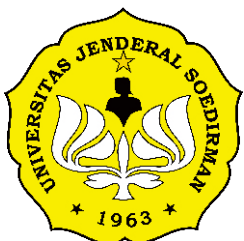
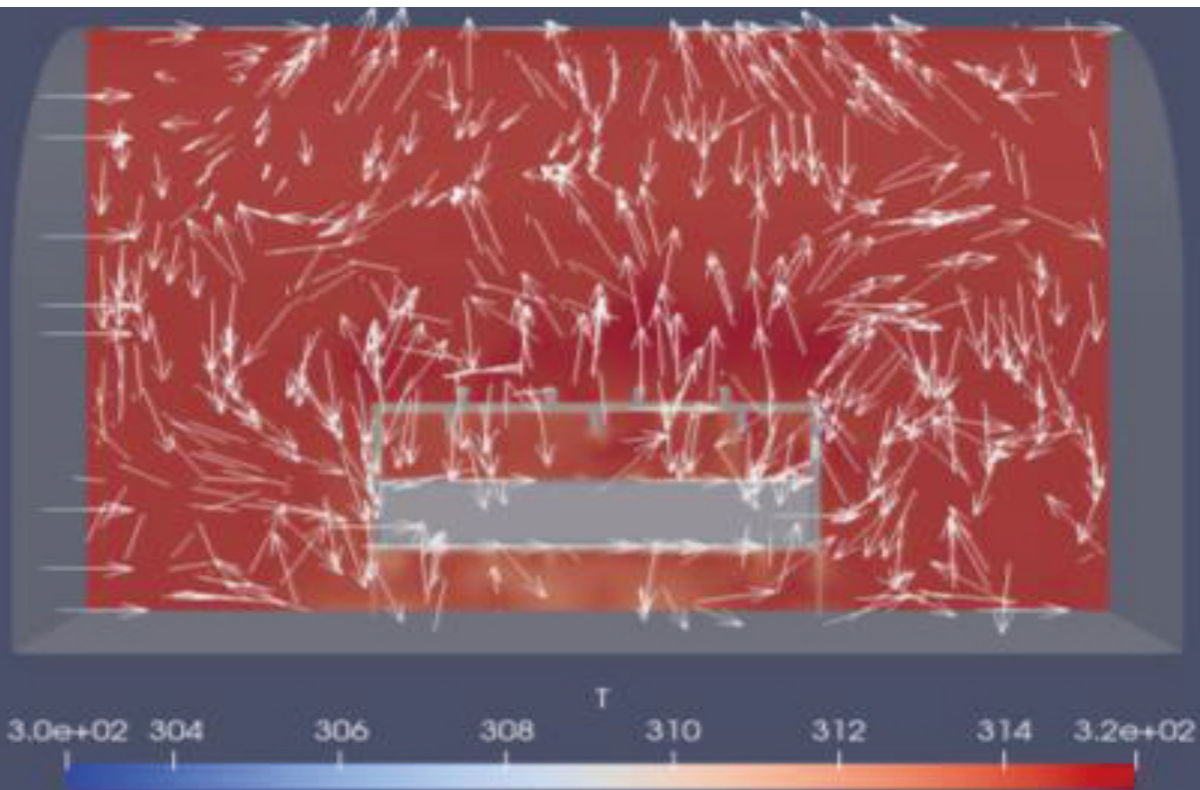


P-ISSN: 2722-3620

JABER

JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOSYSTEM ENGINEERING RESEARCH

Volume 1 Nomor 1, Mei 2020



PUBLIKASI ILMIAH RESMI

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Unsoed
Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, Jawa Tengah, INDONESIA
Telp./Faks. (0281) 638791 Kode Pos 53122 E-mail: jaber@unsoed.ac.id
<http://jos.unsoed.ac.id/index.php/jaber/index>

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang atas rahmat-Nya sehingga kami dapat menerbitkan edisi perdana *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research* (JABER) Volume 1 Nomor 1, Mei 2020.

Dalam edisi ini disajikan 8 (delapan) makalah yang merupakan hasil penelitian yang berkaitan dengan keteknikan pertanian dan biosistem yang terdiri dari: (1) Aplikasi Irigasi Tetes pada Uji Pertumbuhan Fase Vegetatif Benih Kentang Hasil Aeroponik Dataran Rendah dengan Variasi Ukuran Benih, (2) Minimasi Biaya dengan Rekayasa Skenario Distribusi Beras untuk Memperkuat Ketahanan Pangan di Kabupaten Banjarnegara, (3) Uji Homogenitas Benih Jagung Berdasarkan Germination Test di PT Syngenta Seed Indonesia, Pasuruan, Jawa Timur, (4) Studi Analisis Pengaruh Tekanan dan Komposisi Bahan terhadap Kualitas Briket Arang dari Tempurung Kemiri dan Tempurung Keluak, (5) Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Kadar BOD, COD, DO, pH, Sulfida, dan Krom dengan Metode Deep Aeration, (6) Pendugaan Umur Simpan Serbuk Wedang Uwuh Menggunakan Metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan Pendekatan Arrhenius, (7) Distribusi Suhu Udara di Permukaan Chamber Aeroponik dengan Aplikasi *Fogging System* Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD), dan (8) Pemurnian Biogas Metode Adsorpsi Menggunakan *Down-Up Purifier* dengan Arang Aktif dan Silika Gel sebagai Adsorben.

Terima kasih kami sampaikan kepada para penulis yang telah ikut berpartisipasi mengirimkan makalah untuk edisi perdana ini. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah membantu sehingga jurnal ini dapat diterbitkan. Kami mengharapkan kontribusi yang kontinyu, masukan, dan saran demi peningkatan terbitan JABER selanjutnya.

Purwokerto, Mei 2020

Dewan Editor

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Susunan Dewan Redaksi	iii
 Aplikasi Irigasi Tetes pada Uji Pertumbuhan Fase Vegetatif Benih Kentang Hasil Aeroponik Dataran Rendah dengan Variasi Ukuran Benih <i>Eni Sumarni, Jajang Juansah, Darjanto</i>	 1-7
Minimasi Biaya dengan Rekayasa Skenario Distribusi Beras untuk Memperkuat Ketahanan Pangan di Kabupaten Banjarnegara <i>Hety Handayani Hidayat, Rahman Fahrul Romadhoni</i>	8-15
Uji Homogenitas Benih Jagung Berdasarkan Germination Test di PT Syngenta Seed Indonesia, Pasuruan, Jawa Timur <i>Ririe Jasmine Fadilla, Musthofa Lutfi, Yusuf Hendrawan</i>	16-22
Studi Analisis Pengaruh Tekanan dan Komposisi Bahan terhadap Kualitas Briket Arang dari Tempurung Kemiri dan Tempurung Keluak <i>David Khoirul Mustofa, Yusuf Wibisono, Musthofa Lutfi</i>	23-34
Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Kadar BOD, COD, DO, pH, Sulfida, dan Krom dengan Metode Deep Aeration <i>Indesta Aulia Hendra Putri, Anang Latriyanto, Akhmad Adi Sulianto</i>	35-45
Pendugaan Umur Simpan Serbuk Wedang Uwuh Menggunakan Metode ASLT (Accelerated Shelf Life Testing) dengan Pendekatan Arrhenius <i>Nurul Ijayanti, Riana Listanti, Rifah Ediaty</i>	46-60
Distribusi Suhu Udara di Permukaan Chamber Aeroponik dengan Aplikasi Fogging System Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) <i>Laksmi Putri Ayuningtyas, Eni Sumarni, Ardiansyah</i>	61-71
Pemurnian Biogas Metode Adsorpsi Menggunakan Down-Up Purifier dengan Arang Aktif dan Silika Gel sebagai Adsorben <i>Abdul Mukhlis Ritonga, Masrukhi, Regita Pramesti Kusmayadi</i>	72-82
 Petunjuk Penulisan Makalah Surat Pengantar Submit ke Jaber	

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

JABER: *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*

P-ISSN: 2722-3620

Vol. 1 No. 1, Mei 2020

Dewan Redaksi

Penanggung Jawab

Arief Sudarmaji, S.T., M.T., Ph.D.

Redaksi

Ketua : Arief Sudarmaji, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota : 1. Krissandi Wijaya, S.TP., M.Agr., Ph.D.
2. Ir. Agus Margiwiyatno, M.S., Ph.D.
3. Purwoko Hari Kuncoro, S.TP., M.Agr., Ph.D.
4. Poppy Arsil, S.TP., M.T., Ph.D.
5. Susanto Budi Sulistyono, S.TP., M.Si., Ph.D.

Redaksi Pelaksana

Ketua : Ropiudin, S.TP., M.Si.

Anggota : 1. Riana Listanti, S.TP., M.Sc.
2. Dian Novitasari, S.TP., M.Si.
3. Hety Handayani Hidayat, S.TP., M.Si.
4. Furqon, S.TP., M.Si.

Editor

Abdul Mukhlis Ritonga, S.TP., M.Sc.

Rifah Ediati, S.TP., M.P.

Mitra Bestari

- (1) Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP. (Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya)
- (2) Dr. Ir. Siswanto, M.P. (Teknik Pertanian Unsoed)
- (3) Dr. Ardiansyah, S.TP., M.Si. (Teknik Pertanian Unsoed)
- (4) Dr. Asna Mustofa, S.TP., M.P. (Teknik Pertanian Unsoed)
- (5) Afik Hardanto, S.TP., M.Sc., Ph.D. (Teknik Pertanian Unsoed)
- (6) Dr. Eni Sumarni, S.TP., M.Si. (Teknik Pertanian Unsoed)

Alamat Redaksi dan Distribusi

Redaksi JABER: *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, Jawa Tengah, 53122

Telp/Faks. (0281) 638791 | Laman: <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/jaber/index>

Surel: jaber@unsoed.ac.id

JABER: *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research* terbit dua kali dalam setahun, yaitu Mei dan November. Pada setiap penerbitan berisi 8 artikel. JABER mempublikasikan artikel-artikel terbaru yang berfokus pada hasil-hasil riset baik bersifat fundamental maupun terapan dalam bidang keteknikan pertanian dan biosistem. Artikel ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.

Aplikasi Irigasi Tetes pada Uji Pertumbuhan Fase Vegetatif Benih Kentang Hasil Aeroponik Dataran Rendah dengan Variasi Ukuran Benih

Eni Sumarni^{1,*}, Jajang Juansah², Darjanto³

¹Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

²Jurusan Fisika - Fakultas MIPA – Institut Pertanian Bogor

³Jurusan Agroteknologi - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

¹Jl Dr Soeparno Karangwangkal, Purwokerto 53123

*Korespondensi, Email: arny0565@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah mendapatkan hasil pertumbuhan (tinggi tanaman dan jumlah daun) benih kentang hasil aeroponik. Benih yang diuji daya tumbuh berasal dari dataran rendah dengan ketinggian 125 m dpl dan akan diuji daya tumbuh di dataran tinggi (1000 m dpl). Penelitian menggunakan RAK dengan 7 kali ulangan. Benih yang digunakan adalah varietas Granola. Analisis data menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. Variasi benih yang digunakan adalah S, M, dan L. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan irigasi tetes mendukung uji daya tumbuh benih kentang hasil aeroponik. Debit nutrisi yang keluar dari emitter menggunakan tenaga pompa lebih besar (2,54 liter/jam) dibandingkan tenaga gravitasi (0,56 liter/jam). Keseragaman debit di emitter menggunakan pompa mencapai 78% sedangkan tenaga gravitasi 54%. Pertumbuhan tanaman menunjukkan bahwa ukuran benih berpengaruh terhadap pertumbuhan fase vegetatif. Ukuran benih kentang aeroponik dari dataran rendah berukuran L memberikan potensi tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan ukuran benih S dan L.

Kata kunci: aeroponik, benih kentang, dataran rendah, greenhouse, ukuran benih

Application of Drip Irrigation in Vegetative Phase Growth Test of Lowland Aeroponic Potato Seeds with Variations in Seed Size

ABSTRACT

The purpose of this study was to obtain the results of growth (plant height and number of leaves) aeroponic potato seeds. Seed tested for viability comes from the lowlands with a height of 125 m above sea level and will be tested for growing power in the highlands (1000 m above sea level). Research using RAK with 7 replications. The seeds used are Granola varieties. Data analysis used variance analysis and continued with DMRT at $\alpha = 5\%$ level. Seed variations used are S, M, and L. The results show that the use of drip irrigation supports the test of aeroponic potato seed growth. Nutrient discharge that emits from the emitter using pump power is greater (2.54 liters / hour) than gravity (0.56 liters / hour). The uniformity of discharge in emitters using pumps reaches 78% while the gravitational power is 54%. Plant growth shows that seed size influences the growth of the vegetative phase. The size of aeroponic potato seeds from lowland L size gives the potential for higher plant height and number of leaves compared to S and L seed sizes.

Key words: aeroponic, potato seed, low land, greenhouse, seed size

PENDAHULUAN

Kentang menjadi tanaman pangan global dan menempati ranking 4 diantara tanaman pangan lain di dunia (FAO, 2004). Di Eropa, kentang telah menjadi makanan pokok masyarakat yang menetap di negara tersebut (Ferreira dan Goncalves, 2007). Permintaan kentang di dunia akan melebihi padi, jagung dan gandum pada tahun 2020. Saat ini China menjadi penghasil kentang terbesar di negara berkembang (Wei, 2005).

Produksi kentang di Indonesia masih tertinggal dengan negara China, oleh karena itu perlu terus ditingkatkan. Usaha yang dilakukan yaitu dengan memperbaiki dan meningkatkan mutu benih agar hasil yang dicapai dapat maksimal. Selain itu perluasan lahan untuk memproduksi benih kentang selain dataran tinggi dapat menjadi pertimbangan. Produksi benih kentang pada kondisi iklim yang tidak optimal, yaitu di dataran rendah telah dilakukan dan upaya tersebut berhasil memperoleh umbi benih. Teknologi rekayasa lingkungan yang digunakan untuk produksi tersebut adalah menggunakan sistem aeroponik dengan pendinginan nutrisi terbatas di daerah sekitar perakaran tanaman kentang (*root zone cooling*) (Sumarni et al., 2013, Sumarni et al., 2016a, Sumarni et al., 2019).

Benih kentang yang diperoleh tersebut perlu dilakukan uji daya tumbuh untuk mendapatkan potensi pertumbuhan dan hasilnya. Uji daya tumbuh sebelumnya dengan tanpa variasi ukuran benih diperoleh bahwa benih yang berasal dari sistem aeroponik (G0) memiliki pertumbuhan yang kuat dan mampu menghasilkan benih selanjutnya secara normal (Sumarni et al., 2016b). Namun, perlu dilakukan kajian lanjut bagaimana benih hasil aeroponik dari dataran rendah dengan variasi ukuran benih yang berbeda-beda terhadap pertumbuhan tanaman kentang.

Teknik irigasi tetes/drip merupakan salah satu teknik irigasi yang digunakan untuk produksi tanaman. Teknik irigasi tersebut terbukti menjadi metode irigasi yang efektif untuk menghasilkan kentang dalam jumlah tinggi (Hou et al., 2010; Wang et al., 2006). Oleh karena itu pada penelitian ini irigasi tetes dipilih dalam rangka menguji daya tumbuh benih kentang hasil aeroponik dari dataran rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun benih kentang hasil aeroponik dari dataran rendah dengan variasi ukuran benih.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat-alat ukur iklim seperti termometer, hygrometer, lux meter. Alat ukur larutan nutrisi yaitu EC meter dan pH, serta unit irigasi tetes, pompa (125 Watt) dan tangki sebagai tempat/wadah nutrisi tenaga gravitasi. Bahan yang digunakan terdiri dari nutrisi AB nix untuk nutrisi tanaman kentang, H_3PO_4 dan KOH untuk menstabilkan pH, serta benih kentang hasil aeroponik dari dataran rendah.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dari Maret sampai Juli 2017 di dalam greenhouse dataran tinggi (1000 m dpl). Benih yang diuji adalah hasil penelitian aeroponik benih kentang di dataran rendah dengan ketinggian 125 m dpl.

A. Iklim Mikro Greenhouse

Iklim mikro di dalam greenhouse diukur harian, meliputi suhu udara ($^{\circ}C$), kelembapan (%), radiasi matahari (W/m^2).

B. Uji Kinerja Irigasi Tetes

Parameter yang digunakan untuk menguji kinerja irigasi tetes melalui keseragaman emisi (EU) dengan persamaan berikut :

Koefisien variasi penetesan (CV)

$$Cv = \frac{(S)}{(Q_{avg})} \dots\dots\dots(1)$$

keterangan:

Cv = koefisien variasi

Q_{avg} = rata-rata debit (l / jam)

S = standar deviasi

Keseragaman emisi/emiter

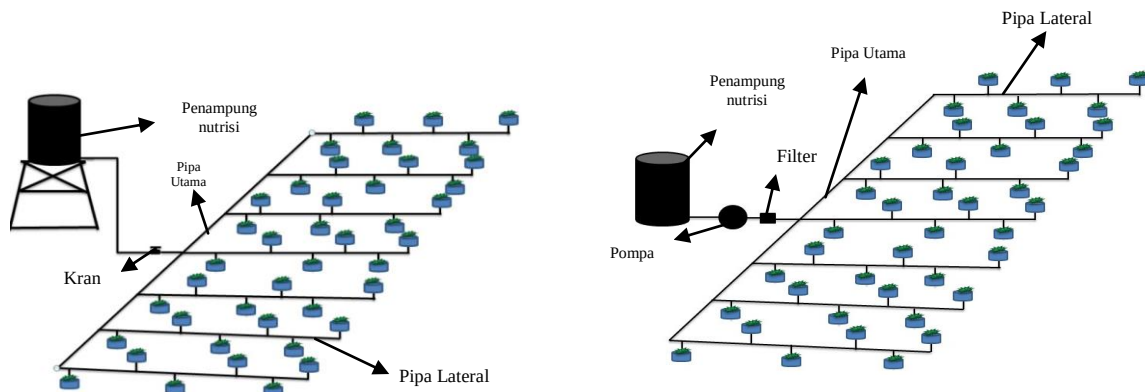
$$EU = \frac{(Q_{25\%})}{(Q)} \dots\dots\dots(2)$$

keterangan:

EU = keseragaman emisi

Q = rata-rata debit (l / jam)

$Q_{25\%}$ = 25% debit penetes terkecil (l / jam)



Gambar 1. Layout irigasi tetes (a) tenaga gravitasi, (b) pompa

C. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman yang diamati adalah fase vegetatif, yaitu meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun. Penelitian menggunakan RAK dengan 7 kali ulangan. Benih yang digunakan adalah varietas Granola. Variasi benih yang digunakan adalah S, M, dan L. Benih S (1-10 g), M (11-49 g) dan L (> 50 g). Analisis data menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$.

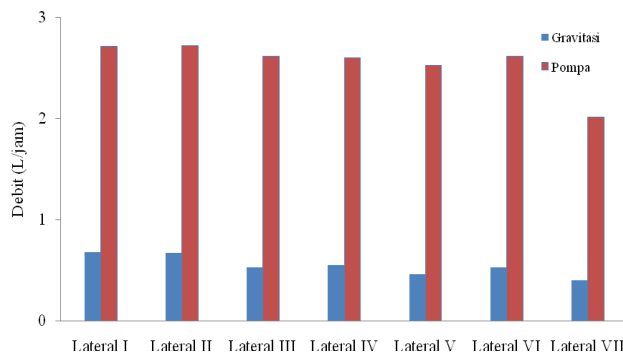
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Iklim Mikro Greenhouse

Suhu udara rata-rata selama masa pertumbuhan vegetatif berkisar 21,67 °C, dan kelembapan 77%. Radiasi matahari yang masuk ke dalam greenhouse mencapai 300 W/m². Iklim mikro tersebut menunjukkan kondisi yang masih sesuai untuk pertumbuhan tanaman kentang. Suhu lingkungan lebih dari 25 °C dapat memperpanjang siklus pertumbuhan atau mempercepat laju penuaan daun, sehingga memperpendek siklus pertumbuhan (Kooman dan Haverkot, 1995).

B. Uji Kinerja Irigasi Tetes

Kinerja sistem irigasi tetes diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan pompa dan gravitasi sebagai sumber tenaga untuk memberikan nutrisi dari ember penampung sampai ke tanaman. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan debit rata-rata sumber tenaga gravitasi sebesar 0,56 L/jam, sedangkan debit rata-rata yang menggunakan pompa sebesar 2,54 L/jam. Grafik debit rata-rata tiap lateral disajikan pada Gambar 2. Debit rata-rata pada lateral I lebih tinggi dibandingkan dengan lateral II, III, IV, V, VI, dan VII. Dari hasil tersebut juga diketahui bahwa semakin jauh dari sumber pompa debit mengalami penurunan. Keseragaman debit penetes untuk irigasi dengan gravitasi diperoleh nilai EU sebesar 54% EU, sedangkan pompa sebesar 78 %. Koefisien variasi



Gambar 2. Debit rata-rata tiap lateral dari tenaga pompa dan gravitasi

Aplikasi irigasi tetes dapat digunakan untuk uji pertumbuhan benih kentang hasil aeroponik dalam rangka menjadi benih selanjutnya. Penggunaan irigasi tetes untuk produksi tanaman sudah dilakukan, seperti untuk tanaman bunga kol dengan pompa 13 Watt, namun menghasilkan keseragaman sebaran yang masih rendah (Yanto et.al., 2014). Penggunaan pompa 125 Watt pada penelitian ini menghasilkan sebaran keseragaman yang lebih baik pada irigasi tetes (nilai range 75 % - 85%). Penggunaan tenaga gravitasi yang masih dibawah saran sebaran keseragaman yang disarankan (54%), kondisi tersebut dapat diperbaiki dengan evaluasi tekanan pada ketinggian head dan mengurangi belokan pada pemberian nutrisi sampai ke tanaman.

C. Pertumbuhan Tanaman

Tinggi tanaman

Tinggi tanaman pada fase vegetatif menunjukkan bahwa benih kentang aeroponik dari dataran rendah aplikasi root zone cooling berukuran L berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, yaitu memberikan potensi tinggi tanaman yang paling tinggi dibandingkan benih ukuran M dan S. Hal tersebut ditunjukkan dari pertumbuhan umur 10 HST sampai 50 HST, yaitu 23,95 cm dan 51,24 cm. Tinggi tanaman terendah diperoleh dari benih ukuran S, yaitu 14,22 cm pada 10 HST dan 37,45 cm pada 50 HST (Tabel 1). Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya tentang uji ukuran umbi sebagai tolak ukur viabilitas benih kentang dari hasil benih non aeroponik (Senjayani, 2001).

Umbi ukuran L memberikan kecepatan tumbuh lebih tinggi dibandingkan M atau S. Pertunasan pada tanaman mempengaruhi tanaman untuk tumbuh, kondisi ini diduga berkaitan dengan kandungan cadangan makanan berdasarkan ukuran umbi (Susanto, 1999). Ketika sistem perakaran mulai terbentuk, maka tanaman memerlukan karbohidrat dalam jumlah yang tinggi untuk sel-sel baru. Pertunasan juga merupakan mobilisasi karbohidrat dan translokasi ke akar

Umbi ukuran L memiliki cadangan karbohidrat yang lebih banyak dibandingkan benih ukuran M dan S. Oleh karena itu mobilitas dan translokasi umbi berukuran L lebih tinggi dibandingkan M dan S. Hal ini juga diduga benih ukuran L memiliki vigor tumbuh tertinggi, sehingga memiliki kekuatan beradaptasi dengan lingkungan (Van Es dan Hartman, 1985). Penampilan tanaman di dalam greenhouse disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1. Ukuran benih terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kentang

Ukuran Benih	Tinggi Tanaman (cm) (HST)				
	10	20	30	40	50
L	23,95 a	26,2a	33,48 a	44,83a	51,24a
M	17,09b	20,03b	24,72b	37,96b	46,96b
S	14,22c	16,07c	20,86b	31,27c	37,45c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$; HST = hari setelah tanam

Jumlah daun

Ukuran benih memberikan pertumbuhan jumlah daun yang berbeda. Benih dengan ukuran L memberikan jumlah daun tertinggi dibandingkan dengan ukuran M dan S. Ukuran benih L memberikan jumlah daun tertinggi 109,48 helai sampai 50 HST. Jumlah daun terendah dihasilkan oleh benih berukuran S yaitu 89,3 helai sampai 50 HST (Tabel 2). Penampilan pertumbuhan tanaman di dalam greenhouse pada masing-masing ukuran benih disajikan pada Gambar 4 sampai 6.

Tabel 2. Ukuran benih terhadap pertumbuhan jumlah daun tanaman kentang

Ukuran Benih	Jumlah Daun (Helai)				
	10	20	30	40	50
L	68,81a	77,81a	79,29a	80,49a	109,48a
M	50,43b	59,45b	71,25b	72,45b	96,49b
S	47,36b	57,48b	65,49c	66,6b	89,3c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$; HST = hari setelah tanam.

Jumlah daun di duga berkaitan dengan jumlah batang perumpun. Jumlah batang perumpun berkaitan dengan jumlah mata tunas. Ukuran umbi L cenderung memiliki mata tunas lebih banyak dibandingkan benih berukuran M dan L. Mata tunas banyak akan menghasilkan jumlah batang perumpun lebih banyak dibandingkan mata tunas yang sedikit. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya (Senjayani, 2001).



Gambar 3. Penampilan pertumbuhan benih kentang di dalam greenhouse



Gambar 4. Penampilan pertumbuhan benih kentang hasil aeroponik ukuran L di dalam greenhouse



Gambar 5. Penampilan pertumbuhan benih kentang hasil aeroponik ukuran M di dalam greenhouse



Gambar 6. Penampilan pertumbuhan benih kentang hasil aeroponik ukuran S di dalam greenhouse

KESIMPULAN

Benih kentang yang dihasilkan dari sistem aeroponik di dataran rendah dengan aplikasi root zone cooling memiliki potensi pertumbuhan vegetatif yang baik. Hasil menunjukkan bahwa ukuran benih berpengaruh terhadap pertumbuhan fase vegetatif tanaman kentang. Ukuran benih kentang aeroponik dari dataran rendah berukuran L memberikan potensi tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan ukuran benih S dan M.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Ristek Dikti yang telah memberikan dana untuk dapat terlaksananya penelitian ini melalui Hibah Strategis Nasional Tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- FAO. (2004). FAOSTAT. Agriculture. Rome. (<http://faostat.fao.org/>).
- Ferreira, T.C., & Goncalves, D.A. (2007). Crop-yield/water-use production functions of potatoes (*Solanum tuberosum*, L.) grown under differential nitrogen and irrigation treatments in a hot, dry climate. *Agricultural water management*, 90, 45-55.
- Wei, Y.A. (2005). Status quo and characteristics of potato industry development in the world. *World Agric. Chinese Journal*, 3, 29–32.
- Hou, X.Y., Wang, F.X., Han, J.J., Kang, S.Z., & Feng, S.Y. (2010). Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. *Agric. Forest Meteorol*, 150, 115–121.
- Kooman, P.L and Haverkort, A.J. (1995). Modelling development and growth of the potato crop influenced by temperature and daylength: LINTUL-POTATO. In: *Ecology and Modeling of Potato Crops Under Conditions Limiting Growth*. Kluwer, Dordrecht, pp. 41-60.
- Senjayani, A. (2001). Studi panjang tunas dan ukuran umbi sebagai tolak ukur viabilitas bibit kentang. Jurusan Budidaya Pertanian. Faperta IPB.
- Sumarni, E., Herry, S., Kudang, B. S., & Satyanto. K. S. (2013). Aplikasi Pendinginan Zona Perakaran (*Root Zone Cooling*) pada Produksi Benih Kentang Menggunakan Aeroponik di Dataran Rendah Tropika Basah. *Jurnal Agronomi Indonesia Terakreditasi A*, 41, 2, 154-159.
- Sumarni, E., Arief, S., Herry, S., & Satyanto, K.S. (2016a). Produksi Benih Kentang Sistem Aeroponik dan *Root Zone Cooling* dengan Pembedaan Tekanan Pompa di Dataran Rendah. *J. Agron. Indonesia*, 44, 3, 299 - 305 .
- Sumarni, E., Noor, F., Arifin, N. S. & Arief, S.. (2016b). G0 Seed Potential of The Aeroponics Potatoes Seed In The Lowlands With A Root Zone Cooling Into G1 In The Highlands. *Rona Teknik Pertanian*, 9, 1, 1-10.
- Sumarni, E., N. Farid, Darjanto, Ardiansyah and L. Soesanto. 2019. Effect of electrical conductivity (EC) in the nutrition solution on aeroponic potato seed production with application of root zone cooling in tropical lowland, Indonesia. *AgricEngInt: CIGR Journal* Open access at <http://www.cigrjournal.org>, 21, 2, 70-78.
- Susanto, A. (1999). Pengaruh umur simpan dan ukuran umbi terhadap produksi kentang (*Solanum tuberosum* L.). Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian. Faperta. IPB.
- Wang, F.X., Kang, Y.H., Liu, S.P., Hou, X.Y. (2007). Effects of soil matric potential on potato growth under drip irrigation in the North China Plain. *Agric. Water Manage*, 88, 34–42.
- Yanto, H., A. Tusi, & S. Triyono. (2014). Aplikasi system irigasi tetes pada tanaman kembang kol (*Brassica Oleracea* Var. *Botrytis* L. Subvar. *Cauliflora* DC) dalam greenhouse. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol.3,2, 141-154.

Minimasi Biaya dengan Rekayasa Skenario Distribusi Beras untuk Memperkuat Ketahanan Pangan di Kabupaten Banjarnegara

Hety Handayani Hidayat*, Rahman Fahrul Romadhoni

Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

Jl Dr Soeparno Karangwangkal, Purwokerto 53123

*Korespondensi, Email: hety,hidayat@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Distribusi beras saat ini di Kabupaten Banjarnegara didominasi Kecamatan Mandiraja sebagai supplier utama. Ketergantungan pemenuhan konsumsi beras kecamatan lain terhadap kecamatan Mandiraja dapat mengancam stabilitas ketahanan pangan Kabupaten Banjarnegara. Namun, disisi lain ada potensi yakni terdapat beberapa kecamatan yang juga surplus beras. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan rekayasa distribusi dengan metode transportasi untuk meminimalisir biaya serta memperkuat ketahanan pangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan alternatif skenario distribusi dilakukan dari Kecamatan Sigaluh dipasok seluruhnya dari Susukan, Kebutuhan Banjarnegara dipasok dari Purwareja Klampok, Kecamatan Pagedongan dipasok Kecamatan Purwanegara, Kecamatan Wanayasa dan Pejawaran dipasok dari kecamatan Wanadadi, sedangkan Kecamatan Batur dipasok dari 2 kecamatan yakni Kecamatan Bawang sebanyak 501 truck dan sisanya 21 truck dari Kecamatan Mandiraja. Selain itu juga dengan banyaknya kecamatan sebagai supplier dapat mengurangi ketergantungan terhadap kecamatan tertentu sehingga lebih menjamin ketahanan pangan.

Kata kunci: Distribusi Beras, Minimasi Biaya, Ketahanan Pangan

Cost Minimization by Engineering Rice Distribution Scenarios to Strengthen Food Security in Banjarnegara District

ABSTRACT

The current rice distribution in Banjarnegara District is dominated by Mandiraja District as the main supplier. The fulfillment of rice consumption in other sub-districts only dependence on Mandiraja sub-district, it can threaten the food security stability of Banjarnegara District. However, on the other hand there is potential, that is, there are a number of sub-districts which also have a rice surplus. Therefore, in this study distribution engineering was carried out with transportation methods to minimize costs and strengthen food security. The results of this study indicate that with alternative distribution scenarios carried out from Sigaluh sub-district supplied entirely from Susukan, Banjarnegara needs are supplied from Purwareja Klampok, Pagedongan sub-district supplied by Purwanegara sub-district, Wanayasa sub-district and Pejawaran is supplied from sub-district of Wanadadi, while Batur sub-district is supplied from 2 sub-districts namely Bawang sub-district. as many as 501 trucks and the remaining 21 trucks from Mandiraja District. In addition, the number of sub-districts as suppliers can reduce dependence on certain sub-districts so that it ensures food security.

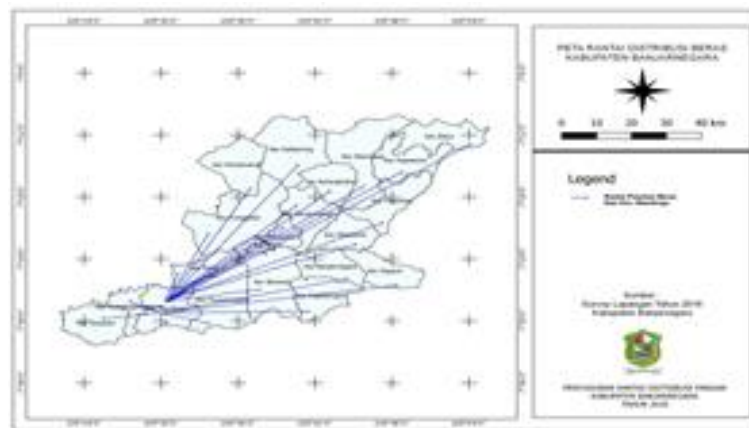
Key words: Rice distribution, Cost Minimization, Food Security

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan yang berkelanjutan di Indonesia mengalami berbagai permasalahan dan tantangan yang bersifat multidimensi, mencakup aspek ekonomi, sosial, politik, dan lingkungan (Suryana, 2014). Salah satu komoditas yang pokok bagi ketahanan pangan Indonesia adalah beras. Beras diartikan sebagai biji gabah yang bagian kulitnya sudah dipisahkan dengan cara digiling dan disosoh menggunakan alat pengupas dan penggiling serta alat penyosoh (Astawan & Wresdiyati, 2004).

Beras ini menjadi makanan pokok masyarakat Indonesia, termasuk Kabupaten Banjarnegara. Tidak seimbangnya jumlah konsumsi beras dengan hasil panen gabah di suatu daerah menyebabkan perlu adanya distribusi beras antar daerah surplus dan defisit. Pengaturan distribusi tersebut salah satunya dapat dirancang dengan metode transportasi. Metode transportasi merupakan metode yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber-sumber yang menyediakan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal. Alokasi produk ini harus diatur sedemikian rupa, karena terdapat perbedaan biaya-biaya alokasi dari satu sumber ke suatu tempat tujuan (Ardhyani & Singgih, 2017).

Kondisi sejak beberapa tahun terakhir hingga saat ini distribusi beras di Kabupaten Banjarnegara didominasi berasal dari Kecamatan Mandiraja sebagaimana terlihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Peta Distribusi Beras Kabupaten Banjarnegara

Sumber: Dinas Ketahanan Pangan Banjarnegara (2018)

Adanya ketergantungan hampir seluruh kecamatan defisit pada 1 supplier kecamatan ini sangat riskan jika dilihat dari segi ketahanan pangannya. Maka dari itu dengan menerapkan metode transportasi dimana metode ini mengatasi masalah tentang manajemen pendistribusian dari sumber-sumber yang menyediakan produk (beras) ke tempat-tempat yang membutuhkan dengan meminimalisir pengeluaran pada proses distribusi sehingga tidak akan ada kesenjangan dalam ketersediaan pangan pada suatu daerah tertentu.

Metode transportasi ini telah banyak digunakan dalam merencanakan distribusi beras misalnya pada studi kasus beras sejahtera bulog di Sidoarjo (Azizah & Mohammad, 2018), distribusi beras raskin Bulog Kilang Jampalan (Hutagaol, 2018), Bulog Surakarta (Putri, *et al.*, 2018), dan Bulog Medan (Simbolon, *et al.*, 2014). Namun, pada kasus ini dilakukan distribusi untuk beras umum dipasaran dengan menitikberatkan pada kecamatan surplus dan defisit beras di Kabupaten Banjarnegara. Hal ini bertujuan untuk rekayasa skenario distribusi tersebut agar tidak bergantung pada Kecamatan Mandiraja untuk memperkuat ketahanan pangan namun tetap mengedepankan biaya yang minimal.

