

**REKAYASA OPTIMASI TEKNIK PIROLISIS BIOMASSA JAGUNG  
UNTUK PRODUKSI BAHAN TAMBAHAN MAKANAN DAN ENERGI**  
(Optimization Technique of Corn Biomass Pyrolysis for Production of Food  
Additive and Energy)

**Sapta Raharja, Prayoga Suryadarma, Listya Citra Suluhingtyas**  
Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Pengolahan biomassa jagung dapat dilakukan dengan menggunakan proses pirolisis. Pirolisis adalah suatu proses pemanasan dengan meminimalkan penggunaan oksigen pada prosesnya. Kandungan utama dari bimassa jagung terutama adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin, dimana ketika dilakukan pembakaran pada suhu yang sesuai dengan proses pirolisis dapat menghasilkan berbagai zat kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan makanan yang aman untuk dikonsumsi dan *bio-oil* sebagai salah satu sumber energi alternatif. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perlakuan-perlakuan pirolisis yang diberikan seperti perubahan suhu dan katalis pirolisis biomassa jagung terhadap rendemen produk BTM (antioksidan, *flavour*, dan pengawet) dan *bio-oil* yang dihasilkan. Dari hasil uji thermogravimetri tongkol jagung, tongkol jagung akan mulai terbakar pada suhu 176.91°C. Pada suhu 176.91°C sampai suhu 388.97°C tongkol akan terbakar dengan *weight loss* sebesar 56.221%. Tongkol jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Untuk batang jagung pada suhu 139.28°C- 398.97°C bahan terdegradasi sebanyak 41.857%. Pada analisis termogravimetrik daun jagung juga didapat karakteristik suhu dekomposisi yang hampir sama dimana pada suhu 209.06°C- 611.76°C bahan telah terdegradasi sebanyak 67.000%. Pirolisis tongkol dan kelobot jagung menghasilkan rendemen cairan terbanyak pada suhu 550°C, sedangkan untuk batang dan daun menghasilkan cairan terbanyak pada suhu 350°C. Dari hasil pirolisa baik dengan bahan baku tongkol dan kelobot dihasilkan berbagai komponen terutama dari golongan fenol, aldehid, asam karboksilat dan beberapa jenis hidrokarbon. Mayoritas dari golongan fenol dapat digunakan sebagai pengawet, sedangkan golongan aldehid kebanyakan dimanfaatkan untuk flavouring agent ataupun antioksidan, serta beberapa diantaranya juga dimanfaatkan sebagai bioinsektisida. Sedangkan golongan asam karboksilat banyak

Kata kunci : Pirolisis, biomassa, jagung, BTM.

**ABSTRACT**

Corn biomass processing could also be done using pyrolysis. The major content of corn biomass are cellulose, hemicelluloses and lignin, whereas when the combustion was done in with the appropriate temperature, pressure, and oxygen availability could be produced several chemical. From the pyrolysis could be produced food additive such as antioxidant, flavor, disinfectant which is safely used yang as food additive. Besides that, from the pyrolysis process, also produced the bio oil which could be used as alternative energy. The aims of this research were to know the impact of pyrolysis treatment which had been given such as the temperature, and catalyst to the food additive (antioxidants, flavor, disinfectant) and also bio oil. From the thermogravimetric analysis, the corn cob would be burnt in temperature of 176.91°C until 388.97°C with 56.221% weight losses, the corn husk in the 204.71 util 367.92 °C with 50,1192% weight losses. While the corn leaves would be burnt in temperature of 209,06 -611.76 °C with 67.000% weight losses

and the corn stem would be burnt in temperature of 139,28°C until 398,97 °C with 41,857% weight losses. The corncob and cornhusk pyrolysis produced the highest liquid in the temperature of 550oC, while corn leaf and stalks in the temperature of 350°C. There were several chemical product from corn biomass pyrolysis such as fenol, aldehid, carboxylic acid and several hydrocarbon which could be used as food additive and biooil.

Keywords: Pyrolysis, corn, biomass, food additive.

## PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditi unggulan nasional yang menjadi pusat perhatian pemerintah dalam rangka meningkatkan ketahanan pangan nasional. Hal tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan produksi jagung dari waktu ke waktu. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2008), ketersediaan jagung di Indonesia pada tahun 2006 adalah sebesar 3.482.839 ton, pada tahun 2007 sebesar 3.986.258 ton, dan pada tahun 2008 terdapat sekitar 4.456.215 ton jagung. Peningkatan produksi jagung akan meningkatkan biomassa jagung. Biomassa jagung adalah seluruh bagian tanaman jagung yang tidak dipakai atau tidak diambil sebagai makanan pokok, seperti batang, daun, kelobot, dan tongkol (Ratnawati, 2008). Proporsi biomassa jagung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Proporsi biomassa jagung

Limbah Jagung	Kadar air (%)	Proporsi Limbah (%BK)
Batang	70-75	50
Daun	20-25	20
Tongkol	50-55	20
Kulit (klobot) jagung	45-50	10

Sumber: Mc Cutcheon dan Samples (2002)

Di lain pihak, biomassa jagung tersebut merupakan bahan yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam produksi bahan tambahan makanan (BTM) dan energi melalui proses yang dapat mengurai komponen biomassa yang dikenal sebagai pirolisis. Pirolisis adalah suatu proses pemanasan dengan meminimalkan penggunaan oksigen pada prosesnya. Pada proses pirolisis pada suhu yang sesuai, kandungan utama dari biomassa jagung terutama adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat terdegradasi dan menghasilkan berbagai bahan kimia. Dari proses pirolisis biomassa jagung tersebut dapat dihasilkan zat *additive* berupa

antikosidan, flavor dan pengawet yang aman untuk dikonsumsi sebagai BTM. Selain itu juga dapat dihasilkan *bio-oil* yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif.

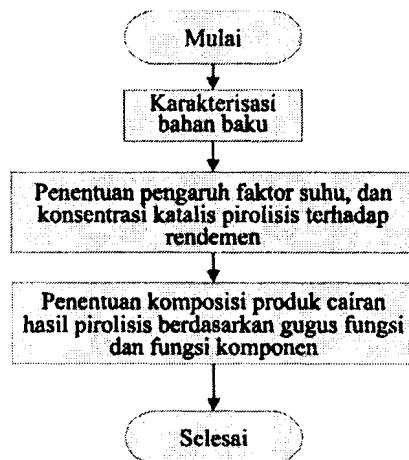
Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh perlakuan perlakuan pirolisis yang diberikan seperti perubahan suhu dan katalis pirolisis biomassa jagung terhadap rendemen produk BTM (antioksidan, *flavour*, dan pengawet) dan *bio-oil* yang dihasilkan Mengetahui laju pirolisis perlakuan yang memberikan hasil terbaik Mengetahui pengaruh perlakuan-perlakuan distilasi yang diberikan seperti suhu distilasi, tekanan dan tahapan distilasi produk hasil pirolisis terhadap jumlah rendemen dan kualitas BTM dan *bio-oil* yang dihasilkan Mengetahui laju distilasi perlakuan yang memberikan hasil yang terbaik

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan adalah reaktor untuk pirolisis, kondensor dan *hammer mill*. Peralatan yang digunakan untuk analisis adalah alat GC/MS. Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah biomassa jagung (tongkol dan brangkas jagung). Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah atapulgit, dan bahan-bahan kimia untuk analisis.

### Metode



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Bahan Baku

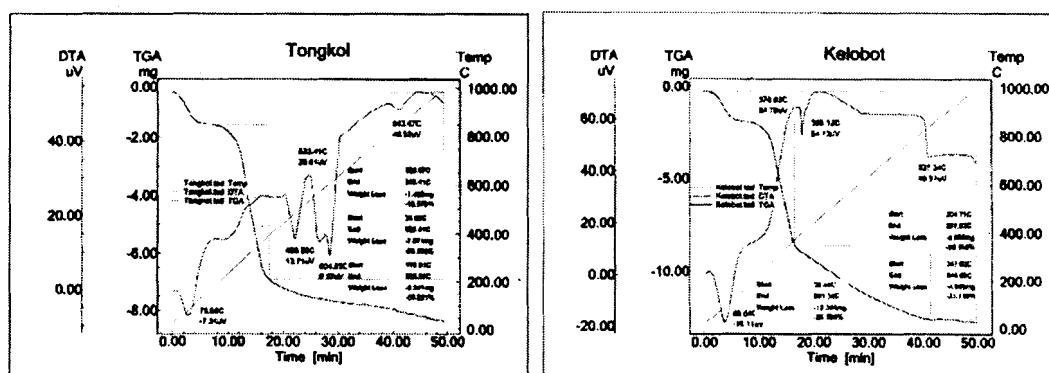
Tabel 2. Kadar Air Bahan Baku

Jenis biomassa	Nilai (%)
Tongkol	6.03 ± 0.13
Kelobot	8.42 ± 0.08
Daun	10.77±0,11
Batang	13.05±0.13

Nilai kadar air yang rendah pada bahan baku akan mempercepat proses pembakaran dan penguapan air dalam bahan. Sedangkan nilai kadar air yang tinggi akan mempengaruhi proses pemanasan dan pembakaran yang berlangsung lebih lama untuk menguapkan air pada bahan. Penguapan yang terlalu lama akan memperlambat waktu bahan yang terbakar sehingga mengurangi jumlah asap yang dihasilkan. Banyaknya jumlah asap akan mempengaruhi rendemen cairan hasil pirolisis.

