

Optimasi Proses Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa Melalui *Response Surface Methodology* (RSM)

Siti Diyar Kholisoh¹, Zubaidi Achmad², Faizah Hadi³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
Email: diyar.kholisoh@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Response Surface Methodology (RSM) is a collection of mathematical and statistical techniques that are useful for analyzing complex processes that are influenced by several variables. This research aimed to apply RSM in optimizing the process of making liquid smoke from coconut shell pyrolysis. Optimum process conditions were reviewed based on the content of several functional compounds in liquid smoke including carbonyl content, phenol content, and acid content. The process variables comprised pyrolysis temperature (within the temperature range of 350 °C as low level (-1) and 450 °C as high level (+1)), pyrolysis time (within the range of 45 minutes as low level (-1) and 75 minutes as high level (+1)), and the water content in the coconut shell (within the range of 10% water content as low level (-1) and 20% as high level (+1)). This study results showed that the best carbonyl content in liquid smoke was 3.58% at temperature of 395 °C, pyrolysis time of 60 minutes, and water content of 16%. The optimum phenol content of 5.55% was achieved with a combination of pyrolysis time of 65 minutes and water content of 15.5%. Based on the acid content, an optimum value of 19.55% was obtained at a combination of pyrolysis time of 62 minutes and water content of 15.5%. The hypothesis H_0 could be accepted statistically for the carbonyl content.

Keywords: carbonyl content, liquid smoke, optimization, RSM

INTISARI

Response Surface Methodology (RSM) merupakan kumpulan teknik matematika dan statistika yang bermanfaat untuk menganalisis sebuah proses kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa variabel. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan RSM dalam mengoptimasi proses pembuatan asap cair dari pirolisis tempurung kelapa. Kondisi proses optimum ditinjau berdasarkan kandungan beberapa senyawa fungsional dalam asap cair yang meliputi kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam. Variabel proses yang diteliti meliputi suhu pirolisis (yaitu dalam rentang suhu 350 °C sebagai level rendah (-1) dan 450 °C sebagai level tinggi (+1)), waktu pirolisis (yaitu dalam rentang waktu 45 menit sebagai level rendah (-1) dan 75 menit sebagai level tinggi (+1)), serta kadar air dalam bahan tempurung kelapa (yaitu dalam rentang kadar air 10% sebagai level rendah (-1) dan 20% sebagai level tinggi (+1)). Hasil penelitian memperlihatkan kadar karbonil dalam asap cair yang terbaik sebesar 3,58% pada suhu 395 °C, waktu 60 menit, dan kadar air 16%. Kadar fenol optimum sebesar 5,55% tercapai pada kombinasi waktu pirolisis selama 65 menit dan kadar air 15,5%. Ditinjau dari kadar asamnya, nilai optimum sebesar 19,55% diperoleh pada kombinasi waktu selama 62 menit dan kadar air 15,5%. Secara statistika, hipotesis H_0 dapat diterima untuk hasil analisis berupa kadar karbonil dalam asap cair pada penelitian ini.

Kata kunci: asap cair, kadar karbonil, optimasi, RSM

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa dengan jumlah besar di dunia. Namun demikian, sebagian dari kelapa (yaitu tempurungnya) saat ini belum banyak dimanfaatkan. Hanya sebagian kecil yang digunakan dalam kerajinan tangan, alat-alat rumah tangga, sedangkan sisanya banyak terbuang atau langsung digunakan sebagai bahan bakar. Produksi tempurung kelapa di Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai 54606,52 ton pada tahun 2016 (Anonim, 2017). Salah satu cara pemanfaatan tempurung kelapa adalah dengan melakukan pirolisis sehingga akan diperoleh rendemen berupa asap cair, arang, maupun tar.

