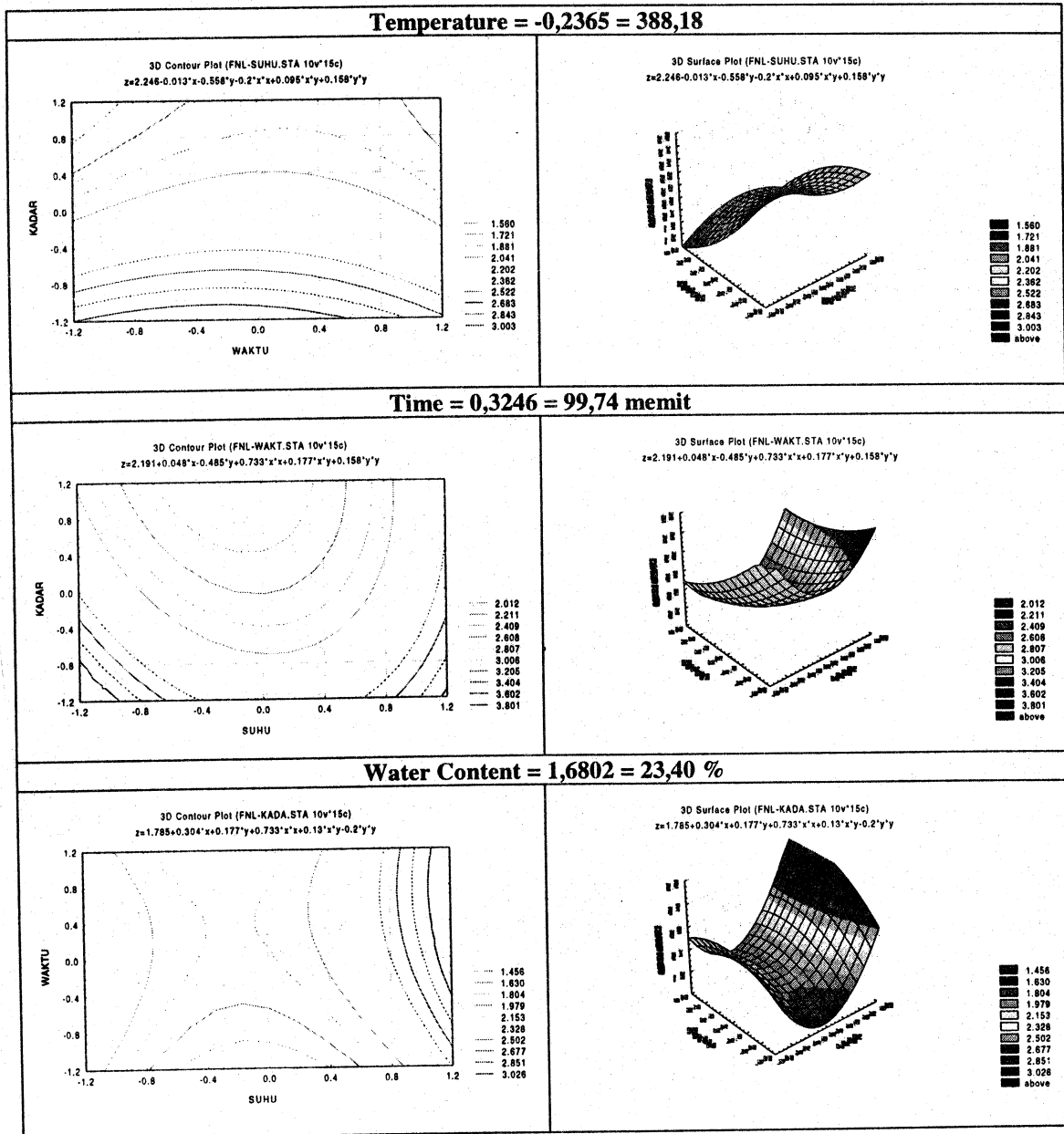
Analisa kanonik untuk kadar fenol adalah:

$$Y = 1,78 - 0,2078 W_1^2 + 0,1475 W_2^2 + 0,7516 W_3^2$$

Nilai persamaan diatas bertanda negatif dan positif berarti grafik yang dihasilkan berbentuk sadel seperti terlihat pada Gambar 4 .

Pembuktian kondisi optimum kadar fenol asap cair pada suhu pirolisa 388,18 °C, waktu 99,74 menit dan kadar air 23,40 % didapatkan kadar fenol sebesar 1,82 %, sedangkan dari perhitungan kadar fenol sebesar 1,78 % yang berarti error sebesar 0,05 %.