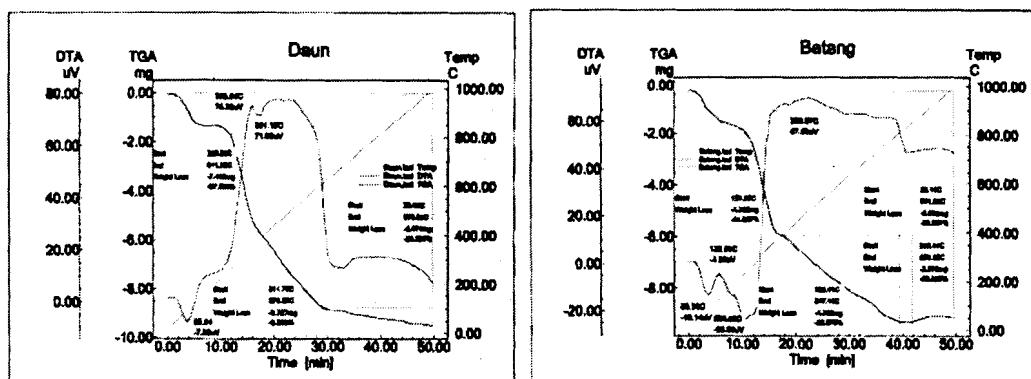
### Penentuan Suhu pada Proses Pirolisis

Penentuan suhu pada proses pirolisis ini digunakan untuk mengetahui suhu tongkol dan kelobot akan terbakar dan mulai terdekomposisi dan dapat dilakukan dengan uji thermogravimetric (*Thermogravimetric Analyzer (TGA)*) (Sonobe, T. and Nakorn Worasuwannarak, 2004).



Gambar 2. Hasil *Thermogravimetric Analyzer (TGA)* tongkol dan kelobot jagung

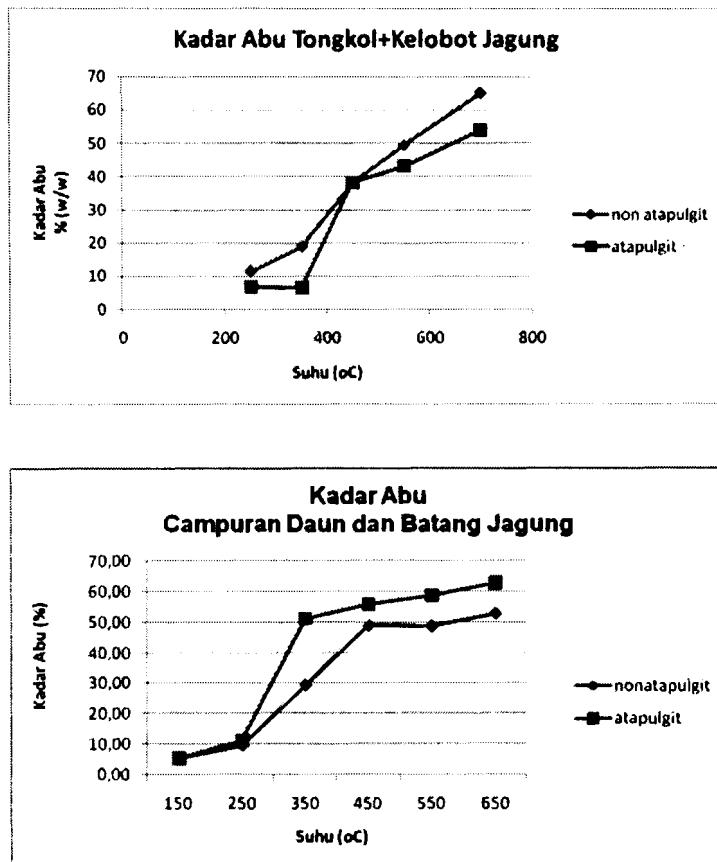
Dari hasil uji thermogravimetri tongkol dan kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 176.91°C. Pada suhu 176.91°C sampai suhu 388.97°C tongkol akan terbakar dengan *weight loss* sebesar 56.221%. Tongkol jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Kelobot jagung akan terbakar sampai suhu 981.34°C. sehingga dari hasil analisis termogravimetrik batang dan daun jagung diperoleh suhu untuk pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 450°C, 550°C, dan 700°C.