Asap cair merupakan cairan hasil kondensasi dari pirolisis kayu. Menurut Pszczola (1995), asap cair (*liquid smoke*) mempunyai kandungan asam, fenol, dan alkohol, dengan profil *flavor* yang serupa dengan asap kayu alami. Asap cair memiliki kemampuan untuk mengawetkan, juga dapat digunakan sebagai pembentuk warna dan *flavor* produk asapan (Diah, 2010). Penambahan asap cair dalam lateks sebagai koagulan dapat meningkatkan kualitas kekenyalan karet.

Proses pirolisis kayu dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) tahap (Ramakrishnan, 2002), yaitu: (1). Tahap pemanasan awal, terjadi penguapan air dalam kayu hingga suhu 170 °C; (2). Tahap penguraian hemiselulosa (pada suhu 170–260 °C), sebagian besar distilat yang dihasilkan mengandung metanol, asam asetat dan asam-asam lainnya terutama dihasilkan pada suhu 200–260 °C; (3). Tahap penguraian selulosa (pada suhu 260–310 °C), pada tahap ini banyak dihasilkan asap cair, gas, dan sedikit tar; asap cair yang dihasilkan berwarna kecoklatan dan sedikit mengandung senyawa-senyawa organik dengan titik didih rendah; serta (4). Tahap penguraian lignin (pada suhu 310–500 °C, dan menghasilkan banyak tar). Menurut Girard (1992), pirolisis dapat dilakukan pada rentang suhu 400–600 °C untuk memperoleh produk asap cair dengan kandungan senyawa fenol, karbonil, dan asam yang optimum.

Asap cair dapat dihasilkan melalui proses pirolisis dengan menggunakan beberapa jenis bahan baku, seperti kayu jati, lamtoro gung, mahoni, kamper, kruwing, glugu, maupun tempurung kelapa. (Tranggono, 1996; Ramakrishnan, 2002). Menurut Girard (1992), jenis kayu yang dipirolisis akan menentukan komposisi asap yang dihasilkan. Kayu keras pada umumnya mempunyai komposisi yang berbeda dengan kayu lunak. Kayu keras paling umum digunakan karena pirolisis terhadap kayu keras akan menghasilkan flavor atau aroma yang lebih unggul, serta mempunyai kandungan senyawa aromatik dan senyawa asam yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu lunak (atau kayu yang mengandung resin).

Komponen utama yang mendukung sifat-sifat fungsional dan cita rasa dari asap cair meliputi senyawa fenolat, senyawa karbonil, dan senyawa asam. Senyawa asam yang terkandung dalam distilat asap cair meliputi asam format, asetat, propionat, butirrat, valerat, dan isokaproat. Keberadaan senyawa asam ini dapat mempengaruhi aroma (*flavor*), pH, dan umur simpan makanan. Senyawa karbonil utama yang terkandung dalam asap cair meliputi: glikoaldehid, metilglioksal, formaldehid, dan aseton. Glikoaldehid dan metilglioksal merupakan bahan pencoklat yang aktif dengan gugus amino, sedangkan komponen seperti aseton mempunyai potensi pencoklatan yang lebih rendah. Senyawa fenol dalam asap cair sangat berperan dalam pembentukan aroma (*flavor*) pada produk pengasapan, mempunyai aktivitas antioksidan yang dapat mempengaruhi daya simpan makanan, serta memberikan kontribusi dalam pewarnaan produk pengasapan. (Pszczola, 1995; Ramakrishnan, 2002)

Studi ini dilakukan untuk memperoleh kondisi optimum proses pembuatan asap cair dari tempurung kelapa melalui *Response Surface Methodology* (RSM). Kondisi optimum proses ditinjau berdasarkan perolehan kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan. Variabel proses yang dioptimasi meliputi suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air dalam bahan tempurung kelapa. RSM merupakan kumpulan teknik matematika dan statistika yang bermanfaat untuk menganalisis sebuah proses kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa variabel. Dalam hal ini, pengaruh variabel terhadap respons percobaan tersebut dapat diamati secara individual maupun secara *interacting*. (Box, 2005; Montgomery, 2013)

