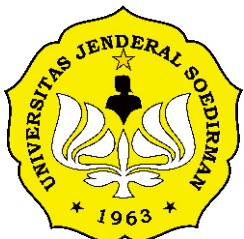
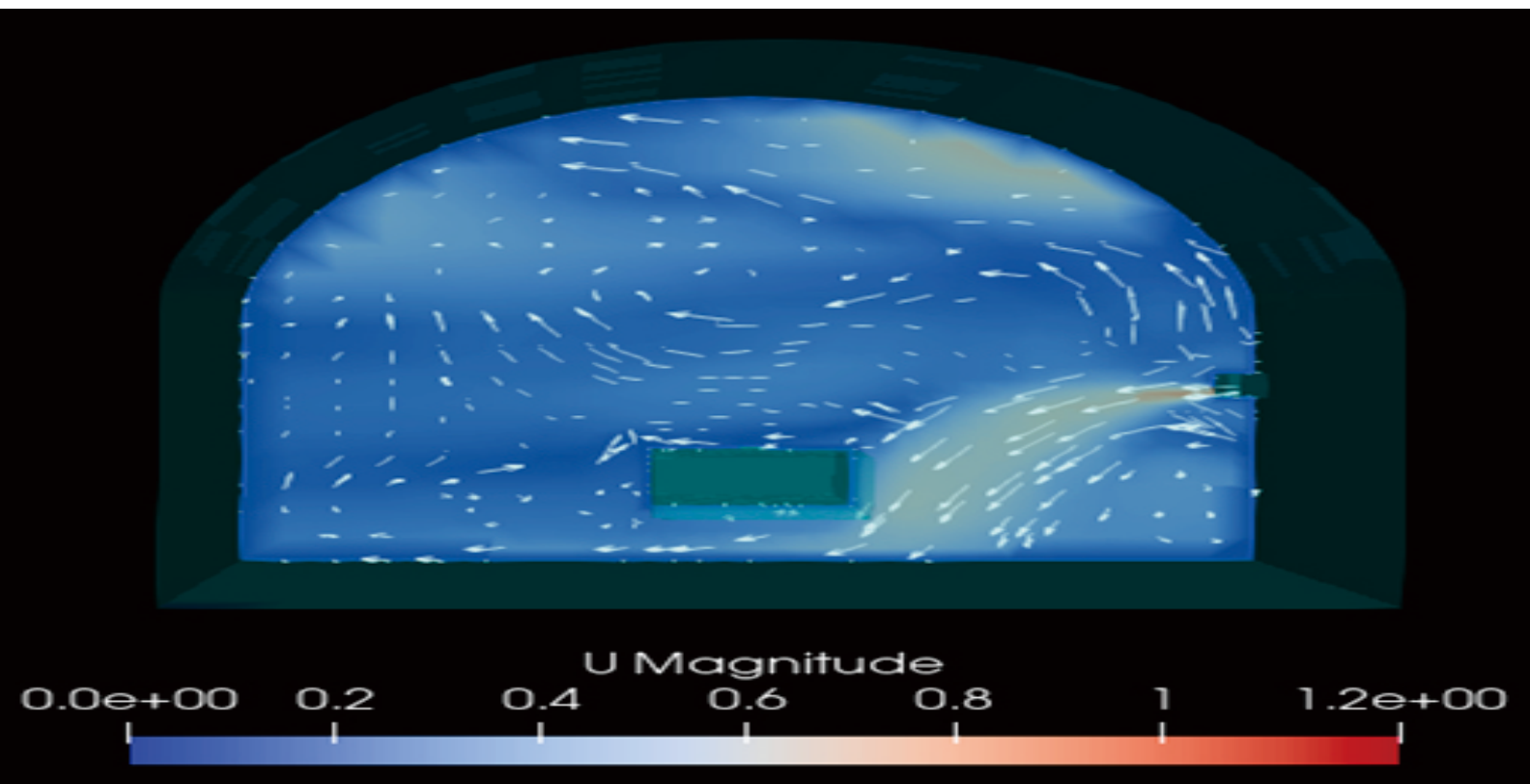


P-ISSN: 2722-3620

JABER

JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOSYSTEM ENGINEERING RESEARCH

Volume 1 Nomor 2, November 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 kehadirat 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 2, November 2020.

Edisi ini menyajikan 8 (delapan) makalah yang merupakan hasil penelitian yang berkaitan dengan keteknikan pertanian dan biosistem yang terdiri dari: (1) Modifikasi dengan Penambahan Pengumpan pada Mesin Pencacah Seresah Tebu (*Trash Shredder*) dengan Variasi Kecepatan Maju Traktor, (2) Pembuatan Alat Demonstrasi Lengan Tanam pada Mesin Tanam Padi (Rice Transplanter) untuk Pengujian Locus pada Lengan Tanam, (3) Desain Alat Pemeras Santan Kelapa (*Cocos nucifera*) Sistem Sentrifugal, (4) Deteksi Dini Penyakit pada Daun Stroberi Berbasis Pengolahan Citra, (5) Estimasi Kandungan Nitrogen pada Daun Stroberi berbasis Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan, (6) Analisis Sistem Reflektor pada Sistem Konsentrator Surya Tipe Parabola, (7) Uji Performansi Mesin Penyosoh Sorgum Abrasif Terhadap Kualitas dan Kuantitas Hasil Penyosohan Sorgum (*Sorghum bicolor*), dan (8) Distribusi Suhu Udara pada *Greenhouse* dengan Aplikasi Air Conditioning (AC) Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