Kondisi optimum kadar fenol dapat dilihat pada Gambar 4.



**Figure 4. Contour and Surface on Optimum Condition of Phenol Production in Liquid smoke of Hevea Rubber Wood**

### Penentuan Kondisi Optimum berdasarkan Kadar Karbonil pada Asap Cair

Kadar karbonil yang dihasilkan dari pirolisa bahan baku kayu karet dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Carbonyl Content of Liquid Smoke produced from Hevea Rubber Wood

Number of Factor	X1 Pyrolyzing Temperature (°C)	X2 Pyrolyzing Time (Minutes)	X3 Water Content of wood (%)	Y Carbonyl Content of Liquid Smoke (%)
1	350 (-1) <sup>a</sup>	60 (-1)	15 (0)	6,47
2	350 (-1)	120 (1)	15 (0)	6,70
3	450 (1)	60 (-1)	15 (0)	7,25
4	450 (1)	120 (1)	15 (0)	6,89
5	350 (-1)	90 (0)	10 (-1)	7,73
6	350 (-1)	90 (0)	20 (1)	6,72
7	450 (1)	90 (0)	10 (-1)	7,83
8	450 (1)	90 (0)	20 (1)	8,20
9	400 (0)	60 (-1)	10 (-1)	6,49
10	400 (0)	60 (-1)	20 (1)	4,05
11	400 (0)	120 (1)	10 (-1)	4,30
12	400 (0)	120 (1)	20 (1)	6,07
13	400 (0)	90 (0)	15 (0)	5,52
14	400 (0)	90 (0)	15 (0)	5,71
15	400 (0)	90 (0)	15 (0)	5,52

<sup>a</sup> (-1), (0), (1) = Code

Model matematika untuk kadar karbonil pada asap cair dalam penelitian ini adalah :

$$Y = 5,58331 + 0,318762 x_1 - 0,46252 x_2 - 0,155006 x_3 + 1,827079 x_1^2 - 0,582913 x_2^2 + 0,209584 x_3^2 - 0,14751 x_1 x_2 + 0,344989 x_1 x_3 + 1,069987 x_2 x_3$$

Tabel 6 diatas menunjukkan bahwa kadar karbonil dihasilkan berkisar antara 4,05 – 8,20 %, sedangkan kondisi optimum kadar karbonil yang diperoleh dari perhitungan Response Surface Methodology (RSM) adalah pada kondisi optimum (titik stasioner) kadar karbonil asap cair adalah suhu 395,14 °C, waktu 93,46 menit dan kadar air 15,78 % dan kadar karbonil sebesar 5,55 %.

Hamm dan Potthast (1976) melaporkan bahwa pada suhu 380 °C, 600 °C dan 760 °C kadar total karbonil didalam asap adalah 9.996 mg, 14.952 mg dan 7.574 mg dalam 100 g kayu gergajian. Bila rendemen asap cairnya dianggap 50 % maka total karbonil pada ketiga suhu tersebut adalah 19,99 %, 29,90 % dan 15,15 %. Tranggono, dkk (1996) yang menyatakan bahwa kadar karbonil yang dihasilkan pada bermacam-macam kayu dan tempurung kelapa adalah 8,56 – 15,23 %. Kadar karbonil asap cair menurut Maga (1987) sebesar 2,6-4,6 %

Menurut Maga (1987) dan Girard (1992), komposisi asap dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya jenis

kayu, kadar air kayu dan suhu pembakaran yang digunakan. Kadar karbonil optimal yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih rendah dari penelitian Tranggono, dkk. (1996), namun lebih tinggi dari penelitian Maga (1986), hal ini disebabkan karena perbedaan jenis kayu, suhu dan waktu pembakaran yang digunakan.

Pembuktian kondisi optimum kadar karbonil asap cair pada suhu pirolisa 395,14 °C, waktu 93,46 menit dan kadar air 15,78 % didapatkan kadar karbonil sebesar 5,52 %, sedangkan dari perhitungan kadar karbonil sebesar 5,55 % dengan error sebesar 0,06 %. Kadar karbonil optimal hasil perhitungan hampir mendekati kadar karbonil pada percobaan dengan standar error sebesar 0,06 %.