METODE PENELITIAN

Data terkait ketahanan pangan di daerah Banjarnegara yang dipergunakan bersumber dari arsip dan dokumen di Dinas Pertanian, Perikanan dan Ketahanan Pangan Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Data tersebut meliputi konsumsi beras dan jumlah ketersediaan beras. Jarak diperoleh dengan melakukan pengukuran jarak antar kecamatan dari gmaps dengan jarak tempuh terpanjang. Dari hasil diskusi dengan pelaku distribusi di lapangan, maka terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Distribusi beras antar kecamatan dilakukan dengan menggunakan Truck Colt Diesel Double (CDD) dengan kapasitas 5 ton beras

1. Biaya bongkar muat, supir, dan sewa mobil kemanapun di dalam kabupaten Banjarnegara dianggap sama.
2. Biaya transportasi hanya dibedakan dari biaya bahan bakar, sehingga yang diperhitungkan dalam penelitian ini hanya biaya bahan bakar.
3. Satu liter diesel dengan harga Rp 9.000,00 dapat digunakan untuk 3 Km jarak tempuh. Dengan demikian 1 Km jarak memakan biaya Rp 3.000,00.

Skenario distribusi yang dirancang meliputi:

1. Skenario distribusi saat ini
2. Skenario distribusi solusi awal yang fisible dengan metode North West Corne (Heizer & Render, 2009)
3. Skenario dengan metode transportasi VAM (Vogel's Approximation Method) (Taha, 2008)

Untuk memperhitungkan optimasi maka fungsi tujuan yang ingin tercapai adalah minimasi biaya distribusi dengan kendala jumlah kekurangan, ketersediaan, jarak serta biaya bahan bakar. Hasil biaya dari ketiga scenario tersebut dibandingkan biaya yang minimum sebagai rekomendasi distribusi beras yang optimum secara biaya serta mempertimbangkan ketahanan pangan Kabupaten Banjarnegara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Ketersediaan Beras di Kabupaten Banjarnegara

Beras merupakan bahan pokok utama dari komoditi sembilan bahan pokok. Bagi masyarakat Jawa Tengah khususnya Kabupaten Banjarnegara, beras merupakan komoditi pangan yang tidak ada barang substitusi sepenuhnya. Oleh karena itu konsumsi beras merupakan konsumsi utama untuk memenuhi kebutuhan makan sehari-hari, tanpa dapat tergantikan oleh komoditi lain. Adanya komoditi lain seperti jagung dan ketela belum dapat menyubstitusi beras. Demikian pula adanya barang olahan seperti roti yang berbahan gandum pun juga tidak menggantikan posisi beras sebagai makanan utama bagi masyarakat khususnya Kabupaten Banjarnegara.

Ketahanan Pangan di Kabupaten Banjarnegara sangat dipengaruhi oleh kondisi alam dan luas lahan panen yang ada di Kabupaten Banjarnegara. Ketika pada masa panen melimpah dan tidak ada musibah di sekitar maka ketahanan pangan mengalami surplus, akan tetapi jika musim paceklik, lalu pengurangan lahan panen, dan juga terjadi musibah seperti tanah longsor yang hampir setiap tahun menimpa Kabupaten Banjarnegara, maka produksi bahan pokok akan mengalami minus / defisit, sehingga butuh pasokan beras dari luar Kabupaten Banjarnegara.

Pada tabel 1 ini menjelaskan tentang perbandingan kebutuhan dengan ketersediaan beras pada tiap kecamatan di Kabupaten Banjarnegara.

Tabel 1. Perbandingan kebutuhan dengan ketersediaan beras dalam ton

Kecamatan	Kebutuhan beras (ton)	ketersediaan beras (ton)	Selisih kebutuhan dengan ketersediaan beras (ton)
Susukan	5.100,44	9.683,91	4.583,47
Purwareja klampok	3.927,32	6.993,40	3.066,08
Mandiraja	6.147,60	15.838,93	9.691,33
Purwanegara	6.430,54	12.372,25	5.941,71

Bawang	5.260,24	9.653,88	4.393,64
Banjarnegara	6.466,26	5.525,30	-940,96
Pagedongan	3.321,96	2.217,98	-1.103,98
Sigaluh	2.930,92	2.282,27	-648,65
Madukara	4.121,90	5.126,64	1.004,74
Banjarmangu	4.080,54	6.833,98	2.753,44
Wanadadi	2.756,08	6.580,60	3.824,52
Rakit	4.476,28	6.867,58	2.391,30
Punggelan	7.047,18	7.611,75	564,57
Karangkobar	2.856,66	3.595,55	738,89
Pagentan	3.419,72	3.725,76	306,04
Pejawaran	3.960,22	1.876,74	-2.083,48
Batur	3.677,28	1.173,60	-2.503,68
Wanayasa	4.445,26	2.599,23	-1.846,03
Kalibening	3.976,20	6.125,58	2.149,38
Pandanarum	1.911,96	4.065	2.153,04
Total	86.314,56	120.749,92	34.435,36

Sumber: (Dinas Pertanian Perikanan dan Ketahanan Pangan Banjarnegara, 2019)

Pada tabel 1 dijelaskan ada 14 kecamatan yang sudah surplus dalam ketersediaan beras, dan ada 6 kecamatan yang masih kurang dari ketersediaan beras yang dikarenakan dari banyak faktor berikut:

1. Jumlah penduduk tiap kecamatan yang berkaitan dengan tingkat konsumsi
2. Jumlah produksi beras tiap kecamatan
3. Jarak tempuh antara daerah pemasok beras dengan daerah yang dipasok
4. Jumlah lumbung padi yang tersedia pada tiap kecamatan.

Rekayasa Skenario Distribusi Beras

Distribusi beras di Kabupaten Banjarnegara didominasi oleh kecamatan Mandiraja. Selain sebagai penghasil padi terbanyak sesuai tabel 1 di atas, hal ini diperkuat juga oleh Badan Pusat Statistik Banjarnegara (2019) Mandiraja tercatat memiliki 26 lumbung padi dari total 60 unit se kabupaten. Namun, Kecamatan lain di Kabupaten Banjarnegara juga berpotensi menjadi supplier beras ke daerah yang defisit. Secara lebih rinci kebutuhan beras di kecamatan defisit dapat dilihat pada Tabel 2 dan surplus beras pada Tabel 3.

Tabel 2 Jumlah Beras yang diperlukan untuk pemenuhan konsumsi Tahun 2019

Kecamatan Defisit	Jumlah Kekurangan Beras (ton)	Batch Truck CCD
Sigaluh	649	130
Banjarnegara	941	189
Pagedongan	1.103	221
Wanayasa	1.846	370
Pejawaran	2.083	417
Batur	2.504	501
Total	9.126	1.828

Tabel 3 Kelebihan Beras di 6 Kecamatan Surplus terbesar di Kabupaten Banjarnegara Tahun 2019

Kecamatan Surplus	Jumlah Kelebihan Beras (ton)	Batch Truck CCD
Purwareja Klampok	3.066	614
Wanadadi	3.824	765

Bawang	4.393	879
Susukan	4.583	917
Purwanegara	5.942	1.189
Mandiraja	9.691	1.939
Total	31.499	6.303

Pada tabel 2 dan 3 diatas dapat diliha bahwa defisit dan surplus telah dikonversi menjadi batch truck CCD yakni berkapasitas 5 ton beras sekali angkut. Selain itu, diketahui pula terjadi kelebihan kapasitas, dimana jumlah kelebihan di kecamatan surplus (*supply*) adalah 31.499 ton sedangkan kekeurangan di kecamatan (*demand*) hanya sebesar 9.126 ton. Dengan kondisi tersebut maka dapat disimpulkan terjadi kelebihan 22.373 tonatau 4.475 Truck CCD yang dianggap didistribusikan keluar daerah Kabupaten Banjarnegra. Dengan demikian, selisih ini dapat ditambahkan sebagai variabel *dummy* pada kolom dengan biaya transportasi dianggap nol.

Selain data kebutuhan dan ketersediaan, juga diperlukan data jarak dari kecamatan surplus kecamatan defisit seperti pada Tabel 4 berikut. Jarak ini diperlukan untuk menghitung biaya bahan bakar yang dibutuhkan untuk mendistribusikan beras.

Tabel 4 Jarak dari Kecamatan surplus ke Kecamatan Defisit (Km)

dari \ ke	Sigaluh	Banjarnegara	Pagedongan	Wanayasa	Pejawaran	Batur	Dummy
Purwareja Klampok	53.8	13.4	36.5	62.8	63.3	76.2	0
Wanadadi	25.7	18.2	17	33	37.4	46.2	0
Bawang	26.1	13.7	10.6	52.7	53.2	57.4	0
Susukan	59.8	22.3	42.6	76.6	80.9	79.3	0
Purwanegara	46	8.7	23.8	55.8	56.2	65.4	0
Mandiraja	45.7	16	31.7	59.8	60.2	70.1	0

Dari Tabel 2, 3 dan 4 selaku fungsi kendala maka dapat dibuat tabel matriks distribusi pada Tabel 5 berikut untuk menghitung biaya bahan bahan bakar untuk masing-masing scenario distribusi.

Tabel 5 Formulasi Matriks Distribusi

	Sigaluh (A)	Banjarnegara (B)	Pagedongan (C)	Wanayasa (D)	Pejawaran (E)	Batur (F)	Dummy (G)	Supply
Purwareja Klampok (U)	53,8 X_{UA}	13,4 X_{UB}	36,5 X_{UC}	62,8 X_{UD}	63,3 X_{UE}	76,2 X_{UF}	0 X_{UG}	614
Wanadadi (V)	25,7 X_{VA}	18,2 X_{VB}	17 X_{VC}	33 X_{VD}	37,4 X_{VE}	46,2 X_{VF}	0 X_{VG}	765
Bawang (W)	26,1 X_{WA}	13,7 X_{WB}	10,6 X_{WC}	52,7 X_{WD}	53,2 X_{WE}	57,4 X_{WF}	0 X_{WG}	879
Susukan (Y)	59,8 X_{YA}	22,3 X_{YB}	42,6 X_{YC}	76,6 X_{YD}	80,9 X_{YE}	79,3 X_{YF}	0 X_{YG}	917
Purwa-negara (X)	46 X_{XA}	8,7 X_{XB}	23 X_{XC}	55,8 X_{XD}	56,2 X_{XE}	65,4 X_{XF}	0 X_{XG}	1189
Mandiraja (Z)	45,7 X_{ZA}	16 X_{ZB}	31,7 X_{ZC}	59,8 X_{ZD}	60,2 X_{ZE}	70,1 X_{ZF}	0 X_{ZG}	1939
<i>Demand</i>	130	189	221	370	417	501	4475	6303

Adapun fungsi tujuan dalam kasus distribusi beras dalam penelitian ini adalah sebagi berikut:
Minimumkan $Z = 30000 * (53,8X_{UA} + 13,4X_{UB} + 36,5X_{UC} + 62,8X_{UD} + 63,3X_{UE} + 76,2X_{UF} + 0X_{UG} + 25,7X_{VA} + 18,2X_{VB} + 17X_{VC} + 33X_{VD} + 37,4X_{VE} + 46,2X_{VF} + 0X_{VG} + 6,1X_{WA} + 13,7X_{WB} + 10,6X_{WC} + 52,7X_{WD} + 53,2X_{WE} + 57,4X_{WF} + 0X_{WG} + 59,8X_{XA} + 22,3X_{XB} + 42,6X_{XC} + 76,6X_{XD} + 80,9X_{XE} + 79,3X_{XF} + 0X_{XG} + 46X_{YA} + 8,7X_{YB} + 23X_{YC} +$

$$55,8X_{YD}+56,2X_{YE}+ 5,4X_{YF}+ 0X_{YG}+45,7X_{ZA}+ 16X_{ZB} + 31,7X_{ZC}+ 59,8X_{ZD}+ 60,2X_{ZE}+ 70,1X_{ZF}+ 0X_{ZG}) \quad (1)$$

Skenario 1: Kondisi Saat Ini

Saat ini keenam kecamatan yang defisit di Kabupaten Banjarnegara dipenuhi kebutuhan berasnya dari kecamatan satu kecamatan yakni Mandireja. Kondisi ini telah terjadi sejak beberapa tahun lalu seperti pada Gambar 1 di atas. Kondisi ini selanjutnya diperinci dalam matriks distribusi pada tabel 6 berikut.

Tabel 6 Matriks Distribusi Skenario 1

	Sigaluh (A)	Banjarnegara (B)	Pagedongan (C)	Wanayasa (D)	Pejawaran (E)	Batur (F)	Dummy (G)	Supply
Purwareja Klampok (U)	53,8	13,4	36,5	62,8	63,3	76,2	0	614
	-	-	-	-	-	-	614	
Wanadadi (V)	25,7	18,2	17	33	37,4	46,2	0	765
	-	-	-	-	-	-	765	
Bawang (W)	26,1	13,7	10,6	52,7	53,2	57,4	0	879
	-	-	-	-	-	-	879	
Susukan (Y)	59,8	22,3	42,6	76,6	80,9	79,3	0	917
	-	-	-	-	-	-	917	
Purwa-negara (X)	46	8,7	23	55,8	56,2	65,4	0	1189
	-	-	-	-	-	-	1189	
Mandiraja (Z)	45,7	16	31,7	59,8	60,2	70,1	0	1939
	130	189	221	370	417	501	111	
Demand	130	189	221	370	417	501	4475	6303

Pada Tabel 5 tersebut, selain diketahui bahwa Mandiraja sebagai pemasok tunggal ke kecamatan defisit (A, B, C, D, E dan F) juga memasok 111 truck beras ke daerah lain diluar Kabupaten Banjarnegara (*dummy/G*). Selanjutnya adalah dilakukan perhitungan biaya bahan bakar dengan persamaan 1 diatas yang hasilnya diperoleh sebesar Rp 294.960.600,-

Skenario 2: Distribusi dengan Metode North West Corner

Tabel 7 Matriks Distribusi Skenario Distribusi dengan Metode North West Corner

	Sigaluh (A)	Banjarnegara (B)	Pagedongan (C)	Wanayasa (D)	Pejawaran (E)	Batur (F)	Dummy (G)	Supply
Purwareja Klampok (U)	53,8	13,4	36,5	62,8	63,3	76,2	0	614
	130	189	221	74	-	-	0	
Wanadadi (V)	25,7	18,2	17	33	37,4	46,2	0	765
	-	-	-	296	417	52	0	
Bawang (W)	26,1	13,7	10,6	52,7	53,2	57,4	0	879
	-	-	-	-	-	447	437	
Susukan (Y)	59,8	22,3	42,6	76,6	80,9	79,3	0	917
	-	-	-	-	-	-	917	
Purwa-negara (X)	46	8,7	23	55,8	56,2	65,4	0	1189
	-	-	-	-	-	-	1189	
Mandiraja (Z)	45,7	16	31,7	59,8	60,2	70,1	0	1939
	-	-	-	-	-	-	1939	
Demand	130	189	221	370	417	501	4475	6303

North west corner ini merupakan metode awal dalam transportasi untuk menghasilkan solusi awal yang fisible (Haizer & Render, 2009). Dari tabel 7 diketahui bahwa dengan scenario

kedua ini pemasok tidak hanya dari 1 kecamatan saja, tetapi terdapat 3 kecamatan sebagai supplier. Kecamatan Purwareja Klampok (U) memasok 130 truck ke Sigaluh (A), 189 Truck ke banjarmangu (B), 221 Truck ke Pedagongan (C), dan 74 Truck ke Wanayasa (D). Kekurangan pasokan untuk wanayasa (D) sebesar 296 Truck dipasok oleh Wanadadi (V). Selain itu Wanadadi (V) juga memasok 296 Truck wanayasa (D), 417 Truck Ke Pejawaran (E), dan 52 Truck ke Batur (F). Kekurangan pasokan untuk Batur (D) sebesar 447 Truck dipasok oleh Kecamatan Bawangi (W). Dengan scenario awal saja seperti ini biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar lebih hemat dibandingkan scenario kondisi aktual yakni sebesar Rp 225.992.900,-.

Skenario 3: Distribusi dengan VAM (*Vogel's Approximation Method*)

Skenario ketiga ini disusun dengan VAM (*Vogel's Approximation Method*) yang mengoptimasi fungsi tujuan. Metode ini menitikberatkan pada selisih biaya bahan bakar dari setiap baris (pemasok ke berbagai kecamatan defisit) dan kolom (Kecamatan defisit dari berbagai kecamatan pemasok). Matriks yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini. *Tabel 8* Matriks Distribusi Skenario Distribusi dengan Metode VAM (*Vogel's Approximation Method*)

	Sigaluh (A)	Banjarnegara (B)	Pagedongan (C)	Wanayasa (D)	Pejawaran (E)	Batur (F)	Dummy (G)	Supply
Purwareja Klampok (U)	53,8	13,4	36,5	62,8	63,3	76,2	0	614
	-	189	-	-	-	-	425	
Wanadadi (V)	25,7	18,2	17	33	37,4	46,2	0	765
	-	-	-	370	396	-	0	
Bawang (W)	26,1	13,7	10,6	52,7	53,2	57,4	0	879
	-	-	-	-	-	501	437	
Susukan (Y)	59,8	22,3	42,6	76,6	80,9	79,3	0	917
	130	-	-	-	-	-	787	
Purwa-negara (X)	46	8,7	23	55,8	56,2	65,4	0	1189
	-	-	221	-	-	-	968	
Mandiraja (Z)	45,7	16	31,7	59,8	60,2	70,1	0	1939
	-	-	-	-	-	21	1918	
Demand	130	189	221	370	417	501	4475	6303

Dengan scenario 3, Kecamatan Sigaluh (A) dipasok dari Susukan (Y) sebesar 130 Truck, Kebutuhan Banjarmagu (B) sebesar 189 Truck dipasok dari Purwareja Klampok (U), Kecamatan Pagedongan (C) dipasok sebanyak 221 Truck dari kecamatan Purwanegara (X), Kecamatan Wanayasa (D) sebesar 370 truck dan Pejawaran (E) 396 truck dipasok dari kecamatan Wanadadi (V), sedangkan Kecamatan Batur dipasok dari 2 kecamatan yakni Kecamatan Bawang sebanyak 501 truck dan sisanya 21 truck dari Kecamatan Mandiraja (Z). Biaya bahan bakar dengan scenario ini sebesar Rp 217.294.800,-.

Kemudian ketiga scenario tersebut dibandingkan biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk distribusi beras. Dari Tabel 9 yang menunjukkan perbandingan tersebut diketahui bahwa scenario 3 yang dapat menghasilkan biaya paling rendah.

Tabel 9. Perbandingan biaya

Skenario	Biaya Bahan Bakar
Kondisi saat ini	294.960.600
Solusi awal dengan <i>North West Corner</i>	225.992.900
Distribusi dengan VAM	217.294.800

Dengan perbedaan yang sangat jauh yakni sebesar Rp 77.665.800 , direkomendasikan sebaiknya tidak hanya mengandalkan Kecamatan Mandiraja sebagai pemasok ke seluruh

Kecamatan yang ada di Kabupaten Banjarnegara, tetapi lebih menekankan pada kedekatan jarak antara kecamatan yang defisit dengan yang surplus. Selain itu, ketidaktergantungan pada satu atau dua kecamatan tertentu dapat memperkuat ketahanan pangan Kabupaten Banjarnegara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode transportasi, distribusi beras yang efektif di Kabupaten Banjarnegara adalah scenario 3 dimana Kecamatan Sigaluh dipasok seluruhnya dari Susukan, Kebutuhan Banjarnegara dipasok dari Purwareja Klampok, Kecamatan Pagedongan dipasok Kecamatan Purwanegara, Kecamatan Wanayasa dan Pejawaran dipasok dari kecamatan Wanadadi, sedangkan Kecamatan Batur dipasok dari 2 kecamatan yakni Kecamatan Bawang sebanyak 501 truck dan sisanya 21 truck dari Kecamatan Mandiraja. Skenario ini menghasilkan biaya minimal yakni Rp 217.294.800,-.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dinas Pertanian, Perikanan dan Ketahanan Pangan Kabupaten Banjarnegara atas kesediannya untuk bekerjasama dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhyani, I. W., & Singgih, M. L. (2017). Pengukuran Kualitas Layanan dengan Higher Education Performance (Hedperf) dan Higher Education Service Quality (Hiedqual). *Teknika : Engineering and Sains Journal*, 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1115987>
- Astawan, M., & Wresdiyati, T. (2004). *Diet Sehat dengan Makanan Berserat*. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Azizah, N. L., & Mohammand, S. (2018). Aplikasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Beras Sejahtera Pada Perum Bulog Sub-Divre Sidoarjo. *Soulmath*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.25139/sm.v6i1.781>
- Badan Pusat Statistik Banjarnegara. (2019). *Kabupaten Banjarnegara Dalam Angka 2019 Cetakan II*. Banjarnegara.
- Dinas Ketahanan Pangan Banjarnegara. (2018). *Laporan Pemetaan Rantai Distribusi Kabupaten Banjarnegara*. Banjarnegara.
- Dinas Pertanian Perikanan dan Ketahanan Pangan Banjarnegara. (2019). *Laporan Pemetaan Rantai Distribusi Kabupaten Banjarnegara*. Banjarnegara.
- Haizer, J., & Render, B. (2009). *Operation Management* (9th ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Hutagaol, Y. P. S. (2018). Minimasi Biaya Transportasi Beras Miskin (Raskin) dengan Menggunakan Metode Peugasan pada Perum Bulog Kilang Jampalan. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, 5(1), 51–58. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-2099>
- Putri, I. M., Widada, B., & Rimawati, E. (2018). *ISSN (Print) : 1693-1173 ISSN (Online) : 2548-4028*. 16(1), 39–50.
- Simbolon, L. D., Situmorang, M., & Napitupulu, N. (2014). Aplikasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Beras Miskin (Raskin) Pada Perum Bulog Sub Divre Medan. *Saintia Matematika*, 2(3), 299–311.
- Suryana, A. (2014). Menuju Ketahanan Pangan Indonesia Berkelanjutan 2025: Tantangan dan Penanganannya. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 32(2), 123. <https://doi.org/10.21082/fae.v32n2.2014.123-135>
- Taha, H. . (2008). *Riset Operasi Suatu Pengantar* (2nd ed.). Jakarta: Binarupa Aksara.

Uji Homogenitas Benih Jagung Berdasarkan *Germination Test* di PT Syngenta Seed Indonesia, Pasuruan, Jawa Timur

Ririe Jasmine Fadilla¹, Musthofa Lutfi¹, Yusuf Hendrawan¹

¹Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

*Korespondensi, Email: ririejasmine@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Proses pengujian standar mutu benih merupakan kegiatan yang penting untuk menentukan kualitas benih jagung hibrida. Di PT. Syngenta Seed Indonesia proses pengujian mutu benih dilakukan pada setiap proses produksi yaitu setelah *shelling*, *conditioning*, dan *treating*. Benih yang berkualitas merupakan benih yang memiliki standar mutu baik secara fisik, fisiologis dan genetik. Uji Homogenitas merupakan suatu pengujian pada benih untuk memastikan benih dalam 1 lot seragam. Salah satu uji homogenitas adalah *Germination Test*, yaitu salah satu pengujian benih yang dilakukan untuk menentukan potensi maksimal perkecambahan benih dalam kondisi optimal sehingga dapat digunakan untuk menduga mutu benih sebagai bahan tanam. Pada *germination test* dengan mengacu pada standar Internasional diperoleh H hitung sebesar $2,6 \geq H$ tabel sebesar 1,80 dan R hitung sebesar $2 \leq R$ tabel sebesar 5. Hasil dari perhitungan *germination test* menunjukkan bahwa benih tidak heterogen atau homogen.

Kata kunci: Jagung, Homogenitas, *Germination Test*

Corn seed homogeneity testing based on germination in PT Sungenta Seed Indonesia, Pasuruan, East Java

ABSTRACT

The test process of seed quality standards is an important activity to determine the quality of hybrid corn seeds. At PT. Syngenta Seed Indonesia, the quality of seed testing is carried out on every production process after *shelling*, *conditioning*, and *treating*. The seed quality is a seed that has a quality standard both physically, physiological and genetic. Homogeneity tes is a test of the seed to ensure the seeds in 1 uniform lot. One test of homogeneity is *Germination Test*, which is one of the seed tests conducted to determine the maximum potential of seed inefficiency in optimum condition so that it can be used to suspect seed quality as planting material. In the *germination test* with reference to the international standard obtained H count of $2.6 \geq H$ table of 1.80 and R count of $2 \leq R$ table by 5. The results of the *germination test* count show that the seeds are not heterogeneous or homogeneous.

Key words: Corn, Homogeneity, *Germination Test*

PENDAHULUAN

Tanaman jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan yang banyak dibudidayakan di Indonesia dimanfaatkan sebagai bahan pangan karena termasuk dalam tanaman dengan sumber karbohidrat kedua setelah beras (Habib, 2013). Jagung banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia dan kebutuhan pakan ternak. Peningkatan kualitas jagung bisa dilakukan dengan penggunaan benih jagung hibrida. Benih merupakan biji tanaman yang digunakan untuk mengembangkan usaha tani (Rahmianna *et al.*, 2015). Untuk mendapatkan jagung dengan kualitas unggul maka diperlukan juga penanaman

benih dengan kualitas unggul. Penggunaan benih dengan kualitas unggul penting dalam meningkatkan produksi.

Proses pengujian mutu benih merupakan kegiatan yang penting untuk menentukan kualitas benih jagung hibrida. PT Syngenta Seed Indonesia merupakan salah satu perusahaan unggul yang berperan penting dalam penyediaan benih unggul di Indonesia. Di PT. Syngenta Seed Indonesia proses pengujian mutu benih dilakukan pada setiap proses produksi yaitu setelah *shelling*, *conditioning*, dan *treating*. Kualitas benih perlu diperhatikan karena menentukan hasil akhir dari produksi. Oleh karena itu proses pengujian mutu benih dilakukan untuk mengetahui kemurnian fisik, daya berkecambah dan mutu dari suatu kelompok benih. Dalam pengujian daya berkecambah perlu dilakukan uji homogenitas untuk mengetahui apakah benih jagung hibrida di PT. Syngenta Seed Indonesia sudah homogen sesuai standar.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada pelaksanaan pengujian germinasi yaitu kertas CD, air, *seed dropping* 100 lubang, kantong plastik dan meja kerja. Bahan yang digunakan yaitu benih jagung hibrida varietas NK7202 sebanyak 400 kernel untuk 4 kali pengulangan yang sudah disiapkan di PT Syngenta Seed Indonesia.

Metode Penelitian

Kegiatan pengujian homogenitas benih jagung ini dilaksanakan dengan melakukan pengamatan lapang, wawancara, pengumpulan dan pencatatan data serta studi pustaka. Dengan rincian metode kegiatan sebagai berikut:

1. Pengamatan lapang

Pengamatan lapang dilakukan langsung di lapangan dengan mengamati dan melakukan proses kegiatan yang berhubungan dengan pengolahan benih jagung

2. Wawancara dan pengumpulan data

Wawancara dan pengumpulan data dilaksanakan untuk mendapatkan informasi yang berhubungan dengan kegiatan praktek kerja lapang dan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk pengujian germinasi dan homogenitas benih jagung.

3. Studi pustaka

Studi pustaka dilaksanakan untuk mengetahui informasi dan referensi teori tentang pengujian germinasi dan homogenitas benih jagung.

Perhitungan homogenitas benih jagung

1. Perhitungan nilai H hitung

Menurut ISTA (2020), jika nilai H hitung $\leq$ H tabel maka lot benih tersebut menunjukkan non heterogenitas.

Nilai H hitung dapat dihitung menggunakan rumus:

$$H = \frac{V}{W} - f \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

V = Varians yang diamati dari sampel kontainer independen berdasarkan semua nilai X sehubungan dengan atribut yang diadopsi

W = Varians yang dapat diterima dari sampel wadah independen berkenaan dengan persentase perkecambahan

F = faktor untuk mengalikan varian teoretis untuk mendapatkan varian yang dapat diterima

2. Perhitungan nilai V

Menurut ISTA (2020), nilai V atau varians yang diamati dari sampel kontainer independen berdasarkan semua nilai X dapat dihitung menggunakan rumus:

$$V = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

V = Varians yang diamati dari sampel kontainer independen berdasarkan semua nilai X sehubungan dengan atribut yang diadopsi

N = jumlah kontainer-sampel independen

X = hasil uji atribut yang diadopsi dalam sampel wadah (nilai daya kecambah)

3. Perhitungan nilai W

Menurut ISTA (2020), rumus perhitungan varians yang dapat diterima dari sampel wadah independen berkenaan dengan persentase perkecambahan yaitu:

$$W = \frac{\bar{X}(100-\bar{X})}{n} f \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

W = varians yang dapat diterima dari sampel wadah independen berkenaan dengan persentase perkecambahan

n = jumlah biji yang diuji dari masing-masing wadah-sampel (100 untuk perkecambahan)

$\bar{X}$ = rata-rata dari nilai presentase perkecambahan yang sudah diperoleh

4. Perhitungan R hitung

Menurut ISTA (2020), $R \text{ hitung} \leq R \text{ tabel}/\text{max}$ maka lot benih tersebut menunjukkan non heterogenitas.

Nilai R hitung dapat dihitung menggunakan rumus:

$$R \text{ hitung} = X_{\text{max}} - X_{\text{min}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

Xmax = nilai germinasi tertinggi

Xmin = nilai germinasi terendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Germinasi

Langkah pertama yang dilakukan yaitu persiapan APD meliputi sarung tangan dan masker. Kemudian menyiapkan kertas CD dan dibasahi dengan air hingga lembap. Untuk benih induk tanpa perlakuan, diberikan larutan thiram untuk mencegah pertumbuhan jamur. Selanjutnya benih yang akan diuji diletakkan pada kertas CD menggunakan *seed dropping* 100 lubang, dengan 3 lembar kertas di bagian bawah benih dan 1 lembar kertas di bagian atas benih untuk menutupi benih. Kertas yang sudah terisi benih, kemudian digulung dan dimasukkan ke dalam kantung plastik. Setiap kantung plastik berisi 4 gulungan kertas. Kantung plastik selanjutnya diletakkan dalam ruang hangat (*warm room*) selama kurang lebih 5 hari, dengan menggunakan suhu ruang yaitu 25°C. Setelah 5 hari, kantung plastik diambil dan diamati untuk dihitung jumlah benih normal dan abnormal untuk menentukan daya kecambahnya. Perhitungan untuk menentukan homogen atau heterogen pada benih berdasarkan data dari daya kecambah. Selanjutnya dibandingkan nilai H dan R yang didapat dari hasil perhitungan dengan nilai H tabel dan R tabel menurut ISTA.

3.2 Pengambilan Data Pengujian Germinasi

Pengujian germinasi atau daya kecambah dilakukan di laboratorium tepatnya pada ruang basah (*wet room*). Pada uji germinasi digunakan benih jagung sebanyak 400 butir kernel jagung untuk 4 kali pengulangan. Uji germinasi dilakukan dengan menumbuhkan benih dalam 1 lot, umumnya 1 lot terdiri dari 8 jumbo bag. Pengujian ini menggunakan media kertas CD dan ditumbuhkan selama 5-7 hari hingga keluar akar dan coleophyl benih. Data hasil pengujian germinasi benih jagung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Data pengujian germinasi benih jagung variasi NK702

No. JB	Normal First Count	Normal Final Count	Fresh & Ungerminated Seed	Hard Seeds	Dead Seeds	Abnormal	Abnormal type	% Germination
1	0	99	0	0	0	1	Split	99
2	0	99	0	0	1	0	-	99
3	0	98	0	0	0	2	Split Lossing Coleophyl	98
4	0	99	0	0	0	1	Missing	99
5	0	98	0	0	1	1	Seeding Unbalance	98
6	0	98	0	0	2	0	-	98
7	0	98	0	0	1	1	Seeding Unbalance	98
8	0	100	0	0	0	0	-	100
Rata-rata	0	98,625	0	0	0,625	0,75	-	98,625

Pada pengujian germinasi jagung diperoleh 8 contoh benih. Dari data yang dikumpulkan kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui keseragaman benih jagung. Setiap contoh benih yang diuji berupa 100 butir kernel dan dilakukan uji daya kecambah sesuai dengan parameter yang ditentukan. Sehingga diperoleh nilai *germination test* (X) pada jumbo bag 1 mempunyai nilai *germination test* 99%; jumbo bag 2 mempunyai nilai *germination test* 99%; jumbo bag 3 mempunyai nilai *germination test* 98%; jumbo bag 4 mempunyai nilai *germination test* 99%; jumbo bag 5 mempunyai nilai *germination test* 98%; jumbo bag 6 mempunyai nilai *germination test* 98%; jumbo bag 7 mempunyai nilai *germination test* 98% dan jumbo bag 8 mempunyai nilai *germination test* 100%. Sehingga berdasarkan daya berkecambah diperoleh hasil rata-rata nilai *germination test* yaitu sebesar 98,625%.

Perbedaan nilai *germination test* pada setiap contoh benih dipengaruhi oleh beberapa parameter benih (ISTA, 2020) antara lain, (1) *normal seeds* yaitu kecambah yang pertumbuhannya sempurna ketika ditumbuhkan pada kondisi optimum; (2) *fresh & ungerminated seeds* yaitu jenis benih yang masih segar namun gagal untuk berkecambah; (3) *hard seeds* yaitu benih yang masih keras hingga akhir pengujian; (4) *dead seeds* yaitu benih mati pada akhir pengujian dan (5) *abnormal* yaitu benih yang tidak menunjukkan perkecambahan normal pada kondisi optimum.

3.3 Analisa Data Uji Homogenitas

Pengujian germinasi didasarkan pada perbandingan nilai ragam yang diamati dengan nilai ragam yang diterima (nilai H), serta perbandingan perbedaan maksimal antar contoh yang diamati dengan nilai perbedaan yang diterima (nilai R). jika nilai H hitung $\leq$ H tabel maka lot benih tersebut menunjukkan non heterogenitas dan jika R hitung $\leq$ R tabel/max maka lot benih tersebut menunjukkan non heterogenitas atau disimpulkan lot benih tersebut homogen, jika

salah satu nilai H atau R menunjukkan heterogen, maka lot benih tersebut disimpulkan heterogen. Data hasil perhitungan uji homogenitas disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2.

Data perhitungan uji homogenitas benih jagung varian NK7202

No JB	Germination (X)	X ²	$\bar{X}$	(ΣX) ²	N(ΣX^2)	N(N-1)	V	W	H
1	99	9801							
2	99	9801							
3	98	9604							
4	99	9801							
5	98	9604							
6	98	9604							
7	98	9604							
8	100	10000							
Σ	789	77819	98,625	622521	622522	56	0,55357	0,14917	-0,73

Berdasarkan data hasil perhitungan uji homogenitas berdasarkan nilai germinasi benih, diperoleh nilai H hitung sesuai persamaan (1) yaitu sebesar -0,73. Dengan mengacu pada standar ISTA, nilai f untuk perhitungan H hitung dapat dibedakan menjadi dua yaitu chaffy seeds dan non chaffy seeds. Chaffy seeds merupakan benih lengket, contoh padi dan tomat. Non chaffy seeds merupakan benih tidak lengket, contoh jagung, cabai dan semangka. Sehingga nilai f pada perhitungan nilai H hitung digunakan non chaffy seeds yaitu 1,1. Kemudian untuk mencari nilai H tabel, dapat dilihat referensi ISTA (2020) pada gambar 1. Cara menentukan H tabel dengan melihat contoh sampel yang disesuaikan dengan jumlah contoh sampel yang diuji yaitu 8 sehingga diperoleh nilai H tabel sebesar 1,80. Selanjutnya dengan membandingkan nilai H hitung dengan H tabel diperoleh nilai H yang heterogen karena $-0,73 \leq 1,80$ dimana jika nilai H hitung $\leq$ H tabel maka lot benih tersebut menunjukkan non heterogenitas atau homogen.