Gambar 3 . Hasil *Thermogravimetric Analyzer* (TGA) Daun dan Batang Jagung

Dari hasil uji thermogravimetri daun dan batang jagung, batang jagung akan mulai terbakar pada suhu 139,28°C. Pada suhu 139,28°C sampai suhu 398.97°C batang jagung akan terdegradasi sebesar 41,857 %, sedangkan antara suhu 388.41°C sampai dengan suhu 806.80°C bahan terdegradasi sebanyak 32.095%. Batang jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk daun jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Pada analisis termogravimetrik daun jagung juga didapat karakteristik suhu dekomposisi yang hampir sama dimana pada suhu 209.06°C- 611.76°C bahan telah terdegradasi sebanyak 67.000%. Berdasarkan hasil analisis termogravimetrik batang dan daun jagung diperoleh suhu untuk pirolisis yaitu 150 °C, 250°C, 350°C, 450°C, 550°C dan 650°C.

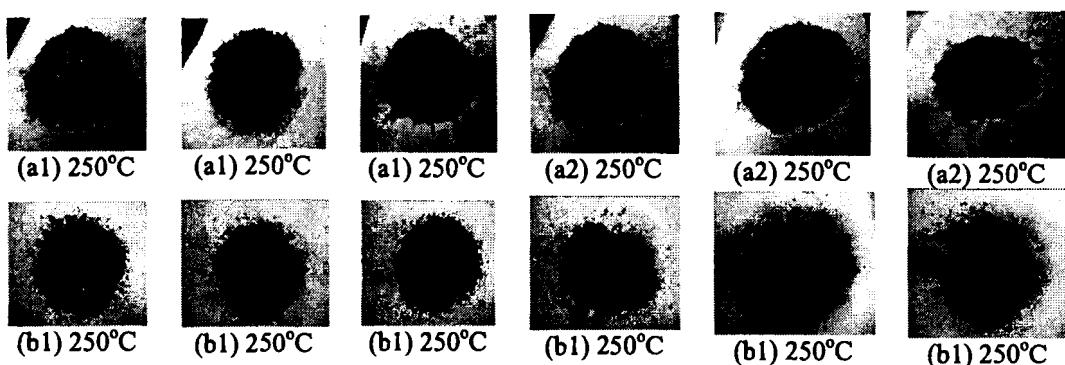
### Weight Loss selama Pirolisis



Gambar 4. Kadar Abu (a)Tongkol + Kelobot Jagung, (b) Batang dan Daun Jagung

*Weight loss* ini menggambarkan banyaknya campuran biomassa jagung jagung yang terbakar selama proses pirolisis. Nilai *weight loss* pada pembakaran tongkol dan kelobot non atapulgit cenderung mengalami kenaikan dengan peningkatan suhu. Nilai *weight loss* tertinggi untuk pirolisis tongkol dan kelobot jagung terjadi pada suhu 700°C yaitu sebesar 65% untuk pirolisis dengan attapulgit dan 53,89 % untuk pirlisis tanpa atapulgit. Hal tersebut berarti sejumlah tertentu (65% dan 53,89%) bobot campuran tongkol dan kelobot hilang selama proses pirolisis. Sedangkan untuk batang dan daun jagung nilai *weight loss* tertinggi terjadi pada suhu 650°C yakni sebesar 52.79% untuk pirolisis tanpa katalis (atapulgit) dan sebesar 62.81% untuk pirolisis dengan katalis (atapulgit). Grafik di atas menunjukkan perubahan bobot massa bahan yang ditampilkan sebagai kadar abu berbanding lurus dengan peningkatan suhu. Semakin tinggi suhu pirolisis maka kadar abu yang dihasilkan juga semakin tinggi yang berarti

semakin banyak massa bahan yang terdegradasi dan disumsikan semakin banyak produk yang dihasilkan, baik dalam bentuk gas, cairan ataupun char.