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, November 2020

Dewan Editor

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Susunan Dewan Redaksi	iii
 Modifikasi dengan Penambahan Pengumpan pada Mesin Pencacah Seresah Tebu (Trash Shredder) dengan Variasi Kecepatan Maju Traktor	
<i>Dedy Gusnadi Sianipar, Gunomo Djoyowasito, Ary Mustofa Ahmad</i>	1-12
 Pembuatan Alat Demonstrasi Lengan Tanam pada Mesin Tanam Padi (Rice Transplanter) untuk Pengujian Locus pada Lengan Tanam	
<i>Muhammad Bachtiar Arifin, Musthofa Lutfi, Joko Prasetyo.....</i>	13-18
 Desain Alat Pemerias Santan Kelapa (Cocos nucifera) Sistem Sentrifugal	
<i>Joko Prasetyo, Sandra Malin Sutan, Dwi Erlina Budiarti.....</i>	19-28
 Deteksi Dini Penyakit pada Daun Stroberi Berbasis Pengolahan Citra	
<i>Yulia Sonata, Susanto Budi Sulisty, Krissandi Wijaya</i>	29-40
 Estimasi Kandungan Nitrogen pada Daun Stroberi berbasis Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan	
<i>Eka Rahmawati, Susanto Budi Sulisty, Krissandi Wijaya</i>	41-48
 Analisis Sistem Reflektor pada Sistem Konsentrator Surya Tipe Parabola	
<i>Ropiudin, Furqon, Bondan Triatmojo</i>	49-60
 Uji Performansi Mesin Penyosoh Sorgum Abrasif Terhadap Kualitas dan Kuantitas Hasil Penyosohan Sorgum (Sorghum bicolor)	
<i>Riana Listanti, Masrukhi, Kartika Dana Pratiwi</i>	61-70
 Distribusi Suhu Udara pada Greenhouse dengan Aplikasi Air Conditioning (AC) Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)	
<i>Ibnu Nurman Az-zaky, Eni Sumarni, Afik Hardanto</i>	71-83
 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. 2, November 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. (Teknik Pertanian, Unsoed)
2. Ir. Agus Margiwiyatno, M.S., Ph.D. (Teknik Pertanian, Unsoed)
3. Purwoko Hari Kuncoro, S.TP., M.Agr., Ph.D. (Teknik Pertanian, Unsoed)
4. Poppy Arsil, S.TP., M.T., Ph.D. (Teknik Pertanian, Unsoed)
5. Susanto Budi Sulisty, S.TP., M.Si., Ph.D. (Teknik Pertanian, Unsoed)
6. Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP. (Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya)

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 Ediaty, S.TP., M.P.

Mitra Bestari

(1) Dr. Ir. Siswanto, M.P. (Teknik Pertanian Unsoed)
(2) Dr. Ardiansyah, S.TP., M.Si. (Teknik Pertanian Unsoed)
(3) Dr. Asna Mustofa, S.TP., M.P. (Teknik Pertanian Unsoed)
(4) Afik Hardanto, S.TP., M.Sc., Ph.D. (Teknik Pertanian Unsoed)
(5) 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.

Modifikasi dengan Penambahan Pengumpan pada Mesin Pencacah Serasah Tebu (*Trash Shredder*) dengan Variasi Kecepatan Maju Traktor

Modifications With Addition To The Feeder On The Sugar Can Trash Shredder (Trash Shredder) With Tractor Forward Speed

Dedy Gusnadi Sianipar^{1,*}, Gunomo Djoyowasito¹, Ary Mustofa Ahmad¹

¹ Jurusan Keteknikan Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya

*Korespondensi, Email: dedysianipar68@gmail.com

ABSTRAK

PG Pesantren Baru PTPN X adalah salah satu pabrik gula yang terdapat di Jawa timur dan memiliki potensi serasah tebu yang besar. Serasah tebu merupakan limbah yang kaya bahan organik yang bisa diolah menjadi pupuk organik berupa kompos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil cacahan dan uji kinerja mesin pecacah serasah tebu hasil modifikasi. Penambahan pengumpan pada implement mengacu pada sebuah bagian alat pemanen tebu (*Sugarcane Harvester*). Hasil penacahan penelitian ini menunjukkan kategori “Sedang”. dengan berat panjang rata-rata sepanjang 10 cm. Pada pengujian kinerja yang dilakukan didapatkan nilai konsumsi bahan bakar pada kecepatan 3.08 km/jam sebesar 13.15 liter/ha. pada kecepatan 4.13 km/jam sebesar 19.33 liter/ha. pada kecepatan 6.55 km/jam sebesar 16.65 liter/ha. Pengujian kapasitas lapang teoritis pada kecepatan maju traktor 3.08km/jam, 4.13 km/jam dan 6.55km/jam berturut-turut ialah 0.56 ha/jam, 0.75ha/jam dan 1.19 ha/jam. Kemudian pengujian kapasitas lapang efektif didapatkan nilai kapasitas pada kecepatan 3.08km/jam, 4.13 km/jam dan 6.55 km/jam berturut-turut ialah 0.49ha/jam, 0.55 ha/jam dan 0.61 ha/jam. Pada pengujian efisiensi lapang untuk kecepatan 3.08km/jam 4.13 km/jam dan 6.55 km/jam berturut-turut ialah 87.15%, 72.70% dan 51.46%. Pengujian nilai slip roda untuk kecepatan 3.08km/jam. 4.13km/jam dan 6.55 km/jam didapatkan hasil berturut – turut ialah 5.97%, 8.35%.. dan 15.16%.