Table 2F. Sampling intensity and critical H values. Number of independent container samples to be drawn as depending on the number of containers in the lot and critical H values for seed lot heterogeneity at a significance level of 1 % probability

Number of containers in the lot	Number of inde- pendent container samples	Critical H value for purity and germination attributes		Critical H value for other seed count attributes	
		non-chaffy seeds	chaffy seeds	non-chaffy seeds	chaffy seeds
5	5	2.55	2.78	3.25	5.10
6	6	2.22	2.42	2.83	4.44
7	7	1.98	2.17	2.52	3.98
8	8	1.80	1.97	2.30	3.61
9	9	1.66	1.81	2.11	3.32
10	10	1.55	1.69	1.97	3.10
11-15	11	1.45	1.58	1.85	2.90
16-25	15	1.19	1.31	1.51	2.40
26-35	17	1.10	1.20	1.40	2.20
36-49	18	1.07	1.16	1.36	2.13
50 or more	20	0.99	1.09	1.26	2.00

Gambar 1. Tabel untuk menentukan H tabel.

Pada data perhitungan uji homogenitas diperoleh hasil nilai germinasi tertinggi 100 dan nilai germinasi terendah 98. Sehingga diperoleh hasil R hitung sebesar 2. Kemudian untuk mencari nilai R tabel, dapat dilihat referensi ISTA (2020) pada gambar 2. Nilai R tabel

ditentukan dengan melihat rata-rata R pada tabel dan jumlah contoh sampel yang diuji, sehingga diperoleh nilai R tabel sebesar 5. Selanjutnya dengan membandingkan hasil dari R hitung dengan R tabel diperoleh bahwa nilai R yang homogen karena $2 \leq 5$ dimana jika nilai R hitung $\leq$ R tabel maka lot benih tersebut menunjukkan non heterogenitas atau homogen.

International Rules for Seed Testing

Table 2H Part 1. Maximum tolerated ranges for the R value test at a significance level of 1 % probability using components of germination tests as the indicating attribute in non-chaffy seeds

Average % of the component and its complement		Tolerated range for number of Independent samples (N)		
		5-9	10-19	20
99	1	5	6	6
98	2	7	8	9
97	3	9	10	11
96	4	10	11	12
95	5	11	12	13
94	6	12	13	15
93	7	13	14	16
92	8	14	15	17
91	9	14	16	17
90	10	15	17	18
89	11	16	17	19
88	12	16	18	20
87	13	17	19	20
86	14	17	19	21
85	15	18	20	22
84	16	18	20	22
83	17	19	21	23
82	18	19	21	23
81	19	19	22	24
80	20	20	22	24

Gambar 2. Tabel untuk menentukan nilai R tabel.

Menurut Lesilolo et al (2018), menyatakan bahwa benih menjadi hal yang harus ditangani secara sungguh- sungguh agar dapat tersedia dengan kualitas yang baik serta mudah didapatkan oleh petani, karena benih menjadi faktor utama dalam menentukan keberhasilan usaha tani. Keberhasilan peningkatan produksi jagung dapat diperoleh dengan cara menggunakan benih jagung dari varietas yang unggul. Berdasarkan hasil analisa nilai H hitung dan R hitung maka dapat disimpulkan bahwa benih yang diuji dengan germination test tersebut homogen.

KESIMPULAN

Jenis-jenis parameter benih jagung pada pengujian germinasi yaitu normal seed (benih yang pertumbuhannya sempurna pada kondisi optimum), fresh and ungerminated seed (benih yang masih segar tapi gagal berkecambah), hard seed (benih yang masih keras pada akhir pengujian), dead seed (benih yang mati pada akhir pengujian) dan abnormal seed (benih yang berkecambah dengan tidak normal pada kondisi optimum). Hasil pengujian germinasi pada benih jagung yaitu homogen. Benih jagung telah memenuhi standar Internasional yaitu nilai H sebesar - 0,73 dimana tidak melebihi standar Internasional yaitu 1,80 dan nilai R sebesar 2 dimana tidak melebihi standar Internasional sebesar 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Habib, A. 2013. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi jagung. *Agrium*, 18(1), 79-87.
- International Seed Testing Association ISTA. 2020. *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf, Switzerland.

- Lesilolo, M.K., Patty, J. dan Tetty, N. Penggunaan desikan abu dan lama simpan terhadap kualitas benih jagung (*Zea mays* L.) pada penyimpanan ruang terbuka. *Agrologia*, 1(1), 51-59.
- Rahmianna, A.A., Purnomo, J. dan Harnowo, D. 2015. Pemanfaatan biji keriput kacang tanah sebagai benih. *Iptek Tanaman Pangan*, 10(2), 57-68.

Studi Analisis Pengaruh Tekanan Dan Komposisi Bahan Terhadap Kualitas Briket Arang Dari Tempurung Kemiri dan Tempurung Keluak

David Khoirul Mustofa^{1*}, Yusuf Wibisono¹, Musthofa Lutfi¹

¹Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya

¹Jl Veteran, Malang 65145

*Korespondensi, Email: davidkhorul1@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia, salah satu energi yang umum digunakan adalah energi fosil. Penggunaan energi fosil yang terus – menerus akan mengakibatkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif yang dapat menggantikan energi fosil, salah satunya yaitu biomassa. Tempurung kemiri dan tempurung keluak merupakan biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan briket arang. Tempurung kemiri dan keluak memiliki potensi untuk diolah menjadi briket, karena mempunyai nilai kalor sebesar 3.319,7 kal/gr sedangkan tempurung keluak memiliki nilai kalor sebesar 4.644,3 kal/gr. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancang Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor dan dilakukan tiga kali pengulangan. Faktor yang dipilih pada penelitian ini yaitu tekanan pengepresan dan komposisi bahan. Hasil penelitian dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan variasi tekanan dan komposisi bahan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai densitas, laju pembakaran dan kadar abu. Perlakuan terbaik untuk densitas yaitu pada tekanan 40 kg/cm² dan komposisi bahan (KL 90:KM 0) dengan nilai sebesar 0,81106 gram/cm³, perlakuan terbaik untuk kadar air yaitu pada tekanan 25 kg/cm² dan komposisi bahan (KL 0:KM 90) dengan nilai sebesar 4,93%. Perlakuan terbaik untuk kadar abu yaitu pada tekanan 40 kg/cm² dan komposisi bahan (KL 60:30 KM) dengan nilai sebesar 7%. Perlakuan terbaik untuk laju pembakaran yaitu pada tekanan 40 kg/cm² dan komposisi bahan (KL 0:KM 90) dengan nilai sebesar 0,27773 gram/menit. Perlakuan terbaik untuk nilai kalor yaitu pada tekanan 25 kg/cm² dan komposisi bahan (KL 0:KM 90) dengan nilai sebesar 1810,4 kal/gram.

Kata Kunci: Biomassa, Briket, Tempurung Keluak, Tempurung Kemiri

Study Analysis the Effects of Pressure and Materials Composition on the Quality of Charcoal Briquettes from Candlenut and Keluak Shells

ABSTRACT

Energy demand is increasing along with the increasing number of human population, one of the energy commonly used is fossil energy. The continued use of fossil energy will lead to depleting petroleum reserves. Therefore, alternative energy is needed that can replace fossil energy, one of which is biomass. Candlenut shell and Keluak shell are biomass that can be used as material for making charcoal briquettes. Candlenut shell and Keluak shell have potential to be processed into briquettes because they have a calorific value 3,319.7 cal/gram while the shell shell has a heating value 4,644.3 cal/gram.

The research method used was a Factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors and three replications were performed. The factors chosen in this research are pressing pressure and material composition. The results of the study were analyzed using ANOVA. The results showed variations in pressure and composition of the material had a very significant influence on the density, combustion rate and ash content. The best treatment for density is at a pressure of 40 kg/cm² and material composition (KL 90: KM 0) value was 0.81106 gram/cm, the best treatment for water content at pressure of 25 kg/cm² and material composition (KL 0: KM 90) value was 4.93%. The best treatment for ash content at pressure of 40 kg/cm² and material composition (KL 60:30 KM) value was 7%. The best treatment for the

combustion rate is at a pressure of 40 kg/cm² and the composition of the material (KL 0: KM 90) value was 0.27773 gram/minute. The best treatment for the calorific value at pressure of 25 kg/cm² and the composition of the material (KL 0: KM 90) value was 1810.4 cal/gram.

Keywords : Biomass, Briquettes, Candlenut Shell, Keluak Shell

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia dan peningkatan perekonomian masyarakat. Pada umumnya energi yang digunakan di Indonesia merupakan energi fosil yang berasal dari dalam perut bumi. Penggunaan energi fosil yang dilakukan secara terus – menerus, akan mengakibatkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Hal tersebut yang mendorong pemerintah Indonesia menerbitkan peraturan presiden nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM (Haryadi, 2009). Oleh karena itu, perlu dilakukan eksplorasi dan eksploitasi terhadap sumber energi alternatif yang tersedia. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah energi biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan (Arhamsyah, 2010). Contoh dari biomassa antara lain yaitu tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian dan limbah hutan. Salah satu biomassa yang banyak terdapat di Indonesia adalah limbah pertanian, contohnya yaitu kulit kemiri dan tempurung keluak (kulit buah kepayang). Limbah pertanian tersebut dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi bahan bakar padat buatan. Briket bioarang merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan sebagian dari penggunaan minyak tanah.

Tumbuhan kepayang atau sering disebut keluak (*Pangium edule Reinw*) adalah tumbuhan liar yang tumbuh di Melanesia dan Asia Tenggara, termasuk juga Indonesia. Tumbuhan ini menyebar di dataran rendah hingga daerah perbukitan (Arif *et al*, 2015). Karena termasuk dalam tumbuhan liar, maka tanaman ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Hal tersebut menyebabkan banyak bagian dari tanaman yang terbuang, salah satunya yaitu bagian tempurung keluak. Tempurung keluak merupakan salah satu biomassa yang mengandung kadar karbon cukup tinggi karena memiliki nilai kalor sebesar 4.644,4 kal/gr ketika dijadikan serbuk arang, sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan briket arang.

Kemiri merupakan tanaman perkebunan yang termasuk dalam Family Euphorbiaceae. Kemiri mempunyai dua lapis kulit yaitu kulit buah dan tempurung. Setiap kilogram biji kemiri dapat menghasilkan 30% buah dan 70% tempurung. Bagian tempurung pada buah kemiri selama ini hanya menjadi limbah, karena sama sekali belum dimanfaatkan oleh masyarakat. Padahal tempurung kemiri memiliki potensi untuk diolah menjadi briket. Hal tersebut dikarenakan tempurung kemiri memiliki nilai kalor sebesar 7.958.33 kal/gr ketika telah diolah menjadi briket (Sihombing, 2006).

Pembuatan briket arang dari limbah pertanian dapat dilakukan dengan menambahkan bahan perekat, dimana bahan baku diarsang terlebih dahulu, kemudian ditumbuk, diayak, dicampur dengan perekat, dicetak dengan sistem hidrolik maupun manual dan selanjutnya dikeringkan. Pembuatan briket arang harus memenuhi standar, agar diperoleh kualitas briket yang baik. Menurut Lawalata (2016), kualitas briket yang baik adalah briket yang memiliki nilai kalor tinggi, kadar air rendah, kadar abu rendah, kadar karbon terikat tinggi dan keteguhan tekan tinggi. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan studi analisis pengaruh tekanan dan komposisi bahan terhadap kualitas briket arang dari tempurung kemiri dan tempurung keluak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan dan komposisi bahan terhadap kualitas briket arang berbahan dasar tempurung kemiri dan tempurung keluak. Oleh karena itu, dilakukan beberapa uji karakteristik yaitu densitas, kadar air, kadar abu, laju pembakaran dan nilai kalor.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain limbah tempurung kemiri yang didapat dari tulungagung, limbah tempurung keluak yang didapat dari jombang, tepung kanji dan air yang digunakan sebagai perekat

Alat

Alat yang digunakan antara lain: cetakan briket, ayakan 60 mesh, kompor, dongkrak tabung hidrolik, jangka sorong, oven, timbangan digital, mortar, cawan, gelas ukur, *furnace*, dan *bomb calorimeter*

Metode Penelitian

Pembuatan briket pada penelitian ini berbahan dasar arang tempurung kemiri dan arang tempurung keluak dengan variasi komposisi bahan campuran dan tekanan pengepresan. Penelitian disusun dengan Rancang Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor yang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Faktor pertama yaitu komposisi bahan. Sedangkan faktor kedua yaitu tekanan pengepresan yang terdiri dari 3 level, antara lain tekanan 10 kg/cm², 25 kg/cm², 40 kg/cm². Hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan ANOVA dengan taraf nyata 1% dan 5%, serta dilanjutkan dengan uji BNT dan uji DMRT. variasi kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan untuk komposisi bahan serbuk arang yang terdiri dari campuran tempurung keluak dan tempurung kemiri dalam pembuatan briket dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. *Kombinasi perlakuan campuran bahan dan variasi tekanan*

Tekanan (P)	Rasio Bahan (KL : KM) (gram)				
	A	B	C	D	E
P1(10 kg/cm ²)	P1A	P1B	P1C	P1D	P1E
P2(25 kg/cm ²)	P2A	P2B	P2C	P2D	P2E
P3(40 kg/cm ²)	P3A	P3B	P3C	P3D	P3E

Tabel 2. *Komposisi campuran bahan pembuatan briket*

Perlakuan	Serbuk Arang (gram)	
	Tempurung Keluak	Tempurung Kemiri
A	90	0
B	60	30
C	45	45
D	30	60
E	0	90

A. Pembuatan Briket

Dalam pembuatan briket arang terdapat beberapa tahapan, yaitu persiapan bahan dimana pada proses ini tempurung kemiri dan tempurung keluak dibersihkan terlebih dahulu dari bahan pengotor seperti serabut-serabut, tanah dan kotoran – kotoran lain yang menempel pada bahan tersebut serta bagian dalam daging kemiri yang masih tersisa di tempurungnya. Kemudian bahan dipotong menjadi berukuran yang lebih kecil (1–3 cm) dan dikeringkan di bawah sinar matahari langsung selama $\pm 2 \times 24$ jam. Selanjutnya tempurung kemiri dan tempurung keluak yang sudah kering, diarangkan dengan cara di sangrai menggunakan penggorengan yang terbuat dari tanah liat sampai bahan berubah secara keseluruhan menjadi arang hitam. selanjutnya bahan dihaluskan menggunakan mortar untuk mengecilkan ukuran dan membuat arang dalam bentuk serbuk, kemudian dilakukan pengayakan menggunakan ayakan 60 Mesh untuk menyeragamkan ukuran. Selanjutnya serbuk arang dicampurkan dengan perekat tepung tapioka

(kanji). Pembuatan perekat kanji dengan cara mencampurkan air sebanyak 75 ml dan tepung kanji sebanyak 10 gram kemudian diaduk hingga merata. Selanjutnya campuran tersebut dimasak hingga mendidih sambil terus diaduk sampai cairan berubah menjadi gel (berbentuk kenyal). Selanjutnya proses pencetakan briket dilakukan menggunakan cara manual. Metode pengepresan yang digunakan yaitu metode press manual atau tekanan rendah, dimana pada proses pengepresan digunakan alat penekan yang terbuat dari besi untuk menekan bahan agar bisa padat dan dongkrak tabung hidrolik untuk mengukur tekanan pengepresan, selain itu juga digunakan alat berupa cetakan berbentuk silinder dengan diameter 2,54 cm dan tinggi 10 cm. Briket arang yang telah dibuat selanjutnya dikeringkan di dalam oven selama 24 jam dengan suhu 60 °C. Setelah dikeringkan, dilakukan pengujian kualitas briket dengan beberapa parameter yang diamati yaitu kadar air, kadar abu, densitas, laju pembakaran dan nilai kalor.

B. Pengujian Briket

1. Kerapatan Massa (Densitas)

Kerapatan suatu bahan adalah jumlah massa suatu bahan setiap satuan volumenya. Menurut Asri (2015), Prinsip penentuan kerapatan atau berat jenis dinyatakan dalam hasil perbandingan antara berat dan volume briket sesuai dengan bentuknya, dalam penelitian ini briket yang dibuat berbentuk tabung, sehingga volume yang digunakan adalah volume tabung. Rumus perhitungan kerapatan :

$$\text{Densitas} = \rho = M/(V) \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Keterangan:

ρ = Kerapatan (gr/cm³)

M = Massa (gram)

$V = \pi \times r^2 \times t$ = Volume silinder (cm³)

Dimana r dan t menyatakan jari – jari dan tinggi briket

2. Kadar Air

Kadar air ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam bahan bakar padat dengan berat kering bahan bakar padat tersebut. rumus kadar air menurut Wandu (2015), adalah sebagai berikut :

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{M_b - M_c}{M_b} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana,

M_b= massa sampel sebelum pemanasan (gr)

M_c= massa sampel sesudah pemanasan (gr)

3. Kadar Abu

Kadar abu merupakan merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan pangan. Proses pembakaran briket akan menghasilkan abu yang merupakan bagian tersisa dari briket yang sudah tidak mempunyai unsur karbon lagi. Menurut Samsinar (2016), perhitungan kadar abu menggunakan rumus :

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana,

C= Massa abu (gr)

A= Massa sampel (gr)

4. Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran briket merupakan proses pengujian dengan cara membakar briket untuk mengetahui lama nyala suatu bahan bakar, kemudian menimbang massa briket yang terbakar. Lamanya waktu penyalan dihitung menggunakan *stopwatch* dan massa briket ditimbang dengan timbangan digital. perhitungan laju pembakaran briket menurut Wandu (2015), dengan persamaan :

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{massa briket terbakar}}{\text{waktu pembakaran}} \quad (\text{gr/detik}) \quad (4)$$

5. Nilai kalor

Pengujian nilai kalor yang terkandung pada briket dengan menggunakan alat *Bomb Calorimeter*. Nilai kalor diperoleh dari briket dengan data laboratorium. Menurut Putri (2017), prosedur kerja untuk menentukan nilai kalor yaitu:

1. Sampel dihancurkan dan ditimbang, kemudian dimasukkan kedalam cawan pembakar tepat dibawah lengkungan kawat sumbu yang kedua ujungnya telah dikaitkan pada kedua elektroda
2. Rangkaian tersebut kemudian dimasukkan kedalam bomb yang sebelumnya telah diisi akuades sebanyak 1 ml kedalam bomb calorimeter.
3. Kemudian ditutup rapat dan dialiri gas oksigen melalui katup kurang lebih 35 atm. Bomb dimasukkan kedalam calorimeter yang telah diisi air sebanyak 2 liter, dan dihubungkan dengan unit pembakar.
4. Bomb kalorimeter ditutup dan termometer dipasang pada tutup kalorimeter, sehingga skala pada bagian bawah tepat pada angka 19°C, temperatur konstan pengaduk listrik dihidupkan dan dibiarkan selama 5 menit. kemudian sumber tegangan arus 23 volt dihidupkan untuk membakar kawat sumbu. Pada saat ini temperatur diamati maka temperatur akan naik dengan cepat, setelah itu konstan dan akhirnya sedikit akan turun, kemudian sumber tegangan pembakar dan pengaduk dimatikan. Kemudian hasil yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam rumus perhitungan nilai kalor, Menurut Afif (2014), rumus penghitungan nilai kalor adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai Kalor} = \frac{(T_2 - T_1) \times C}{m} \quad (\text{kal/gr}) \quad (5)$$

Keterangan :

T1 = Suhu awal selama pengujian (°C)

T2 = Suhu akhir selama pengujian (°C)

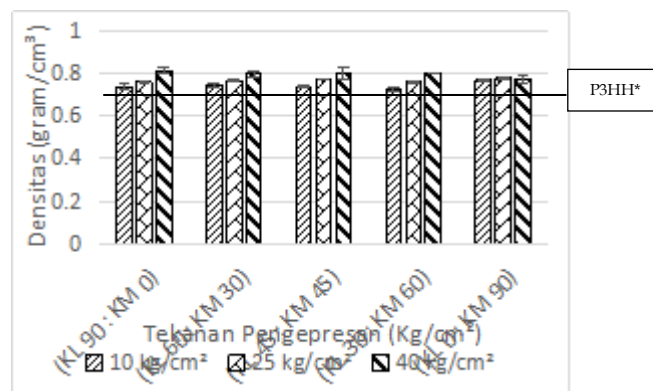
C = Ketetapan setiap bahan yang dibakar untuk menaikkan suhu 10°C temperatur air dan perangkat kalorimeter (2575,6 Kal/°C)

m = Massa sampel briket (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Densitas

Berdasarkan data hasil pengujian densitas didapat grafik nilai rata – rata densitas briket pada masing – masing perlakuan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai rata-rata densitas briket

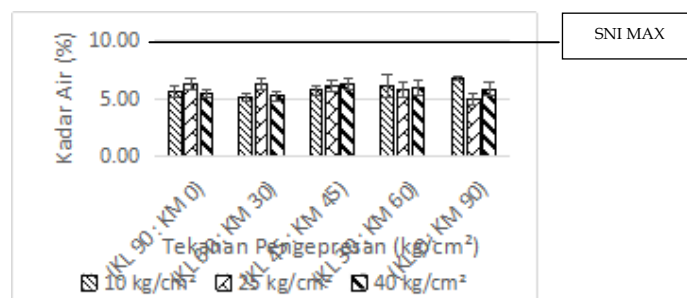
Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa rata – rata nilai densitas tertinggi pada tekanan 40 kg/cm² dengan komposisi bahan A (KL 90 : KM 0) yaitu sebesar 0,811 gram/cm³, dan nilai

densitas terendah pada tekanan 10 kg/cm² dengan komposisi bahan D (KL 30 : KM 60) yaitu sebesar 0,723 gram/cm³. Berdasarkan hasil pengujian densitas pada penelitian ini sesuai dengan standar (P3HH*) (>7 gr/cm³). Perbedaan komposisi bahan campuran pembuatan briket berpengaruh pada nilai kerapatan. Kerapatan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan briket sulit terbakar tetapi dapat meningkatkan nilai kalor, semakin besar rongga udara yang dapat dilalui oksigen dalam proses pembakaran dan kerapatan yang tidak terlalu tinggi akan mempermudah proses pembakaran.

Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 99%, variasi tekanan pengepresan dan komposisi bahan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai densitas briket. Selanjutnya dilakukan uji lanjut berupa uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Uji BNT dilakukan terhadap masing – masing faktor. Pada faktor tekanan pengepresan, penggunaan tekanan pengepresan 40 kg/cm² memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap densitas briket, pada faktor komposisi bahan, penggunaan komposisi bahan (KL 90 : KM 0) memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap densitas briket, karena memiliki nilai densitas tertinggi yaitu sebesar 0,7690 gram/cm³. Sehingga dapat disimpulkan tekanan pengepresan dan komposisi bahan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap densitas briket. Pambudi (2018), menyatakan bahwa semakin tinggi tekanan pencetakan maka densitas yang dihasilkan akan semakin tinggi juga. Hal ini dikarenakan semakin tinggi tekanan yang diberikan menyebabkan partikel terdesak untuk mengisi rongga yang kosong, sehingga berkurangnya porositas briket. Selanjutnya, Nanda (2016), menyatakan bahwa nilai densitas yang baik didapatkan dari ikatan antar bubuk bahan yang padu, tekanan yang tinggi, dan tekstur bahan yang keras. Tinggi rendahnya nilai kerapatan dipengaruhi oleh berat jenis bahan tersebut. Semakin besar ukuran partikel bahan, maka berat jenis bahan akan semakin kecil. Semakin kecil berat jenis dari bahan, maka nilai kerapatan yang dihasilkan juga semakin kecil.

2. Kadar Air

Berdasarkan data hasil pengujian kadar air didapatkan grafik nilai rata – rata kadar air pada masing – masing perlakuan yang dapat dilihat pada Gambar 2.



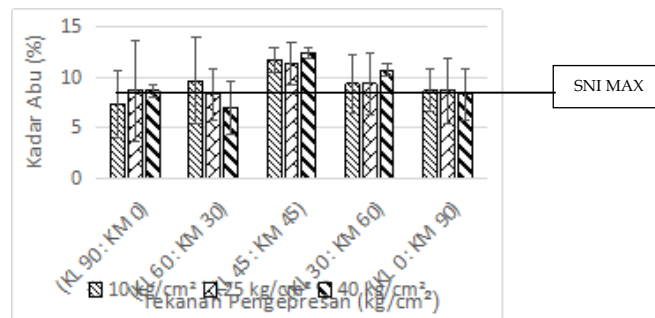
Gambar 2. Nilai rata-rata kadar air briket

Berdasarkan Gambar 2. nilai rata – rata kadar air terendah terdapat pada perlakuan tekanan pengepresan 25 kg/cm² dan komposisi bahan E (KL 0 : KM 90) yang memiliki nilai rata – rata sebesar 4,93%. Sedangkan nilai rata – rata kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan tekanan pengepresan 10 kg/cm² dan komposisi bahan E (KL 0 : KM 90) yang memiliki nilai rata – rata sebesar 6,73%. Tinggi rendahnya kadar air dalam penelitian ini disebabkan karena perbedaan komposisi dan pada saat pencampuran bahan serbuk arang dengan perekat, proses pengadukan yang kurang merata, dimana faktor lingkungan juga berpengaruh saat melakukan penelitian di laboratorium. Berdasarkan data hasil pengujian nilai kadar air briket sudah memenuhi standar SNI (<8 gr/cm³) berkisar antara 4,93% sampai 6,37%. Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 99%, faktor

interaksi antara tekanan pengepresan dan komposisi bahan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air briket. Selanjutnya dilakukan Uji lanjut berupa uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil Uji DMRT yang dilakukan terhadap faktor interaksi antara tekanan pengepresan dan komposisi bahan menyatakan bahwa interaksi P2E yang merupakan interaksi antara tekanan pengepresan 25 kg/cm² dan komposisi bahan E (KL 0 : KM 90) memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap kadar air briket. Hal tersebut karena nilai kadar air yang diperoleh paling rendah. Kadar air briket semakin rendah akan semakin baik karena dapat memenuhi standar briket SNI (<8%).

3. Kadar Abu

Berdasarkan data hasil pengujian kadar abu didapatkan grafik nilai rata – rata kadar abu pada masing – masing perlakuan yang dapat dilihat pada Gambar 3.

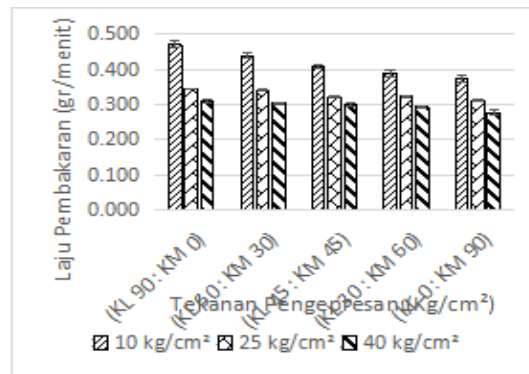


Gambar 3. Nilai rata-rata kadar abu briket

Berdasarkan Gambar 3. nilai rata – rata kadar abu terendah terdapat pada perlakuan tekanan pengepresan 40 kg/cm² dan komposisi bahan B (KL 60 : 30 KM) yang memiliki nilai rata – rata sebesar 7,0%. Sedangkan nilai rata – rata kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan tekanan pengepresan 40 kg/cm² dan komposisi bahan C (KL 45 : KM 45) yang memiliki nilai rata – rata sebesar 12,333%. Dari hasil pengujian kadar abu pada penelitian ini hanya beberapa yang sesuai dengan standar (SNI) (<8%), dan yang lainnya melebihi standar kadar abu. Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 95%, variasi komposisi bahan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kadar abu dari briket. Selanjutnya dilakukan Uji lanjut berupa uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Uji BNT dilakukan terhadap faktor komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan briket. Komposisi bahan E (KL 0 : KM 90) memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap kadar abu briket, karena menghasilkan kadar abu terendah. Sehingga dapat disimpulkan komposisi bahan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kadar abu briket, hal tersebut karena kandungan dari tiap bahan berbeda-beda dan cepat atau lambat terbakar menjadi abu juga tergantung dari komposisi bahan penyusun briket. Christanty (2014), menyatakan komponen utama abu dalam biomassa berupa kalsium, potassium, magnesium dan silika yang berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran. Kadar abu yang diharapkan serendah mungkin karena dengan kadar abu tinggi dapat menghambat proses pembakaran dan nilai kalor yang dihasilkan rendah.

4. Laju Pembakaran

Berdasarkan data hasil pengujian laju pembakaran didapatkan grafik nilai rata – rata laju pembakaran briket pada masing – masing perlakuan yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai Rata-rata Laju Pembakaran Briket

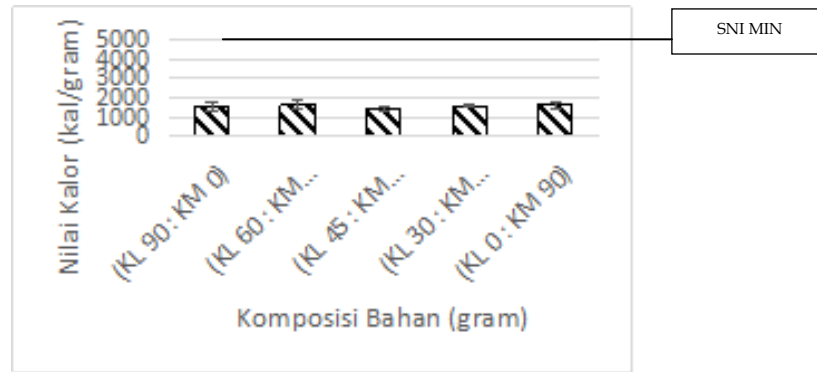
Berdasarkan Gambar 4. nilai rata – rata laju pembakaran terendah terdapat pada perlakuan tekanan pengepresan 40 kg/cm² dan komposisi bahan E (KL 0 : KM 90) yang memiliki nilai rata – rata sebesar 0,27773 gram/menit. Sedangkan nilai rata – rata laju pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan tekanan pengepresan 10 kg/cm² dan komposisi bahan A (KL 90 : KM 0) yang memiliki nilai rata – rata sebesar 0,46955 gram/menit. Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 99%, variasi tekanan pengepresan, komposisi bahan, dan interaksi antara kedua perlakuan yaitu tekanan pengepresan dan komposisi bahan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju pembakaran briket.

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan tiap perlakuan dalam memberikan pengaruh terhadap laju pembakaran briket, maka dilakukan uji lanjut berupa uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Uji lanjut BNT dilakukan terhadap faktor tekanan pengepresan dan faktor komposisi bahan, sedangkan uji lanjut DMRT dilakukan terhadap faktor interaksi antara tekanan pengepresan dan komposisi bahan. hasil uji lanjut BNT faktor tekanan pengepresan terhadap laju pembakaran briket. Penggunaan tekanan pengepresan 10 kg/cm² memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap laju pembakaran briket karena memiliki nilai laju pembakaran tertinggi yaitu sebesar 0,4158 gram/menit. Menurut Pambudi (2018), bahwa semakin tinggi tekanan yang digunakan maka laju pembakaran akan semakin rendah, karena semakin rapatnya pori-pori briket menyebabkan ruang udara dalam briket mengecil sehingga temperatur panas akan sulit merambat dan hilang.

Hasil uji lanjut BNT pada komposisi bahan terhadap laju pembakaran briket. komposisi bahan A (KL 90 : KM 0) memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap laju pembakaran briket, karena menghasilkan laju pembakaran tertinggi yaitu 0,3747 gram/menit. Maemuna (2018), menyatakan bahwa pengaruh penambahan tempurung kemiri pada pembuatan briket arang adalah semakin banyak komposisi tempurung kemiri maka semakin lama waktu pembakaran. Tempurung kemiri merupakan limbah organik yang memiliki sifat difusi termal yang baik yang diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin yang terdapat didalam tempurung kemiri. Kemudian untuk hasil uji lanjut DMRT pada faktor interaksi antara tekanan pengepresan dan komposisi bahan terhadap laju pembakaran briket. interaksi P1A yang merupakan interaksi antara tekanan pengepresan 10 kg/cm² dan komposisi bahan A (KL 90 : KM 0) memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap laju pembakaran briket. Hal tersebut karena laju pembakaran yang diperoleh paling tinggi. Laju pembakaran briket semakin tinggi akan semakin baik karena mudah untuk terbakar.

5. Nilai Kalor

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pengujian terhadap nilai kalor briket dan didapat grafik rata – rata nilai kalor pada masing – masing perlakuan yang dapat dilihat pada Gambar 5.

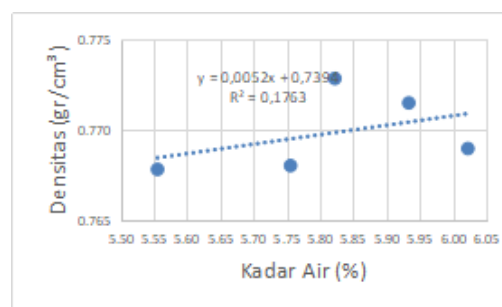


Gambar 5. Rata-rata nilai kalor briket

Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa rata – rata nilai kalor tertinggi pada perlakuan komposisi bahan E (KL 0 : KM 90) yaitu sebesar 1627,33 kal/gram, hal tersebut diduga akibat komposisi bahan arang kemiri yang memiliki nilai kalor sebesar 3319,7 kal/gram, sehingga nilai kalor yang dihasilkan tertinggi diantara variasi perlakuan yang lain. Sedangkan rata – rata nilai kalor menengah pada perlakuan komposisi bahan D (KL 30 : KM 60) yaitu sebesar 1573,567 kal/gram, hal tersebut diduga akibat campuran komposisi bahan yang lebih banyak arang kemiri dan campuran bahan yang kurang merata antara arang keluak dan kemiri sehingga hasil nilai kalor yang didapat kurang maksimal. Selanjutnya untuk rata – rata nilai kalor terendah pada perlakuan komposisi bahan C (KL 45 : KM 45) yaitu sebesar 1470,5 kal/gram. Hal tersebut diduga akibat campuran antara arang kemiri dan keluak yang kurang homogen sehingga nilai kalor yang dihasilkan kurang maksimal. Selain itu nilai kalor penyusun penelitian yang rendah yaitu nilai kalor tempurung kemiri yaitu sebesar 3319,7 kalgram dan nilai kalor tempurung keluak yaitu sebesar 4644,3 kal/gram. Nilai kalor yang telah didapat dari pengujian masih belum memenuhi standar nilai kalor briket, dikarenakan pada saat pengambilan sampel untuk diujikan lebih banyak serbuk yang berasal dari perekat daripada serbuk arang dari tempurung kemiri dan tempurung keluak sehingga nilai kalor yang didapat menjadi rendah. Jika mengacu pada nilai kalor tunggal arang tempurung kemiri dan arang tempurung keluak seharusnya nilai kalor hasil pengujian dapat memenuhi standar. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kalor selama penelitian berlangsung yaitu kandungan kadar air bahan baku briket, pengaruh suhu lingkungan sehingga dapat mempengaruhi mutu dan kualitas briket. Menurut Faiz (2015), yang menyatakan bahwa nilai kalor briket yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai kalor atau energi yang dimiliki oleh bahan penyusunnya. Nilai kalor menjadi parameter mutu paling penting bagi briket arang sebagai bahan bakar, sehingga nilai kalor sangat menentukan kualitas briket arang. Semakin tinggi nilai kalor bakar briket arang, semakin baik pula kualitas briket arang yang dihasilkan.

7. Hubungan Kadar Air Terhadap Densitas

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dibuat grafik hubungan antara kadar air dengan densitas briket yang dapat dilihat pada Gambar 7.

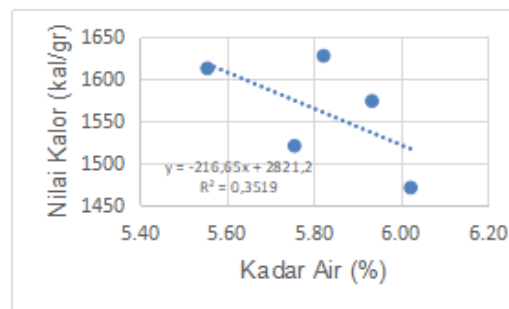


Gambar 7. Grafik hubungan kadar air terhadap densitas briket

Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat bahwa kadar air mempengaruhi densitas pada briket. Pada grafik menunjukkan bahwa semakin besar kadar air briket maka semakin besar pula densitas briket yang dihasilkan. Kandungan air pada bahan dapat mempengaruhi massa dan volume sampel briket yang dihasilkan. Densitas briket pada masing-masing perlakuan mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan seiring kadar air briket yang meningkat. Hal ini dikarenakan pada arang hasil dari proses karbonisasi mempunyai kemampuan menyerap air yang besar dari udara di sekelilingnya yang dipengaruhi oleh luas permukaan dan pori-pori arang dari briket tersebut. Sehingga air yang terserap akan mengakibatkan kandungan air dapat mempengaruhi massa dan volume dari bahan baku briket (Iriany *et al*, 2016).