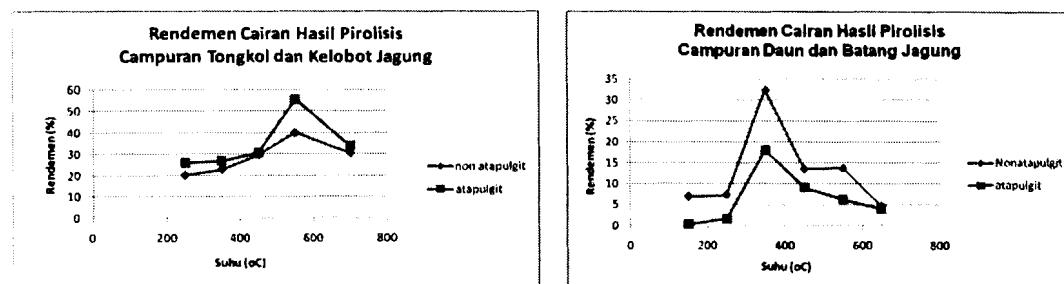


Gambar 5. Kadar Abu (a) Tongkol + Kelobot Jagung (a1) Dengan Katalis (a2) Tanpa Katalis, (b) Batang dan Daun Jagung (b1) Dengan Katalis (b2) Tanpa Katalis

Biomassa jagung yang terbakar akan mengalami perubahan warna ke arah gosong dan hitam. Peningkatan suhu mengakibatkan abu yang dihasilkan semakin hitam dan hangus. Komponen lignoselulosa dalam biomassa jagung yaitu, hemiselulosa, selulosa, dan lignin akan terbakar dan terdekomposisi dengan peningkatan suhu. Pada hemiselulosa akan mulai terdekomposisi dengan mudah pada suhu 220-315°C, dengan titik puncak pada suhu 268°C. Selulosa pada suhu 315-400°C dengan puncaknya pada suhu 355°C. Sedangkan lignin sulit untuk terdekomposisi pada suhu rendah. Lignin akan mengalami dekomposisi yang sangat lama, dari suhu 100-900°C (Yang, H. *et al*, 2007). Peristiwa dekomposisi tiap-tiap komponen berbeda karena perbedaan struktur kimia dari masing-masing. Banyaknya komponen yang terbakar dengan peningkatan suhu mengakibatkan warna abu semakin hitam dan gosong

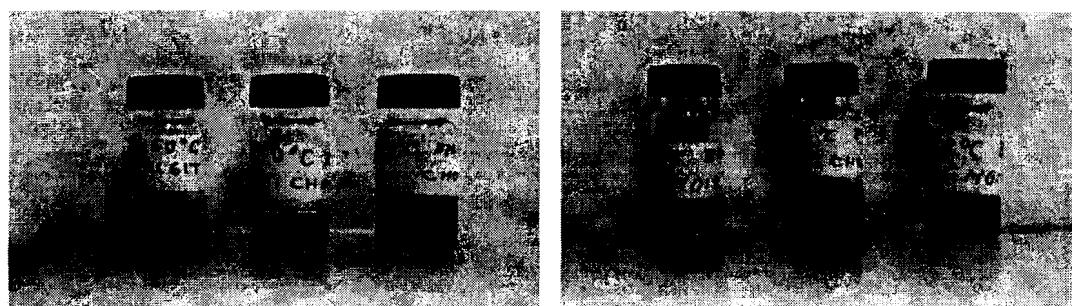
### Cairan Pirolisis

Pirolisis merupakan proses pembakaran pada suhu tinggi dengan meminimalkan penggunaan oksigen. Hasil proses pirolisis ini berupa cairan, gas, dan *char* (arang). Cairan hasil proses pirolisis merupakan gas yang terkondensasi.



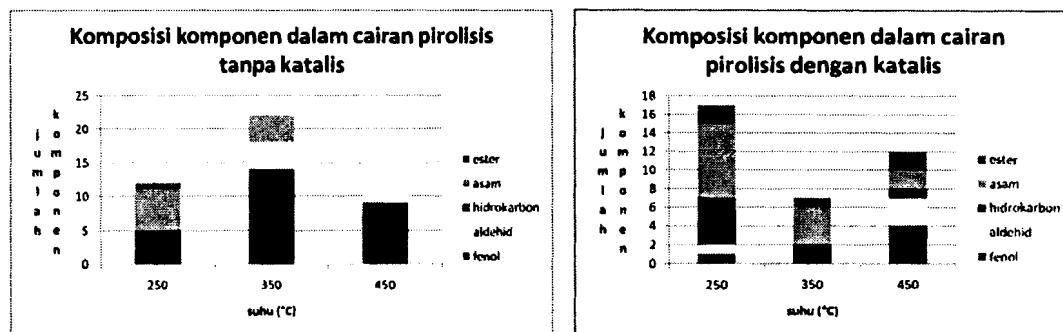
Gambar 6. Rendemen Cairan Hasil Pirolisis (a) Tongkol dan Kelobot Jagung (b) Daun dan Batang Jagung