METODE

Studi ini dilakukan melalui pekerjaan laboratorium dan pengolahan data statistika menggunakan *response surface methodology* (RSM, dengan sebanyak 15 *run* percobaan). Kerja laboratorium berupa penyiapan bahan baku utama berupa tempurung kelapa sebanyak 2 kg (untuk masing-masing *run* percobaan) serta bahan-bahan kimia untuk melakukan analisis kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam total dalam asap cair yang dihasilkan. Alat utama untuk melakukan percobaan berupa seperangkat alat produksi asap cair (meliputi: tabung reaktor, dapur pemanas listrik, pipa penyalur asap, kondensor, dan penampung asap cair). Alat-alat pendukung berupa *laboratory glassware*, *waterbath*, timbangan, dan spektrofotometer.

Kerja laboratorium dilakukan melalui tahap-tahap berupa penyiapan bahan baku tempurung kelapa (termasuk: pengukuran kadar air, selulosa, hemiselulosa, dan lignin), pirolisis bahan dan kondensasi hingga diperoleh produk berupa asap cair, serta analisis kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair. Optimasi kondisi proses dilakukan melalui rancangan percobaan faktorial. Variasi percobaan diterapkan terhadap 3 (tiga) variabel proses, yaitu: suhu pirolisis (dalam rentang 350 °C untuk level rendah (-1) dan 450 °C untuk level tinggi (+1)), waktu pirolisis (dalam rentang 45 menit untuk level rendah (-1) dan 75 menit untuk level tinggi (+1)), dan kadar air pada bahan (dalam rentang 10% untuk level rendah (-1) dan 20% untuk level tinggi (+1)). Selanjutnya, kondisi optimum proses ditelaah melalui respons percobaan yang disajikan dalam bentuk grafik kontur dan/ atau grafik *surface*. (Box, 2005; Montgomery, 2013). Respons percobaan pada studi ini meliputi kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons percobaan berupa kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair dari tempurung kelapa yang dihasilkan dalam studi ini disajikan pada Tabel 1.

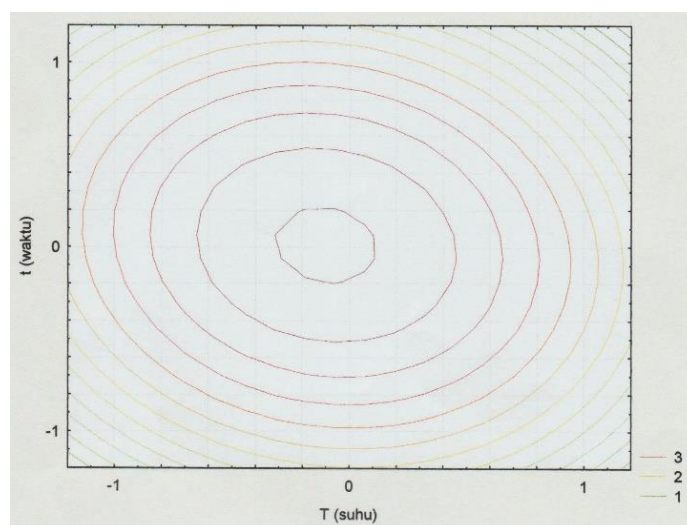
Tabel 1. Kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam total dalam asap cair pada masing-masing tempuhan (*run*) percobaan