Kondisi optimum kadar karbonil dapat dilihat pada Gambar 4.

$$Y = 5,56 + 1,8454 W_1^2 + 0,4685 W_2^2 - 0,8601 W_3^2$$

Nilai dari persamaan diatas bertanda positif dan negatif berarti grafik yang dihasilkan berbentuk sadel seperti terlihat pada Gambar 5 diatas.

### Penentuan Kondisi Optimum berdasar Kadar Asam pada Asap Cair

Kadar keasaman asap cair yang dihasilkan dari pirolisa kayu karet dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

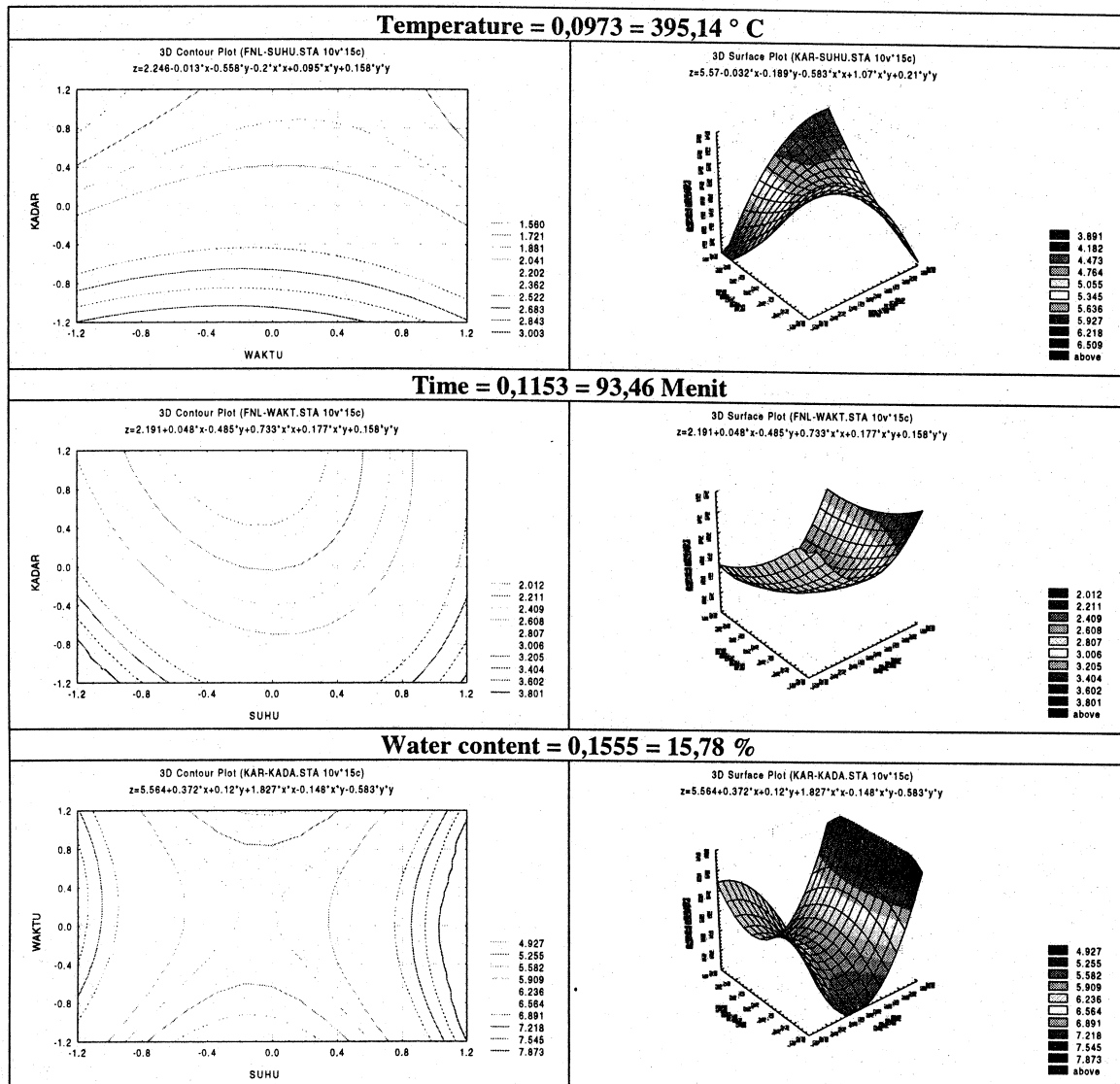
Tabel 7. Accidity of Liquid Smoke

Number of Factor	X1 Pyrolyzation temperature (°C)	X2 Pyrolyzation Time (Minute)	X3 Water Constant of Wood (%)	Y Acidity (%)
1	350 (-1) <sup>a</sup>	60 (-1)	15 (0)	13,89
2	350 (-1)	120 (1)	15 (0)	17,20
3	450 (1)	60 (-1)	15 (0)	17,15
4	450 (1)	120 (1)	15 (0)	14,23
5	350 (-1)	90 (0)	10 (-1)	20,55
6	350 (-1)	90 (0)	20 (1)	15,35
7	450 (1)	90 (0)	10 (-1)	20,08
8	450 (1)	90 (0)	20 (1)	16,67
9	400 (0)	60 (-1)	10 (-1)	18,49
10	400 (0)	60 (-1)	20 (1)	15,08
11	400 (0)	120 (1)	10 (-1)	17,31
12	400 (0)	120 (1)	20 (1)	14,31
13	400 (0)	90 (0)	15 (0)	16,75
14	400 (0)	90 (0)	15 (0)	16,32
15	400 (0)	90 (0)	15 (0)	17,84

<sup>a</sup> (-1), (0), (1) = Code

Berdasarkan penelitian, dalam produksi asap cair mengikuti model matematik orde dua sebagai berikut :

$$Y = 16,96998 + 0,142508 x_1 - 0,194998 x_2 - 1,877526 x_3 + 0,256249 x_1^2 - 1,608754 x_2^2 + 0,93625 x_3^2 - 1,55751 x_1 x_2 + 0,447493 x_1 x_3 + 0,102493 x_2 x_3$$