Dengan peningkatan suhu, akan terjadi peruraian komponen biomassa tongkol dan kelobot jagung, mulai dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang berakhir sampai suhu 500°C. Peruraian yang semakin meningkat akan meningkatkan banyaknya gas yang dihasilkan. Gas ini akan terkondensasi sehingga menghasilkan cairan. Hal ini mengakibatkan banyaknya cairan yang dihasilkan semakin meningkat dan tertinggi pada titik suhu 550°C. Pada suhu 700°C cairan menurun karena peruraian sudah berakhir pada suhu 500°C sehingga dengan peningkatan suhu ini tidak berpengaruh terhadap peningkatan jumlah cairan yang dihasilkan. Dari grafik diketahui bahwa cairan pada pirolisis atapulgit lebih banyak dibandingkan dengan non atapulgit. Atapulgit merupakan salah satu jenis katalis yang mempercepat suatu reaksi pirolisis.



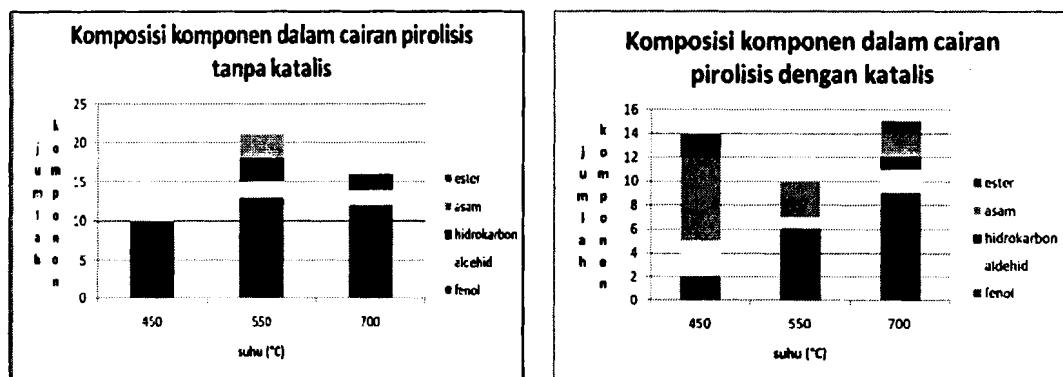
Gambar 7. Cairan Hasil Pirolisis Tongkol dan Kelobot Jagung  
(a) Menggunakan katalis (b) Tanpa Katalis

Cairan hasil pirolisis biomassa jagung cenderung berwarna kuning bening, seperti terlihat pada gambar.



Gambar 8. Komposisi Cairan Hasil Pirolisis Tongkol dan Kelobot Jagung  
(a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis

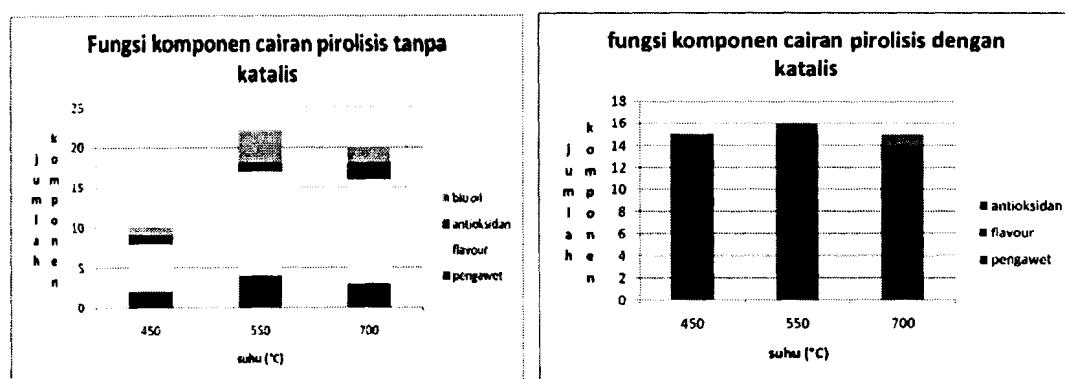
Berdasar analisa GC-MS, kandungan yang terdapat pada cairan hasil pirolisis tongkol dan kelobot ini terdiri dari golongan fenol, aldehid, hidrokarbon, asam, dan ester. Cairan hasil pirolisis tongkol dan kelobot jagung tanpa katalis mengandung lebih banyak komponen dari golongan fenol dibandingkan dengan penambahan katalis. Dengan penambahan katalis, terjadi penurunan komponen dari golongan fenol dan terjadi peningkatan komponen dari golongan asam dan ester. Peningkatan jumlah asam dengan penambahan katalis karena terjadi mekanisme proses pemecahan dan pembentukan yang lebih spesifik.