Percobaan	Variabel Percobaan			Respons Percobaan		
	Suhu, x_1 (°C)	Waktu, x_2 (menit)	Kadar air, x_3 (%)	Kadar karbonil (%)	Kadar fenol (%)	Kadar asam (%)
1	350 (-1)	45 (-1)	15 (0)	1,90	5,28	18,22
2	350 (-1)	75 (+1)	15 (0)	2,28	4,78	18,40
3	450 (+1)	45 (-1)	15 (0)	2,21	5,09	19,09
4	450 (+1)	75 (+1)	15 (0)	1,77	4,83	17,77
5	350 (-1)	60 (0)	10 (-1)	3,32	4,78	18,59
6	350 (-1)	60 (0)	20 (+1)	2,39	5,02	18,97
7	450 (+1)	60 (0)	10 (-1)	1,62	5,00	18,05
8	450 (+1)	60 (0)	20 (+1)	2,75	6,59	20,57
9	400 (0)	45 (-1)	10 (-1)	2,08	7,34	23,43
10	400 (0)	45 (-1)	20 (+1)	2,73	6,71	23,59
11	400 (0)	75 (+1)	10 (-1)	1,96	6,51	24,00
12	400 (0)	75 (+1)	20 (+1)	2,92	5,03	18,64
13	400 (0)	60 (0)	15 (0)	3,11	5,54	16,86
14	400 (0)	60 (0)	15 (0)	3,76	4,07	15,63
15	400 (0)	60 (0)	15 (0)	5,68	4,09	18,29

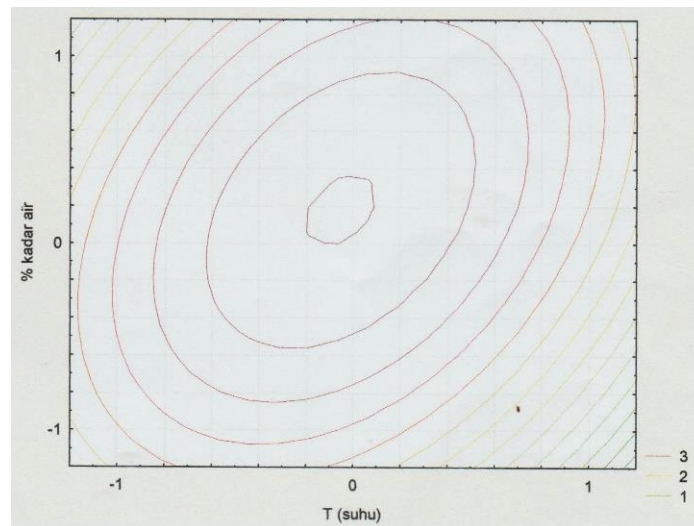
Keterangan: (-1), (0), dan (+1) masing-masing menunjukkan kode level rendah, tengah, dan tinggi.

Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air terhadap kadar karbonil

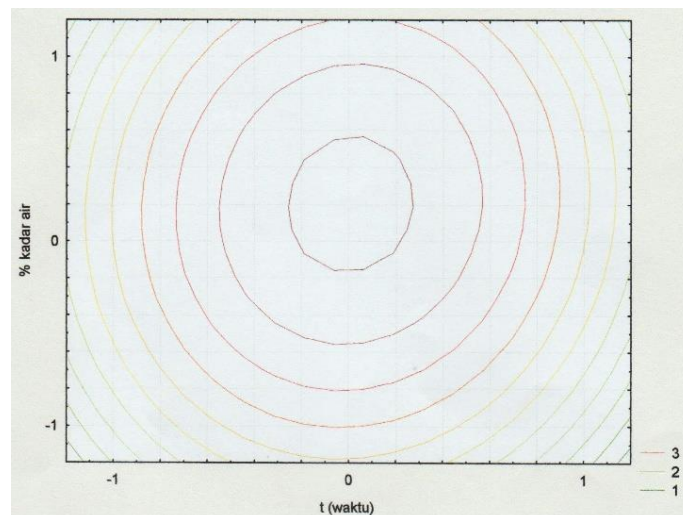
Representasi grafis (berupa grafik kontur) yang memperlihatkan pengaruh suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air bahan terhadap kadar karbonil dalam asap cair dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Gambar 1. Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar karbonil dalam grafik kontur



Gambar 2. Pengaruh suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar karbonil dalam grafik kontur