**Figure 5. Contour and Surface on Optimum Condition of Production of Carbonyl From Liquid Smoke of Hevea rubber Wood.**

Tabel 7 diatas menunjukkan bahwa kadar asam dihasilkan berkisar antara 13,89– 20,55 %, sedangkan Kondisi optimum kadar asam yang diperoleh dari perhitungan RSM adalah pada kondisi optimum (titik stasioner) kadar asam asap cair adalah pada suhu 388,24 °C, waktu 91,74 menit dan kadar air 15,18 % dengan kadar asam sebesar 16,93 %.

Tranggono, dkk (1996) yang menyatakan bahwa kadar asam pada asap cair yang dihasilkan pada bermacam-macam kayu dan tempurung kelapa adalah 4,27 – 11,39 %. Kadar asam menurut Maga (1987) sebesar 2,8-4,5 %

Menurut Maga (1987 dan Girard (1992), komposisi asap dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya jenis

kayu, kadar air kayu dan suhu pembakaran yang digunakan. Kadar asam optimal yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih tinggi dari penelitian Tranggono, dkk, (1996) dan Maga (1987), hal ini disebabkan karena perbedaan jenis kayu, kadar air kayu dan suhu pembakaran yang digunakan dalam penelitian.

Menurut Hawley (1986) bahwa kadar asam bervariasi sampai 16 %. Kadar asam optimal yang dihasilkan dalam penelitian ini mendekati kadar asam seperti dilaporkan oleh Tranggono, dkk, (1996).

Kondisi optimum kadar asam dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