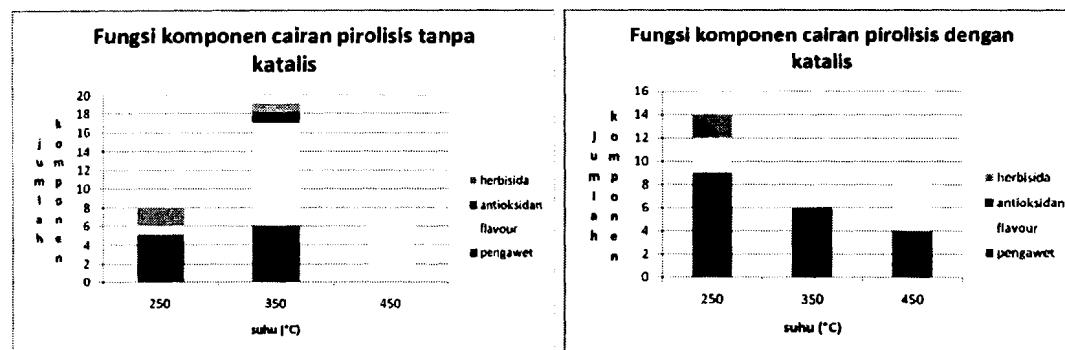
Gambar 9. Komposisi Cairan Hasil Pirolisis Daun dan Batang Jagung (a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis

Tidak berbeda dengan cairan hasil pirolisa tongkol dan kelobot jagung, cairan hasil pirolisa daun dan batang jagung juga terdiri atas komponen ester, asam, hidrokarbon, aldehid dan fenol.

Fungsi komponen yang terkandung dalam cairan hasil pirolisis tongkol dan kelobot ini diklasifikasikan menjadi beberapa, yaitu sebagai pengawet, flavor, antioksidan, herbisida, dan bio oil. Pada proses pirolisis tongkol dan kelobot jagung ini, komponen yang diutamakan adalah sebagai bahan tambahan pangan (pengawet, *flavour*, dan antioksidan) dan bio oil.



Gambar 10. Komposisi Cairan Hasil Pirolisis Tongkol dan Kelobot Jagung  
(a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis



Gambar 11. Fungsi Komponen Cairan Hasil Pirolisis Daun dan Batang Jagung  
(a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis

Dari hasil yang diperoleh, komponen yang dapat dijadikan pengawet adalah benzenol, pyrogalol, m-cresol, asam heksadekanoat, asam oleat, Benzemethanol, alpha.- 1-propenyl-, asam dekanoat, asam dodekanoat, m-

Phenilphenol, asam tetradekanoat, asam stearat dan trans-asam oleat. Secara umum, komponen untuk bahan pengawet banyak ditemukan pada cairan hasil pirolisis dengan penambahan katalis. Komponen terbanyak untuk bahan pengawet dihasilkan pada suhu 450°C dengan penambahan katalis. Untuk komponen yang dapat dijadikan sebagai *flavour* adalah guaiacol; m, o, p-Cresol; vanillin; p-Vynilguaiacol; p-Eugenol; 4-Ethylguaiacol; syringol; m, o, p-Etilphenol; m, o-Xylenol; dimetoksiphenol; syringaldehid; asam tetradekanoat; asam heksadekanoat; asam dekanoat; asam nonanoat; asam oleat; asam stearat; cycloten; ethylcyclopentenolone; pyrocatechol; pyrocatecol, 3-metil; benzemethanol, alpha-1-propenyl; nonaldehid; p-Anisaldehid; p-Formylphenol; m-Acethylphenol; 2-Naphthalenol; syringol; p-Hydroxybenzaldehyde. Untuk komponen yang dapat dijadikan sebagai antioksidan adalah pyrogallol; pyrocatechol; dan dimetilphenol.