8. Hubungan Kadar Air Terhadap Nilai Kalor

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dibuat grafik hubungan antara kadar air dengan nilai kalor briket yang dapat dilihat pada Gambar 8.

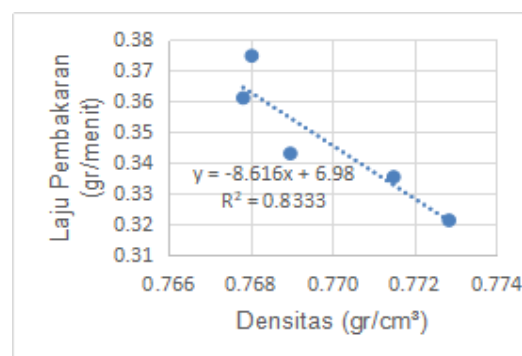


Gambar 8. Grafik hubungan kadar air terhadap nilai kalor briket

Berdasarkan Gambar 8. dapat dilihat bahwa kadar air dari briket mempengaruhi nilai kalor pada briket. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar kadar air briket maka semakin kecil pula nilai kalor briket yang dihasilkan. Semakin kecil nilai kadar air, maka semakin tinggi nilai kalornya (Kurniawan *et al*, 2012). Kenaikan kadar air yang diperoleh juga disebabkan oleh penambahan bahan perekat yang digunakan yaitu tepung tapioka. Penggunaan perekat tapioka yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap kelembaban, sehingga mudah menyerap air dari udara (Rustini, 2004). Kandungan air lembab serta kandungan hidrogen dalam briket dapat berpengaruh terhadap nilai pembakarannya (nilai kalor). Banyaknya kandungan air pada briket dapat menyebabkan menurunnya nilai pembakaran pada briket, sehingga membuat briket sulit untuk dibakar dan menurunkan kualitas dari briket tersebut (Nanda, 2016).

9. Hubungan Densitas Terhadap Laju Pembakaran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dibuat grafik hubungan antara densitas dengan laju pembakaran briket yang dapat dilihat pada Gambar 9.

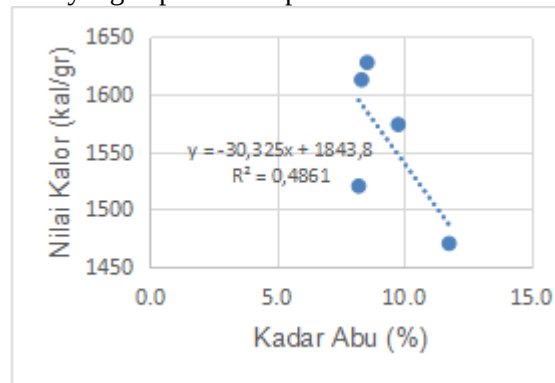


Gambar 9. Grafik Hubungan Densitas Terhadap Laju Pembakaran Briket

Berdasarkan Gambar 9. dapat dilihat bahwa densitas mempengaruhi laju pembakaran pada briket. Pada grafik menunjukkan bahwa semakin besar densitas pada suatu sampel briket, maka semakin kecil laju pembakaran yang dihasilkan. Besar densitas dari briket berbanding terbalik dengan laju pembakaran yang dihasilkan. Besar atau kecilnya densitas briket akan mempengaruhi penyalan pembakaran awal briket, dikarenakan semakin rapatnya pori-pori membuat distribusi merambatnya temperatur panas tidak mudah hilang. Semakin tinggi nilai laju pembakarannya maka akan mempercepat briket habis terbakar. Sebaliknya, apabila nilai laju pembakaran briket semakin rendah maka akan memperlambat briket terbakar (Pambudi, 2018).

10. Hubungan Kadar Abu Terhadap Nilai Kalor Briket

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dibuat grafik hubungan antara kadar abu dengan nilai kalor briket yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Abu Terhadap Nilai Kalor

Berdasarkan Gambar 10. dapat dilihat bahwa kadar abu briket berpengaruh terhadap nilai kalor briket. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar kadar abu briket maka semakin kecil pula nilai kalor yang dihasilkan. Besar kadar abu dari briket berbanding terbalik dengan nilai kalor yang dihasilkan. Hasil kadar abu yang diperoleh dari penelitian cukup tinggi. Hal tersebut disebabkan bahan baku yang digunakan mempunyai kandungan unsur organik yang tinggi sehingga akan mudah terikat pada proses pembakaran dan menghasilkan sedikit zat sisa yang menjadi abu. Kandungan abu yang tinggi berpengaruh kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan, semakin rendah kadar abu semakin bagus kualitas briket yang dihasilkan. Kadar abu briket arang juga dipengaruhi oleh proses karbonisasi dan lamanya pengarangan. Kandungan abu yang tinggi akan menurunkan nilai kalor briket arang sehingga kualitas arang menurun (Masturin, 2002).

KESIMPULAN

Proses pembuatan briket arang tempurung kemiri dan tempurung keluak yaitu persiapan bahan baku, tempurung kemiri dan tempurung keluak dikeringkan, kemudian disangrai (karbonisasi), dihaluskan dan diayak, kemudian di campurkan dengan perekat untuk selanjutnya dicetak dan dikeringkan. Tekanan pengepresan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai densitas dan laju pembakaran, semakin besar tekanan maka nilai densitas akan semakin besar, sebaliknya semakin besar tekanan maka laju pembakaran semakin kecil. Komposisi bahan campuran berpengaruh sangat nyata terhadap nilai densitas, kadar air, kadar abu, laju pembakaran dan nilai kalor dari briket. Dari penelitian ini didapatkan nilai densitas terbaik yaitu 0,81106 (gram/cm³), kadar air terendah yaitu 4,93%, kadar abu terendah yaitu 7%, laju pembakaran tercepat yaitu 0,4695 (gram/menit), dan nilai kalor tertinggi yaitu 1810,4 (kalori/gram).

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. Almu. (2014). *Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) Dan Abu Sekam Padi*. Mataram: Universitas Mataram
- Arhamsyah. (2010). Pemanfaatan Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(1) : 42– 48
- Arif, A.R., Saleh, A., dan Saokani, J. (2015). Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Keluak (*Pangium edule*) Terhadap Penurunan Fenol. *Al-Kimia*, 3(1), pp.34-47
- Asri, Puji Lestari, dan Tjahjani, Siti. (2015). Pemanfaatan Bungkil Biji Kapuk (*Ceiba petandra*) Sebagai Campuran Briket Sekam Padi. *UNESA Journal of Chemistry*, 4(1).
- Christanty, N. Ari. (2014). *Biopellet Cangkang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan*. Bogor: Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
- Faiz, T. A. (2015). Pemanfaatan Tongkol Jagung Dan Limbah Teh Sebagai Bahan Briket Arang. *J.Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 4(3).
- Haryadi, H. (2009). *Pengenalan Bahan Biomass*. Makalah Pelatihan Biomass Energi. Baristand Industri Surabaya
- Iriany., Carnella, C, dan Sari, C. N. (2016). *Pembuatan Biobriket Dari Pelelepah dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku dan Waktu Karbonasi Terhadap Kualitas Briket*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kurniawan, E., Wahyudi, B., Muslikhin, H. (2012). Karakterisasi dan Laju Pembakaran Biobriket Campuran Sampah Organik dan Bungkil Jarak (*Jatropha curcas L.*). *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(2).
- Lawalata, V. N., Unukoly, P, dan Sipahelut, S. G. (2016). *Kualitas Briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbahan Baku Limbah Tongkol Jagung Dan Bambu*. Universitas Pattimura. Ambon
- Maemuna, M Jaya, M N A Sofyan. (2018). *Tempurung Kemiri Sebagai Bahan Baku Briket dengan Menggunakan Tungku Pembakaran Alumunium*. Hasanuddin Student Journal, 2(1).
- Masturin, A. (2002). *Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Campuran Arang Limbah Gergajian Kayu*. Bogor, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Nanda, W. (2016). *Pemanfaatan Pelelepah Kelapa Sawit (Elaeis Guenensis Jacq.) Sebagai Bahan Pembuatan Briket Arang*. Palembang : Universitas Muhammadiyah Palembang
- Pambudi., Feta, K., Wahidin, N., dan Hantarum. (2018). *Pengaruh Tekanan Terhadap Kerapatan, Kadar Air Dan Laju Pembakaran Pada Biobriket Limbah Kayu Sengon*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI Universitas Merdeka Madiun
- Putri, Renny E. (2017). *Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa*. Padang: Universitas Andalas
- Rustini. (2004). *Pembuatan Briket Arang dari Serbuk Gergajian Kayu Pinus (Pinus merkusii Jungh. Et de Vr.) dengan Penambahan Tempurung Kelapa*. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Samsinar. S. A., dan Rustiah, W. (2016). *Penentuan Nilai Kalor Briket dengan Memvariasikan Berbagai Bahan Baku*. Universitas Islam Alauddin. Makassar.
- Sihombing. (2006). *Studi Pembuatan Briket Arang dari Cangkang Kemiri dengan Variasi Ukuran Partikel Arang dan Konsentrasi Perekat*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan
- Wandi, A. (2015). *Pemanfaatan Limbah Daun Kering Menjadi Briket untuk Bahan Bakar Tungku*. Fakultas Teknologi

Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Kadar BOD, COD, DO, pH, Sulfida, dan Krom Dengan Metode *Deep Aeration*

Indesta Aulia Hendra Putri^{1*}, Anang Lastriyanto¹, Akhmad Adi Sulianto¹

¹Jurusan Keteknikan Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya,
Jalan Veteran – Malang 6514

*Korespondensi, Email: putriindesta@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu faktor pencemaran lingkungan dihasilkan oleh limbah industri yaitu industri penyamakan kulit. Limbah cair merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan. Industri penyamakan kulit dapat menghasilkan limbah cair yang berwarna, berbau tidak sedap, bersifat asam atau memiliki pH rendah jika tidak diolah dengan benar. UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan merupakan salah satu industri kulit dimana kegiatan produksinya didominasi oleh kegiatan penyamakan, sehingga menghasilkan limbah cair yang banyak dan membutuhkan perhatian khusus. Pengolahan aerasi yang paling efektif dalam menurunkan bahan pencemar pada limbah industri penyamakan kulit perlu dilakukan untuk mengurangi terjadinya pencemaran pada badan air. Aerasi pada penelitian ini dilakukan dengan metode *deep aeration* untuk transfer oksigen dari udara bertekanan yang diinjeksikan ke dalam air melalui *diffuser* dan membentuk gelembung udara yang akan menyebabkan peningkatan turbulensi air dan dilakukan pada beberapa waktu kontak aerasi yaitu 0, 3, 6, dan 12 jam dengan laju aerasi 180 L/h dan tekanan 40 kPa yang setara dengan kedalaman 4 m. Metode pengambilan sampel limbah penyamakan kulit yang digunakan adalah metode *grab sample*. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui pengaruh metode *deep aeration*, serta mengetahui efektivitas dan pengaruh waktu aerasi terhadap penurunan kadar BOD, COD, Sulfida, dan Krom serta peningkatan kadar DO dan pH untuk penerapan pengolahan limbah yang ramah lingkungan. Hal ini penting mengingat pencemaran yang diakibatkan oleh limbah industri penyamakan kulit masih saja terus terjadi sebagai akibat pengolahan air limbah yang dilakukan oleh pengelola belum dilakukan secara maksimal hingga efluen yang dihasilkan masih mengandung polutan di atas baku mutu. Persentase efektivitas yang dihasilkan dalam pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan metode *deep aeration* yang paling efektif untuk parameter BOD adalah 95,6% pada waktu 6 jam, COD 95,2% pada waktu 6 jam, DO 93,5% pada waktu 12 jam, pH 20,4% pada waktu 12 jam, Sulfida 99,6% pada waktu 3 jam, dan Krom 52,6% pada waktu 12 jam.

Kata Kunci: *Deep Aeration*, Limbah Penyamakan Kulit, Pengolahan Limbah.

Effectiveness of Liquid Waste Processing in Leather Tanning Industry Againsts BOD, COD, DO, pH, Sulfide, and Chrome Levels with Deep Aeration Method

Abstract

One of the environmental pollution factors produced by industrial waste is the leather tanning industry. Liquid waste is the most generated waste. The leather tanning industry can produce liquid waste that is colored, has bad smells, acidic, or even has a low pH if not appropriately treated. Being one of the leather industries where tanning activities dominate its production activities, TIU Leather and Magetan Leather Products Industry produce a lot of liquid waste. The wastes require special attention for waste treatment. An effective aeration treatment in reducing pollutants in the leather tanning industry waste needs to be done to reduce the occurrence of pollution in the river. In this study, deep aeration method was carried out to transfer oxygen from pressurized air, which is injected into the water through a diffuser and form air bubbles. The new approach will cause an increase in water turbulence and is

carried out at some time of contact aeration rate of 180 L/h and pressure of 40 kPa equal to a depth of 4 m. The tannery waste sampling of this study is using the Grab-Sampling method. The purpose of this study was to determine the effect of the deep aeration method, the effectiveness, the significance of aeration time on decreasing levels of BOD, COD, Sulfide, and Chrome, and increasing DO and pH levels for the application of environmentally friendly waste treatment. It is crucial to point out the effect of the method, considering that pollution caused by leather tanning industry waste continues to occur. As a result, the wastewater treatment carried out has not been carried out maximally, since the effluent produced by the industry still contains pollutants above the quality standard. The percentage of effectiveness provided in the processing of tannery wastewater with the most effective deep aeration method for BOD parameters was 95,6% at 6 hours, COD 95,2% at 6 hours, DO 93,5% at 12 hours, pH 20,4% at 12 hours, Sulfide 99,6% at 3 hours, and Chrome 52,6% at 12 hours.

Keywords: Deep aeration, Leather Tanning Waste, Waste Treatment

PENDAHULUAN

Meningkatnya perkembangan industri, seringkali perusahaan dihadapkan dengan masalah limbah yang menjadi hasil samping dari rangkaian produksi. Limbah merupakan salah satu penyebab kerusakan lingkungan. Salah satu faktor pencemaran lingkungan dihasilkan oleh limbah industri yaitu industri penyamakan kulit. Berkaitan dengan prospek industri industri penyamakan kulit yang semakin menjanjikan, semakin tinggi juga volume limbah yang sebagian besar dihasilkan selama proses produksi.

Pusat produksi kulit terbesar di Jawa Timur, Kabupaten Magetan terkenal akan industri penyamakan kulit yang terus mengalami perkembangan. Industri penyamakan kulit yang terletak pada kompleks UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan merupakan salah satu industri kulit dimana kegiatan produksinya didominasi oleh kegiatan penyamakan, sehingga menghasilkan limbah cair yang banyak dan membutuhkan perhatian khusus. UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan merupakan penghasil bahan baku bagi industri yang mengolah kulit menjadi barang jadi untuk melengkapi kebutuhan manusia seperti tas, sepatu, jaket, koper, kerajinan tangan, dan lain-lain.

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi. Industri kulit dapat dibedakan berdasarkan karakteristiknya yaitu meliputi industri penyamakan kulit yang mengolah bahan mentah (*hides* dan atau *skins*) menjadi kulit jadi atau kulit tersamak (*leather*) dengan menggunakan bahan penyamak, industri sepatu, dan industri barang-barang yang terbuat dari bahan kulit yang mengelola kulit menjadi barang-barang untuk keperluan manusia meliputi tas, koper, ikat pinggang, sarung tangan, jaket kulit wayang kulit, serta hasil tatah dan ukir (Syaf, 2005).

Limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan kulit dapat diperoleh dari proses penyamakan kulit dan juga proses pengolahan kulit. Penyamakan kulit membutuhkan proses *soaking*, *liming*, *deliming*, *bating*, *pickling*, *tanning*, *dyeing*, *fatliquoring* dan *finishing* dimana limbah cair merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan. Limbah yang dihasilkan dari proses penyamakan kulit ditimbulkan akibat adanya bahan kimia atau bahan penyamak yang digunakan serta menimbulkan bau yang menyengat karena adanya pembusukan sisa kulit, daging, lemak, dan lain-lain. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum limbah digunakan atau dibuang ke badan air apabila telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Pembuangan yang dilakukan tanpa adanya pengolahan akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan.

Secara umum pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan cara pengurangan sumber (*source reduction*), penggunaan kembali (*reuse*), pemanfaatan (*recycling*), dan pengolahan (*treatment*). Salah satu pengolahan limbah dengan *treatment* adalah dengan penambahan oksigen kedalam air limbah atau aerasi. Aerasi merupakan proses pengolahan air limbah secara biologi dimana air limbah dihembuskan dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah (Ariska *et al.*, 2017). Aerasi dilakukan pada *secondary treatment* atau pengolahan biologis yang bertujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam penguraian bahan organik berjalan lebih cepat.

Aerasi pada pengolahan air dilakukan untuk melarutkan oksigen dan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air.

Proses penambahan oksigen adalah upaya untuk mengurangi bahan pencemar di dalam air sehingga konsentrasi bahan pencemar akan berkurang atau hilang sama sekali. Penambahan oksigen dapat dilakukan dengan memasukkan udara ke dalam limbah benda *porous* atau *nozzle* yang diletakan di tengah-tengah atau dasar bak aerasi dan akan meningkatkan kecepatan kontak gelembung udara tersebut dengan limbah sehingga proses pemberian oksigen berjalan lebih cepat, dan memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakan pada permukaan air limbah yang mengakibatkan air limbah akan terangkat ke atas sehingga terjadi kontak langsung dengan udara disekitarnya (Syaf, 2005).

Deep aeration adalah metode aerasi menggunakan tangki aerasi yang lebih dalam pada pengolahan air limbah. *Deep aeration* melakukan transfer oksigen dari udara bertekanan yang diinjeksikan ke dalam air melalui aerator *diffuser* berpori, dimana udara yang keluar dari *diffuser* membentuk gelembung udara yang akan menyebabkan peningkatan turbulensi air serta dapat mensirkulasikan atau mencampur permukaan air dan dasar air secara *air-lift* untuk memastikan bahwa kandungan oksigen yang ada di dalam air merata. Fungsi dari transfer oksigen ke dalam air adalah untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dan menyisihkan kandungan bahan pencemar yang ada di dalam air, karena semakin lama waktu kontak dengan air maka jumlah oksigen yang masuk ke air akan semakin banyak. Menurut Jackson dan Shen (1978), keuntungan yang didapat dari *deep aeration* adalah kapasitas oksigasasinya tinggi, distribusi air atau pencampuran isi tangkinya cepat, terdapat efisiensi energi, biaya rendah, dan sedikit perawatan. *Deep aeration* memiliki kemampuan untuk menerima muatan organik yang lebih tinggi dan tahan terhadap beban limbah yang berfluktuasi. Tekanan hidrostatik yang terjadi pada dasar tangki dapat menghasilkan penyerapan cairan dan padatan ke gas pada kecepatan yang lebih cepat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa untuk tujuan pemisahan padatan dan pengapungan dapat dilakukan dengan sedikit atau tanpa udara tambahan, serta endapan lumpur atau naiknya lumpur yang umum ditemui pada IPAL pabrik dapat dihindari. Efektivitas proses aerasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi atau menghilangkan bahan-bahan pencemar dalam air sampai batas yang dipersyaratkan ditentukan oleh persebaran udara dalam kolam aerasi (Wijayanti, 2008).

METODE PENELITIAN

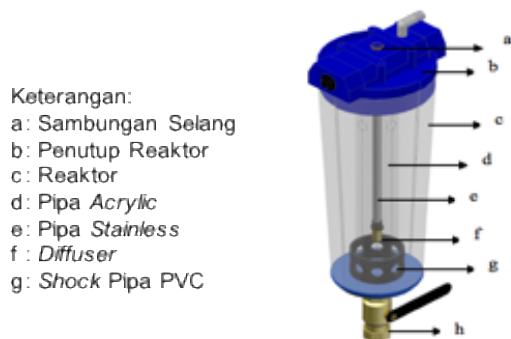
Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu nanotech filter air, *diffuser*, *biofilter*, *compressor*, selang, keran air, gelas ukur, corong, meja penyangga, pH meter, DO meter, *flow meter*, *solenoid valve*, CKD *pressure switch*, limbah penyamakan kulit, *starbact* aerob, pipa *stainless*, pipa *acrylic*, sambungan selang, *shock* pipa PVC, lem, dan botol PET 1,5 liter

Metode Penelitian

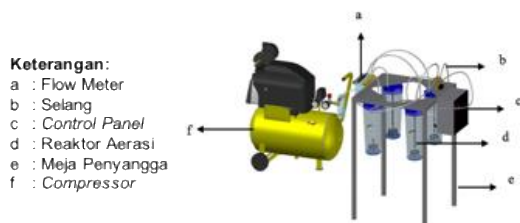
Eksperimen dilaksanakan di Lastrindo *Engineering* dengan desain rangkaian alat yang dirancang oleh Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si. Proses pengolahan limbah cair penyamakan kulit menggunakan metode *deep aeration* dengan sistem *batch* atau diam. Reaktor aerasi yang digunakan adalah Nanotech CHF-1034 tabung filter air yang terbuat dari bahan akrilik yang tahan tekanan dan tahan dalam penggunaan waktu yang lama. Tabung tersebut memiliki tinggi 27 cm dengan diameter atas 11 cm dan diameter bawah 9 cm. Penutup tabung reaktor aerasi terbuat dari bahan akrilik dengan diameter 12 cm diletakkan pada bagian atas dengan fungsi sebagai penghubung antara reaktor aerasi dengan *compressor*. Kapasitas dari reaktor aerasi adalah 1,5 liter. Reaktor aerasi diletakkan pada meja penyangga dengan ukuran 43,5 cm dan tinggi 67 cm. CKD *Pressure Switch* yang digunakan sebagai pengatur dan mempertahankan tekanan ditempatkan pada suatu *control panel* dengan panjang 19 cm, lebar 19 cm, dan tinggi 20 cm. Terdapat *flow meter* yang digunakan untuk mengatur laju aerasi dengan 5 saluran, *flow*

meter tersebut memiliki panjang 15 cm, lebar 2 cm, dan tinggi 12 cm. Sambungan selang dengan diameter 1,1 cm berfungsi sebagai sambungan antara reaktor aerasi dan selang *compressor*. Terdapat pipa *stainless* dengan diameter 1 cm dan panjang 17,5 cm sebagai sambungan dengan *diffuser* dan sambungan selang untuk menghubungkan selang *compressor* sebagai aliran udara. *Shock* pipa PVC dengan ukuran 5 cm dan memiliki 8 lubang pada sekeliling *shock* pipa PVC dengan diameter 1,1 cm, terdapat pada dasar tabung dan digunakan sebagai sambungan pipa *acrylic* untuk proses sirkulasi. Proses sirkulasi udara dan *air-lift* dibantu dengan adanya pipa *acrylic* dengan diameter 4 cm dan panjang 25 cm serta dibuat 4 lubang dengan diameter 1,1 cm yang terletak 4,3 cm dari bagian atas pipa *acrylic*. *Diffuser* dengan diameter 1 cm dan tebal 1,3 cm berbahan metal sebagai media aerasi untuk membentuk gelembung udara. *Biofilter* yang digunakan merupakan *biofoam biological filter* berwarna hitam dengan panjang 15 cm, lebar 10 cm, tebal 1,5 cm, dan pori-pori 40/30 ppi yang digunakan untuk tempat tumbuhnya mikroorganisme. *Biofilter* terbuat dari material *Polyurethane foam* yang tidak mudah rusak, dapat digunakan berkali-kali, dan mudah dibersihkan dengan air. Desain reaktor aerasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan desain rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 4.



Rancangan Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si.

Gambar 3. Desain reaktor aerasi



Rancangan Dr. Ir. Anang Lastriyanto, M.Si.

Gambar 4. Desain rangkaian alat

Tahap Pengambilan dan Penanganan Bahan

Limbah cair penyamakan kulit yang digunakan sebagai bahan penelitian berasal dari UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan. Limbah cair penyamakan kulit diambil pada saluran *inlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan dengan metode *grab sample* atau sampel sesaat yaitu pengambilan sampel pada satu titik *sampling* yang dapat mewakili dalam penentuan karakteristik limbah cair pada industri tersebut. Limbah cair diambil sebanyak 20 liter kemudian disimpan di dalam jerigen dan dilakukan pengadukan agar bahan penelitian homogen lalu dilakukan penambahan starbact aerob probiotik pengurai limbah yang berfungsi untuk menurunkan nilai BOD, COD, Ammonia, Fosfat, dan Sulfida, serta dapat menghilangkan bau, memperbaiki warna air limbah, menguraikan bahan organik dan menjaga kestabilan pH. Penambahan starbact aerob adalah dengan dosis 1:1000 ml yaitu 1,2 ml. Setelah penambahan starbact aerob, dilakukan proses aklimatisasi selama 24 jam sebagai proses

pengadaptasian mikroorganisme terhadap lingkungan yang baru sebelum dilakukan tahap pengoperasian alat pada pengolahan menggunakan metode *deep aeration*. Limbah cair yang akan diuji dimasukkan ke dalam botol PET berukuran 1,5 liter dan disimpan pada pendingin atau *cool box*. Pengujian sampel dilakukan di PERUM Jasa Tirta Malang.

Tahap Running dan Waktu Pengamatan

Pengolahan limbah cair penyamakan kulit dilakukan menggunakan metode *deep aeration* dan sistem *batch* (diam) dengan waktu pengamatan selama 0, 3, 6, dan 12 jam. Sistem *batch* ini dapat memberikan gambaran kemampuan penurunan kadar limbah dengan mengamati perubahan kualitasnya dengan menempatkan sampel limbah cair penyamakan kulit pada media aerasi dalam suatu reaktor selama waktu tertentu. Limbah cair penyamakan kulit dimasukkan ke dalam reaktor aerasi sebanyak 1,2 liter, kemudian reaktor aerasi ditutup dengan penutup yang telah disambungkan dengan selang *compressor* dan *flow meter*. Nyalakan *compressor* dan *control panel CKD pressure switch*, kemudian atur *flow meter* dengan laju aerasi sebesar 180 L/h dan lakukan pengamatan pada waktu pengamatan yaitu 0, 3, 6, dan 12 jam. Limbah cair penyamakan kulit yang sudah dilakukan pemberian perlakuan aerasi pada waktu pengamatan 0, 3, 6, dan 12 jam, maka limbah cair penyamakan kulit siap diuji. Sampel hasil uji coba kemudian dipindahkan dari reaktor aerasi ke dalam botol PET sebanyak 1,2 liter dengan bantuan corong. Dilakukan pengujian pH menggunakan pH meter. Botol sampel kemudian di tutup rapat dan dimasukkan ke dalam pendingin atau *cool box* sebelum dilakukan pengujian parameter BOD, COD, DO, Sulfida, dan Krom.

Tahap Pengujian

Tahap pengujian ini dilakukan dengan cara menguji kondisi influen dan efluen dari limbah yang sudah mendapatkan perlakuan aerasi dengan menggunakan beberapa parameter seperti BOD, COD, DO, pH, Sulfida, dan Krom. Hal ini dilakukan guna mengetahui efektivitas dan pengaruh waktu aerasi pada limbah cair industri penyamakan kulit. Pengujian dan pengukuran parameter BOD, COD, Sulfida, dan Krom dilakukan di PERUM Jasa Tirta Malang, sedangkan untuk pH dan DO diukur secara langsung menggunakan pH meter dan DO meter. Tata cara atau metode yang digunakan untuk pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode pengukuran kualitas air

Parameter	Satuan	Metode Analisa
BOD	mg/L	APHA. 5210 B-1998
COD	mg/L	QI/LKA/19
DO	mg/L	Pengukuran Langsung dengan DO meter
pH		Pengukuran Langsung dengan pH meter
Sulfida	mg/L	APHA. 4500-S2 D-2005
Krom	mg/L	APHA. 3111 B-2005

Sumber: PERUM Jasa Tirta Malang

Tahap Pengolahan Data

Data hasil pengujian dan perhitungan dianalisis secara kuantitatif dengan bantuan *software* Microsoft Excel untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar dari tiap parameter BOD, COD, DO, pH, Sulfida, dan Krom dengan pengaruh waktu pengamatan yang akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah penyamakan kulit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 untuk parameter BOD, COD, pH, Sulfida, dan Krom, serta Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk parameter DO yang mengacu pada kriteria mutu air berdasarkan kelas III yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Bentuk fisik dari limbah cair industri penyamakan kulit dapat dilihat pada Gambar 5, terlihat bahwa air limbah berwarna abu-abu keruh yang pekat dengan bau amis yang menyengat. Karakteristik awal sebelum dilakukan pengolahan dengan metode *deep aeration* dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 5. Limbah cair industri penyamakan kulit sebelum diolah.

Tabel 2. Hasil pengujian influen limbah cair industri penyamakan kulit UPT industri kulit dan produk kulit magetan

No	Parameter	Influen	Baku Mutu	Keterangan
1	BOD	501,5 mg/L	100 mg/L*	TM
2	COD	1366 mg/L	250 mg/L*	TM
3	DO	0,48 mg/L	3 mg/L**	TM
4	pH	6,66	6,0 – 9,0*	M
5	Sulfida	12,74 mg/L	0,8 mg/L*	TM
6	Krom	1,058 mg/L	0,50 mg/L*	TM

Sumber: Hasil Uji Laboratorium PERUM Jasa Tirta Malang dan Pengukuran Langsung

Keterangan:

(*) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014

(**) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, Kelas III

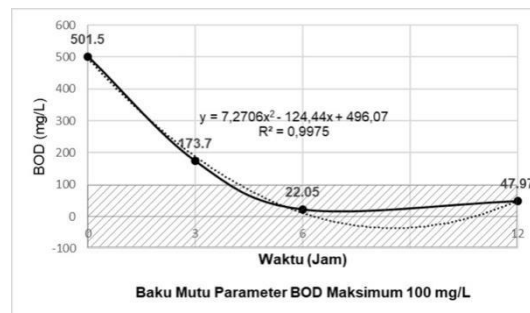
TM = Tidak memenuhi baku mutu, M = Memenuhi baku mutu

Berdasarkan **Tabel 2** dapat diketahui bahwa hasil pengujian influen limbah cair industri penyamakan kulit UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan untuk parameter BOD adalah sebesar 501,5 mg/L dan tidak memenuhi baku mutu yaitu sebesar 100 mg/L, semakin tinggi nilai BOD maka semakin tercemar air karena proses penguraian bahan organik akan menghabiskan semakin banyak oksigen terlarut (Lestari, 2012). Pengujian influen untuk parameter COD adalah sebesar 1366 mg/L sedangkan nilai baku mutu untuk COD adalah sebesar 250 mg/L maka tidak memenuhi baku mutu, nilai COD yang tinggi menunjukkan adanya pencemaran air oleh zat-zat organik yang berasal dari berbagai sumber seperti limbah industri penyamakan kulit (Atima, 2015). Nilai DO pada pengujian influen adalah sebesar 0,48 mg/L dan tidak memenuhi angka batas minimum yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, Kriteria Mutu Air Kelas III. Apabila kadar oksigen terlarut menurun akan mengakibatkan berkurangnya aktivitas kehidupan dalam suatu perairan. Pengujian influen untuk parameter pH menunjukkan nilai sebesar 6,66 dengan ketetapan baku mutu nilai pH adalah sebesar 6.0-9.0. Salah satu bahan pencemar yang berperan terhadap gangguan keseimbangan lingkungan timbul dari digunakannya bahan kimia Sulfida dalam proses penyamakan kulit yang menimbulkan bau tidak sedap terhadap perairan, untuk parameter Sulfida pada pengujian influen ini didapatkan adalah sebesar 12,74 mg/L, maka tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,8 mg/L. Keberadaan Krom pada limbah cair industri penyamakan kulit dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan, hasil pengujian influen menunjukkan bahwa parameter Krom dari limbah industri penyamakan kulit

yaitu sebesar 1,058 mg/L telah melewati batas maksimum yang telah ditentukan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 yaitu sebesar 0,50 mg/L. Baku mutu yang belum terpenuhi perlu dicapai dengan dilakukannya pengolahan yang dilakukan dengan menggunakan reaktor aerasi metode *deep aeration*. Mengingat bahaya yang akan muncul, maka perlu dilakukan pengolahan (*treatment*) terhadap limbah cair penyamakan kulit sebelum dilepas ke lingkungan (Meirinna *et al.*, 2013).

Biological Oxygen Demand (BOD)

Nilai BOD yang didapatkan berasal dari bahan uji coba yaitu limbah cair industri penyamakan kulit sebelum dilakukan perlakuan dan bahan uji coba setelah diberikan perlakuan aerasi dengan metode *deep aeration*. Nilai pengujian BOD sebelum pengolahan yaitu 0 jam dan setelah pengolahan aerasi selama 3, 6, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 6.

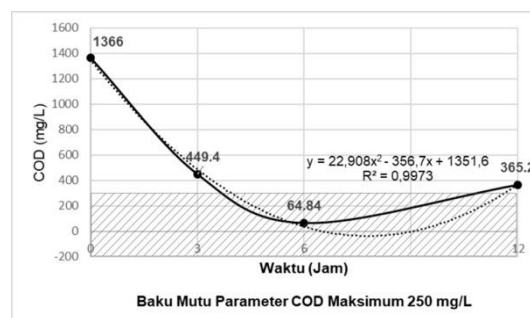


Gambar 6. Grafik perubahan kadar BOD sebelum dan sesudah pengolahan.

Grafik diatas menunjukkan perubahan kadar BOD sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode *deep aeration*. Kadar BOD pada waktu 6 jam setelah pengolahan, didapatkan penurunan yang cukup signifikan yaitu sebesar 22,05 mg/L dan sudah memenuhi baku mutu. Menurut Arsawan *et al.* (2007), pemberian oksigen ke dalam air limbah dapat menurunkan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) karena dapat memenuhi kebutuhan oksigen untuk mikroorganisme pengurai dan oksidasi bahan kimia yang ada di dalam air limbah. Penurunan kadar BOD dikarenakan sedikitnya zat-zat organik yang dioksidasi oleh mikroorganisme.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Nilai COD yang didapatkan berasal dari bahan uji coba yaitu limbah cair industri penyamakan kulit sebelum dilakukan perlakuan dan bahan uji coba setelah diberikan perlakuan aerasi dengan metode *deep aeration*. Nilai pengujian COD sebelum pengolahan yaitu 0 jam dan setelah pengolahan aerasi selama 3, 6, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 7.



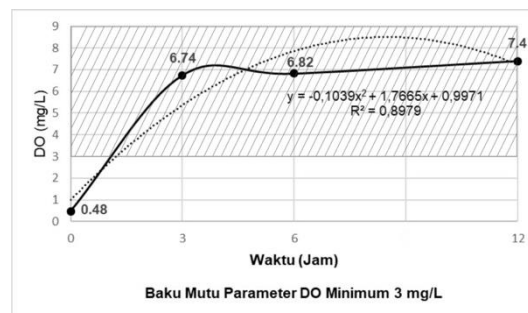
Gambar 7. Grafik perubahan kadar COD sebelum dan sesudah pengolahan

Grafik diatas menunjukkan perubahan kadar COD sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode *deep aeration*. Kadar COD pada waktu 0 jam atau sebelum pengolahan, didapatkan hasil sebesar 1366 mg/L yang jauh di atas baku mutu yang ditetapkan. Tingginya kandungan COD dapat disebabkan oleh degradasi bahan organik maupun anorganik yang

dihasilkan oleh industri tidak terolah dengan baik sehingga akan berpengaruh pada menurunnya kualitas perairan dan produktivitas sumberdaya perairan juga akan ikut menurun (Suparjo, 2009). Kadar COD pada waktu 6 jam setelah pengolahan, didapatkan penurunan yang cukup signifikan yaitu sebesar 64,84 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar COD dari limbah industri penyamakan kulit dibawah batas maksimum yang telah ditentukan atau memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014. Nilai tersebut juga menunjukkan penurunan dari hasil pengujian parameter COD pada perlakuan aerasi selama 3 jam dengan laju aerasi 180 L/h. Penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) disebabkan adanya kontak antara limbah terhadap biofilm pada reaktor aerasi. Semakin lama waktu tinggal, maka semakin lama limbah terkontak dengan biofilm, sehingga penyisihan bahan organik semakin besar (Ariani *et al.*, 2014).