Kata kunci: Trash Shredder, Mulsa, Modifikasi

ABSTRACT

PG Pesantren Baru PTPN X is a sugar factory located in East Java and has a large potential for sugar cane litter. Sugar cane litter is a rich in organic material that can be processed into organic fertilizer in the form of compost. This study aims to determine the results of chopping and testing the performance of a modified sugar cane litter chopper machine. The addition of feeders to the implement refers to a sugarcane harvester. The results of this study indicate the category "Medium". with an average length of 10 cm in length. In the performance test, it was found that the value of fuel consumption at a speed of 3.08 km/h was 13.15 liters/ha. at a speed of 4.13 km/h of 19.33 liters/ha. at a speed of 6.55 km/h for 16.65 liters/ha. The theoretical field capacity testing at tractor forward speed is 3.08km/h, 4.13 km/h and 6.55km/hour are 0.56 ha/h, 0.75 ha/h and 1.19 ha/h, respectively. Then the effective field capacity test obtained the value of capacity at speeds of 3.08km/h, 4.13 km/h and 6.55 km/h are respectively 0.49ha/h, 0.55 ha/h and 0.61 ha/h. In the field efficiency test for the speed of 3.08km/h 4.13 km/h and 6.55 km/h are 87.15%, 72.70% and 51.46%, respectively. Testing the value of the wheel slip for speeds of 3.08km/h. 4.13km/h and 6.55 km/h obtained results respectively are 5.97% , 8.35% and 15.16%.

Keywords: Trash Shredder, Mulch , Modification

PENDAHULUAN

Tebu merupakan salah satu komoditi yang digunakan sebagai bahan baku gula pasir. Tebu dapat tumbuh di daerah iklim tropis, namun masih dapat tumbuh baik dan berkembang di daerah subtropika. Di Indonesia tebu banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatra. Pada saat

pemanenan tebu, serasah tebu yang terhampar di lahan volumenya sangat besar. Serasah tebu terdiri dari daun tebu kering, pucuk tebu, tebu muda, tali tutus dan batang tebu. Hal ini merupakan suatu kendala yang dihadapi perkebunan tebu di Indonesia karena jika dibiarkan di lahan akan menghambat pertumbuhan tunas tebu pada saat *ratoon cane* dan juga dapat mengganggu pengolahan tanah pada saat *plant cane*.

Hingga saat ini penanganan serasah tebu yang dilakukan oleh perkebunan tebu adalah dengan cara dibakar. Cara ini merupakan cara yang kurang tepat karena dapat mengakibatkan degradasi lahan dalam bentuk perubahan sifat fisik tanah, kesuburan tanah, mematikan biota tanah, membahayakan pemukiman penduduk disekitar lahan perkebunan, global warming, dan dapat mengakibatkan polusi udara serta gangguan pernafasan.

Serasah yang dihasilkan tersebut selain dianggap mengganggu, namun mempunyai banyak mamfaat. Salah satu pemamfaatan serasah tersebut adalah digunakan sebagai mulsa. Mulsa adalah material penutup tanaman budidaya yang dimaksudkan untuk menjaga kelembaban tanah serta menekan pertumbuhan gulma dan penyakit sehingga membuat tanaman tersebut tumbuh dengan baik. Penempatan mulsa di atas permukaan tanah menyebabkan benih gulma akan terhalang. Akibatnya tanaman yang ditanam akan bebas tumbuh tanpa kompetisi dengan gulma dalam penyerapan hara mineral tanah, selain itu mulsa juga berfungsi sebagai sumber unsur hara yang apabila unsur hara cukup untuk tanaman dapat meningkatkan hasil panen (Fauzan, 2002).

Sesuai dengan undang-undang nomor 18 tahun 2004 pasal 26 tentang perkebunan yang berbunyi “setiap pelaku usaha perkebunan dilarang membuka dan/atau mengolah lahan dengan cara pembakaran yang berakibat pada pencemaran dan kerusakan fungsi lingkungan hidup”. PT. Perkebunan Nusantara X PG. Pesantren Baru Kediri merupakan salah satu perusahaan yang menerapkan sistem Trash Management. Konsep sistem trash management adalah pengembalian serasah tebu sisa panen ke lahan untuk dijadikan mulsa. Sistem ini memiliki pengaruh yang besar pada kegiatan konservasi, penambahan bahan organik dan peningkatan kesuburan tanah. Proses Pencacahan dilakukan secara mekanis menggunakan *Trash Shredder*.