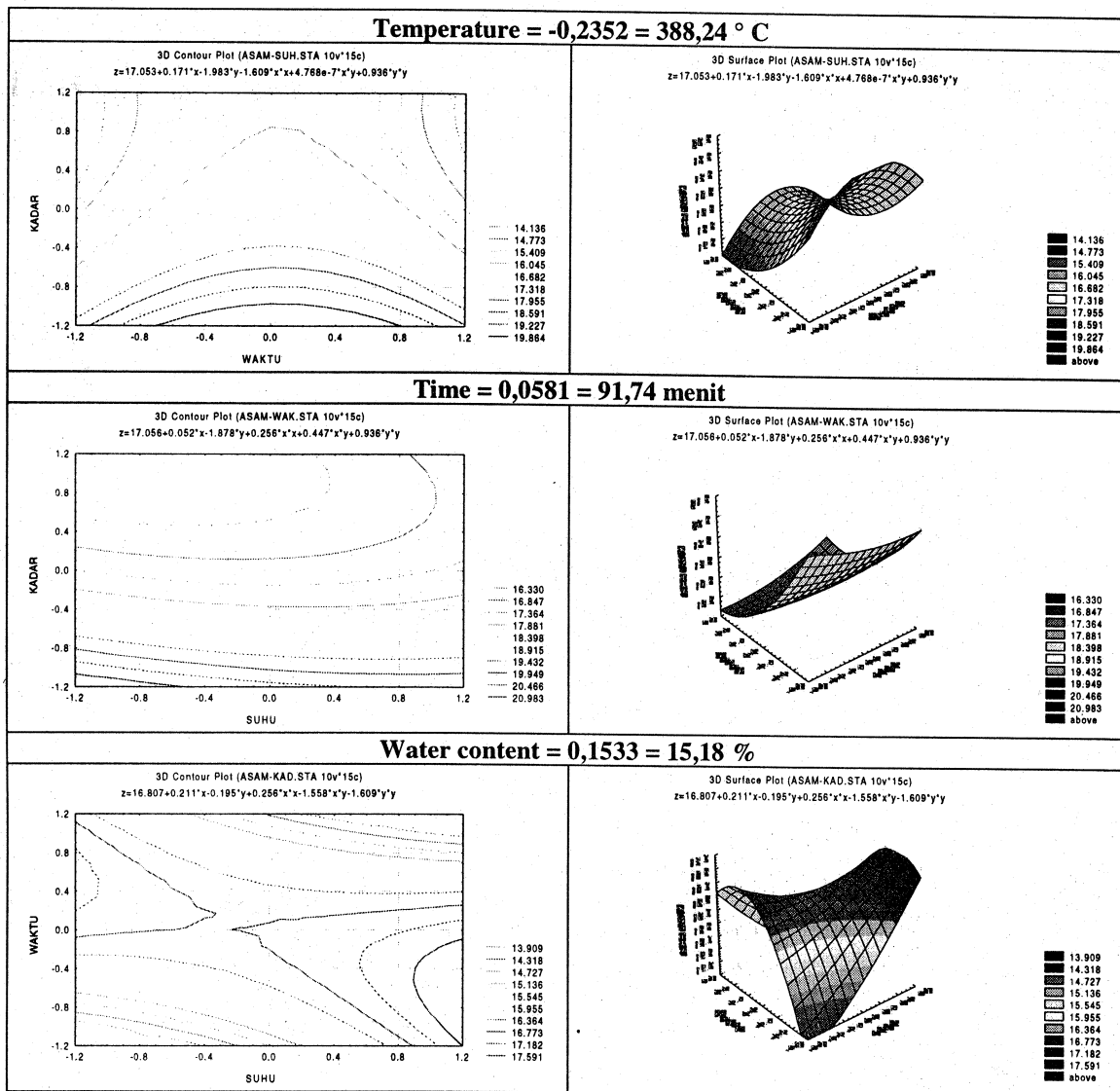


Figure 6. Contour and Surface on Optimum Condition of acidity of Liquid smoke

Analisa kanonik untuk kadar asam adalah

$$Y = 16,9332 - 1,8967 W_1^2 + 0,4614 W_2^2 + 1,019 W_3^2$$

Pembuktian kondisi optimum kadar asam asap cair pada suhu pirolisa 388,24 °C, waktu 91,74 menit dan kadar air 15,18 % didapatkan kadar asam sebesar 16,64 %, sedangkan dari perhitungan kadar asam sebesar 16,93 % dengan error sebesar 0,34 %. Kadar asam optimal hasil perhitungan mendekati kadar asam pada percobaan dengan error sebesar 0,34 %

#### KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kondisi optimum produksi asap cair dari kayu karet adalah pada suhu 420,87 °C, waktu 99,6 menit dan kadar air kayu karet 16,55 % dengan produksi asap cair sebesar 54,39 %.

2. Kondisi optimum produksi fenol pada suhu 388,18 °C, waktu 99,74 menit dan kadar air 23,40 % dengan hasil kadar fenol dalam asap cair sebesar 1,78 %.
3. Kondisi optimum produksi asap cair dari kayu karet dengan maksimal kadar karbonil pada suhu 395,14 °C, waktu 93,46 menit dan kadar air 15,78 % serta kadar karbonil dalam asap cair sebesar 5,55 %.
4. Serta kondisi optimum produksi asap cair berdasar kadar asam pada suhu 388,24 °C, waktu 91,74 menit dan kadar air 15,18 % serta dihasilkan asap cair dengan kadar asam sebesar 16,93 %.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Proyek URGE yang telah membiayai penelitian ini lewat Penelitian Hibah Tim Pascasarjana Batch IV tahun 1999/2000.



## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC, 1990. **Association of Analytical Chemist, Official Method of Analysis**, 18<sup>th</sup> edition, Benyamin Franklin, Washington DC.
- Barly, 1988. **Masalah Dalam Pengolahan Kayu Karet**. Duta Rimba. No. XIV. Perhutani Unit I. Semarang
- Barney, J.A., 1973, **Production of Natural Rubber**, Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Bratzler, L.J., Spooner, M.E., Weatherspoon, J.B., and Maxel, J.A., 1969, **Smoke Flavor as Related to Phenol, Carbonyl and Acyd Content of Bologna**, J. Food Sci. (33), 626-632.
- Darmadji, P., 1997, **Aktivitas Antibakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai Macam Limbah Pertanian**, Agritech, vol 16. No. 4, 19-22.
- Darmadji, P., dan Suhardi., 1998, **Produksi Karet Sheet dengan Menggunakan Asap Cair sebagai Koagulannya**. Prosiding Seminar Pangan dan Gizi, Yogyakarta, 188-193.
- Darmadji., Supriyadi., dan Hidayat, C., 1998, **Produksi Asap Cair dari Limbah Padat Rempah dengan Cara Pirolisa**, Agritech, Yogyakarta, 11-15.
- Datta, R., 1981, **Acidomic Fermentation of Corn Stover**, Biotechnology and Bioengineering, vol XXIII, 61-71.
- Daun, H., 1979, **Interaction of Wood Smoke Component and Food**, Food Technol (5), 66-70.
- Draudt, H.N., 1963, **The Meat Smoking Process**, Review Food Technol (17), 1557.
- Fengel, D., dan Wagener, G., 1995, **Kayu: Kimia, Ultra Struktur, Reaksi-reaksi**. Hardono Sastrohamidjojo (Penerjemah), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Fretheim, K., Granum, P.E and Vold, E. 1980. **Influence of generation temperature on the chemical composition, antioxidative and antimicrobial effect of Wood Smoke**. J. F. Sci. (45): 999-1003
- Girard, J.P., 1992, **Technology of Meat and Meat Product Smoking**, Ellis Harwood, New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore, 162-201.
- Guillen, M.D, Manzanos, M.J and Zabala, L. 1995. **Study a Commercial Liquid Smoke Flavoring by Means of Gas Chromatography/Mass Spectrometry and Fourier Transform Infrared Spectroscopy**, J. Agric. Food Chem. 1995. (43), 463-368.
- Hamm, R., 1977., **Analysis of Smoke and Smoked Foods**, Pure and Appl Chem, vol. 49, Paroman Press, 1655-1666.
- Kollman, F.P and Cote, W.A., 1968, **Principles of Food Science and Technology**, vol.1, Solid Wood. Reprint Springer-Verlag. Berlin, 118.
- Lappin, G.R and Clark, L.C, 1951, **Coloric Methods for Determination of Trace Carbonyl Compound**, Anal. Chem. 23, 123-129.
- Maga, J.A., 1987, **Smoke in Food Processing**, Bacarotan, CRC Press, Florida, 1-9.
- Montgomery, D.C., 1991. **Design and Analysis of Experiments**. Third Edition. John Wiley and sons. New York
- Nazaruddin dan Paimin, F.b., 1992, **Karet Strategi Pemasaran Tahun 2000, Budidaya dan Pengolahan**, Penebar Swadaya, Jakarta, 127-129.
- Porter, R.W., Brazzler, L.J and Pearson, A.M., 1964. **Fractionation and Study of Compound in Wood Smoke**. J. Food Sci. (30): 615-619
- Pszczola, D.E., 1995, **Tour Highlight Production and Use of Smoke-Based Flavor**, Food Technol(1), 70-74.
- Ruiter, A., 1979, **Colour of Smoke Foods**, Food Technol. 33 (5), 54-63.
- Senter, S.d., Robertson, J.A., and Meredith, F.I., 1989, **Phenolic Compound of The Mesocarp of Creathaven Peaches During Storage and Ripening**, J. Food Sci, 54:1259-1268.
- Setyamidjaja, D., 1993, **Karet**, Kanisisus, Yogyakarta, 157-180.
- Tranggono, Suhardi, Setiadji, B., Darmadji, P., Supranto., dan Sudarmanto., 1996, **Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa**, J. Ilmu dan Teknologi Pangan, vol. 1, No.2, Yogyakarta 15-24.
- Wardhani, I.Y dan Sukaton, E., 1996, **Potensi dan Pemanfaatan Kayu Karet**, Frontir, No. 18, 77-88.