Dissolved Oxygen (DO)

Nilai pengujian DO sebelum pengolahan yaitu 0 jam dan setelah pengolahan aerasi selama 3, 6, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 8.

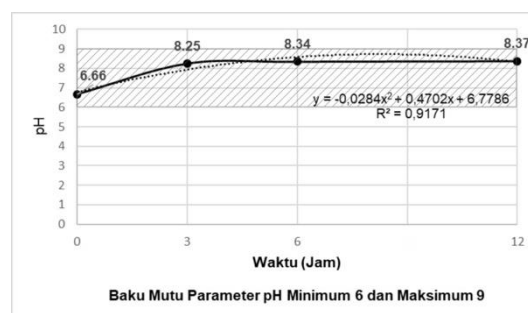


Gambar 8. Grafik perubahan kadar do sebelum dan sesudah pengolahan

Grafik diatas menunjukkan perubahan kadar DO sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode *deep aeration*. Kadar DO pada waktu 0 jam atau sebelum pengolahan, didapatkan hasil sebesar 0,48 mg/L yang tidak memenuhi angka batas minimum dari baku mutu yang ditetapkan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air untuk parameter DO yang mengacu pada kriteria mutu air berdasarkan kelas III adalah sebesar 3 mg/L sebagai angka batas minimumnya. Perlakuan aerasi pada waktu selama 12 jam dengan laju aerasi 180 L/h menunjukkan bahwa parameter DO memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Semakin lama waktu tinggal pengolahan limbah, maka suplai oksigen ke dalam air limbah akan meningkat dan mikroba akan lebih sering kontak dengan udara. Peningkatan jumlah oksigen yang tersedia pada air limbah akan membuat jumlah mikroba semakin berkembang sehingga lapisan biofilm menjadi lebih banyak dan kadar polutan pada limbah akan mengalami penurunan (Ahmad, 2004).

pH

Nilai pengujian pH sebelum pengolahan yaitu 0 jam dan setelah pengolahan aerasi selama 3, 6, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 9.

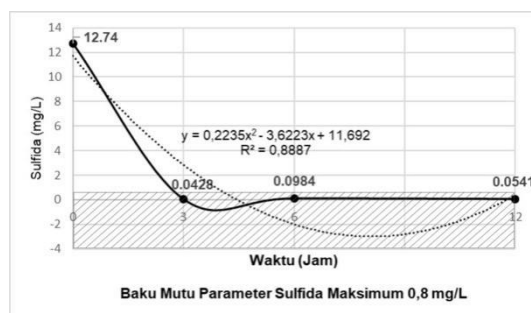


Gambar 9. Grafik perubahan kadar pH sebelum dan sesudah pengolahan

Hasil pengujian pH pada perlakuan aerasi selama 12 jam dan laju aerasi sebesar 180 L/h adalah sebesar 8,37. Hal tersebut menandakan bahwa derajat keasaman pada pengolahan aerasi selama 12 jam memenuhi baku mutu limbah cair penyamakan kulit yang ditetapkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014, bahwa nilai pH adalah 6,0-9,0. Nilai pH tersebut tidak meningkat secara signifikan dengan nilai pH pada perlakuan aerasi selama 6 jam. Penambahan aerasi menyebabkan kandungan oksigen terlarut dalam air limbah semakin meningkat. Mikroorganisme akan memanfaatkan oksigen terlarut untuk respirasi dan menghasilkan CO₂. Karbon dioksida yang terlarut di dalam air akan mengalami reaksi kesetimbangan yang menghasilkan ion OH⁻ penyebab meningkatnya nilai pH (Effendi, 2003).

Sulfida

Nilai pengujian Sulfida sebelum pengolahan yaitu 0 jam dan setelah pengolahan aerasi selama 3, 6, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 10.

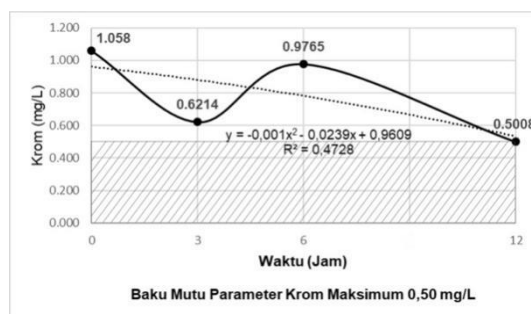


Gambar 10. Grafik perubahan kadar sulfida sebelum dan sesudah pengolahan

Gambar 10 menunjukkan perubahan kadar Sulfida sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode *deep aeration*. Kadar Sulfida pada waktu 0 jam atau sebelum pengolahan, didapatkan hasil sebesar 12,74 mg/L yang jauh di atas baku mutu yang ditetapkan. Parameter Sulfida dengan adanya perlakuan aerasi selama 3 jam dan laju aerasi 180 L/h dengan metode *deep aeration* menunjukkan hasil pengujian sebesar 0,0428 mg/L. Rendahnya nilai tersebut menunjukkan sedikitnya kandungan Sulfida setelah pengolahan aerasi dengan metode *deep aeration* selama 3 jam. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair penyamakan kulit, parameter Sulfida memiliki standar sebesar 0,8 mg/L. Jika kadar Sulfida pada perlakuan aerasi selama 3 jam dibandingkan dengan baku mutu limbah cair penyamakan kulit dari Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014, maka tidak melewati batas kadar maksimum atau dalam artian memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dan mengalami penurunan dari kadar Sulfida pada 0 jam atau sebelum pengolahan. Menurut Adisanjaya *et al* (2011), fungsi dari aerasi adalah menyediakan oksigen bagi mikroorganisme. Penambahan oksigen dalam proses aerasi dapat membantu meningkatkan oksigen terlarut dalam air limbah dan memperbanyak penguraian bahan anorganik seperti Sulfida.

Krom

Nilai pengujian Krom sebelum pengolahan yaitu 0 jam dan setelah pengolahan aerasi selama 3, 6, dan 12 jam dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perubahan kadar krom sebelum dan sesudah pengolahan

Parameter Krom yang diuji dengan perlakuan aerasi selama 12 jam dan laju aerasi 180 L/h adalah sebesar 0,5008 mg/L. Parameter Krom yang ditetapkan pada baku mutu limbah cair penyamakan kulit oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 adalah sebesar 0,50 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar Krom pada perlakuan aerasi selama 12 jam dan laju aerasi 180 L/h tidak memenuhi baku mutu. Kadar krom pada perlakuan aerasi selama 12 jam memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan perlakuan aerasi selama 6 jam. Waktu kontak antara air limbah pada reaktor aerasi mempengaruhi penurunan kadar Krom. Semakin lama waktu kontak, maka semakin lama pula air limbah bereaksi dan mempengaruhi efektivitas penurunannya. Kemampuan aerasi dalam mereduksi air limbah terbatas, meskipun waktu kontak dan reaksi antara mikroorganisme, udara, dan air limbah diperlama ketika sudah jenuh maka kemampuan mereduksi kadar Krom berkurang.

KESIMPULAN

Hasil dari pengujian pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan metode *deep aeration* yang terbaik untuk parameter BOD adalah 22,05 mg/L, COD 64,84 mg/L, DO 7,4 mg/L, pH 8,37, Sulfida 0,0428 mg/L, dan Krom 0,5008 mg/L. Waktu pengolahan paling efektif dari penelitian yang telah dilakukan untuk parameter BOD dan COD adalah selama 6 jam, untuk parameter DO, pH, dan Krom adalah selama 12 jam, sedangkan untuk parameter Sulfida adalah selama 3 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisanjaya, N. NGR., I. W. Budiarsa, K. Sundra. (2011). Analisis Efektivitas Proses Pengolahan Limbah PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Bali Berbasis Microsoft Visual FOXPRO. *Jurnal ECOTROPHIC*, Vol. 6, No. 2, Hal. 139-145
- Ahmad, A. (2004). Studi Komperatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob Limbah Cair yang Mengandung Karbohidrat, Protein, dan Minyak Lemak. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 3, No.1, Hal. 1-10
- Ariani, W., Sri S., dan Irawan W. W. (2014). Studi Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob – Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random (Studi Kasus : Rumah Makan Bakso Krebo Banyumanik). *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 3, No. 1, Hal. 1-10.
- Ariska, N. I., Emma Y., dan Dian C. (2017). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Penyamakan Kulit di Desa Mojopurno Kecamatan Ngariboyo Kabupaten Magetan*. Malang: Universitas Brawijaya
- Arsawan, M., I Wayan B. S., dan Wayan S. (2007). Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan Limbah Berminyak. *Jurnal ECOTROPHIC*, Vol. 2, No. 2, Hal. 1-9
- Atima, W. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science & Education*, Vol. 4, No. 1, Hal. 83-93
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Hayati dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius
- Jackson, M. L., dan Shen C. C. (1978). Aeration and Mixing in Deep Tank Fermentation Systems. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, Vol. 24, Issue 1
- Lestari, D. E. (2012). *Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan metode Rawa Buatan (Constructed Wetland)*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Lutfihan, A., dan Alfani P. (2015). Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Menggunakan Tray Aerator dan Diffuser Aerator. *Jurnal Teknik*, Vol. 4, No. 1
- Meirinna, Fahrurrozi, dan Sri J. S. (2013). Sistem Penurunan Kadar Krom (III) Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Kombinasi Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida dan Adsorpsi Menggunakan Bagase Fly Ash. *ASEAN Journal of System Engineering*, Vol. 1, No.2, Hal. 62-67
- Suparjo, M. N. (2009). Kondisi Pencemaran Perairan Sungai Babon Semarang. *Jurnal Saintek Perikanan*, Vol. 4, No. 2, Hal. 38-45

- Syaf, A. H. (2005). *Karakteristik Industri Pengolahan Kulit Dan Dampak Limbah Terhadap Lingkungan Sosial Ekonomi Masyarakat Sekitar (Studi Kasus Sentra Industri Kulit Sukaregang Kabupaten Garut Jawa Barat)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Wijayanti, Y. (2008). *Pengaruh Debit terhadap Dinamika Gelembung Udara dalam Kolom Aerator*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

Pendugaan Umur Simpan Serbuk Wedang Uwuh Menggunakan Metode Aslt (Accelerated Shelf Life Testing) Dengan Pendekatan Arrhenius

Nurul Ijayanti¹⁾, Riana Listanti¹⁾, Rifah Ediaty¹⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

¹⁾Jl Dr Soeparno Karangwangkal, Purwokerto 53123

*Korespondensi, Email: riana.listanti@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Wedang uwuh merupakan minuman kesehatan tradisional khas Imogiri, Bantul, Yogyakarta. Dalam bahasa Jawa artinya minuman sampah karena komposisi rempah dari bahan - bahan minuman ini tampak seperti sampah dedaunan dan ranting serta serutan kayu. Serbuk wedang uwuh diracik dengan menggunakan rempah khas Indonesia kayu secang, jahe, pala, daun pala, kayu manis, daun kayu manis, cengkeh, batang cengkeh, daun cengkeh. Penentuan umur simpan produk serbuk wedang uwuh perlu dilakukan untuk mengetahui selang waktu antara awal produksi hingga tidak dapat diterima konsumen akibat adanya penurunan mutu. Mutu serbuk wedang uwuh selama penyimpanan dapat dipertahankan dengan perlakuan pengemasan dan suhu yang tepat. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui umur simpan serbuk wedang uwuh berdasarkan parameter yang terpilih dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) menggunakan model Arrhenius dan mengetahui jenis kemasan yang mampu mempertahankan mutu minuman lebih baik selama penyimpanan. Parameter yang digunakan adalah parameter yang di anggap mempengaruhi kemunduran mutu produk, yaitu kadar air, kecerahan, dan pH. Pengamatan serbuk wedang uwuh dikemas dengan menggunakan kemasan *aluminium foil*, plastik polipropilen, kombinasi (Polietilena + aluminium foil), dan kertas lito yang di simpan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air meningkat selama penyimpanan, tingkat kecerahan cenderung menurun, dan nilai pH mengalami kenaikan seiring penyimpanan. Perhitungan umur simpan dilakukan dengan menggunakan parameter kadar air karena memiliki energi aktivasi terkecil dan R² terbesar mendekati 1. Hasil perhitungan umur simpan serbuk wedang uwuh pada kemasan aluminium foil adalah 30 minggu, kemasan polipropilen 44 minggu, kemasan kombinasi (Polietilen + aluminium foil) 45 minggu, dan kertas lito 26 minggu.

Kata Kunci : Arrhenius, ASLT, Kemasan, Umur Simpan, Wedang Uwuh

Estimating The Shelf Life Of Wedang Uwuh Powder Using The ASLT (Accelerated Shelf Life Testing) With Arrhenius Approach

ABSTRACT

Wedang uwuh is a traditional health drink typical of Imogiri, Bantul, Yogyakarta. In Javanese it means garbage drink because the spice composition of these beverage ingredients looks like leaves and twigs and wood shavings. Wedang Uwuh powder mixed by using Indonesian special herbs of sappan wood, ginger, nutmeg, nutmeg leaves, cinnamon, cinnamon leaves, cloves, clove stems, clove leaves. Determination of the shelf life of wedang uwuh powder products needs to be done to determine the time interval between the start of production until the consumer is not acceptable due to a decrease in quality. The quality of the uwuh powder during storage can be maintained by treating the packaging and the right temperature. The purpose of this study is to determine the shelf life of wedang uwuh powder based on selected parameters using the *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) method using the Arrhenius model and find out the type of packaging that is able to maintain a better beverage quality during storage. The parameters used are considered to affect the deterioration of product quality, namely water content, brightness, and pH. Observation of wedang uwuh powder is packaged using aluminum foil packaging, polypropylene plastic, combination (polyethylene + aluminum foil), and lito paper stored at temperatures of 30°C, 40°C and 50°C. The results showed that the water content increased during

storage, the brightness tended to decrease, and the pH value increased with storage. Calculation of shelf life is done by using water content parameters because it has the smallest activation energy and the largest R^2 is close to 1. The results of the shelf life calculation of uwuh powder on aluminum foil packaging is 30 weeks, polypropylene packaging 44 weeks, combination packaging (Polyethylene + aluminum foil) 45 weeks, and lito 26 week paper.

Keywords: Arrhenius, ASLT, Packaging, Shelf Life Wedang Uwuh

PENDAHULUAN

Wedang uwuh merupakan minuman kesehatan tradisional khas Imogiri, Bantul, Yogyakarta. Diracik dari ramuan rempah alami, menebarkan aroma khas rempah, berwarna merah, dan rasa manis pedas. Bahan baku terdiri dari rempah khas Indonesia seperti daun dan ranting cengkeh, daun kayu manis, serutan kayu secang, jahe, daun pandan, dan gula batu (Herdiana, et al., 2014).

Saat ini produk pangan yang dikehendaki oleh masyarakat modern tidak hanya mempertimbangkan unsur pemenuhan gizi, akan tetapi juga harus praktis, cepat saji, tahan lama dan tidak memerlukan tempat penyimpanan yang lebih besar. Oleh karena itu, kecenderungan konsumen saat ini mengarah pada produk siap saji (instan). Produk pangan serbuk siap saji (instan) merupakan produk pangan yang berbentuk bubuk, berstruktur remah, mudah dilarutkan dengan air dingin maupun panas, mudah dalam penyajian, mudah terdispersi dan tidak mengendap di bagian bawah wadah (Prasetyo, 2003).

Minuman serbuk merupakan jenis minuman yang memiliki umur simpan yang lama sehingga untuk menjaga mutu minuman serbuk instan memerlukan kemasan yang dapat menjaga mutu produk dari kerusakan. Contoh kemasan yang dapat digunakan untuk produk minuman berbentuk serbuk adalah kemasan plastik, kertas, dan aluminium. Menurut Gunasoraya (2001) permeabilitas uap air kemasan adalah kemampuan uap air untuk menembus suatu kemasan pada kondisi suhu RH tertentu, sehingga semakin kecil permeabilitas air kemasan maka daya tembus uap air semakin kecil, begitupun sebaliknya. Umumnya nilai permeabilitas kemasan berguna untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas.

Menurut Pitasari, et al., (2016), Umur simpan secara umum mengandung pengertian rentang waktu antara saat produk mulai dikemas atau diproduksi dengan saat mulai digunakan dengan mutu produk masih memenuhi syarat dikonsumsi jika ditinjau dari segi keamanan, nutrisi, dan sifat fisik, setelah disimpan dalam kondisi yang direkomendasikan. Sementara itu, Floros (1993) menyatakan bahwa umur simpan adalah waktu yang diperlukan oleh produk pangan, dalam suatu kondisi penyimpanan, untuk sampai pada suatu level atau tingkatan degradasi mutu tertentu. Jika melewati waktu tersebut, produk mengalami perubahan-perubahan baik fisika, kimia maupun mikrobiologis seperti kenampakan, cita rasa dan kandungan gizi, bahkan bisa membuat keracunan atau penyakit lainnya.

Informasi umur simpan produk sangat penting bagi banyak pihak, baik produsen, konsumen penjual, dan distributor. Konsumen tidak hanya dapat mengetahui tingkat keamanan dan kelayakan produk untuk dikonsumsi, tetapi juga dapat memberikan petunjuk terjadinya perubahan cita rasa, penampakan dan kandungan gizi produk tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji lama umur simpan dari wedang uwuh bentuk serbuk menggunakan metode Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) dengan cara menyimpan produk pangan pada lingkungan yang menyebabkan cepat rusak baik pada suhu atau kelembapan ruang penyimpanan yang lebih tinggi.

Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dipakai karena waktu pengujian relatif singkat, namun ketetapan dan akurasi tinggi. Digunakan pendekatan arrhenius sebagai persamaan untuk memperhitungkan perubahan energi aktivasi untuk menentukan umur simpan (Syarif, et al., 1993). Tujuan dari penelitian ini yaitu: (1) untuk mengetahui pendugaan umur simpan serbuk wedang uwuh berdasarkan parameter yang terpilih dengan menggunakan metode metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) menggunakan model Arrhenius, (2) untuk

mengetahui jenis kemasan yang mampu mempertahankan mutu minuman lebih baik selama penyimpanan

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oven, desikator kecil, Coloreader, neraca analitik, pencapit logam, sealer, cawan, timbangan digital, pH meter, termometer infrared, termometer ruang dan inkubator dengan suhu (300C, 400C, 500C).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain produk serbuk wedang uwuh yang terdiri dari: jahe, kayu secang, daun pala, daun kayu manis, dan gula pasir yang sudah diolah menjadi serbuk dan dikemas dengan menggunakan empat jenis kemasan yaitu Aluminium foil, Polipropilen, Kombinasi dan kertas lito

Metode Penelitian

Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ASLT (Accelerated Shelf Life Testing) dengan pendekatan model Arrhenius. Metode ASLT menggunakan kondisi suatu lingkungan yang dapat mempercepat (accelerated) terjadinya reaksi penurunan mutu produk pangan (Labuza, et al., 1982). Pengamatan penurunan mutu dilakukan sebanyak lima kali selama 28 hari dengan suhu 300C, 400C, 500C. Parameter yang digunakan adalah parameter yang dianggap paling mempengaruhi kemunduran mutu produk yaitu kadar air, pH dan warna. Metode eksperimen ini digunakan oleh peneliti dalam penyimpanan serbuk wedang uwuh dengan menggunakan 4 jenis plastik dengan suhu penyimpanan 300C, 400C, 500C. Faktor jenis kemasan plastik (P) terdiri dari 4 taraf, yaitu: P1 = Aliminium foil, P2 = Polipropilen, P3 = Kombinasi (polietilen + aluminium foil), dan P4 = Kertas lito. Faktor suhu penyimpanan (T) terdiri dari 3 taraf, yaitu: T1 = 300C T2 = 400C T3 = 500C. Pengukuran atau pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya dilakukan pengujian kadar air, pH, warna. Model rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

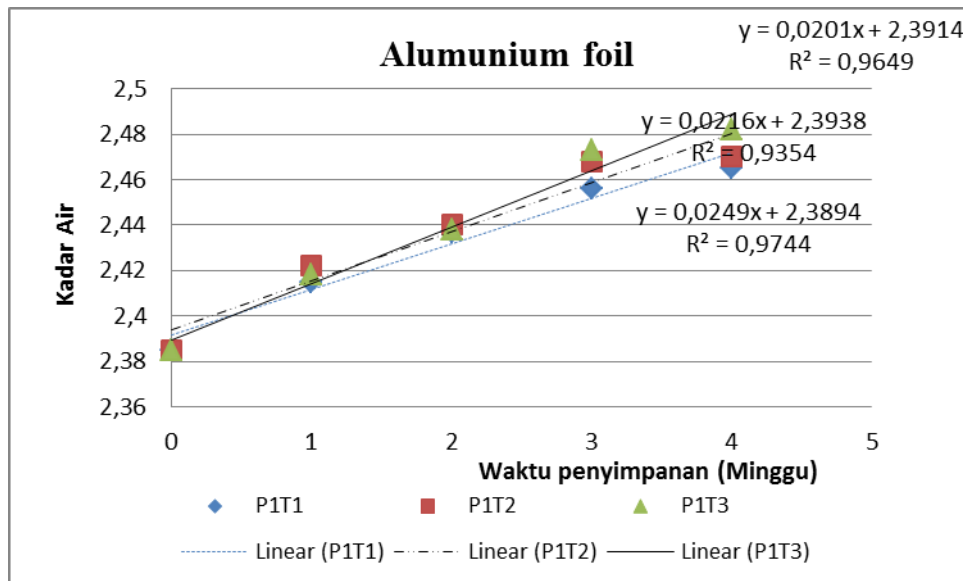
Tabel 1. Rancangan percobaan

Jenis Kemasan (P)	Suhu		
	30 ⁰ C (T1)	40 ⁰ C (T2)	50 ⁰ C (T3)
P1	P1T1	P1T2	P1T3
P2	P2T1	P2T2	P2T3
P3	P3T1	P3T2	P3T3
P4	P4T1	P4T2	P4T3

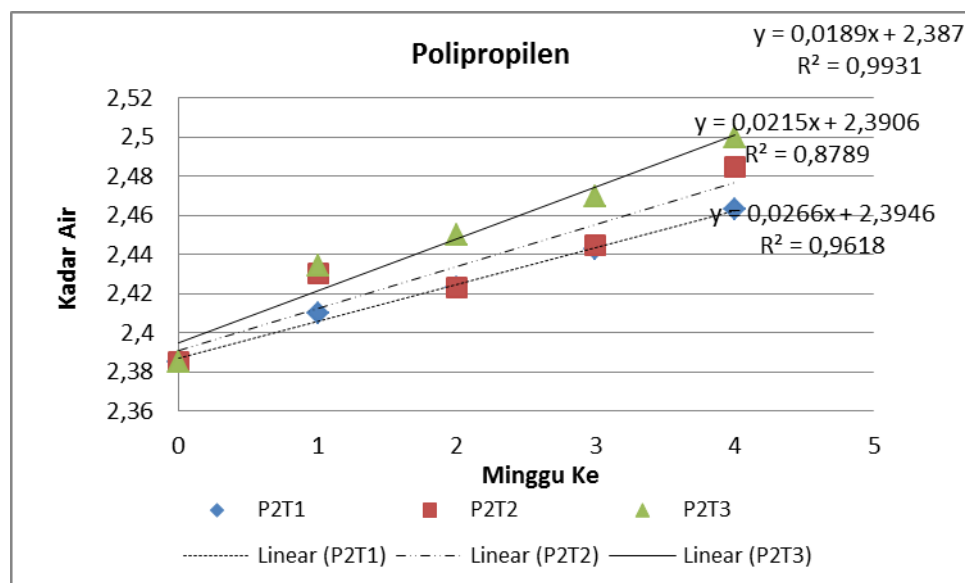
HASIL dan PEMBAHASAN

Kadar Air

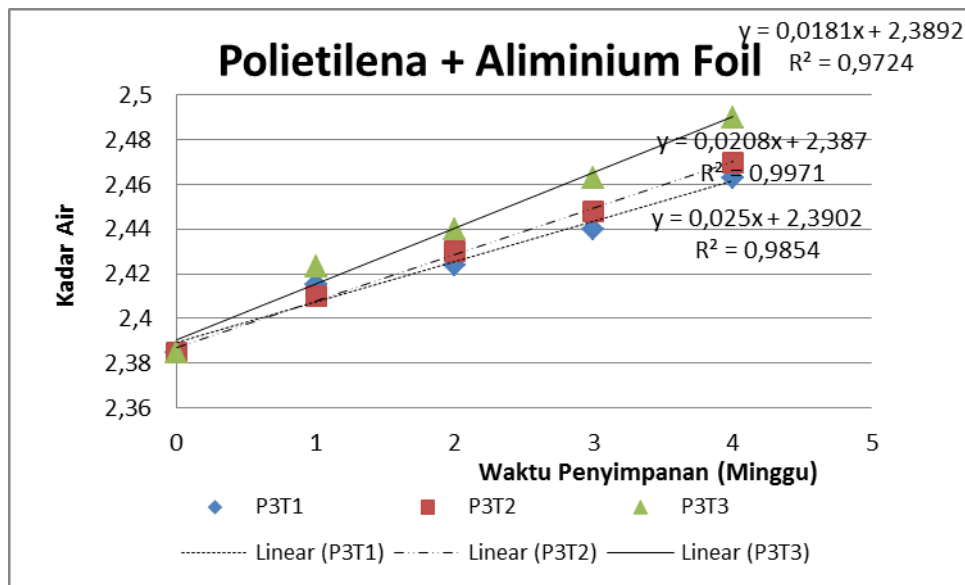
Hasil pengamatan kadar air pada percobaan penyimpanan serbuk wedang uwuh dengan menggunakan 4 jenis kemasan yang berbeda pada suhu 30⁰C, 40⁰C, 50⁰C ditunjukkan pada Gambar 1, 2, 3 dan 4 dibawah ini.



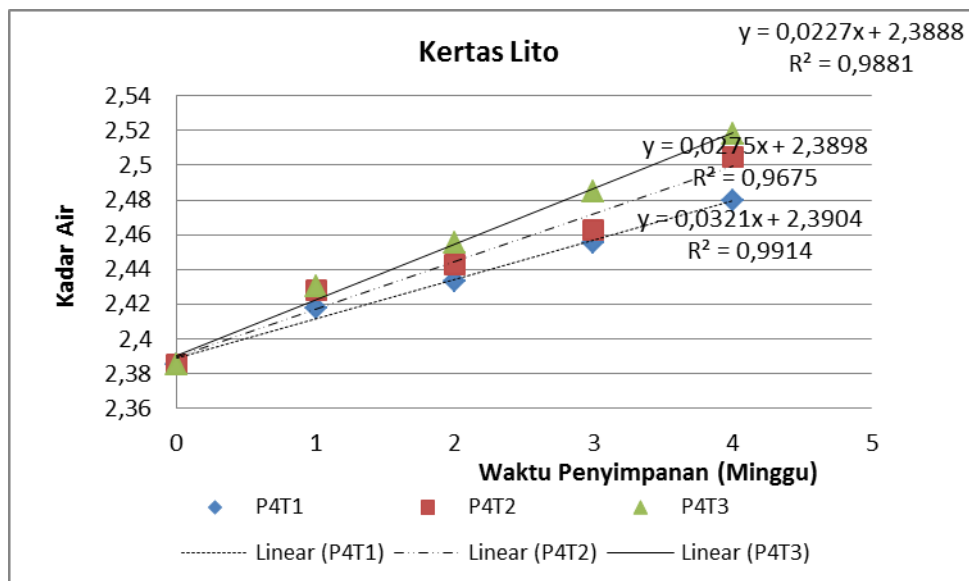
Gambar 1. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kadar air serbuk wedang uwuh pada kemasan alumunium foil



Gambar 2. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kadar air serbuk wedang uwuh pada kemasan polipropilen



Gambar 3. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kadar air serbuk wedang uwuh pada kemasan (polietilena + aluminium foil)



Gambar 4. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kadar air serbuk wedang uwuh pada kemasan kertas lito

Berdasarkan Gambar 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan bahwa kadar air serbuk wedang uwuh cenderung meningkat selama 28 hari penyimpanan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Peningkatan kadar air yang paling besar terjadi yaitu pada serbuk wedang uwuh yang dikemas dengan menggunakan kertas lito sebesar 0,095%, 0,120%, 0,133% kemudian diikuti oleh polipropilen yaitu 0,078%, 0,1%, 0,115%, kemudian plastik kombinasi polietilena + aluminium foil yaitu 0,078%, 0,085%, 0,105%, dan peningkatan kadar air yang paling rendah dialami oleh

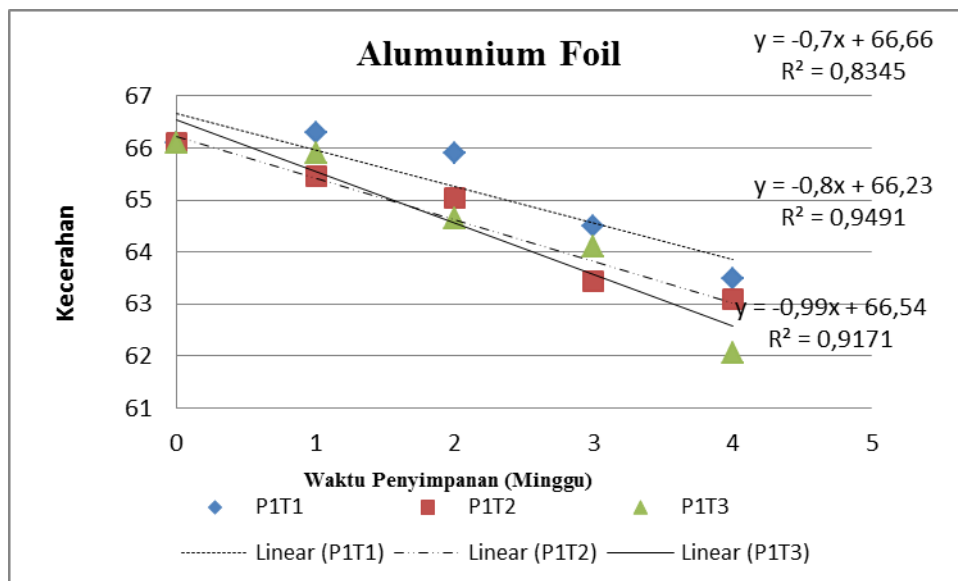
kemasan aluminium foil yaitu 0,08%, 0,085%, 0,097%. perubahan jumlah kadar air serbuk wedang uwuh yang dikemas dengan aluminium foil disebabkan karena kemasan aluminium foil memiliki permeabilitas uap air yang rendah dibandingkan dengan kemasan lainnya, sehingga memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menghalangi masuknya uap air kedalam kemasan (Rizki, 2016).

Peningkatan kadar air bahan pangan dalam kemasan dipengaruhi oleh permeabilitas uap air, sifat penyerapan uap air bahan pangan. Selain itu juga naiknya kadar air serbuk wedang uwuh disebabkan oleh sifat higroskopis serbuk yang semakin lama waktu penyimpanan semakin banyak uap air yang terkait sehingga kadar airnya meningkat (Sukawati, 2005). Menurut Wigelar, (2013) naiknya kadar air serbuk dapat disebabkan adanya permeabilitas bahan kemasan produk terhadap uap air dan kondisi kemasan tersebut, sifat bahan-bahan yang terdapat pada serbuk yang bersifat higroskopis sehingga cenderung mudah menyerap air dari lingkungannya untuk mencapai kondisi kesetimbangan. Permeabilitas yang rendah terhadap uap air menunjukkan kemasan cenderung sulit dilewati oleh partikel uap air. Hal ini senada dengan pendapat Elisabeth, *et al.*, (2016) bahwa semakin rendah permeabilitas kemasan, umur simpan produk semakin lama. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemasan mempengaruhi peningkatan kadar air pada produk. Tingkat permeabilitas kemasan yang berbeda-beda akan menghambat masuknya udara dengan kemampuan yang berbeda pula. Semakin tebal kemasan, maka permeabilitasnya semakin rendah. Sehingga laju peningkatan kadar air akan semakin kecil. Dalam hal ini, kemasan aluminium foil memiliki kemampuan yang paling baik karena laju peningkatan kadar airnya paling kecil.

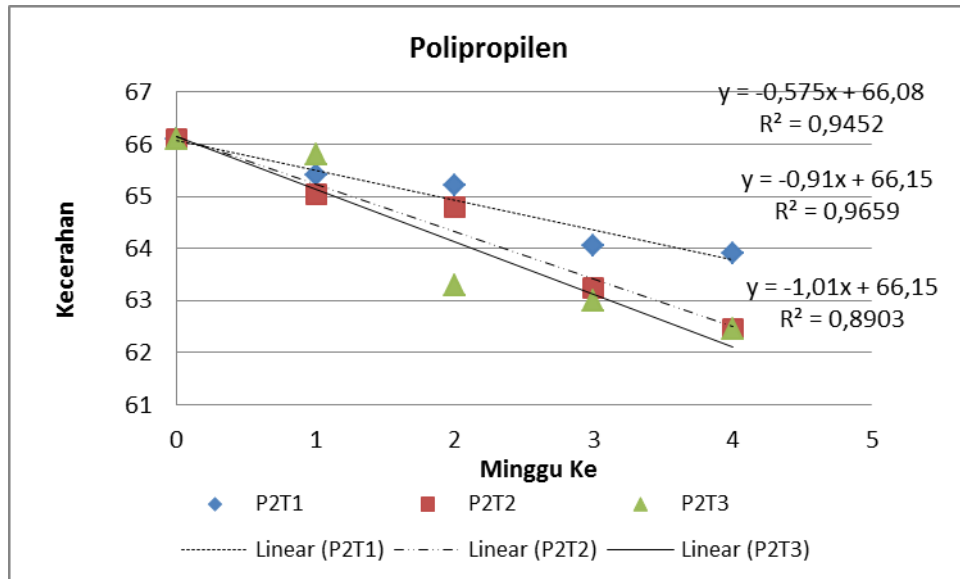
Berdasarkan kondisi yang sama juga dihasilkan dari penelitian Listanti *et al.*, (2019) yang mengemas produk gula kelapa kristal dengan berbagai kemasan menghasilkan produk dalam kemasan aluminium foil memiliki kadar air paling rendah daripada dalam kemasan kertas lito, polipropilen, dan kombinasi. Tingginya kadar air menunjukkan bahwa kemasan dan masa simpan produk mempengaruhi kadar air produk, dimana tingginya kadar air pada kemasan kemasan kertas lito, polipropilen, dan kombinasi diduga dapat disebabkan oleh masuknya udara dari lingkungan ke dalam kemasan dan sifat permeabilitas uap air.