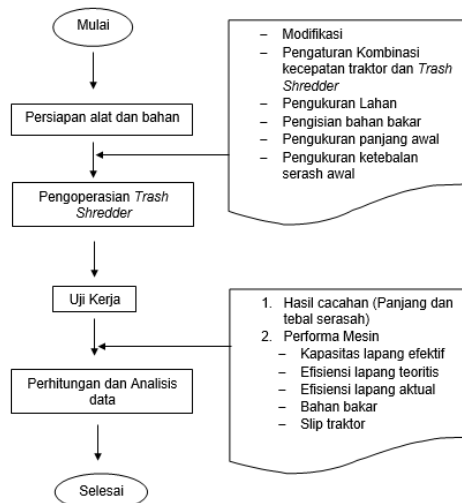
Berdasarkan penelitian yang sudah ada mengenai *trash shredder* pada PT. Perkebunan Nusantara X didapatkan evaluasi yaitu pisau tidak mencacah secara menyeluruh serasah yang ada pada *interow*. Berdasarkan evaluasi yang ada penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi menambahkan pengumpan serasah dengan harapan semua serasah pada *interow* tercacah dengan baik.

Adapun Modifikasi Implemen *Trash Shredder* yaitu ditambahkan sebuah pengumpan yang berfungsi untuk mengumpan serasah yang ada pada *interow* kepada *trash shredder*. Pengumpan ini memiliki umpan yang berbentuk jari-jari sebanyak 16 umpan dengan panjang setiap umpan yaitu 15 cm, mendapatkan tenaga dari motor hidrolik yang dihubungkan ke traktor. Pengumpan ini didesain sesuai dengan jarak antar puncak yaitu 110 cm.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui hasil cacahan modifikasi *Trash Shredder*, (2) untuk mengetahui nilai kinerja mesin *Trash Shredder* hasil modifikasi.

METODE PENELITIAN

Adapun tahap dari penelitian dapat dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Alat dan Bahan

Dalam proses modifikasi dengan penambahan pengumpana terdapat beberapa alat dan bahan yang akan digunakan. Adapun alat yang digunakan dalam membuat pengumpan adalah sebagai berikut:

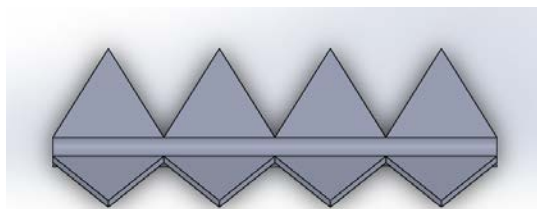
- a. Las
- b. Bor duduk
- c. Gerinda
- d. Penggaris/meteran

Sedangkan bahan yang akan digunakan yaitu:

- a) Motor Hidrolik
- b) Rantai
- c) Sprocket gear (16 gigi)
- d) Pillow block (FBJ 207)
- e) Plat besi (tebal 6mm)
- f) Poros (190cm/3in)
- g) Canal L
- h) Mur baut

Desain Fungsional

Pembuatan mata pengumpan dibuat dengan menggunakan plat besi tebal 6mm dengan bentuk segitiga dengan ukuran 600mm x 150 mm. yang dihubungkan dengan poros dan dapat dilihat pada gambar 2.

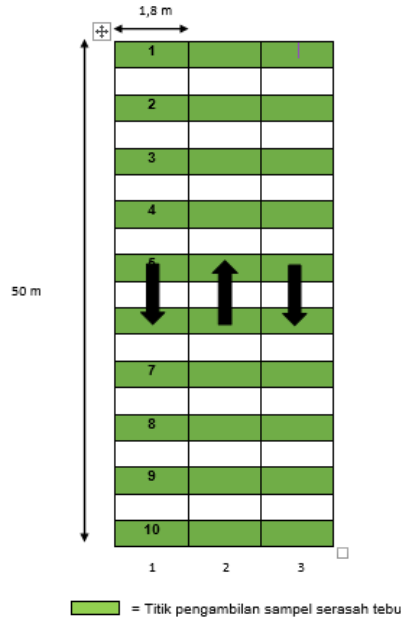


Gambar 2. Pengumpan

Fungsi dari Mata pengumpan yaitu mengambil serasah pada lahan tebu dengan kedalaman 15 cm sehingga bisa diumpankan pada pisau trash shredder sehingga hasil cacahan merata. Fungsi dari motor hidrolik yaitu sebagai sumber tenaga penggerak pengumpan yang didapatkan dari Traktor.

Prosedur Pengoperasian Mesin

Setelah persiapan selesai dilakukan selanjutnya dilakukan proses pencacahan menggunakan *Trash Shredder* pada lahan yang telah disiapkan. Lahan yang telah dipilih dibagi menjadi 3 petakan, masing-masing berukuran panjang 50 meter dan lebar 1,8 meter. Setiap jalur diambil 10 titik sampel. Adapun lahan pada pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Petakan Lahan

Pengujian mulsa

Sebelum dilakukannya pencacahan, dilakukan pengukuran tebal serasah awal pada petakan lahan yang digunakan. Selanjutnya proses pencacahan dapat dilaksanakan sesuai dengan standar operasional yang berlaku. Setelah proses pencacahan selesai dilakukan pengamatan dan pengambilan data berupa panjang, tebal, dan berat serasah tebu. Data ini diambil di 10 titik yang berbeda dalam petakan lahan yang sama menggunakan blok kayu berukuran 50 x 50 centimeter sebagai pembatas.