## KESIMPULAN

Pirolisa biomassa jagung dapat menghasilkan bahan tambahan makanan (*flavor*, pengawet dan antioksidan) serta bioil sebagai sumber energi alternatif. Dari hasil uji thermogravimetri tongkol dan kelobot jagung dimana tongkol dan kelobot jagung dibakar hingga suhu 1000°C, tongkol jagung akan mulai terbakar pada suhu 176.91°C. Pada suhu 176.91°C sampai suhu 388.97°C tongkol akan terbakar dengan *weight loss* sebesar 56.221%. Tongkol jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Kelobot jagung akan terbakar sampai suhu 981.34°C. Berdasarkan hasil uji thermogravimetri tongkol dan kelobot, suhu yang digunakan dalam proses pirolisis tongkol dan kelobot ini adalah 250, 350, 450, 550, dan 700°C dan untuk daun dan batang jagung 150, 250, 350, 450, 550 dan 650°C. Dari hasil pirolisa tongkol jagung dan kelobot dihasilkan berbagai komponen terutama dari golongan fenol (benzene, p-Cresol, Guaicol, pyrogallal, p-Eugenol, 2,3 dimethyl phenol, 4-ethyl phenol, 4-ethyl guaciol, p-vinyl guaciol), aldehid (vanillin, syringaldehyde, nonaldehyda,p-anisaldehyda), asam lemak (asam stearat, asam fumarat, ) dan beberapa jenis hidrokarbon. Mayoritas dari golongan fenol dapat

digunakan sebagai pengawet, sedangkan golongan aldehid kebanyakan dimanfaatkan untuk flavouring agent ataupun atioksidan, serta beberapa diantaranya juga dimanfaatkan sebagai bioinsektisida. Sedangkan golongan asam karboksilat banyak dimanfaatkan sebagai flavouring agent ataupun pengawet.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anand, Suman dan O N Srivastava. 2004. *Bull. Mater. Sci., Vol. 27, No. 2, April 2004, pp. 113–119. © Indian Academy of Sciences.* 113 Formation and characterization of Y : 247 film through spray pyrolysis technique. Department of Physics, Banaras Hindu University, India
- Anggraeny, Y.N., U. Umiyasih, and D. Pamungkas. 2005. *Pengaruh suplementasi multi nutrien terhadap performans sapi potong yang memperoleh pakan basal jerami jagung.* Pros. Sem. Nas. Teknologi Peternakan dan Veteriner. p. 147-152.
- Badan Pusat Statistik. 2008. Produktivitas Jagung
- Dong Ho Lee, Haiping Yang, Rong Yan, David Tee Liang. *Journal of Fuel Volume 86, Issue 3, February 2007, Halaman 410-417.* Prediction of gaseous products from biomass pyrolysis through combined kinetic and thermodynamic simulations.
- Jale Yanik, et al. *Journal Fuel Processing Technologi Volume 88, Issue 10, October 2007, Pages 942-947.* Fast pyrolysis of agricultural wastes: Characterization of pyrolysis products.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2004. *Evaluation of certain food additives: sixty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series ; Geneva, Switzerland*
- McCutcheon, J and D. Samples. 2002. *Grazing Corn Residues. Extension Fact Sheet Ohio State University Extension.* US. ANR10-02
- McGrath et al. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Februari 2009.* Phenolic Compound Formation From The Low Temperature Pyrolysis Of Tobacco. Nevell, T.P. dan S.H. Zeronian. 1985. *Cellulose Chemistry and Its Applications.* Ellis Harwood United, Chichester.
- Qing Cao et al. *Jurnal Bioresource Technology Volume 94, Issue 1, August 2004, Pages 83-89.* Pyrolytic behavior of waste corn cob.

- Ratnawaty, S. 2008. *Produktivitas Jagung Lamuru pada Lahan Pasca Penanaman Leguminosa di Desa Naibonat, Nusa Tenggara Timur.* Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Timur.
- Ritcher, Henning et al. 2004. *Chemical Characterization and Bioactivity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Non-Oxidative Thermal Treatment of Pyrene - Contaminated Soil at 250 –1,000°C.* Massachusetts Institute of Technology, USA
- Rostami et al. *Journal of Fuel, Volume 83, Issues 11-12, August 2004, Pages 1519-1525.* A Biomass pyrolysis sub model for CFD applications.
- Suat Uçar dan Selhan Karagoz. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Februari 2009.* The slow pyrolysis of pomegranate seeds: the effect of temperature on the product yields and bio-oil properties. Xiadong. *Journal of Eng. Gas Turbines Power July 2006 Volume 128, Issue 3, 493 (4 pages).* Study on Biomass Pyrolysis Kinetics.
- Ze Wang et al.. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Februari 2009.* Pyrolysis of Hydrocarbon Fuel ZH-100 Under Different Pressures
- Zhenggi Li et al. *Journal Bioresource Technology Volume 100, Issue 2, January 2009, Pages 948-952.* Analysis of coals and biomass pyrolysis using the distributed activation energy model.