Keccerahan

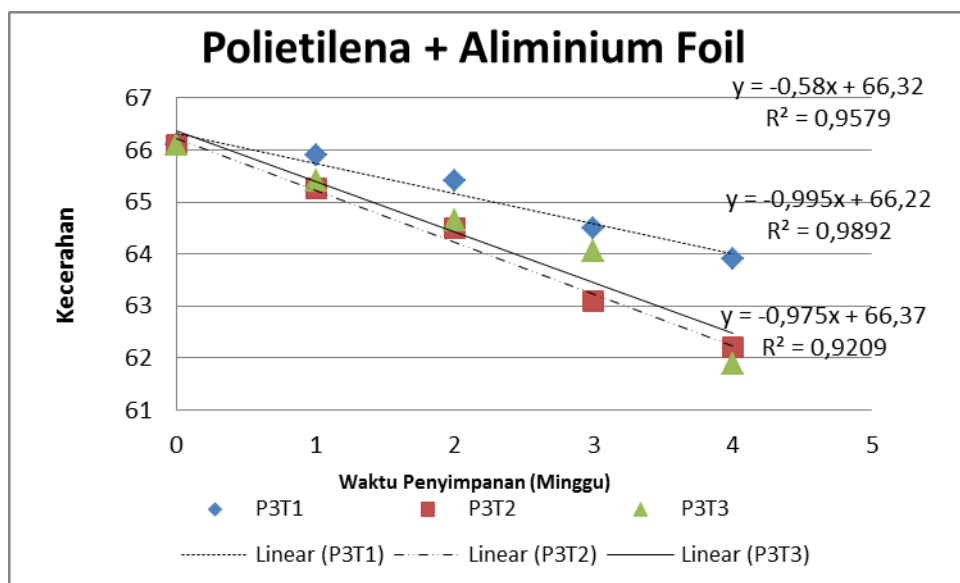
Hasil pengamatan kecerahan pada percobaan penyimpanan serbuk wedang uwuh dengan menggunakan 4 jenis kemasan yang berbeda pada suhu 30°C, 40°C, 50°C ditunjukkan pada Gambar 5, 6, 7, dan 8.



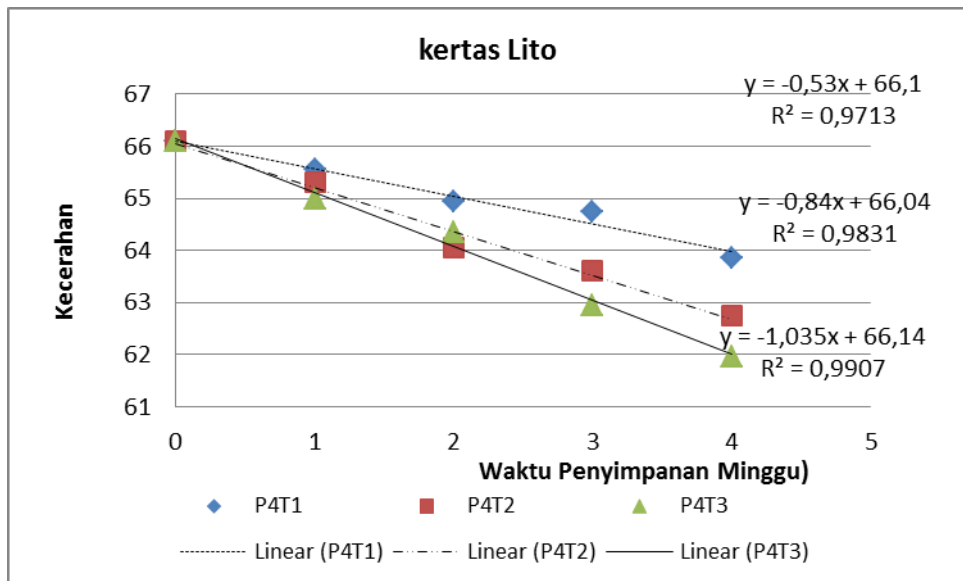
Gambar 5. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kecerahan serbuk wedang uwuh pada kemasan (*aluminium foil*)



Gambar 6. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kecerahan serbuk wedang uwuh pada kemasan (Polipropilen)



Gambar 7. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kecerahan serbuk wedang uwuh pada kemasan Polietilena + *aluminium foil*



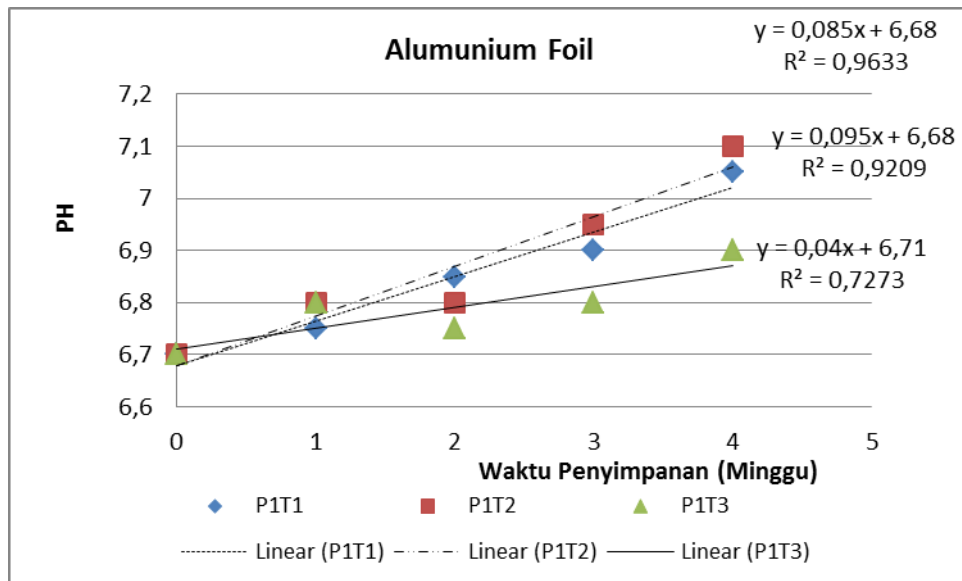
Gambar 8. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan kecerahan serbuk wedang uwuh pada kemasan (Kertas Lito)

Berdasarkan Gambar 5, 6, 7, dan 8 menunjukkan bahwa kecerahan serbuk wedang uwuh cenderung menurun selama 28 hari penyimpanan pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Penurunan kecerahan yang paling besar terjadi pada kemasan kertas lito yaitu 2,25%, 3,35%, 4,15% kemudian diikuti oleh kombinasi polietilena + aluminium foil yaitu 2,2%, 3,9%, 4,12%, kemudian kemasan aluminium foil yaitu 2,6%, 3%, 4,05%, dan penurunan kecerahan yang lambat yaitu kemasan polipropilen 2,2%, 3,65%, 3,65%. Variabel kecerahan yang mampu untuk mempertahankan kecerahan serbuk wedang uwuh yaitu kemasan polipropilen. Hal ini sesuai pendapat Sari *et al.*, (2017) bahwa kemasan polipropilen memiliki daya hambat yang baik terhadap oksigen dan cahaya, sehingga dapat menghalangi masuknya oksigen, karena kehadiran oksigen dapat berpengaruh terhadap perubahan warna produk.

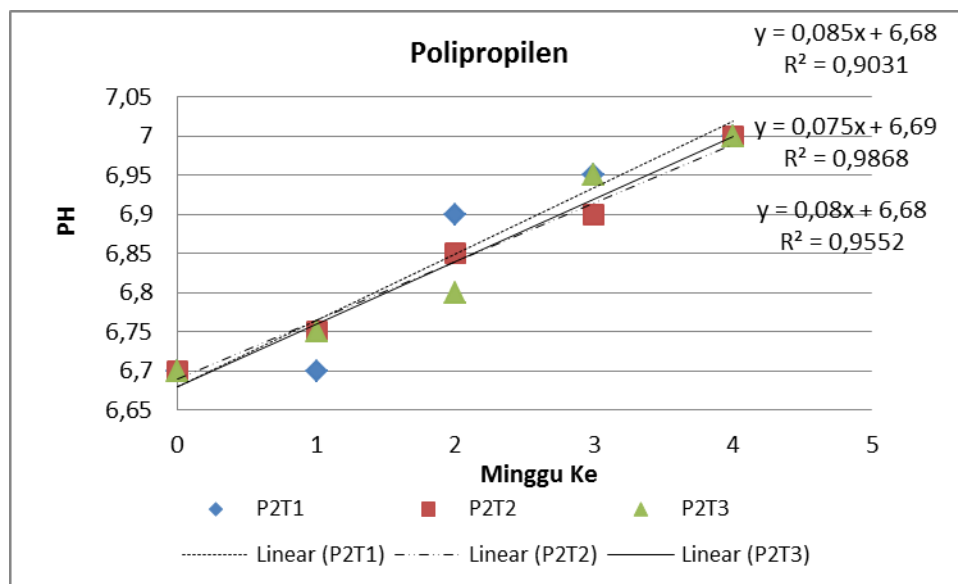
Penurunan kecerahan serbuk wedang uwuh selama penyimpanan disebabkan terjadinya proses *browning*. Tingkat kecerahan serbuk wedang uwuh dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju penurunan *browning* semakin cepat. Reaksi *browning* pada serbuk terjadi akibat adanya konsentrasi asam amino dan gula reduksi yang dipercepat melalui suhu dan waktu sehingga terbentuk pigmen coklat (Wijaya, 2016). Jenis kemasan juga mempengaruhi kecepatan reaksi *browning* pada produk. Sifat kemasan plastik yang mudah ditembus cahaya juga menjadi salah satu penyebab terjadinya reaksi *browning* (Sembiring, *et al.*, 2012). Menurut Wigelar (2013) suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan memuaiannya kemasan sehingga pori-pori kemasan akan membesar. Hal ini tentunya akan mempercepat perpindahan panas dari lingkungan ke dalam kemasan sehingga reaksi *browning* akan terjadi lebih cepat pada suhu tinggi.

pH

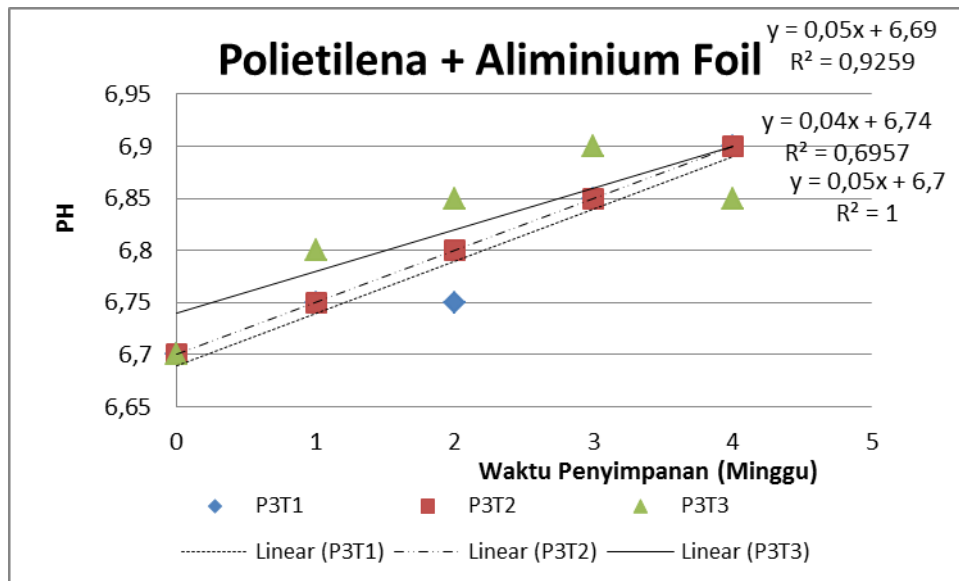
Hasil pengamatan pH pada percobaan penyimpanan serbuk wedang uwuh dengan menggunakan 4 jenis kemasan yang berbeda pada suhu 30°C, 40°C, 50°C ditunjukkan pada Gambar 9, 10, 11, dan 12.



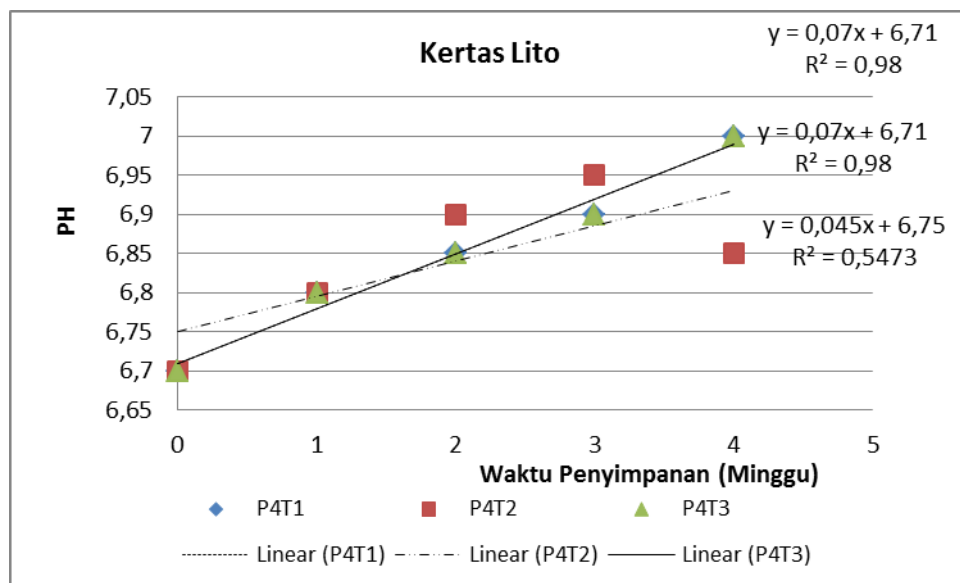
Gambar 9. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan pH serbuk wedang uwuh pada kemasan (*alumunium foil*)



Gambar 10. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan pH serbuk wedang uwuh pada kemasan (Polipropilen)



Gambar 11. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan pH serbuk wedang uwuh pada kemasan Polipropilen



Gambar 12. Grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan pH serbuk wedang uwuh pada kemasan lito

Gambar 9, 11, 11, dan 12 menunjukkan bahwa nilai pH serbuk wedang uwuh cenderung naik selama 28 hari penyimpanan pada 3 suhu yang berbeda yaitu bekisar 6,7-7,1. Menurut pendapat Syaefudin *et al.*, (2016), Kenaikan nilai pH disebabkan oleh reaksi oksidasi yang terjadi selama penyimpanan. Beberapa reaksi oksidasi menghasilkan OH⁻ yang akan meningkatkan nilai pH keseluruhan minuman, terutama yang mengandung bahan baku polisakarida. Selama penyimpanan pH serbuk wedang uwuh semakin meningkat akibat adanya aktivitas mikroorganisme perusak yang dapat menurunkan mutu serbuk wedang uwuh. Dengan meningkatnya aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme maka semakin cepat kerusakan yang terjadi pada serbuk wedang uwuh. Hal ini sesuai dengan Wicaksono *et al.*, (2011) dalam Rahman *et al.*, (2018) yang menyatakan, bahwa semakin lama penyimpanan pada suhu ruang

akan semakin banyak basa yang dihasilkan akibat semakin meningkatnya aktivitas mikroorganisme yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya pembusukan.

Perhitungan Umur Simpan dengan Metode Arrhenius

Menurut Hariyadi (2004), ada beberapa kriteria dalam pemilihan parameter mutu untuk menentukan umur simpan produk: 1) parameter mutu yang paling cepat mengalami penurunan selama penyimpanan yang ditunjukkan dengan nilai koefisien k mutlak atau nilai koefisien determinasi (R^2) paling besar, 2) parameter mutu yang paling sensitif terhadap perubahan suhu yang dilihat data nilai selope persamaan arrhenius yang paling rendah, 3) bila terdapat lebih dari satu parameter mutu yang memenuhi kriteria maka dipilih parameter mutu yang memiliki umur simpan yang paling pendek dan memiliki energi aktivasi terkecil. Parameter yang memiliki persyaratan untuk dipilih sebagai acuan dalam penentuan umursimpan adalah parameter kadar air. Hal ini disebabkan pada parameter ini, nilai R^2 paling besar dan energi aktivasinya rendah.

Hubungan $\ln k$ sebagai koordinat y dengan $1/T$ sebagai absis x, akan memberikan persamaan garis seperti $y=a+bx$. Slope atau b akan sama dengan (E_a/RT) dan intersep atau a akan sama dengan $\ln K_0$. Nilai suhu pada persamaan Arrhenius adalah dalam skala Kelvin (K). Konversi skala derajat Celcius menjadi skala Kelvin dilakukan dengan menambah nilai pada skala derajat Celcius dengan 273 (30°C atau 303 K, 40°C atau 313K, 50°C atau 323K).

Tabel 2. Nilai slope, intersep, dan R^2 persamaan ordo reaksi terpilih pada parameter kadar air, pH, dan kecerahan

Parameter Mutu	Kemasan	Persamaan Arrhenius (Orde Reaksi Terpilih)	Slope (k)	Intersep	R^2
Kadar Air	Aluminium Foil	$y = 0.0201x + 2.3914$	0,0201	0,474	0.9649
	PoliPropilen	$y = 0.0189x + 2.387$	0.0189	0,923	0.9931
	Polietilen + Aluminium Foil	$y = 0.0181x + 2.3892$	0,0181	0,597	0.9724
	Kertas Lito	$y = 0.0227x + 2.3888$	0,0227	1,819	0.9881
pH	Aluminium Foil	$y = 0.0124x + 1.8993$	0,0124	16,05	0.9657
	PoliPropilen	$y = 0.07x + 6.71$	0.085	35,17	0.9031
	Polietilen + Aluminium Foil	$y = 0.0074x + 1.9007$	0,0074	25,29	0.9267
	Kertas Lito	$y = 0.085x + 6.68$	0,07	33,1	0.98
Kecerahan	Aluminium Foil	$y = -0.7x + 66.66$	0,7	5,211	0.8345
	PoliPropilen	$y = -0.575x + 66.08$	0.575	57,16	0.9452
	Polietilen + Aluminium Foil	$y = -0.58x + 66.32$	0,58	8,024	0.9579
	Kertas Lito	$y = -0.53x + 66.1$	0,53	7,472	0.9713

Perubahan Laju Reaksi Mutu Melalui Perhitungan energi aktivasi

Nilai energi aktivasi diperoleh dengan menggunakan persamaan arrhenius. Persamaan arrhenius pada parameter kadar air orde reaksi yaitu $\ln k = -1043.9 (1/T) - 0.4742$, sehingga diketahui bahwa nilai slope (E_a/RT) adalah -1043.9 maka nilai energi aktivasi:

$$E_a = -1043.9 \times R$$

$$E_a = -1043.9 \times 1.986 \text{ kal.K}^{-1}.\text{mo}^{-1}$$

$$E_a = -2073.185$$

Hasil energi aktivasi pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan mutu serbuk wedang uwuh pada setiap perlakuan. Perbedaan mutu serbuk wedang uwuh ditandai berdasarkan nilai E_a .

Semakin tinggi nilai Ea menunjukkan penurunan mutu lebih cepat. Kemasan kertas lito pada parameter kadar air memiliki nilai Ea paling besar sehingga lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan dengan menggunakan polipropilen, aluminium foil, polietilena + aluminium foil, dan. Pada parameter pH Kemasan polipropilen memiliki nilai Ea paling besar sehingga lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan dengan menggunakan aluminium foil, polietilena + aluminium foil, dan kertas lito. Pada parameter kecerahan kemasan polipropilen memiliki nilai Ea paling besar sehingga lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan dengan menggunakan aluminium foil, polietilena + aluminium foil, dan kertas lito.

Tabel 3. Nilai energi aktivasi (Ea) dan (R^2) berbagai parameter kadar air, pH, dan kecerahan pada serbuk wedang uwuh

Parameter	Kemasan	Persamaan Arrhenius	R^2	Energi aktivasi
Kadar air	PoliPropilen	$\ln k = -1574.3x + 0.9237$	0,08	3126,56
	Polietilen + Aluminium Foil	$\ln k = -1485.5x + 0.597$	0,077	2950,203
	Kertas Lito	$\ln k = -1696.9x + 1.8191$	0,998	3370,043
pH	Aluminium Foil	$\ln k = 3583.5x - 16.059$	0,626	7116,831
	PoliPropilen	$\ln k = 9810.5x - 35.172$	0,743	19483,653
	Polietilen + Aluminium Foil	$\ln k = -9246.4x + 25.292$	0,733	18363,35
	Kertas Lito	$\ln k = 9321.8x - 33.104$	0,733	18513,095
Kecerahan	Aluminium Foil	$\ln k = -1691.5x + 5.2111$	0,977	3359,319
	PoliPropilen	$\ln k = 17380x - 57.168$	0,64	34516,68
	Polietilen + Aluminium Foil	$\ln k = -2570x + 8.0248$	0,737	5104,02
	Kertas Lito	$\ln k = -2852.8x + 7.4727$	0,015	5665,661

Hasil energi aktivasi dapat dipengaruhi oleh adanya faktor luar (suhu lingkungan dan lama penyimpanan) yang dapat menyebabkan perubahan kondisi, perubahan laju reaksi atau menghasilkan reaksi yang tidak sempurna. Perubahan kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya variasi terhadap nilai energi aktivasi yang diamati. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Robertson (1999) suatu jenis reaksi yang panjang dan terdiri atas banyak tahapan mempunyai energi aktivasi pada masing-masing tahapan. Faktor luar dapat menyebabkan perubahan kondisi, perubahan alur reaksi atau menghasilkan reaksi yang tidak sempurna. Perubahan kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya variasi terhadap nilai energi aktivasi yang teramati. Variasi nilai energi aktivasi pada reaksi sederhana dapat terjadi jika perubahan pH, kadar air, dan kecerahan selama reaksi berlangsung.

Pendugaan Umur Simpan Serbuk Wedang Uwuh Dalam Kemasan

Gambar 13 menunjukkan garis hubungan antara nilai ($\ln k$) dengan nilai ($1/T$). Persamaan Arrhenius yaitu $y = -1043, x - 0,474$. Hasil persamaan Arrhenius digunakan untuk menghitung umur simpan serbuk wedang uwuh dalam kemasan *aluminium foil* pada suhu ruang (30°C atau 303°K). Adapun perhitungan dengan metode Arrhenius sebagai berikut.

$$\ln k = -1043 (1/T) - 0,474 \quad \ln k = -1043 (1/303) - 0,474 \quad \ln k = -3,91624$$

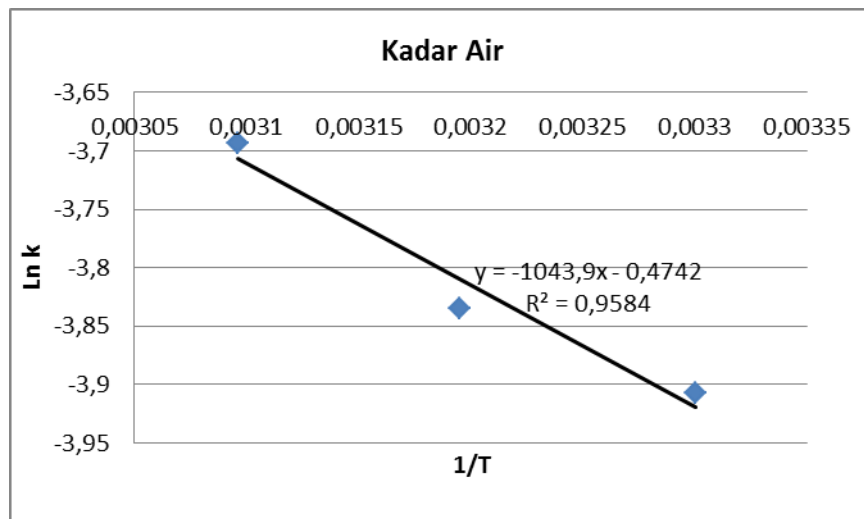
$$k = 0,019916$$

Setelah diketahui nilai k , umur simpan serbuk wedang uwuh pada suhu ruang (30°C atau 303°K), berdasarkan parameter kadar air orde reaksi nol adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{A_0 - A_t}{k}$$

$$t = \frac{2,385 - 3}{0,019916}$$

$$t = 30,88 \text{ minggu}$$



Gambar 13. Grafik plot Arrhenius hubungan nilai k dan (1/T) parameter kadar air dalam kemasan aluminium foil

Hubungan Suhu dengan Umur Simpan

Suhu penyimpanan sangat berhubungan dengan umur simpan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Umur simpan serbuk wedang uwuh dalam kemasan dan suhu penyimpanan yang berbeda.

Kemasan	Umur simpan (minggu)		
	suhu 30°C	suhu 40°C	Suhu 50°C
Aluminium Foil	30	27	24
PoliPropilen	44	37	31
Kombinasi	45	38	33
Kertas Lito	26	22	19

Pada Tabel 5. Hasil penelitian menunjukkan kemasan aluminium foil + polietilena memiliki umur simpan paling lama dibandingkan dengan kemasan aluminium foil, polipropilen, kertas lito pada suhu 30°C, 40°C, 50°C. Hal ini diduga karena tingkat permeabilitas kemasan terhadap uap air dan tingkat kerapatan kemasan yang berpengaruh terhadap ketersediaan oksigen dalam produk. Menurut Elisabeth *et al.*, (2016) bahwa Permeabilitas yang rendah terhadap uap air menunjukkan kemasan cenderung sulit dilewati oleh partikel uap air. Semakin rendah permeabilitas kemasan, umur simpan produk semakin lama.

Menurut interkemas Flexipack, (2003) dalam Muhalla, (2019) aluminium foil memiliki permeabilitas dan kerapatan yang paling baik. Sifat-sifat yang dimiliki aluminium foil memiliki densitas 2,7 g/cm paling baik untuk bahan penghalang dari udara, cahaya, lemak, dan uap air, memiliki sifat mekanis yang baik, memiliki sisi kilap dan buram, rentan terlipat dan keriput, mudah dibentuk, konduktor yang baik, bebas dari bau, dan suhu tinggi. Polietilen merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. Berdasarkan sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik, polietilen mempunyai

ketebalan 0.001 sampai 0.01 inchi, yang banyak digunakan sebagai pengemas makanan, karena sifatnya yang thermoplastik, polietilen mudah dibuat kantung dengan derajat kerapatan yang baik. Sehingga, kombinasi antara aluminium foil + polietilena di anggap paling baik untuk menyimpan produk makanan.

KESIMPULAN

Dari riset yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa kemasan kombinasi (Polietilena + alumunium foil) merupakan kemasan yang mampu mempertahankan umur simpan paling lama dibandingkan dengan kemasan aluminium foil, polipropilen, dan kertas lito yaitu pada penyimpanan suhu 30⁰C umur simpan hingga 45 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Elisabeth, D. A. A. & Setijorini, L. E. 2016. Pendugaan Umur Simpan Mi Kering Dari Tepung Komposit Terigu, Keladi, Dan Ubi Jalar. *Jurnal Matematika, Saint, dan Teknologi*. Universitas Terbuka, Jakarta. Vo 17, No 1 : 20-28
- Floros, J. D. 1993. *Shelf Life Prediction of Packaged Foods*. Dalam: *Shelf Life Studies of Foods and Beverages*. Charalambous G (ed). Elsevier Publishing. New York.
- Gunasoraya. 2011. Penentuan Umur Simpan Produk Terkemas. Diakses 27 Juni 2019. <http://gunasoraya.blogspot.com/2011/01/alpukat-persea-americana.html>
- Hariyadi, P. & Andarwulan, N. 2004. *Prinsip – Prinsip Pendugaan Masa Kadaluarsa dengan Metode Accelerated Shelf Life Tes*. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluarsa (*Shelf Life*). Pusat Studi Pangan dan Gizi, IPB. Bogor.
- Herdiana, D. D., R., Utami, & Anandito, R. B. K. (2014). Kinetika Degraasi Termal Aktivitas Antioksidan Pada Minuman Tradisional Wedang Uwuh Siap Minum. *Jurnal Teknosains Pangan* Vol 3 (3) : 46-53
- Listanti, R., & Ediati R. 2018. Pendugaan Umur Simpan Gula Kelapa Kristal Menggunakan Metode *Accelerated Shelf Lifetesting* Dengan Berbagai Jenis Kemasan. *Jurnal Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VIII* 14-15. Universitas Jendral Soedirman
- Muhalla, M. H. 2019. Kinetika Perubahan Tekstur Dan Warna Bawang Putih (*Allium Sativum*) Semama Proses Produksi Black Garlic. *Skripsi Teknik Pertanian*. Universitas Jember. Jember
- Prasetyo Y. T. 2003. *Teknologi Tepat Guna Instan Jahe, Kunyit, Kencur, Temulawak*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta.
- Rahman, A. N., Mahendradatta M., & Effendi, J. 2018. Pengaruh Kemasan Terhadap Mutu Sale Pisang Raja (*Musa X Paradisiaca* AAB) Selama Penyimpanan. *Jurnal Canrea*. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Rizki, V. 2016. Pengaruh Penggunaan Nitrogen Dan Jenis Pengemas Terhadap Kualitas Kripik Dari Tepung Kentang Varietas Granola Yang Dilapisi *Edibele Coating* Selama Penyimpanan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jendral Soedirman.
- Sari, S. D., Dali, F. A., & Harmain, R. M. H. 2017 Karakteristik Organoleptik Stik Alga Laut *Kappaphycus Alvarezii* Fortifikasi Tepung Udang Rebon (*Mysis Sp*) Selama Penyimpanan Dalam Kemasan Polipropilen. *Jurnal Entropi*. Teknologi Hasil Perikanan. Universitas Negeri Gorontalo.
- Syarief, R. & Halid, H. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor

- Sembiring, B.S. & Hidayat, T. 2012. Perubahan Mutu Lada Hijau Kering Selama Penyimpanan Pada Tiga Macam Kemasan dan Tingkatan Suhu. *Jurnal Littri*. Bogor. Vol 18, No 3, Hal 115-124.
- Sukawati, E. D. 2005. Penentuan umur simpan biji dan bubuk lada hitam dengan metode akselerasi. *Skripsi* Fateta. IPB, Bogor.
- Syaefudin., Mega, S., & Uswatun, H. 2016. Stabilitas Total Fenolik, Aktivitas Antioksidan, Dan Aktivitas Penghambatan A-Glukosidase Pada Minuman Fungsional Berbasis Sirih Merah (*Piper Crocatum* Ruiz & Pav.). *Jurnal Gizi Pangan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Vol 11: 83-90.
- Wigelar, O. T. 2013. Pendugaan Umur Simpan Susu Skin Serbuk Dengan Metode Foam-Mat Drying Dengan Berbagai Suhu Penyimpanan Yang Di Kemas Dalam Aluminium Foil. *Skripsi*. Fakultas Teknik. UNPAS.
- Wijaya, A. D. 2016. Penduggan Umur Simpan Serbuk Jamu Jahe Dengan *Metode Accelerated Shelf life Testing (ASLT)* Model Arrhenius. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jendral Soedirman.

Distribusi Suhu Udara di Permukaan Chamber Aeroponik dengan Aplikasi Fogging System Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Azhiimatun Qurrotu A'yuni^{1,*}, Eni Sumarni², Ardiansyah³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian. Jurusan Teknologi Pertanian. Unsoed

^{2,3}Jurusan Teknologi Pertanian. Universitas Jenderal Soedirman

*Korespondensi, Email: arny0565@gmail.com

ABSTRAK

Aplikasi *fogging system* menjadi salah satu cara dalam menurunkan suhu *greenhouse* akibat pengaruh efek rumah kaca/*greenhouse*. Namun, dalam distribusinya *droplet* pengkabutan seringkali tidaklah merata. Beberapa kendala tersebut seperti bentuk *nozzle*, ukuran *nozzle*, ketinggian *nozzle*, jarak *nozzle*, jumlah *nozzle* yang dapat mempengaruhi iklim mikro yang tercipta di dalam *greenhouse*. Biaya yang besar diperlukan untuk memastikan iklim mikro seperti suhu udara di dalam *greenhouse* karena harus membangun objek yang sesungguhnya dan alat ukur yang memadai. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memprediksi distribusi suhu di dalam *greenhouse* menggunakan simulasi CFDSOF. Efektivitas *fogging system* ini sangat diperlukan untuk menjaga pertumbuhan dan perkembangan tanaman khususnya pada kondisi suhu udara yang tinggi di dalam *greenhouse*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui distribusi suhu udara di sekitar bagian atas tanaman. Penelitian dilaksanakan di *Experimental Farm*, Fakultas Pertanian dari bulan Januari sampai Maret 2019. Variabel yang diamati adalah distribusi suhu pada *greenhouse* tipe *arch* pada aplikasi *fogging system*. Analisis data menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD), dalam penelitian ini digunakan CFDSOF. Prediksi menggunakan CFDSOF melalui tahap pembuatan geometri, *meshing*, *initial condition*, *boundary condition*, dan *simulation model*. Simulasi CFDSOF dilakukan selama 15 menit untuk mengetahui distribusi suhu selama *fogging system* diaplikasikan (dinyalakan).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa CFDSOF mampu memvisualisasikan distribusi suhu dengan aplikasi *fogging system*. *Fogging system* dengan penggunaan suhu air keluaran dari ember penampung sebesar 28°C kurang memberikan efek dingin (penurunan suhu udara) pada saat udara di dalam *greenhouse* bersuhu tinggi (> 35 °C). Persentase rerata *error* yang dihasilkan dari hasil simulasi CFD dan pengukuran yaitu 10.5%. Nilai *error* dapat diturunkan dengan perbaikan asumsi, perbaikan geometri dan input simulasi CFD.

Kata kunci: Greenhouse, hidroponik, fogging system, CFD, CFDSOF

Air Temperature Distribution on Aeroponic Chamber Surfaces with Fogging System Applications Using Computational Fluid Dynamics (CFD)

ABSTRAK

The application of fogging system is one way to reduce the temperature of the greenhouse due to the effect of the greenhouse effect. However, in the distribution of fogging droplets are often not evenly distributed. Some of these obstacles such as the shape of the nozzle, the size of the nozzle, the height of the nozzle, the distance of the nozzle, the number of nozzles that can affect the microclimate created in the greenhouse. High costs are needed to ensure the microclimate such as the temperature in the greenhouse because they have to build real objects and adequate measuring devices. Therefore, efforts are needed to predict the temperature

distribution in the greenhouse using CFDSOF simulations. The effectiveness of this fogging system is indispensable for maintaining plant growth and development, especially in conditions of high air temperatures in the greenhouse. The purpose of this study is to determine the distribution of air temperature around the top of the plant. The study was conducted at the Experimental Farm, Faculty of Agriculture, from January to March 2019. The observed variable was the temperature distribution in the arch type greenhouse in the fogging system application. Data analysis using Computational Fluid Dynamic (CFD), in this study CFDSOF was used. Prediction using CFDSOF through the stages of making geometry, meshing, initial conditions, boundary conditions, and simulation models. CFDSOF simulations are carried out for 15 minutes to determine the temperature distribution during the fogging system is applied (turned on).

The results showed that CFDSOF was able to visualize the temperature distribution with the application of fogging systems. Fogging system with the use of the output water temperature of the container bucket of 28 ° C does not provide the effect of cold (decrease in air temperature) when the air in the greenhouse is high temperature (> 35 ° C). The average percentage error resulting from CFD simulation results and measurements is 9-11%. Error values can be reduced by improving the assumptions and input of CFD simulations.

Keywords: Greenhouse, hydroponics, fogging system, CFD, CFDSOF

PENDAHULUAN

Iklim mikro di dalam *greenhouse*/rumah tanaman merupakan faktor penting untuk dikendalikan agar sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tingginya radiasi matahari di daerah tropika basah seperti Indonesia mempengaruhi iklim yang terbentuk di dalam *greenhouse*. Upaya menurunkan suhu udara dengan rekayasa iklim telah dilakukan, seperti pendinginan terbatas zona perakaran pada penanaman secara aeroponik (Sumarni *et al.*, 2013ab). Untuk tanaman-tanaman yang memerlukan suhu udara rendah, perlu dilakukan upaya pengendalian baik suhu di atas permukaan tanaman ataupun di bawah permukaan tanaman. Namun bagaimana pengaruh penurunan suhu di dataran rendah dengan upaya mendinginkan daerah di atas permukaan tanaman belum banyak dikembangkan, terutama untuk komoditas tanaman yang berasal dari dataran tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan prediksi distribusi suhu udara di sekitar permukaan *chamber* aeroponik dalam rangka menyiapkan kondisi yang optimal sebelum penanaman menggunakan aplikasi *fogging system*.