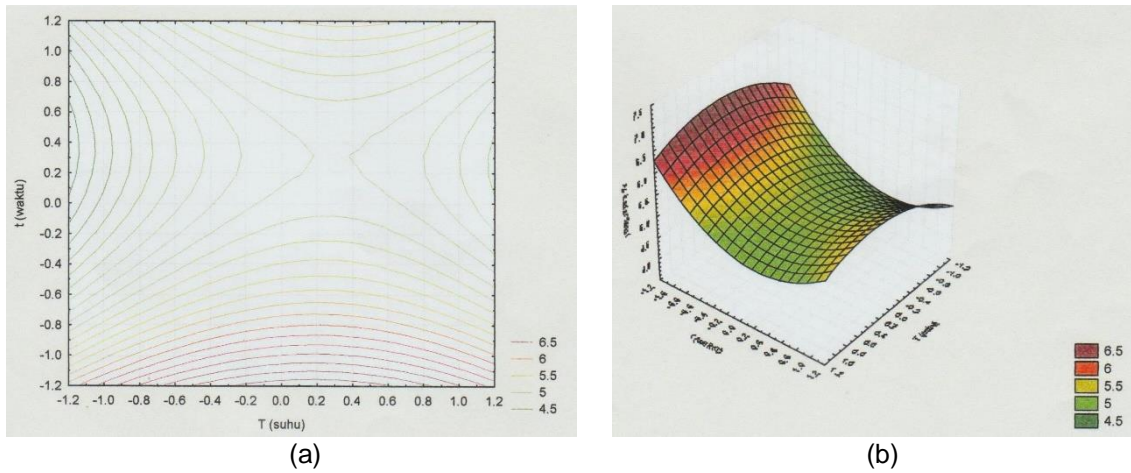


Gambar 3. Pengaruh waktu pirolisis dan kadar air terhadap kadar karbonil dalam grafik kontur

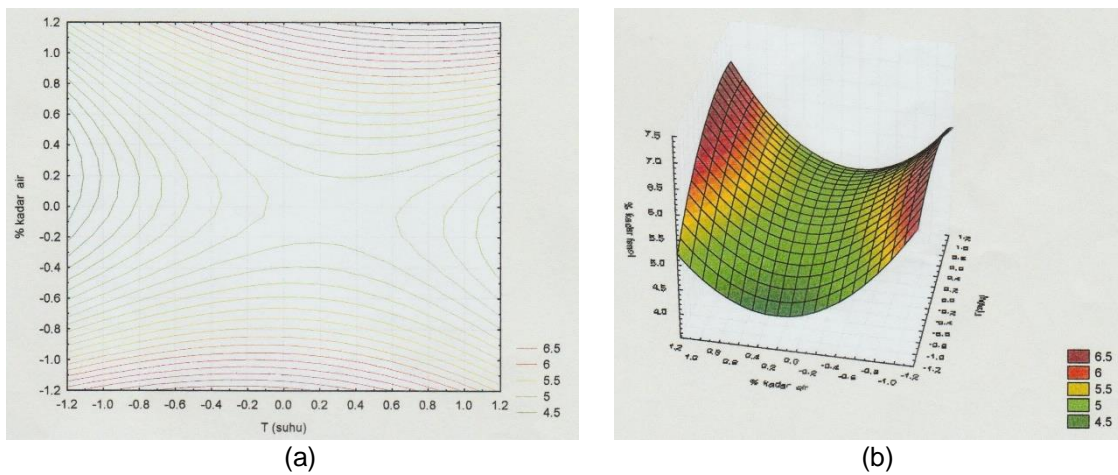
Berdasarkan hasil tersebut, secara umum dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses yang ditinjau dari kadar karbonil dalam asap cair teramati pada suhu 395 °C, waktu 60 menit, dan kadar air 16%. Pada kondisi ini diperoleh kadar karbonil sebesar 3,58%. Hasil ini bersesuaian dengan teori yang menyatakan bahwa kondisi optimum pirolisis berkisar pada suhu 400 °C. Waktu yang diperlukan dalam pembuatan asap cair sangat dipengaruhi oleh banyaknya air yang harus diuapkan dari tempurung kelapa sebagai bahan baku. Dalam hal ini, waktu proses dan kadar air dalam bahan optimum yang diperlukan untuk memproduksi asap cair dari tempurung kelapa sebanyak 2 kg masing-masing sebesar 60 menit dan 16%.

Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air terhadap kadar fenol

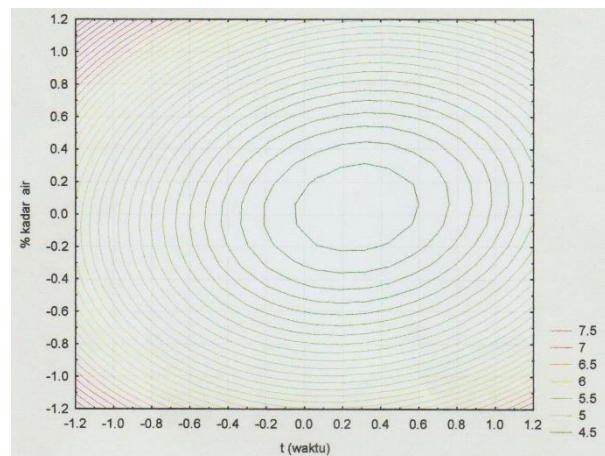
Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 menyajikan pengaruh suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air bahan terhadap kadar fenol dalam asap cair yang dihasilkan.



Gambar 4. Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar fenol; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



Gambar 5. Pengaruh suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar fenol; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



Gambar 6. Pengaruh waktu pirolisis dan kadar air terhadap kadar fenol dalam grafik kontur

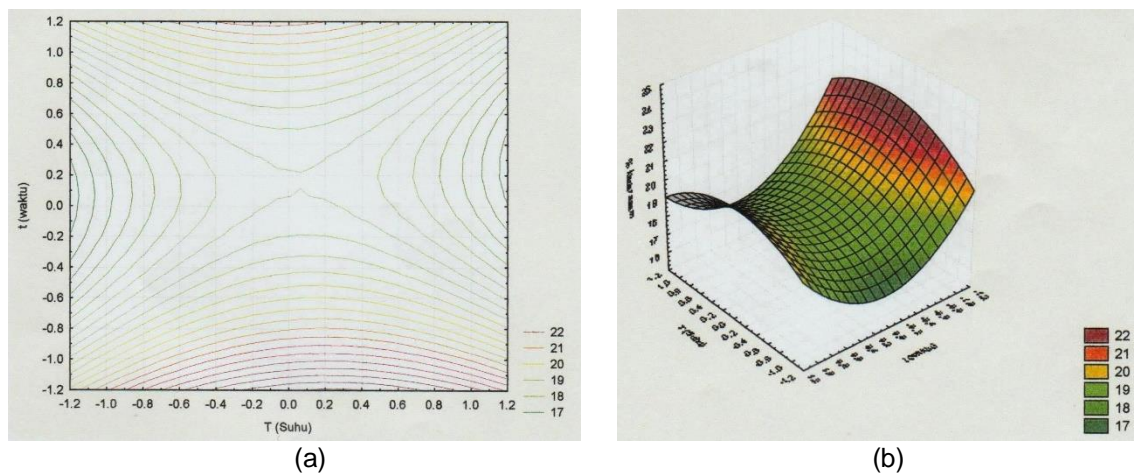
Berdasarkan Gambar 4, tidak teramati adanya kondisi optimum untuk pengaruh variabel suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar fenol dalam asap cair pada studi ini. Demikian juga dengan pengaruh variabel suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar fenol (yang tidak memperlihatkan kondisi optimumnya), seperti tersaji pada Gambar 5. Namun demikian, kondisi optimum teramati pada pengaruh waktu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar fenol. Melalui Gambar 6, waktu optimum

selama 65 menit dan kadar air optimum sebesar 15,5% menghasilkan kadar fenol dalam asap cair terbaik sebesar 5,55%.