Pengambilan data panjang dan tebal serasah tebu dilakukan menggunakan meteran, sedangkan pengukuran berat dilakukan menggunakan timbangan. Hasil data berat dan panjang serasah yang didapatkan kemudian akan ditentukan rata-ratanya menggunakan Persamaan 1 dan dikualifikasikan kualitasnya berdasarkan Tabel 1. Data tersebut juga dicari presentase kualitas hasil cacahannya menggunakan persamaan 2, persamaan 3, persamaan 4, persamaan 5, dan kemudian ditentukan nilai rata – ratanya. Setelah data data tersebut didapatkan, dilakukan perhitungan perubahan tinggi tumpukan menggunakan persamaan 6. Adapun klasifikasi ukuran hasil cacahan dapat dilihat pada Tabel 1.

- Rata – rata berat panjang serasah tebu

$$\text{rata – rata berat panjang serasah (Cm)} = \frac{(>20 \times P1) + (13 - <20 \times P2) + (5 - 13 \times P3) + (5 < 10 \times P4)}{P1 + P2 + P3 + P4} \dots (1)$$

Dimana :

- P1 : Berat panjang serasah tebu setelah dicacah kategori jelek (gram)
- P2 : Berat panjang serasah tebu setelah dicacah kategori kurang bagus (gram)
- P3 : Berat panjang serasah tebu setelah dicacah kategori sedang (gram)
- P4 : Berat panjang serasah tebu setelah dicacah kategori baik (gram)

- Presentase kualitas hasil pencacahan

$$\text{presentase kualitas hasil cacahan (baik)} = \frac{B_{\text{tot}} - (B2 + B3 + B4)}{B_{\text{tot}}} \times 100\% \dots (2)$$

$$\text{presentase kualitas hasil cacahan (sedang)} = \frac{B_{\text{tot}} - (B_1 + B_2 + B_4)}{B_{\text{tot}}} \times 100\% \dots (3)$$

$$\text{presentase kualitas hasil cacahan (kurang baik)} = \frac{B_{\text{tot}} - (B_1 + B_2 + B_4)}{B_{\text{tot}}} \times 100\% \dots (4)$$

$$\text{presentase kualitas hasil cacahan (jelek)} = \frac{B_{\text{tot}} - (B_1 + B_2 + B_3)}{B_{\text{tot}}} \times 100\% \dots (5)$$

Dimana :

B1 : berat serasah tebu kategori baik (gram)

B2 : berat serasah tebu kategori sedang (gram)

B3 : berat serasah tebu kategori kurang baik (gram)

B4 : berat serasah tebu kategori jelek (gram)

Btot : berat total serasah tebu (gram)

Tabel 1.

Klasifikasi Ukuran Hasil Cacahan

No	Klasifikasi	Ukuran (cm)
1	Jelek	>20
2	Kurang baik	13-<20
3	Sedang	5-<13
4	Baik	<5

- Perubahan tinggi tumpukan

$$\text{Perubahan Tinggi Tumpukan} = \frac{\text{tinggi awal (cm)} - \text{tinggi akhir (cm)}}{\text{tinggi awal (cm)}} \times 100\% \dots (6)$$

Uji Kinerja Mesin

Konsumsi bahan bakar.

Untuk menentukan seberapa banyak volume bahan bakar yang digunakan. Pertama tangki bahan bakar diisi penuh hingga batas maksimalnya, kemudian setelah dilakukan pencacahan pada petakan yang telah ditentukan tangki bahan bakar kembali diisi menggunakan bahan bakar yang berasal dari suatu gelas ukur, hasil volume yang terukur pada gelas tersebut merupakan jumlah volume bahan bakar yang digunakan. Secara matematis pengukuran konsumsi bahan bakar ini dapat dilihat pada persamaan 7 dan persamaan 8 dibawah ini (Hanif dkk, 2015)

$$KBB = \frac{VBB}{T} \dots (7)$$

$$KBL = \frac{KBB}{KLE} \dots (8)$$

Dimana :

KBB : konsumsi bahan bakar (liter/jam)

VBB : Volume Bahan Bakar (liter/jam)

KBL : Konsumsi Bahan Bakar per satuan luas terolah (liter/ha)

KLE : kapasitas lapang efektif (ha/jam)

T : waktu lapang total (jam)

Kapasitas lapang teoritis.

Kapasitas lapang teoritis didapatkan dengan mengukur lebar kerja pada implement dan kecepatan maju traktor sesuai dengan spesifikasinya. Kapasitas lapang teoritis menggunakan persamaan 9 seperti dapat dilihat dibawah ini (Verma AK et al., 2006)

$$KLT = 0,36 \times (V \times I) \dots (9)$$

Dimana :

KLT : kapasitas lapang teoritis (ha/jam)

V : kecepatan kerja pada lahan (meter / detik)

I : lebar kerja implement (l)
 0,36 : faktor koreksi meter²/detik ke ha/jam

Kapasitas lapang efektif.

Kapasitas lapang efektif dapat diukur dengan mengukur lahan yang akan diolah dan membaginya dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengoprasian pekerjaan tersebut. Pengukuran waktu kerja yang dibutuhkan termasuk waktu pada saat traktor berjalan lurus, berbelok, dan berputar arah. Secara matematis nilai kapasitas lapang efektif dapat didapatkan menggunakan Persamaan 10 berikut (Verma AK et al.,2006)

$$KLE = \frac{L}{WK} \dots (10)$$

Dimana :

KLE : kapasitas lapang efektif (ha/jam)
 L : luas lahan (ha)
 WK : waktu kerja yang dihabiskan (jam)

Efisiensi Lapang.