Aplikasi *fogging system* merupakan sistem pengkabutan air melalui *nozzle* yang berfungsi untuk menjaga suhu sekaligus kelembaban udara dalam *greenhouse* yang hemat energi (Misra dan Ghost, 2017; Ahmed *et al.*, 2006; Arbel *et al.*, 1999; Hardanto dan Yuniati, 2015). Distribusi suhu dalam *greenhouse* pada penggunaan *fogging system* perlu untuk diketahui agar merata disetiap bagian tanaman. Namun, hal ini dapat terkendala jika digunakan pada sistem penanaman aeroponik dengan lubang tanam yang banyak dan jumlah alat ukur yang ada terbatas. Oleh karena itu, perlu adanya analisis distribusi menggunakan pendekatan yang dapat menghemat biaya namun dapat merepresentasikan distribusi udara pada aplikasi *fogging system* dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Penggunaan CFD untuk mengetahui distribusi suhu udara di dalam rumah tanaman telah digunakan (Niam, 2011, Ciptaningtyas *et al.*, 2017, Fahmi *et al.*, 2014, Franco *et al.*, 2014). Analisis CFD dengan bantuan *software* CFDSOF mampu menghasilkan gambar kontur dan simulasi distribusi suhu udara dengan mudah dan hemat biaya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui distribusi suhu udara di sekitar bagian atas tanaman.

METODE PENELITIAN

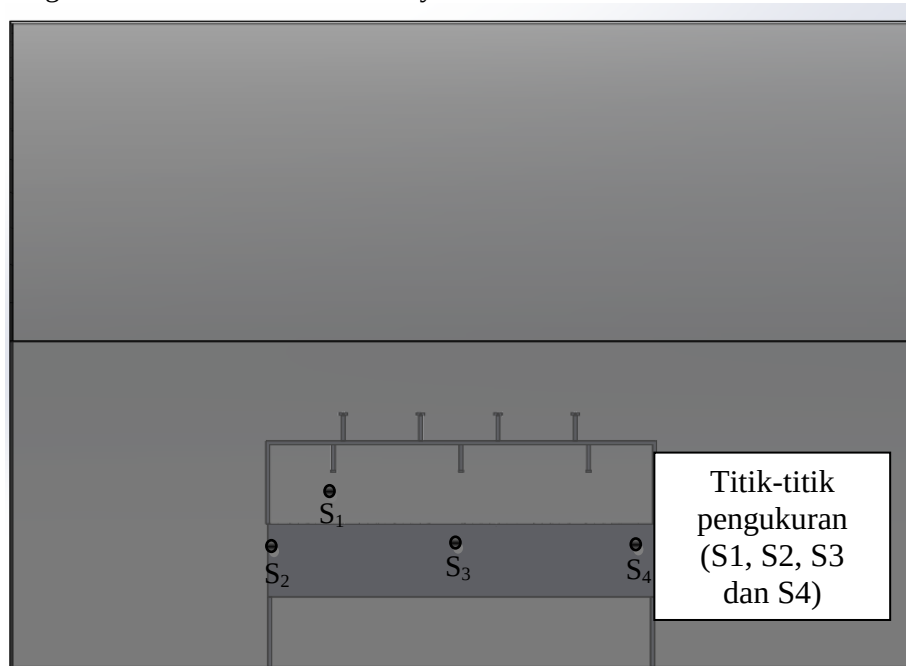
Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *greenhouse* tipe *Arch* dan *chamber* aeroponik yang terbuat dari besi dengan panjang 3 m dan lebar 1 m. *Stryrofoam* dengan ketebalan 2 cm sebagai penutup *chamber*. Pompa air digunakan untuk perangkat *fogging system* dan penggunaannya dikontrol dengan *timer*. Bak penampung air untuk *fogging system* disiapkan dengan kapasitas 70 liter. Perangkat *fogging system* dibuat dari beberapa pipa PVC yang disambungkan dengan *coolnet sprinkler light green* dengan tipe 4 *head nozzle*. Pipa yang terpasang antara lain pipa PVC ukuran 1 inci, $\frac{3}{4}$ inci, dan $\frac{1}{2}$ inci, serta diperlukan perangkat pipa sebagai penghubung seperti *valve socket*, *knee*, *tee*, *reducer socket*, *dop*, *stop kran*, dan *sock drat* luar. Alat ukur yang digunakan yaitu termometer *hygrometer* digital, EC meter, dan lux meter. Selain itu, diperlukan *software* CFDSOF untuk melakukan analisis simulasi fluida.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental dan analisis komputasi melalui simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Perangkat *fogging system* dipasang pada box aeroponik dengan ketinggian 60 cm. *Fogging system* akan menyala selama 15 menit dan mati selama 5 menit. *Fogging system* akan mulai bekerja ketika intensitas cahaya matahari mencapai nilai lebih besar dari 32280 lux. Hal ini karena Chang (1968) menyatakan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan untuk nilai tertinggi pada tanaman dataran tinggi seperti kentang sebesar 32280 lux. Pengukuran di lapangan berupa suhu udara dan intensitas radiasi matahari dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

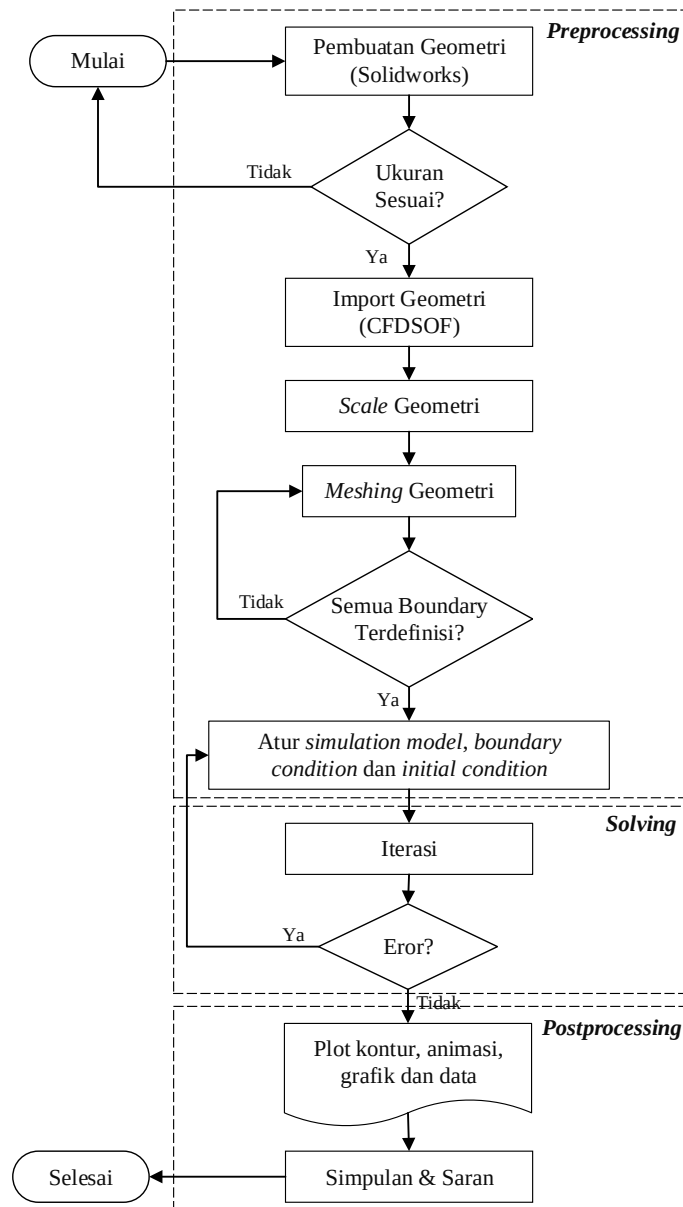
Data suhu udara harian di dalam *greenhouse* di record dari pukul 6 sampai pukul 18.00 WIB. Data untuk simulasi CFD diambil dengan peletakan alat suhu udara pada titik S1 sampai S4 (Gambar 1). Selain itu, pengukuran suhu air dilakukan ketika *fogging system* pertama kali menyala dengan nilai rata-rata suhu normalnya sebesar 28°C.



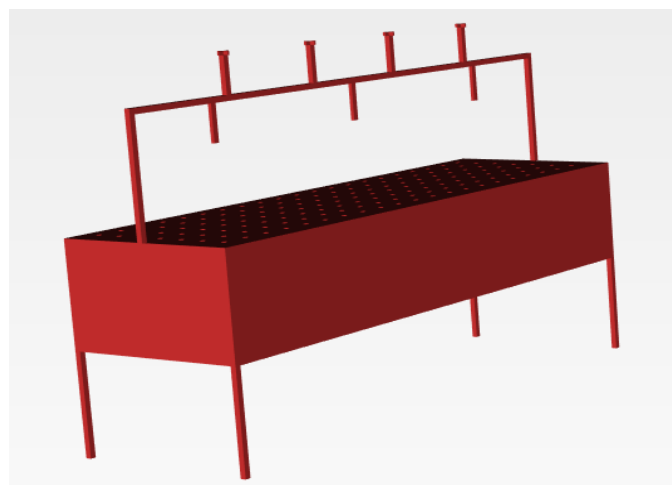
Gambar 1. Titik pengukuran data pada objek penelitian.

Analisis komputasi dilakukan dengan melihat fenomena yang terjadi dalam *greenhouse* tipe *arch* akibat aplikasi *fogging system* menggunakan CFDSOF dengan alur seperti pada Gambar 2. Simulasi akan dilakukan selama 15 menit ketika *fogging system* mulai menyala. Asumsi penting yang digunakan dalam simulasi adalah fluida dianggap hanya 1 fasa yaitu udara pada tekanan atmosfer, dimana keluaran dari *fogging system* berupa udara dengan suhu rendah sesuai pada suhu air yang diukur untuk pengkabutan. Selain itu, lubang-lubang *nozzle* yang sangat kecil (diameter 0.1 mm) pada *coolnet* dimodelkan dengan geometri yang lebih sederhana seperti terlihat pada Gambar 3. Beberapa asumsi lain yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Solusi perhitungan bergantung pada waktu.
2. Domain analisis 3D dengan beberapa simplifikasi sebagai berikut:
 - a. Bak penampung air diabaikan.
 - b. Pipa yang menyalurkan air dari bak dipotong sehingga panjangnya sama dengan panjang box aeroponik.
 - c. Geometri detail dari *coolnet* diwakilkan dengan bentuk sederhana.
3. Densitas udara tidak berubah secara signifikan.
4. Memperhitungkan efek boyansi (gravitasi).
5. Aliran bersifat turbulen.
6. Mekanisme pendinginan berupa penyemprotan air dari lubang-lubang *nozzle* dimodelkan dengan peralatan-peralatan (*coolnet*, box aeroponik, dan pipa saluran air) yang diberi temperatur yang tetap dan sama dengan temperatur air.
7. Temperatur lingkungan luar konstan pada semua sisi *greenhouse*.
8. Temperatur lingkungan luar konstan terhadap waktu.
9. Tanaman tidak memberikan pengaruh terhadap distribusi suhu yang terjadi.



Gambar 2. Diagram alir simulasi CFDSOF.

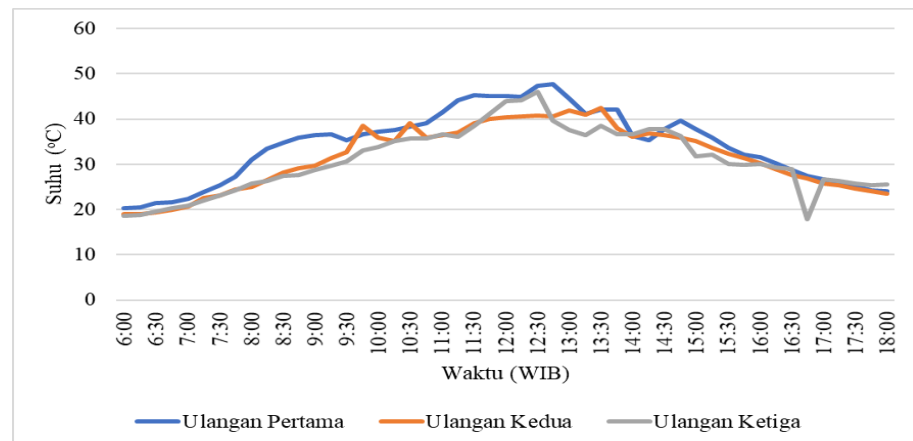


Gambar 3. Asumsi simplifikasi perangkat *fogging system* pada chamber aeroponik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Suhu *Greenhouse* Tipe Arch

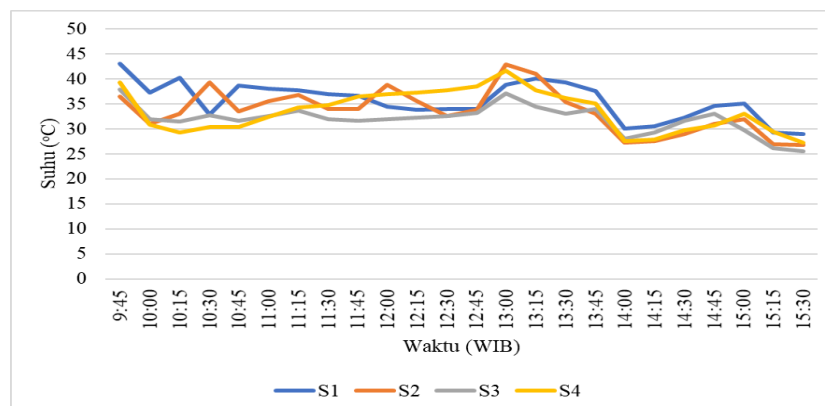
Suhu udara di dalam *greenhouse* tipe Arch dari 3 kali penukuran didapatkan bahwa, suhu udara pada saat matahari terik pukul 12.30 WIB rata-rata 44,7 °C. Tingginya suhu udara dipengaruhi oleh bentuk, material dan konstruksi *greenhouse* serta rendahnya sirkulasi udara di dalam *greenhouse*.



Gambar 4. Distribusi suhu di dalam *greenhouse* tanpa aplikasi *fogging system*

Distribusi Suhu pada Aplikasi *Fogging System*

Distribusi suhu pada aplikasi *fogging system* disajikan pada Gambar 5. Dari hasil tersebut dapat disampaikan bahwa *fogging system* dapat menurunkan suhu udara dipermukaan *chamber* aeroponik 1-2° derajat pada saat kondisi matahari terik (pukul 12.30 sampai 14.00). Pada durasi waktu tersebut suhu udara tanpa *fogging system* mencapai lebih dari 35. Titik—titik pengukuran di sekitar *chamber* aeroponik menunjukkan bahwa titik yang berdekatan dengan area semprotan *fogging* menciptakan suhu yang lebih rendah (S3 dan S4) dibandingkan dengan yang jauh dari lokasi/arrah jatuhnya air atau kabut akibat aplikasi *fogging system* (S1 dan S2). Hasil tersebut juga dapat dipengaruhi oleh hembusan arah angin yang membawa kabut dr hasil *fogging system*.



Gambar 5. Distribusi suhu di permukaan *chamber* aeroponik pada aplikasi *fogging system*

Simulasi dengan CFD SOF

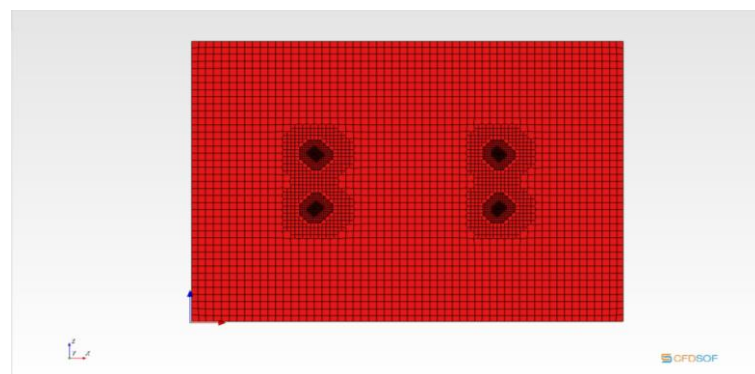
1. Pembuatan geometri dan *meshing*

Pembuatan geometri terdiri menjadi 2 bagian besar, yaitu geometri *greenhouse* tipe *arch* dan objek perangkat *fogging system* (box aeroponik dan *coolnet*). Geometri dibuat menggunakan *software SolidWorks 2014 x64 edition* yang kemudian di-import dengan format *.STL* untuk pembentukan *meshing* pada CFDSOF. *Import Geometry* yang tersimpan dalam format *.STL* disiapkan sebanyak 12 geometri. *Geometry preparation* dilakukan karena yang dibuat pada *software SolidWorks* ukurannya dalam satuan milimeter, sehingga perlu di-scale pada CFDSOF agar skala dalam satuan meter dengan *scale 0.001*. Selanjutnya, perlu dilakukan *Mesh Refinement* pada setiap geometri dengan menggunakan *Surface Refinement* dengan rincian seperti pada Tabel 1. *Surface Refinement* dalam CFDSOF merupakan pendefinisian level *cell* yang digunakan untuk meningkatkan ketelitian setiap *cell* yang berada di permukaan objek.

Tabel 1. Level *surface refinement* yang digunakan

No	Part of .STL	Surface Refinement	
		Minimum Level	Maximum Level
1	BoxEvaporative.STL	3	3
2	Coolnet.STL	2	2
3	SensorValidasi1.STL	2	2
4	SensorValidasi2.STL	2	2
5	SensorValidasi3.STL	2	2
6	SensorValidasi4.STL	2	2
7	SensorValidasi5.STL	2	2
8	SensorValidasi6.STL	2	2
9	Greenhouse.STL	0	0
10	Ground.STL	0	0
11	Tiang.STL	3	3
12	LubangPenutup.STL	2	2

Langkah selanjutnya, melakukan *Base Mesh* sebagai penentuan penting daerah yang akan di-*meshing*. Simulasi yang akan dilakukan *meshing* daerah dalam *greenhouse* atau bisa disebut sebagai domain. *Base mesh* yang digunakan sehingga harus menempel dengan seluruh bagian permukaan objek yang dikenal dengan *autosize dimensions*. Ukuran *grid* yang digunakan sebagai penentuan banyaknya *mesh* yaitu ($57 \times 41 \times 40$) seperti terlihat di Gambar 16. Lakukan *Generate Mesh* untuk menentukan daerah yang akan di-*meshing* yaitu aliran di dalam domain atau *internal flow*, namun diluar dari objek perangkat *fogging system*. Kemudian *Check Meshing* untuk mengetahui ketepatan *meshing* yang telah dilakukan.



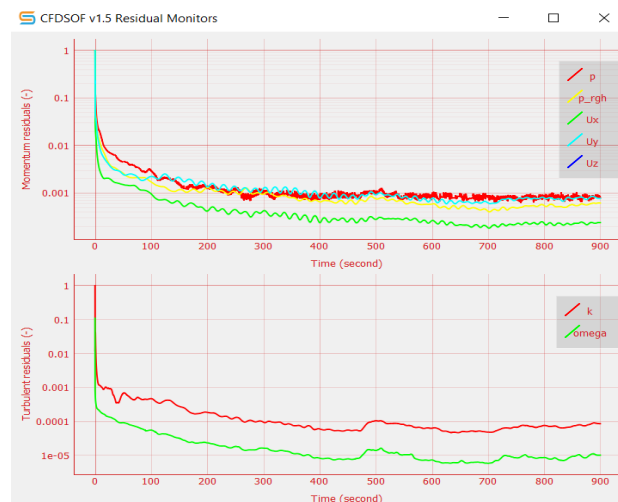
Gambar 6. Hasil grid domain (tampak bawah).

2. Pendefinisian bidang batas, permodelan simulasi dan proses iterasi

Penetapan nilai pada *boundary conditions* (kondisi batas) dan *initial conditions* (kondisi awal) sangat penting dilakukan dalam perhitungan. Kondisi batas terbagi dalam 2 definisi, yaitu daerah yang dikenai air (box aeroponik, *coolnet*, dan tiang) dan *greenhouse* itu sendiri. Perulangan yang dilakukan sebanyak 3 kali, memberi besaran suhu air normal yang sama yaitu 28 °C. Besaran suhu *greenhouse* dalam 3 kali perulangan yang diambil secara berturut-turut 40°C, 44°C, dan 41°C yang mana merupakan nilai rata-rata suhu *greenhouse* sebelum *fogging system* bekerja.

Permodelan simulasi merupakan pendefinisian model yang diinginkan dalam simulasi. Berdasarkan asumsi fluida dengan 1 fasa berjenis udara, simulasi yang digunakan berupa aliran transient (*unsteady-state*). Hal ini dimodelkan akibat aliran fluida memerlukan beberapa waktu untuk mencapai keadaan mendekati tunak. Fluida yang digunakan bersifat tak termampatkan (*incompressible*) sehingga massa jenisnya akan tetap. Aliran bersifat turbulen dengan jenis RANS (*Reynold Average Navier Stokes*) dan menggunakan model turbulensi SST k-omega. Persamaan energi dan besaran gravitasi diperlukan dalam simulasi dengan pendefinisian nilainya.

Selanjutnya, melakukan proses iterasi atau dikenal dengan proses perhitungan oleh komputer sebagai pengganti perhitungan manual. Perhitungan simulasi dilakukan selama 15 menit (900 detik) dengan *timestep* 0.1 detik dan data akan tersimpan setiap 10 detik sekali. Lama waktu simulasi 15 menit dilakukan saat *fogging system* mulai dinyalakan. Selama 15 menit simulasi berjalan nilai beberapa residual seperti terlihat pada Gambar 7, menunjukkan bahwa sudah tidak mengalami perubahan yang signifikan sehingga dapat dikatakan konvergen.

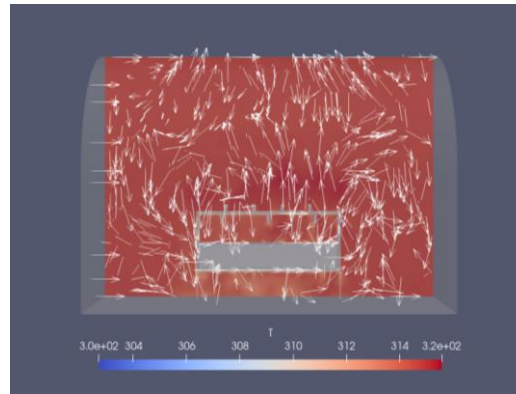


Gambar 7. Proses perhitungan pada CFDSOF.

3. Hasil simulasi CFDSOF

Hasil simulasi dapat disajikan dalam bentuk vektor dan kontur melalui *Paraview*. Penyajian hasil tampilan distribusi aliran suhu udara dalam bentuk vektor ditunjukkan dengan tanda panah, sedangkan kontur ditunjukkan dengan warna. Udara dengan suhu lebih rendah berada pada box aeroponik, *coolnet*, dan tiang, yang mana dalam hal ini menyebabkan aliran udara yang terjadi di sekitar areanya bergerak ditunjukkan dengan arah tanda panah seperti pada Gambar 8. Distribusi aliran suhu udara dalam *greenhouse* terlihat bahwa bergerak dari area suhu rendah ke arah suhu yang lebih tinggi. Penyajian dalam bentuk kontur terlihat dengan adanya perbedaan warna seperti pada Gambar 21, Gambar 22, dan Gambar 23. Suhu hasil simulasi dibawah ini menunjukkan kisaran 302 K – 316 K (29°C – 43°C), dimana warna biru dengan jangkauan suhu terendah dan merah menunjukkan jangkauan suhu tertinggi seperti pada Gambar 24.

Distribusi suhu udara pada *greenhouse* tipe *arch* ini terlihat belum berjalan dengan optimal. Pendinginan yang terjadi di area objek perangkat *fogging system* hanya mampu menurunkan suhu di sekitarnya saja. Terlihat pada distribusi warna yang ditunjukkan pada hasil simulasi. Warna merah yang merupakan jangkauan suhu tertinggi dalam simulasi sangat mendominasi hasilnya. Hal tersebut terjadi karena area *greenhouse* yang terlalu besar dibandingkan dengan perangkat *fogging system*. Namun, dalam hal ini daerah yang digunakan untuk penanaman hanya pada area box aeroponik dan terlihat jika terjadi penurunan suhu.



Gambar 8. Hasil vektor suhu udara (tampak sisi).

4. Validasi hasil simulasi CFD

Validasi hasil simulasi CFD dilakukan untuk mengetahui keakuratan model simulasi yang dijalankan pada CFDSOF. Validasi suhu udara dilakukan pada 4 titik sensor di area perangkat *fogging system* yang mana merupakan daerah yang terkena langsung modifikasi iklim. Titik-titik sensor tersebut yaitu sensor bagian atas (S_1) dan sensor bagian bawah (S_2 , S_3 , dan S_4). Hasil persentase validasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Validasi hasil simulasi CFD

	Sensor	T_{ukur} ($^{\circ}C$)	$T_{simulasi}$ ($^{\circ}C$)	Error (%)
Ulangan Pertama (10.00 WIB)	S1	37.2	37.988	2.118
	S2	31	33.739	8.835
	S3	32	38.316	19.737
	S4	30.9	33.639	8.864
			Rerata Error (%)	9.889
Ulangan Kedua (10.15 WIB)	S1	41.4	41.365	0.085
	S2	34.6	35.549	2.743
	S3	31.5	41.113	30.517
	S4	31.8	35.41	11.352
			Rerata Error (%)	11.174
Ulangan Ketiga (10.00 WIB)	S1	39.2	39.692	1.255
	S2	43.9	34.653	21.064
	S3	36.5	40.011	9.619
	S4	38.2	34.527	9.615
			Rerata Error (%)	10.388
Total Rerata Error (%)				10.484

Keterangan:

T_{ukur} = Suhu pengukuran ($^{\circ}C$)

$T_{simulasi}$ = Suhu Simulasi ($^{\circ}C$)

Error terkecil dari tiga kali perulangan ada pada ulangan pertama dimana *fogging system* menyala pada pukul 09.45 WIB. Selama 15 menit menyala, tepat di pukul 10.00 WIB didapatkan error sebesar 9.9%. Sedangkan, error terbesar pada ulangan kedua dengan nilai 11.2% yang menyala pada pukul 10.00 WIB. Error suhu rata-rata prediksi menggunakan CFDSOF terhadap pengukuran sebesar 10.5%. Nilai error ini dapat terjadi akibat asumsi yang belum mendekati dengan kenyataan di lapangan dan pendefinisian ukuran lubang colnett.

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan CFDSOF, diperoleh pola distribusi suhu udara di sekitar *chamber* bagian atas tanaman dengan aplikasi *fogging system*. Kinerja *fogging system* cukup mampu menurunkan suhu dalam *greenhouse* yang dapat dilihat dari penurunan pada semua titik sensor setelah 15 menit. Namun, distribusi penurunan suhu masih belum merata dengan ketidakseragaman suhu udara pada beberapa titik di sekitar *chamber* aeroponik. Penurunan suhu yang signifikan terjadi di daerah bagian atas *chamber* aeroponik. Hasil dari visualisasi vektor dan kontur simulasi CFDSOF dan nilai error diperoleh nilai error rata-rata 10.5 %. Perlu dilakukan prediksi selanjutnya dengan penyempurnaan asumsi dan geometri untuk mendapatkan prediksi yang lebih akurat sehingga diperoleh error yang lebih kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman atas terlaksananya penelitian ini di *greenhouse* Faperta Unsoed dan juga Laboratorium Teknik Mesin UI atas kesempatan yang diberikan untuk mempelajari CFDSOF.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Ghany, A. M., & Kozai, T. 2006. Dynamic Modeling of The Environment in A Naturally Ventilated, Fog-Cooled Greenhouse. *Renewable Energy*, 31(10): 1521-1539.
- Abrar, A. 2014. Analisis Termal Daerah Perakaran pada Media Tanam Sistem Hidroponik untuk Tanaman Selada di Dataran Rendah Tropika. *Skripsi*. IPB Bogor.
- Arbel, A., Yekutieli, O., & Barak, M. 1999. Performance of A Fog System For Cooling Greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72(2):129-136.
- Ciptaningtyas, D., Iqbal, Z., & Suhardiyanto, H. 2017. Penentuan Waktu Penggunaan *Water Chiller* pada Tanaman Kentang Berdasarkan Sebaran Suhu Daerah Perakaran. *Jurnal Teknotan*, 11(1): 87-99.
- Fahmi, M. N., Yohana, E., & Sugiyanto, S. 2014. Simulasi Distribusi Suhu dan Kelembapan Relatif pada Rumah Tanaman (Green House) dengan Sistem Humidifikasi. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1): 41-48.
- Franco, A., Valera, D. L., & Peña, A. 2014. Energy Efficiency in Greenhouse Evaporative Cooling Techniques: Cooling Boxes Versus Cellulose Pads. *Energies*, 7(3): 1427-1447.
- Hardanto, C., & Yuniarto, B. 2015. Uji Prestasi Pendinginan Evaporasi Kontak Tidak Langsung (Indirect Evaporative Cooling) dengan Variasi Temperatur Media Pendingin Air. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(3): 239-244.

- Mirja, A. S., Misra, D., & Ghosh, S. 2016. Study The Performance of A Fogging System for a Naturally Ventilated, Fog-cooled Greenhouse. *Journal of Energy Research and Environmental Technology*, 3(1): 19-23.
- Misra, D., & Ghosh, S. 2017. Microclimatic Modeling and Analysis of A Fog-Cooled Naturally Ventilated Greenhouse. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(2): 997-1002
- Niam, A. G. 2011. Simulasi Distribusi Suhu dan Pola Pergerakan Udara pada Rumah Tanaman Tipe Standard Peak Berventilasi Mekanis Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics). *Tesis*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumarni, E., Suhardiyanto, H., Seminar, K. B., & Saptomo, S. K. 2013. Pendinginan Zona Perakaran (Root Zone Cooling) pada Produksi Benih Kentang Menggunakan Sistem Aeroponik. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 41(2): 154-159
- Sumarni, E., Suhardiyanto, H., Seminar, K. B., & Saptomo, S. K. 2013. Perpindahan Panas pada Aeroponik Chamber dengan Aplikasi Zone Cooling. *J. Biofisika*, 9(1): 8-19.

Pemurnian Biogas Metode Adsorpsi Menggunakan *Down-Up Purifier* dengan Arang Aktif dan Silika Gel sebagai Adsorben

Abdul Mukhlis Ritonga¹⁾, Masrukhi¹⁾, Regita Pramesti Kusmayadi¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian,
Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

Alamat Koresponden: abdul.ritonga@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik secara anaerob untuk menghasilkan gas yang sebagian besar berupa gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Pada kandungan biogas terdapat gas pengotor yaitu CO₂. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas biogas agar kandungan gas metana pada biogas meningkat dan menurunkan gas-gas pengotor seperti CO₂ yaitu dilakukan proses pemurnian biogas menggunakan *purifier* yang berisi adsorben yaitu arang aktif dan silika gel. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui proses peningkatan kualitas biogas melalui proses pemurnian dan mengetahui kualitas biogas setelah melalui proses pemurnian menggunakan *Down-Up Purifier* dengan arang aktif dan silika gel sebagai adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan adsorben arang aktif dan silika gel dapat menurunkan kandungan gas CO₂ sebesar 78,2% dan kandungan gas CH₄ sebesar 68,4% dengan waktu pemurnian optimal yaitu 30 menit.

Kata Kunci : Biogas, Peningkatan Kualitas, Proses Pemurnian, Arang Aktif, Silika Gel

ABSTRACT

Biogas is an alternative energy source that is produced from anaerobic fermentation process to produce gas which is mostly in the form of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂). In the biogas content there is impurity gas which is CO₂. One way to improve the quality of biogas is to increase methane gas content in biogas and reduce impurities like CO₂, a biogas purification process is carried out using a purifier containing an adsorbent, which is activated charcoal and silica gel. The research objective is to find out the process of improving the quality of biogas through the refining process and knowing the quality of biogas after going through the purification process using a *Down-Up Purifier* with activated charcoal and silica gel as an adsorbent. The results showed that the use of activated charcoal and silica gel adsorbents can reduce CO₂ gas content by 78.2% and CH₄ gas content by 68.4% with the most optimal purification time of 30 minutes.

Keywords: Biogas, Quality Improvement, Purification Process, Active Charcoal, Silica Gel

PENDAHULUAN

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar berupa gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri penghasil metan yang merupakan peluang besar untuk menghasilkan energi alternatif (Megawati & Kendali, 2015; Sulistiyanto *et al.*, 2016).

Energi mempunyai peranan penting untuk kebutuhan primer. Hampir semua aspek kehidupan memerlukan energi sebagai penggerak utama. Kebutuhan energi yang semakin meningkat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya peningkatan jumlah penduduk yang semakin meluas, dan peningkatan taraf hidup masyarakat sehingga menyebabkan konsumsi energi yang meningkat, untuk itu perlu pemikiran untuk keanekaragaman energi (diversifikasi

energi) dengan mengembangkan sumber energi lain sebagai alternatif. Diversifikasi energi merupakan salah satu kunci mengatasi ancaman kelangkaan energi di negeri ini. Konservasi dapat dilakukan dengan penghematan dan pengembangan sumber energi terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan adalah biogas (Hasiholan *et al.*, 2016; Widyastuti *et al.*, 2011).

Kandungan biogas didominasi oleh gas metana (CH_4) kemudian disusul oleh karbondioksida. Dimana diketahui CO_2 merupakan sisa hasil dari suatu pembakaran maka akan mengganggu proses pembakaran itu sendiri, hal ini menyebabkan panas yang dihasilkan masih rendah. Oleh karena itu dibutuhkan usaha untuk menurunkan kadar CO_2 yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari biogas yaitu salah satunya adalah proses absorpsi. Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu liquid. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan liquid yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses absorpsi adalah konsentrasi/kepekatan dari absorben yang digunakan (Hermawan *et al.*, 2016; Mara, 2012).

Proses pemurnian dengan metode adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan zat padat atau adsorben untuk mengikat suatu zat dari suatu larutan. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang telah digunakan dalam industri kimia. Salah satu potensi karbon aktif yaitu dapat digunakan sebagai pemurnian biogas. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif bergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Iriani & Ari, 2014). Silika gel merupakan media adsorpsi yang mempunyai daya serap tinggi terhadap air serta bersifat hidrofilik. Silika gel merupakan salah satu padatan anorganik yang dapat digunakan untuk keperluan adsorpsi karena memiliki gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang merupakan sisi aktif pada permukaannya (Kristianingrum *et al.*, 2011; Purwaningsih, 2009). Kualitas biogas yang dihasilkan dari beberapa macam limbah kotoran ternak masih kurang baik dikarenakan masih banyaknya zat pengotor yang terdapat dalam biogas. Upaya untuk meningkatkan kualitas biogas dari zat pengotor perlu dilakukan proses purifikasi atau pemurnian pada biogas dengan menyerap atau mengurangi kandungan zat pengotor pada biogas tersebut (Hermawan *et al.*, 2016; Sari, 2019).

Penelitian dilakukan peningkatkan kualitas biogas melalui proses pemurnian dengan alat pemurni biogas tipe *down-up purifier* dengan berbagai adsorben. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap kandungan metana sebelum pemurnian dan sesudah pemurnian sehingga diketahui peningkatan kualitas biogas setelah pemurnian. Selanjutnya limbah kotoran sapi difermentasi di dalam digester, kemudian biogas hasil fermentasi dialirkan melalui *purifier* biogas. *Purifier* metan diisi dengan variasi adsorben pada perbandingan tertentu (arang aktif : silika gel).

Tujuan dari penelitian yaitu: (1) untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pada proses produksi biogas, (2) untuk mengetahui proses peningkatan kualitas biogas melalui proses pemurnian dan mengetahui kualitas biogas setelah melalui proses pemurnian menggunakan *Down-Up Purifier* dengan arang aktif dan silika gel sebagai adsorben.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sistem Termal dan Energi Terbarukan, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto dan Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Jenderal Soedirman mulai Bulan September 2019 hingga Bulan Desember 2019.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi drum plastik 150 liter, drum 200 liter, *purifier*, selang air $\frac{1}{2}$ inchi dengan panjang 1,5 meter, kran air $\frac{1}{2}$ inchi, pipa paralon $\frac{1}{2}$ inchi dengan panjang 5,5 meter, *shock* paralon $\frac{1}{2}$ inchi, *niple*, plastik penampung biogas, ember,

kompor biogas, timbangan digital, *syiring*, termokopel, penggaris, gelas ukur, lem tembak, desikator, suntikan, gergaji, cawan, pH meter, *vakum tube*, dan termometer *infra red*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kotoran sapi dari *exfarm* peternakan Universitas Jenderal Soedirman, air, lem pipa paralon, isi lem tembak, arang aktif dan silika gel.