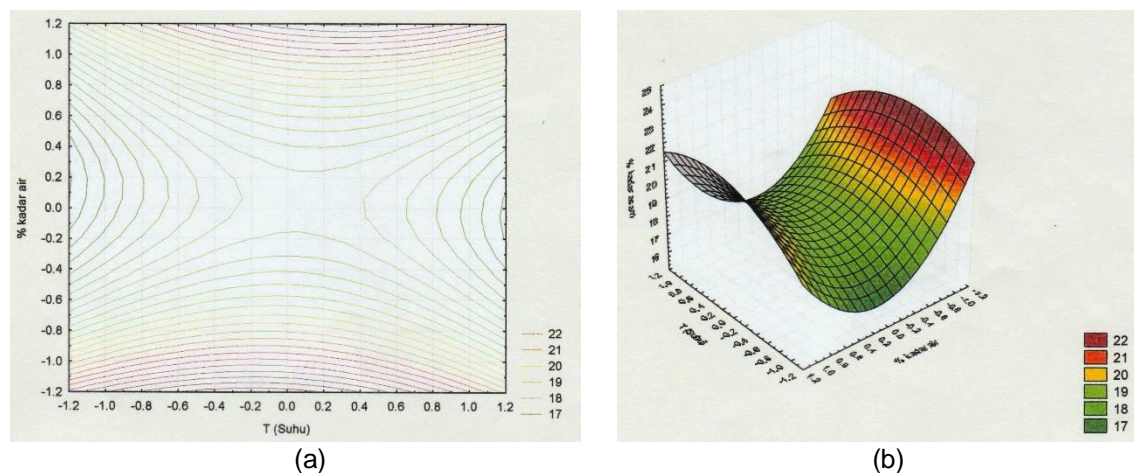
Menurut teori, senyawa fenol dalam asap cair semakin banyak terbentuk seiring dengan suhu pirolisis yang semakin meningkat. Namun demikian, kadar fenol dalam asap cair yang dihasilkan pada suhu tinggi relatif terlalu besar untuk dimanfaatkan sebagai *flavor enhancer* (dikarenakan oleh sifat atau rasanya yang terlalu keras). Selain itu, dengan semakin rendahnya kadar air dalam bahan baku, maka waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu optimumnya menjadi semakin singkat. Dengan demikian, penentuan kondisi optimum proses berdasarkan kadar senyawa fenol direkomendasikan untuk dilakukan pada kadar air bahan baku yang perlu diatur pada rentang yang lebih rendah.

Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air terhadap kadar asam total

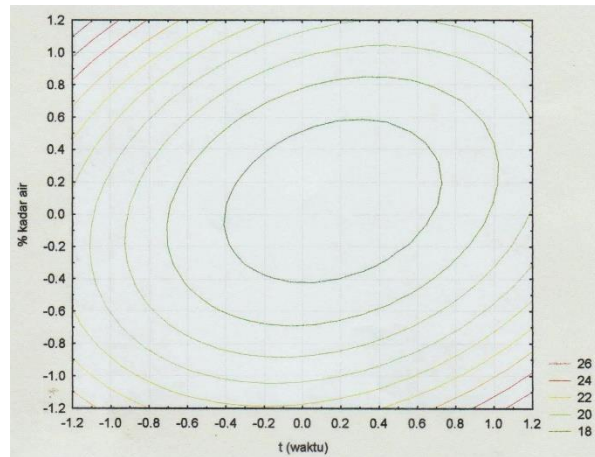
Pengaruh suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air dalam bahan baku tempurung kelapa terhadap kadar asam total dalam asap cair yang dihasilkan disajikan melalui Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



Gambar 7. Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar asam; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



Gambar 8. Pengaruh suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar asam; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



Gambar 9. Pengaruh waktu pirolisis dan kadar air terhadap kadar asam dalam grafik kontur