Setelah dilakukan perhitungan kapasitas lapang efektif dan kapasitas lapang teoritis, selanjutnya data-data tersebut diugnakan untuk menghitung efisiensi lapang dengan menggunakan Persamaan 11 sebagai berikut (Hanif dkk, 2015):

$$ELP = \frac{KLE}{KLT} \times 100\% \dots (11)$$

Dimana :

ELP : Efisiensi Lapang Pengolahan tanah (%)
 KLE : Kapasitas Lapang Efektirf (ha/jam)
 KLT : Kapasitas Lapang (ha/jam)

Slip.

Perhitungan slip traktor dilakukan menggunakan persamaan matematis, terlebih dahulu dilakukan pengukuran jarak tempuh taktor dalam sepuluh putaran roda sebanyak dua kali, pengukuran pertama dilakukan dengan traktor yang berjalan diatas tanah biasa tanpa melakukan proses pencacahan , pengukuran kedua dilakukan dengan traktor yang berjalan dengan *trash* melaukan proses pencacahan. Slip roda traktor secara matematis diukir menggunakan Persamaan 12 berikut (Yuswar, 2004) :

$$St = \frac{s0 - s1}{s0} \times 100\% \dots (12)$$

Dimana :

St: : slip roda tarktor (%)
 S1 : Jarak tempoh traktor saat diberi pembebanan dalam 10 putaran roda (m)
 S0 : Jarak tempuh traktor tanpa beban dalam 10 putaran roda (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Modifikasi

Sebelum dan Sesudah Modifikasi perubahan dengan penambahan pengumpan dilakukan di Bengkel Pusat Penelitian Gula Djengkol Kediri. Sebelum dan setelah modifikasi *Trash Shredder* dengan penambahan pengumpan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4. Sebelum Modifikasi



a. Sisi kiri

b. Sisi kanan

c. Mata pisau

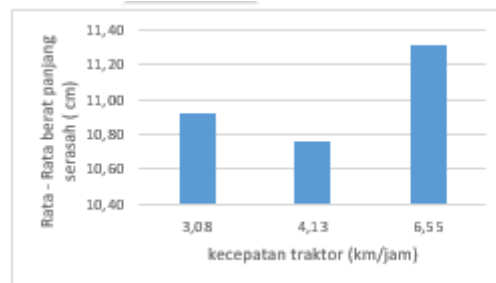
d. Motor hidrolis

Gambar 5. Hasil modifikasi

Hasil Cacahan

Rata-Rata Berat Panjang Serasah Tebu.

Dari penelitian yang telah dihitung didapatkan hasil rata-rata berat panjang serasah tebu setiap perlakuan kecepatan maju traktor 3,08 km /jam, 4,13 km/jam, dan 6,55 km/jam sesuai yang terlihat pada Gambar 6.

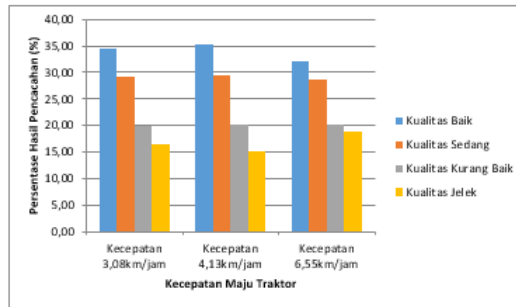


Gambar 6. Perbedaan ukuran rata-rata berat panjang serasah tebu dari masing-masing perlakuan

Klasifikasi serasah hasil cacahan menunjukkan hasil yang cenderung sama karena kecepatan putaran pisau mesin pencacah dari ketiga perlakuan kecepatan adalah sama, namun bila dianalisis ukuran rata-ratanya terlihat adanya perbedaan

Persentase Hasil Pencacahan.

Persentasi hasil cacahan menyatakan detail serasah hasil pencacahan, selain itu juga dapat mengidentifikasi area-area pada lahan yang tidak tercacah. Dari data yang telah dihitung diperoleh persentase hasil cacahan yang pada masing-masing perlakuan kecepatan maju traktor 3,08km/jam , 4,13 km/jam dan 6,55 km/jam seperti terlihat pada Gambar 7.



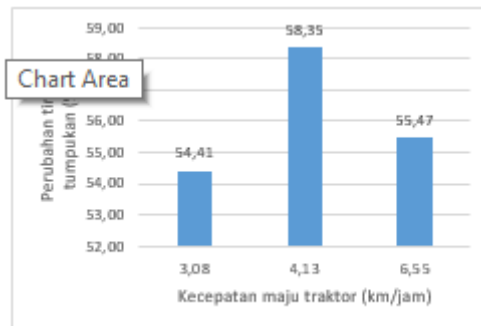
Gambar 7. Perbedaan Persentase Berat Hasil Pencacahan

Pada kecepatan maju traktor 3,08km/jam dihasilkan 34,49% kualitas baik, 29,14 kualitas sedang, 19,49% kualitas kurang baik dan 16,42% kualitas jelek. Pada kecepatan maju traktor 4,13 km/jam dihasilkan 35,27% kualitas baik, 29,46% kualitas sedang, 20,18 % kualitas kurang baik dan 15,09 % kualitas jelek. Pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam dihasilkan 32,22% kualitas baik, 28,66 kualitas sedang, 20,20% kualitas kurang baik dan 18,92% kualitas jelek. Hal ini menunjukkan grafik yang linear menurun.