Rancangan Pengambilan Sampel

Tahap yang dilakukan selama penelitian adalah merakit unit digester biogas dengan tipe *down-up* dan alat pemurni biogas berbentuk tabung. Penelitian ini dilakukan peningkatkan kualitas biogas melalui proses pemurnian dengan alat pemurni biogas berbentuk tabung dengan berbagai adsorben. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap kandungan metana sebelum pemurnian dan sesudah pemurnian sehingga diketahui peningkatan kualitas biogas setelah pemurnian. Selanjutnya limbah kotoran sapi difermentasi di dalam digester, kemudian biogas hasil fermentasi ini dialirkan melalui *purifier* biogas. *Purifier* metan diisi dengan variasi adsorben pada perbandingan tertentu. Katalisator yang dipakai yaitu arang aktif dan silika gel. Katalisator tersebut diaktivasi terlebih dahulu agar dapat menghasilkan daya penyerapan yang maksimal. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan biogas yang terdiri dari dua proses yaitu pertama kontrol (langsung) dengan mengambil biogas ke bagian selang keluaran gas dan proses pemurnian dengan adsorben 100% arang aktif dan 100% silika gel pada masing-masing *purifier*.

Untuk analisis gas dilakukan 2 kali pengambilan sampel, dengan variabel Persentase CH₄ dan CO₂; Lama Waktu Pemurnian Gas (T); dan Kontrol/tanpa pemurnian (C). Untuk waktu yang digunakan selama proses pemurnian berlangsung untuk setiap perlakuannya, yaitu:

T₁ = 30 menit; T₂ = 60 menit; T₃ = 90 menit

Variabel dan Pengukuran

Pengukuran atau pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya kandungan gas metana (CH₄), kandungan gas karbondioksida (CO₂), massa adsorben, warna api, dan nilai kalor.

Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah semua data terkumpul. Data yang diperoleh dalam penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan diagram, yaitu suhu, pH, *total solid*, *volatil solid*, metana (CH₄), karbondioksida (CO₂).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Peningkatan Kualitas Biogas Menggunakan *Down-Up Purifier*

1. Proses Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Pemurnian

Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan gas yang ada di dalam digester menggunakan selang yang terpasang diantara tabung digester dengan *purifier*, kemudian gas tersebut masuk kedalam dua *purifier* yang masing-masing di dalamnya sudah diisi dengan adsorben arang aktif dan silika gel, selanjutnya gas yang sudah masuk dibiarkan didalam *purifier* selama beberapa waktu untuk proses pemurnian (30 menit, 60 menit, dan 90 menit), selanjutnya gas yang sudah dimurnikan tersebut kemudian diambil dengan cara membuka kran yang berada di ujung *purifier* untuk mengalirkan gas. Gas yang telah sampai di ujung kedua *purifier*, kemudian gas tersebut diambil dengan menggunakan suntik yang selanjutnya dimasukkan dalam *vacum tube* dengan pengambil sampel tersebut dilakukan tiga kali.

2. Kualitas Biogas Setelah Melalui Proses Pemurnian dengan Arang Aktif dan Silika Gel sebagai Adsorben

a) Konsentrasi Kandungan Gas Metana (CH₄)

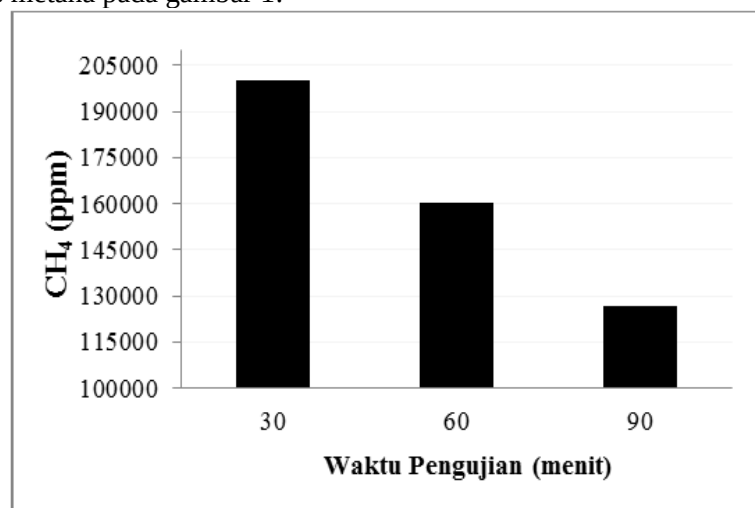
Pemurnian biogas menggunakan 2 *purifier* yang dipasang dengan rangkaian *down-up* menggunakan adsorben yang berbeda pada tiap *purifier*, dalam penelitian ini adsorben yang

digunakan yaitu Arang Aktif dan Silika Gel. Analisis gas dilakukan 3 kali pengambilan sampel dengan 3 waktu pengujian yang berbeda, yaitu dengan waktu 30, 60, dan 90 menit. Dari hasil pengujian didapatkan kandungan gas metana (CH_4) sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan Metana dalam Biogas dengan Arang Aktif dan Silika Gel

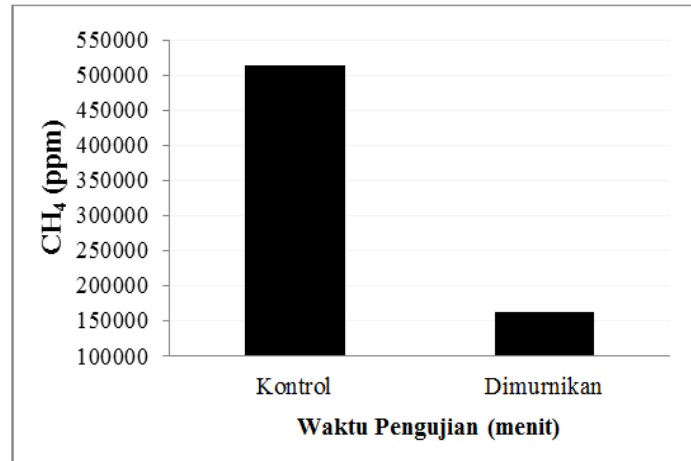
Waktu (menit)	Sampel (ppm)		
	1	2	3
30	183313,21	216149,03	201221,60
60	166259,64	151874,25	163523,85
90	115248,34	114792,98	149726,55

Berdasarkan hasil pengujian kandungan gas metana pada tabel 1, menunjukan grafik konsentrasi gas metana pada gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata kandungan CH_4

Kandungan gas metan tertinggi pada waktu 30 menit sebanyak 200.227,946 ppm. Pengukuran dengan waktu 60 menit diperoleh hasil 160.552,58 ppm dan pada waktu pengambilan 90 menit adalah yang terendah dengan jumlah 126.589,29 ppm. Jika dilihat dari gambar 10, kandungan gas metan dari setiap waktu pengukuran mengalami penurunan, hal ini dapat disebabkan oleh salah satu adsorben yang digunakan yaitu silika gel belum diaktivasi. Menurut Sudiarta & Putu (2018), proses aktivasi silika gel ini pada suhu 150°C selama 5 jam. Pada umumnya temperatur kerja silika gel sampai pada 200°C , jika dioperasikan lebih dari batas temperatur kerjanya maka kandungan air dalam silika gel akan hilang dan menyebabkan kemampuan adsorpsinya hilang, sehingga kemampuan untuk menyerap gas-gas pengotor masih belum optimal (Riyadh, 2009). Penurunan kandungan gas metana juga disebabkan oleh instalasi *purifier* yang digunakan kurang baik sehingga menyebabkan pemurnian menjadi kurang optimal.



Gambar 2. Perbandingan konsentrasi CH₄ dengan variabel kontrol

Sampel kontrol (tanpa pemurnian) memiliki konsentrasi CH₄ 514.537,99 ppm dan rata-rata ketiga sampel yang dimurnikan sebesar 162.456,61. Kemurnian metana dari hasil biogas tersebut jadi penting karena akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan (Ritonga & Masrukhi, 2017). Pada gambar 9 terlihat bahwa terjadi penurunan antara biogas yang telah dimurnikan dengan tanpa pemurnian, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu instalasi pemurnian termasuk *purifier*, adsorben yang digunakan, dan jumlah adsorben.

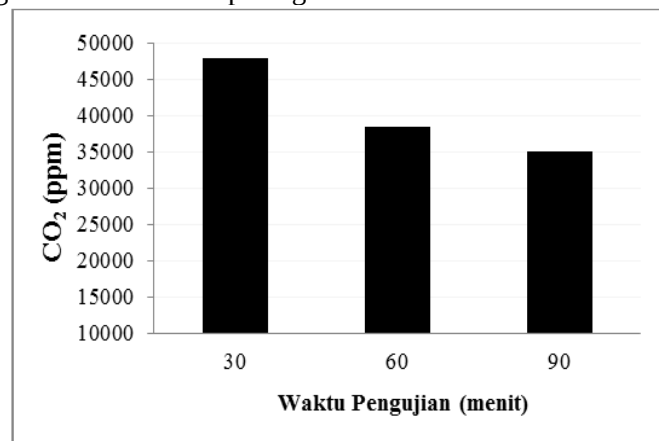
b) Konsentrasi Kandungan Gas Karbondioksida (CO₂)

Analisa yang dilakukan masih sama yakni menguji persentase karbondioksida (CO₂) yang terdapat di dalam biogas yang dimurnikan dengan adsorben arang aktif dan silika gel. Perlakuan yang diberikan sama seperti pengujian kandungan gas metana. Dari hasil pengujian didapatkan kandungan gas CO₂ sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Kandungan Karbondioksida dalam Biogas dengan Adsorben Arang Aktif dan Silika Gel

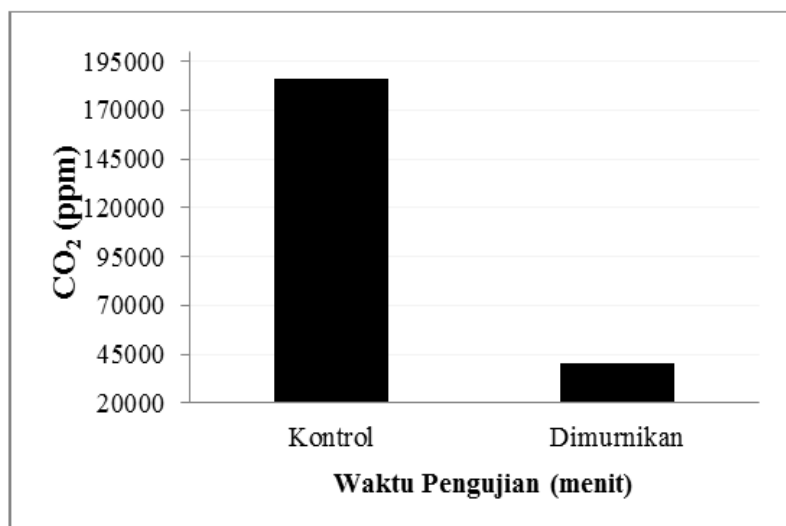
Waktu (menit)	Sampel (ppm)		
	1	2	3
30	40239,50	52805,66	50769,87
60	43412,18	31256,81	40464,40
90	36072,26	34442,68	34786,87

Berdasarkan hasil pengujian kandungan gas karbondioksida pada tabel 2, menunjukan grafik konsentrasi gas karbondioksida pada gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata kandungan CO₂

Rerata kandungan gas CO₂ tertinggi pada waktu pengambilan 30 menit sejumlah 47.938,343 ppm, kemudian mengalami penurunan pada pengujian dengan waktu 60 menit menjadi 38.377,80 ppm dan pada waktu 90 menit diperoleh hasil 35.100,6 ppm. Berdasarkan hasil penelitian kandungan gas karbondioksida dari setiap waktu pengukuran mengalami penurunan. Penurunan ini menunjukkan gas CO₂ pada biogas tereduksi oleh adsorben arang aktif dan silika gel. Adsorben silika gel ini merupakan padatan anorganik yang dapat digunakan untuk keperluan adsorpsi karena memiliki gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang merupakan sisi aktif pada permukaannya, sehingga memiliki daya serap untuk mengikat gas-gas pengotor yang ada pada biogas (Kristianingrum *et al.*, 2011; Purwaningsih, 2009). Menurut Yustinah & Hartini (2011), pada prinsipnya karbon aktif ini diolah lebih lanjut pada suhu tinggi dengan menggunakan gas CO₂, dan uap air, sehingga pori-porinya terbuka dan dapat digunakan sebagai adsorben. Daya serap karbon aktif disebabkan adanya pori-pori mikro yang sangat besar jumlahnya.



Gambar 4. Perbandingan konsentrasi CO₂ dengan variabel kontrol

Sampel CO₂ dari ketiga waktu dirata-rata menunjukkan konsentrasi sebesar 40.472,25 ppm kemudian dibandingkan dengan sampel kontrol dengan konsentrasi CO₂ sebesar 185.887,94 ppm, dari gambar 13 jika dibandingkan dengan sampel kontrol, konsentrasi CO₂ menunjukkan bahwa kandungan gas karbondioksida sebelum dilakukan pemurnian menunjukkan nilai yang cukup tinggi, namun setelah dilakukan pemurnian mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa adsorben yang digunakan yaitu arang aktif dan silika gel berhasil mengikat gas-gas pengotor sehingga adanya pengaruh pemurnian terhadap penurunan kadar gas karbondioksida pada biogas.

3. Massa Adsorben

Adsorben yang digunakan pada saat proses pemurnian biogas yaitu adsorben arang aktif dan silika gel. Pada umumnya adsorben arang aktif ini mempunyai kemampuan untuk mengikat ion pada sistem adsorpsi dan mampu mengadsorpsi anion, kation, serta molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik sebagai larutan maupun gas (Masitoh & Maria, 2013), sedangkan untuk adsorben silika gel ini merupakan padatan anorganik yang memiliki gugus silanol dan siloksan yang merupakan sisi aktif pada permukaannya serta mempunyai pori-pori yang luas sehingga baik digunakan untuk proses adsorpsi (Kristianingrum *et al.*, 2011; Purwaningsih, 2009). Adsorben arang aktif dan silika gel ini dengan masing masing sebanyak 2,5 kg untuk arang aktif dan 3 kg untuk silika gel. Adsorben arang aktif dan silika gel dimasukkan ke dalam masing-masing *purifier*. Setelah dilakukan proses pemurnian massa adsorben mengalami peningkatan, massa arang aktif menjadi 3,40 kg dan silika gel menjadi 3,65 kg. Hal ini menunjukkan bahwa adsorben yang digunakan berhasil mengikat gas pengotor

yang terdapat pada biogas sehingga kandungan gas pengotor mengalami penurunan dan massa adsorben mengalami kenaikan.

4. Warna Api

Uji nyala api ini dilakukan pada saat sebelum pemurnian. Uji nyala api bertujuan untuk mengetahui kualitas biogas yang diproduksi dari masing-masing digester. Pada penelitian yang dilakukan diperoleh hasil pengujian lama nyala api pada kompor biogas dengan uji coba memasak telur hingga matang diperoleh waktu selama 9 menit dengan suhu telur $97,8^{\circ}\text{C}$, suhu minyak $99,1^{\circ}\text{C}$, suhu wajan $86,9^{\circ}\text{C}$, dan suhu api $152,7^{\circ}\text{C}$. Dalam hal ini lamanya waktu menyala api berdasarkan jumlah kandungan gas metana yang tertampung. Uji nyala terhadap gas yang dihasilkan melalui proses fermentasi anaerob merupakan salah satu cara untuk mengetahui terdapat atau tidaknya gas metana dalam gas tersebut (Yahya *et al.*, 2017).

Pengujian ini dilakukan pada saat biogas yang diambil dari digester melalui selang dan menghasilkan nyala api. Dari hasil penelitian bahwa warna api yang terlihat yaitu berwarna kebiruan, hal ini menunjukkan adanya gas metana. Berdasarkan hasil penelitian, hasil pengujian warna api dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengujian warna api

5. Nilai Kalor

Nilai kalor biogas tergantung pada komposisi metana (CH_4) dan Karbondioksida (CO_2), dan kandungan air di dalam gas. Gas mengandung banyak kandungan air pada bahan dapat menguap dan bercampur dengan metana. Bila kadar CH_4 tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar CO_2 yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah (Ritonga & Masrukhi, 2017). Pada biogas dengan kisaran normal yaitu 60-70% metana dan 30-40% karbon dioksida, nilai kalor antara $20\text{--}26 \text{ J/cm}^3$ (Meynel, 1976).

KESIMPULAN

Proses peningkatan kualitas biogas pada proses pemurnian menggunakan *Down-Up Purifier* dengan arang aktif dan silika gel sebagai adsorben diperoleh hasil maksimal pada waktu pemurnian 30 menit dengan kandungan gas metana (CH_4) sebesar 200227,95 ppm dan kandungan gas karbondioksida (CO_2) sebesar 47938,34 ppm. Kualitas gas hasil pemurnian dengan *Down-Up Purifier* mampu menurunkan kandungan gas karbondioksida (CO_2) namun tidak untuk menaikkan kandungan gas metana (CH_4).

DAFTAR PUSTAKA

Afriani, C., Agus., Udin & Iskandar. (2017). Produksi biogas dari campuran kotoran sapi dengan rumput gajah (*Pennisetum Purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian*. 6(1): 21-32.

- Dharma, U. S. & Bustomi, H. (2017). Pengaruh temperatur digester sistem kontinyu terhadap produksi biogas berbahan baku blotong. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2): 218-225.
- Fatimah & Angelin, G. (2017). Pengaruh penambahan trace metal (*molybdenum* dan *selenium*) terhadap pembuatan biogas dari sampah organik dan kotoran sapi. *Jurnal Teknik Kimia*, 6(4): 15-21.
- Hasiholan, U., Haryanto, A. & Prabawa, S. (2016). Produksi biogas dari umbi singkong dengan kotoran sapi sebagai starter. *Jurnal Teknik Pertanian*, 5(2): 109-116.
- Herawati, D. A. & Wibawa, A. A. (2010). Pengaruh *pretreatment* jerami padi pada produksi biogas dari jerami padi dan sampah sayur sawi hijau secara *batch*. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4(1): 25-29.
- Hermawan, D., Hamidi, N. & Sasongko, M. N. (2016). Performansi purifikasi biogas dengan *koh based absorbent*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2): 65-73.
- Hutagalung, H. (2017). Pengaruh waktu tinggal dan komposisi bahan baku pada proses fermentasi terhadap produktifitas biogas limbah cair tahu di desa sindang sari. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Indrawati, R. (2017). Penurunan BOD pada biogas kotoran sapi campuran limbah cair industri penyamakan kulit dengan variasi kecepatan dan lama pengadukan. *Journal of Research and Technology*, 3(2): 44-53.
- Kristianingrum, S., Siswani, E. D. & Fillaeli, A. (2011). Pengaruh jenis asam pada sintesis silika gel dari abu *bagasse* dan uji sifat adsorptifnya terhadap ion logam tembaga (ii). *Prosiding Seminar Nasional Kimia Jurusan Pendidikan Kimia*, Yogyakarta. P. 281-292.
- Mara, I. M. (2012). Analisis penyerapan gas karbondioksida (CO_2) dengan larutan naoh terhadap kualitas biogas kotoran sapi. 2 (1): 1-8. Mataram.
- Megawati. & Aji, K. W. (2015). Pengaruh penambahan em4 (*effective microorganism-4*) pada pembuatan biogas dari eceng gondok dan rumen sapi. *Jurnal Bahan Alam dan Terbarukan*, 4(2): 42-49.
- Ni'mah, L. (2014). *Biogas from solid waste of tofu production and cow manure mixture : composition effect*. *Journal of Chemical*, 1(1): 1 – 9.
- Purnomo, E. A., Sutrisno, E. & Sumiyati, S. (2017). Pengaruh variasi c/n rasio terhadap produksi kompos dan kandungan kalium (k), pospat (p) dari batang pisang dengan kombinasi kotoran sapi dalam sistem *vermicomposting*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2): 1-15.
- Purwaningsih, D. (2009). Adsorpsi multi logam ag (i), pb (ii), cr (iii), cu (ii) dan ni (ii) pada hibrida *etilendiamino-silika* dari abu sekam padi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, Yogyakarta. P. 264-271.
- Ritonga, A. M. & Masrukhi.(2017). Optimasi kandungan metana (CH_4) biogas kotoran sapi menggunakan berbagai jenis adsorben. *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 10/2: 8-17.
- Riyadh, M. (2009). Analisa proses adsorpsi dengan variasi bentuk silika gel sebagai adsorben dan air sebagai adsorbat untuk aplikasi pendingin alternatif. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Depok.
- Sanjaya, D., Haryanto, A. & Tamrin.(2015). Produksi biogas dari campuran kotoran sapi dengan kotoran ayam. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(2): 127-136.
- Saputra, T., Triatmojo, S. & Pertiwinigrum, A. (2010). Produksi biogas dari campuran feses sapi dan ampas tebu (*bagasse*) dengan rasio c/n yang berbeda. *Jurnal Buletin Peternakan*, 34(2): 114-122.
- Sari, K. (2019). Efisiensi proses adsorpsi menggunakan silika gel terhadap kadar bioetanol bonggol jagung (*zea mays*). *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Sarwono, E., Subekti, F. & Widarti, B. N. (2018). Pengaruh variasi campuran eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dan isi rumen sapi terhadap produksi biogas. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1): 1-10.
- Sudiarta, I. W. & Suarya, P. (2018). Modifikasi silika gel melalui reaksi heterogen dengan *difenilkarbazon*. *Journal of Applied Chemistry*, 6 (2): 131-137.

- Sulistiyanto, Y., Sustiyah., Zubaidah. & Satata, B. (2016). Pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber biogas rumah tangga di kabupaten pulang pisau provinsi kalimantan tengah. *Jurnal Udayana Mengabdi*, 15(2): 150-158.
- Wahyuni, S. (2008). *Biogas*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Widarti, B. N., Syamsiah, S. & Mulyono, P. (2012). Degradasi substrat *volatile solid* pada produksi biogas dari limbah pembuatan tahu dan kotoran sapi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(1): 14-19.
- Widyastuti, F. R., Purwanto. & Hadiyanto. (2011). Potensi biogas melalui pemanfaatan limbah padat pada peternakan sapi perah bangsa *botanical garden* pangkalpinang. *Jurnal Teknik Kimia*, Semarang.
- Yahya, Y., Tamrin. & Triyono, S. (2017). Produksi biogas dari campuran kotoran ayam, kotoran sapi, dan rumput gajah mini (*pennisetum purpureum* cv. *Mott*) dengan sistem *batch*. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(3): 151-160.
- Yustinah & Hartini. (2011). Adsorpsi minyak goreng bekas menggunakan arang aktif dari sabut kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta.

**PETUNJUK PENULISAN MAKALAH
DAN
CONTOH SURAT PENGANTAR**

Judul dan Judul dalam Bahasa Indonesia

Penulis Satu^{1,*}, Penulis Dua², Penulis Tiga³

¹Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

²Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

³Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

¹Jl Dr Soeparno Karangwangkal, Purwokerto 53123

*Korespondensi, Email: email@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Silahkan tuliskan abstrak dalam bahasa indonesia, jenis huruf Times New Roman ukuran 10 perhatikan margin kanan kiri. Silahkan tuliskan abstrak dalam bahasa indonesia, jenis huruf Times New Roman ukuran 10 perhatikan margin kanan kiri. Silahkan tuliskan abstrak dalam bahasa indonesia, jenis huruf Times New Roman ukuran 10 perhatikan margin kanan kiri. Silahkan tuliskan abstrak dalam bahasa indonesia, jenis huruf Times New Roman ukuran 10 perhatikan margin kanan kiri.

Kata kunci: Tuliskan minimal 5 kata kunci

Title and Title in English

ABSTRACT

Please put your English abstract here, font type is Times New Roman, font size is 10 and italic formatted. Please put your English abstract here, font type is Times New Roman, font size is 10 and italic formatted. Please put your English abstract here, font type is Times New Roman, font size is 10 and italic formatted. Please put your English abstract here, font type is Times New Roman, font size is 10 and italic formatted. Please put your English abstract here, font type is Times New Roman, font size is 10 and italic formatted.

Key words: write at least 5 key words

PENDAHULUAN

Tulis pendahuluan penelitian, latarbelakang penelitian disertai dengan referensi ilmiah. Tulis pendahuluan penelitian, latarbelakang penelitian disertai dengan referensi ilmiah. Tulis pendahuluan penelitian, latarbelakang penelitian disertai dengan referensi ilmiah.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf. Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf. Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf. Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf. Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf. Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf. Tulis alat dan bahan dalam bentuk paragraf.

Metode Penelitian

Tuliskan metode penelitian, langkah-langkah eksperimen, algoritma dan sebagainya. Cara untuk meletakkan gambar dapat dilihat di Gambar 1.

Gambar 1. Keterangan gambar 1 (hanya kata depan yang depannya kapital)

Pembahasan mengenai gambar diletakkan setelah gambar. Pembahasan mengenai gambar diletakkan setelah gambar. Pembahasan mengenai gambar diletakkan setelah gambar. Sedangkan untuk tabel dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1.

Keterangan table 1 (hanya kata depan yang depannya kapital)

Pembahasan tabel sedapat mungkin diberikan di bawah tabel. Pembahasan tabel sedapat mungkin diberikan di bawah tabel. Pembahasan tabel sedapat mungkin diberikan di bawah tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tuliskan hasil dan pembahasan disini. Hasil eksperimen, pengambilan data, hasil pengolahan data. Gambar dan tabel hasil penelitian dan sebagainya. Tuliskan hasil dan pembahasan disini. Hasil eksperimen, pengambilan data, hasil pengolahan data. Gambar dan tabel hasil penelitian dan sebagainya.

Tuliskan hasil dan pembahasan disini. Hasil eksperimen, pengambilan data, hasil pengolahan data. Gambar dan tabel hasil penelitian dan sebagainya. Tuliskan hasil dan pembahasan disini. Hasil eksperimen, pengambilan data, hasil pengolahan data. Gambar dan tabel hasil penelitian dan sebagainya.

KESIMPULAN

Tuliskan kesimpulan dalam bentuk paragraf. Tuliskan kesimpulan dalam bentuk paragraf. Tuliskan kesimpulan dalam bentuk paragraf. Tuliskan kesimpulan dalam bentuk paragraf. Tuliskan kesimpulan dalam bentuk paragraf. Tuliskan kesimpulan dalam bentuk paragraf..

UCAPAN TERIMA KASIH

Tuliskan ucapan terima kasih. Ucapan terima kasih bersifat opsional. Tuliskan ucapan terima kasih. Ucapan terima kasih bersifat opsional. Tuliskan ucapan terima kasih. Ucapan terima kasih bersifat opsional.

DAFTAR PUSTAKA

Ketentuan Heading (Section)

Level of heading	Format
1st	LEFT, BOLD, UPPERCASE
2nd	Left, Bold, Capitalise each word
3rd	Left Bold, Capitalise each word, ending with .
4th	<i>Left Bold italic, Capitalise each word, ending with .</i>

Ketentuan Sitasi dan Refeensi

Jaber menggunakan haya penulisan sitasi dan referensi mengacu pada:

APA-reference style (6th Edition)

Silahkan merujuk pada to the *Publication Manual of the American Psychological Association* untuk lebih detailnya.

<https://apastyle.apa.org/>

Contoh penulisan sitasi dan referensi:

Books

Books	Insertion in Text	In Reference List
Book with 1-2 authors	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Cochrane, 2007) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Cochrane (2007) ...	Cochrane, A. (2007). <i>Understanding urban policy: A critical approach</i> . Malden, United States: Blackwell Publishing.
	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Seeley et al., 2011) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Seeley et al. (2011) ...	
	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Seeley et al., 2011) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Seeley et al. (2011) ...	
Book with 3 or more authors	Information prominent' (the author's name is within parentheses): For all in-text references, list only the first author's family name and followed by 'et al.' ... (Seeley et al., 2011) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Seeley et al. (2011) ...	Seeley, R., VanPutte, C., Regan, J., & Russo, A. (2011). <i>Seeley's anatomy & physiology</i> . New York, United States: McGraw-Hill.

Book with 6-7 authors	<i>For all in-text references, list only the first author's family name and followed by 'et al.'</i> Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Bulliet et al., 2011) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Bulliet et al. (2011) ...	Bulliet, R. W., Crossley, P. K., Headrick, D. R., Hirsch, S. W., Johnson, L. L., & Northrup, D. (2011). <i>The earth and its peoples: A global history</i> (5th ed.). Boston, United States: Wadsworth.
Book with more than 8 authors	<i>For all in-text references, list only the first author's family name and followed by 'et al.'</i> A recent study (Edge et al., 2011) concluded that... Or	For books with eight or more authors, please follow the guidelines for journal articles with eight or more authors.
Chapter in edited book	Edge et al. (2011) concluded that Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Richards, 1997) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses):	Richards, K. C. (1997). Views on globalization. In H. L. Vivaldi (Ed.), <i>Australia in a global world</i> (pp. 29-43). Sydney, Australia: Century.
e-book/online book	Richards (1997) ... Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Niemann et al., 2004) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Niemann (2004) ...	Niemann, S., Greenstein, D., & David, D. (2004). <i>Helping children who are deaf: Family and community support for children who do not hear well</i>. Retrieved June 1, 2019, from http://www.hesperian.org/publications_download_deaf.php
Editor	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Zairi, 1999) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Zairi (1999) ...	Schiraldi, G. R. (2001). <i>The post-traumatic stress disorder sourcebook: A guide to healing, recovery, and growth</i> [Adobe Digital Editions version]. doi:10.1036/0071393722 Zairi, M. (Ed.). (1999). <i>Best practice: Process innovation management</i>. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann.

Several works by same author in the same year	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Fullan, 1996a, 1997b) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses):	Fullan, M. (1996a). Leadership for change. In <i>International handbook for educational leadership and administration</i> . New York, United States: Kluwer Academic.
	Fullan (1996a, 1996b) ...	Fullan, M. (1996b). <i>The new meaning of educational change</i> . London, United Kingdom: Casell.
Several authors, different years referred to collectively in your work	List sources alphabetically by family name in the in-text reference in the order in which they appear in the Reference List. The cyclical process (Carr & Kemmis, 1986; Dick, 2000) suggests...	Carr, W., & Kemmis, S. (1986). <i>Becoming critical: Education knowledge and action research</i> . London, United Kingdom: Falmer Press.
		Dick, B. (2000). <i>A beginner's guide to action research</i> . Retrieved June 1, 2019, from http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/arp/guide.html

Journals

Journals	Insertion in Text	In Reference List
Journal article with 1-2 authors	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Kramer & Bloggs, 2002)...	Kramer, E., & Bloggs, T. (2002). On quality in art and art therapy. <i>American Journal of Art Therapy</i> , 40, 218-231.
	Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Kramer and Bloggs (2002) ...	
Journal article with 3 or more authors (Pertanika's format)	<i>For all in-text references, list only the first author's family name and followed by 'et al.'</i> Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Erlo et al., 2008) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses):	Elo, A., Ervasti, J., Kuosma, E., & Mattila, P. (2008). Evaluation of an organizational stress management program in a municipal public works organization. <i>Journal of Occupational Health Psychology</i> , 13(1), 10-23. doi: 10.1037/1076-8998.13.1.10
	Erlo et al. (2008) ... <i>For all in-text references, list only the first author's family name and followed by 'et al.'</i> Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Restouin et al., 2009) ... Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Restouin et al. (2008) ...	Restouin, A., Aresta, S., Pr��bet, T., Borg, J., Badache, A., & Collette, Y. (2009). A simplified, 96-well-adapted, ATP luminescence-based motility assay. <i>BioTechniques</i> , 47, 871-875. doi: 10.2144/000113250

Journal article with more than 8 or more authors	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Steel et al., 2010).. Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Steel et al. (2010) ...	Steel, J., Youssef, M., Pfeifer, R., Ramirez, J. M., Probst, C., Sellei, R., ... Pape, H. C. (2010). Health-related quality of life in patients with multiple injuries and traumatic brain injury 10+ years postinjury. <i>Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care</i> , 69(3), 523-531. doi: 10.1097/TA.0b013e3181e90c24
Journal article with DOI	Information prominent' (the author's name is within parentheses): ... (Shaw et al., 2005).. Or 'Author prominent' (the author's name is outside the parentheses): Shaw et al. (2005) ...	Shaw, K., O'Rourke, P., Del Mar, C., & Kenardy, J. (2005). Psychological interventions for overweight or obesity. <i>The Cochrane database of systematic reviews</i> (2). doi:10.1002/14651858.CD003818.pub2

Newspapers

Newspapers	Insertion in Text	In Reference List
Newspaper article – with an author	... (Waterford, 2007)...	Waterford, J. (2007, May 30). Bill of rights gets it wrong. <i>The Canberra Times</i> , p. 11.
Newspaper article – without an author	... ("Internet pioneer", 2007) ...	Internet pioneer to oversee network redesign. (2007, May 28). <i>The Canberra Times</i> , p. 15.
Article in an newsletter	... ("Australians and the Western Front", 2009) ...	Australians and the Western Front. (2009, November). <i>Ozculture newsletter</i> . Retrieved June 1, 2019, from http://www.cultureandrecreation.gov.au/newsletter/

Conference / Seminar Papers

Conference / Seminar Papers	Insertion in Text	In Reference List
Print – <i>If the paper is from a book, use the book chapter citation format. If it is from regularly published proceedings (e.g. annual), use the Journal article citation format.</i>	... (Edge, 1996) ... Or Edge (1996) ...	Edge, M. (1996). Lifetime prediction: Fact or fancy? In M. S. Koch, T. Padfield, J. S. Johnsen, & U. B. Kejser (Eds.), <i>Proceedings of the Conference on Research Techniques in Photographic Conservation</i> (pp. 97-100). Copenhagen, Denmark: Royal Danish Academy of Fine Arts.
Online	... (Tester, 2008) ... Or Tester (2008) ...	Tester, J. W. (2008). The future of geothermal energy as a major global energy supplier. In H. Gurgenci & A. R. Budd (Eds.), <i>Proceedings of the Sir Mark Oliphant International Frontiers of Science and Technology Australian Geothermal Energy Conference</i> , Canberra, Australia: Geoscience Australia. Retrieved June 1, 2019, from http://www.ga.gov.au/image_cache/GA11825.pdf

Government Publications

Government Publications	Insertion in Text	In Reference List
Government as author	First in-text reference: Spell out the full name with the abbreviation of the body. ... (Department of Finance and Administration [DOFA], 2006) ... Subsequent in-text reference/s: Use the abbreviation of the body.	Department of Finance and Administration. (2006). <i>Delivering Australian Government services: Managing multiple channels</i>. Canberra, Australia: Author.
Government report - online	... (DOFA, 2006)... First in-text reference: Spell out the full name with the abbreviation of the body. ... (Department of the Prime Minister and Cabinet [PM&C], 2008) ... Subsequent in-text reference/s: Use the abbreviation of the body. ... (PM&C, 2008)...	Department of the Prime Minister and Cabinet. (2008). <i>Families in Australia: 2008</i>. Retrieved June 1, 2019, from http://www.....

[tanggal]

Dr. Arief Sudarmaji

Ketua Redaksi

Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research (JABER)

Dengan hormat,

Bersama surat ini, kami kirimkan artikel berjudul “(judul artikel)” agar bisa diterbitkan pada Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research (Jaber).

Pada artikel tersebut, kami menemukan bahwa [tuliskan temuan utama atau kontribusi pada ilmu pengetahuan utama dari artikel anda]

Kami menyatakan artikel ini tidak sedang dalam pertimbangan untuk diterbitkan di jurnal ataupun media publikasi lain manapun. Semua penulis sudah membaca dan bertanggung jawab terhadap isi artikel dan tidak ada konflik interest di dalamnya baik itu isi maupun pembiayaan.

Hormat kami,

[Author]

[Afiliasi]

Redaksi JABER
Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, Jawa Tengah, INDONESIA
Telp./Faks. (0281) 683791 Kode Pos 53122 E-mail: jaber@unsoed.ac.id
<http://jos.unsoed.ac.id/index.php/jaber/index>