Berdasarkan Gambar 7, tidak teramati adanya kondisi optimum untuk pengaruh variabel suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan. Fenomena yang serupa juga teramati pada studi tentang pengaruh variabel suhu pirolisis dan kadar air dalam tempurung kelapa terhadap kadar asam (yang tidak memperlihatkan kondisi optimumnya). Hal ini tersaji pada Gambar 8. Di sisi yang lain, kondisi optimum proses berhasil teramati pada pengaruh waktu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar asam dalam produk. Teramati melalui Gambar 9, waktu optimum selama 62 menit dan kadar air optimum sebesar 15,5% menghasilkan kadar asam dalam asap cair yang relatif terbaik sebesar 19,55%.

Secara teoretis, peningkatan suhu pirolisis akan berakibat pada peningkatan kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan. Pada umumnya, asam mulai banyak dihasilkan pada rentang suhu 200-260 °C. Hal ini diperlihatkan oleh tingkat keasaman dari asap cair yang cukup tinggi (seperti teramati pada Tabel 1). Dengan semakin rendahnya kadar air dalam bahan baku yang akan dipirolisis, maka semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu optimum proses. Dari grafik surface pada Gambar 8, dapat teramati bahwa kadar asam mengalami peningkatan pada suhu tinggi dan kadar air rendah. Dengan demikian, penentuan kondisi optimum proses berdasarkan kadar senyawa asam dalam asap cair direkomendasikan untuk dilakukan pada rentang suhu yang lebih tinggi (yaitu lebih dari 400 °C), sedangkan kadar air bahan baku yang perlu diatur pada rentang yang lebih rendah (dan pada rentang waktu yang sama atau diatur lebih lama; di mana hal ini bergantung pada banyaknya bahan baku yang digunakan).

KESIMPULAN

Response surface methodology (RSM) yang diterapkan terhadap studi ini telah memberikan informasi tentang teramatinya kondisi optimum proses pembuatan asap cair dari tempurung kelapa pada suhu pirolisis sebesar 395 °C, waktu pirolisis selama 60 menit, dan kadar air dalam bahan baku sebesar 16% serta menghasilkan kadar karbonil terbaik sebesar 3,58%. Kondisi optimum ketiga variabel proses (secara simultan) yang ditinjau berdasarkan kadar fenol dan kadar asam dalam asap cair tidak teramati dalam studi ini. Namun demikian, kadar fenol terbaik sebesar 5,55% diperoleh pada kombinasi waktu pirolisis selama 65 menit dan kadar air bahan sebesar 15,5% serta kadar asam terbaik sebesar 19,55% diperoleh pada kombinasi waktu selama 62 menit dan kadar air sebesar 15,5%. Dengan kata lain, hipotesis H_0 dapat diterima (secara statistika) untuk hasil analisis berupa kadar karbonil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada R. Dipo Bramantyo yang telah berkontribusi dalam kegiatan pengambilan data melalui pekerjaan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. *Luas Tanam dan Produktivitas Beberapa Tanaman Perkebunan di DIY pada Tahun 2016*. Yogyakarta: Badan Pusat Statistik DIY.
- Box, G.E.P., Hunter, J.S., dan Hunter, W.G. 2005. *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Diah L.A. dan Rodiah N.S. 2010. Liquid Smoke and Its Applications for Fisheries Products. *SQUALEN Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 5(3): 101.
- Girard. 1992. *Technology of Meat and Meat Product Smoking*. New York: Ellis Harwood, 162–201.
- Montgomery, D.C. 2013. *Design and Analysis of Experiments* (8th ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Pszczola. 1995. Tour Highlights Production and Uses of Smoke Based Flavors. *Food Technology* (1): 70–74.
- Ramakrishnan, S. dan Moeller, P. 2002. Liquid Smoke: Product of Hardwood Pyrolysis. *Chemistry, Environmental Science*.
- Tranggono, dkk. 1996. Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan I* (2): 15–24.