Hasil pencacahan terbaik terdapat pada kecepatan maju traktor 4,13 km/jam. Hal itu disebabkan oleh kecepatan traktor yang stabil karena tidak terjadi gangguan-gangguan seperti roda traktor masuk kedalam lubang pada lahan dan tidak terdapat serasah yang terlilit pada pisau namun terlilit pada pengumpan, sehingga proses pencacahan berlangsung dengan baik

Perubahan Tebal/Tinggi Tumpukan

Perubahan tebal / tinggi tumpukan serasah tebu merupakan salah satu indikator yang menyatakan keberhasilan atau seberapa banyak serasah yang tercacah. Pengukuran tebal juga dilakukan untuk mengetahui tempat penumpukan serasah. Sebelum pengolahan data pengukuran dilakukan diambil sampel tinggi Sampel tinggi yang didapat sebesar 17 cm, kemudian sampel itu menjadi titik acuan sebagai perbandingan . Data hasil pengolahan dapat dilihat pada. Setelah proses pencacahan dan pengolahan data terjadi ,Persentase perubahan tinggi tumpukan pada berbagai kecepatan dapat dilihat pada Gambar 8.

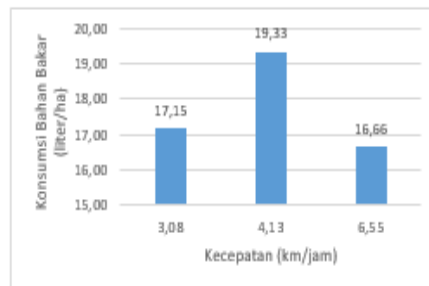


Gambar 8. Perbedaan tinggi tumpukan serasah tebu dari masing-masing perlakuan

Dari Gambar 8 terlihat bahwa pada kecepatan maju traktor 3,08 km/jam perubahan tinggi tumpukan adalah 54,41%. Pada kecepatan maju traktor 4,13 km/jam perubahan tinggi tumpukan adalah 58,35%. Sedangkan pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam perubahan tinggi tumpukan adalah 55,47%. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa adanya perbedaan ketebalan yang dihasilkan dari ketiga perlakuan. Jika diurutkan dari terbesar hingga ke yang terkecil perubahan ketinggian serasah tebu ialah 4,13km/jam; 6,55km/jam dan 3,08km/jam. Adapun faktor yang menyebabkan perbedaan beda tebal yang dihasilkan ialah ketebalan serasah yang dihasilkan dari proses pencacahan pada kenyataannya mempunyai ketinggian yang berbeda karena terdapat penumpukan serasah pada area tertentu

Konsumsi Bahan Bakar

Dari data yang telah dihitung pada masing-masing kecepatan maju traktor 3,08 km/jam dan 4,13 km/jam seperti terlihat pada Gambar 9.

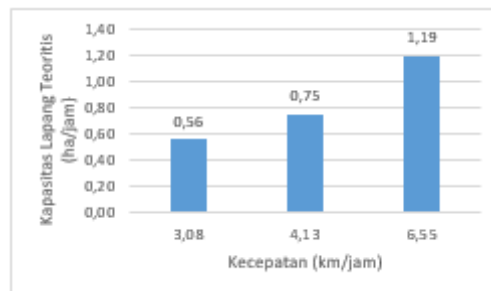


Gambar 9. konsumsi bahan bakar

Dari Gambar 9 dapat dilihat konsumsi bahan bakar traktor pada kecepatan maju traktor 3,08 km/jam adalah 17,15 liter/ha. Pada kecepatan maju traktor 4,13 km/jam adalah 19,33 liter/ha. Pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam adalah 16,66 liter/ha. Berdasarkan percobaan tersebut nilai konsumsi terbesar ada pada kecepatan 4,13 km/jam dan terjadinya fluktuasi penggunaan bahan bakar yang dipengaruhi oleh umur traktor, kondisi traktor dan kecepatan maju traktor yang berbeda, selain itu juga cara pengoperasian traktor seperti belokan, pengereman, pemutaran mesin pencacah, saat melepaskan kopling dan luas lahan yang terolah juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Menurut Sulnawati, dkk (2016) yang menyatakan bahwa luas lahan berpengaruh dalam penambahan volume konsumsi bahan bakar. Semakin luas lahan yang diolah maka semakin banyak konsumsi bahan bakar traktor. Selain itu traktor yang digunakan merupakan traktor yang masih baru sehingga penggunaan bahan bakarnya lebih sedikit.

Kapasitas Lapang Teoritis (KLT)

Dari penelitian yang diperoleh data kecepatan kerja dan lebar kerja implement dan perhitungan data perhitungan pada diperoleh hasil seperti terlihat pada Gambar 10.

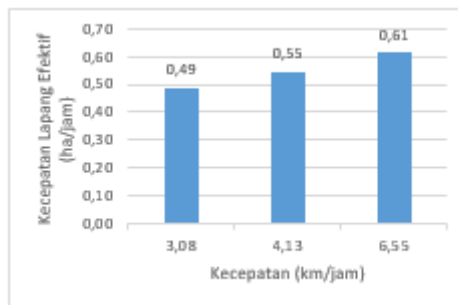


Gambar 10. Kapasitas Lapang Teoritis

Berdasarkan Gambar 10. dapat dilihat kapasitas lapang teoritis pada kecepatan maju traktor 3,08 km/jam adalah 0,56 ha/jam. Pada kecepatan maju traktor 4,13 km/jam adalah 0,75 ha/jam. Pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam adalah 1,19 ha/jam. Berdasarkan hasil yang didapat dan rumus yang digunakan, maka nilai kapasitas lapang teoritis akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sinaga (2009) yang mengatakan bahwa nilai kapasitas lapang teoritis dipengaruhi oleh kecepatan dan lebar kerja. Jika kecepatan dan lebar kerja semakin besar maka kapasitas lapang teoritis akan semakin besar dan begitu pula dengan sebaliknya.

Kapasitas Lapang Efektif (KLE)

Dari penelitian yang diperoleh data kecepatan kerja dan lebar kerja implement dan perhitungan data perhitungan pada diperoleh hasil seperti terlihat pada Gambar 11.



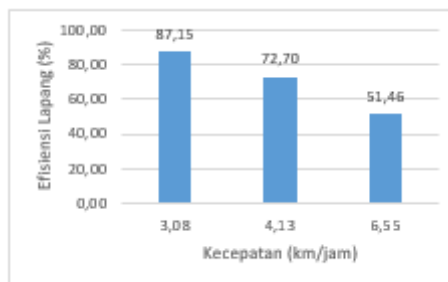
Gambar 11. Kapasitas Lapang Efektif

Dari Gambar 11 dapat dilihat kapasitas lapang efektif pada kecepatan maju traktor 3,08 km/jam adalah 0,49ha/jam. Pada kecepatan maju traktor 4,13 km/jam adalah 0,55 ha/jam. Pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam adalah 0,61 ha/jam. Kapasitas lapang efektif terbaik ada pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam

Hasil kapasitas lapang efektif dengan kecepatan 6,55 km/jam lebih besar dibandingkan dengan kapasitas lapang teoritis dengan kecepatan 3,08 km/jam Artinya waktu yang digunakan dalam mengolah lahan dalam satuan jam/ha akan lebih singkat dibanding kecepatan 3,08km/jam maupun 4,13km/jam. Hal Ini sesuai dengan pernyataan Ahmad (2016) Nilai kapasitas lapang efektif akan semakin besar jika waktu total pengolahan lahan semakin singkat dan luas lahan yang diolah semakin banyak, sedangkan sebaliknya kapasitas lapang lahan akan semakin kecil bila waktu total pengolahan semakin lama dan luas lahan yang diolah semakin sedikit

Efisiensi Lapang

Dari data yang diperoleh dan setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil seperti pada Gambar 12.



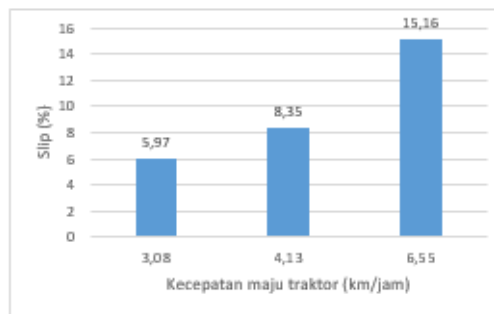
Gambar 12. Efisiensi Lapang

Hasil perhitungan efisiensi lahan dengan luasan 0,0115 Ha, secara keseluruhan hasil dari efisiensi lapang relatif besar. Pada kecepatan maju traktor 3,08 km/jam efisiensi lapang sebesar 87,15%. Kecepatan maju traktor 4,13 km/jam efisiensi lapang sebesar 72,70%. Pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam nilai efisiensi lapang sebesar 51,46%.

Faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi lapang yaitu kapasitas lapang teoritis dan kapasitas lapang efektif, karena efisiensi adalah perbandingan antara kapasitas lapang efektif dengan teoritis. Oleh karena itu faktor-faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi lapang tidak jauh berbeda dengan faktor yang ada pada kapasitas lapang efektif seperti faktor lahan, kecepatan, skill operator dan waktu hilang. Hal itu sesuai yang dikemukakan Wirasantika (2015) semakin luas tanah yang diselesaikan dalam waktu yang semakin singkat maka dikatakan bahwa pekerjaan pengolahan tanah tersebut mempunyai efisiensi tanah yang tinggi

Slip Roda

Dari Hasil Perhitungan didapatkan data slip masing-masing kecepatan seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Slip Roda Traktor

Berdasarkan hasil perhitungan slip pada Gambar 13 didapatkan slip pada kecepatan maju traktor 3,08 km/jam adalah 5,99 %, Dengan kecepatan maju traktor 4,13km/jam sebesar 8,13 km/jam dan pada kecepatan maju traktor 6,55 km/jam adalah 15,16 %. Hal ini terjadi karena implement pada traktor bertambah bobot ketika dimodifikasi dan menjadikan peningkatan nilai slip pada traktor.

Terjadinya perbedaan slip dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi lahan, tebal serasah. Adapaun lahan yang digunakan ialah tanah dengan kandungan pasir sebesar 70% . Kondisi lahan lainnya seperti adanya lubang maupun tinggi guludan yang tidak sama berpengaruh terhadap kecepatan maju traktor. Kemudian jumlah serasah yang ada pada lahan dan beban kerja pada saat pencacahan seperti tersangkutnya serasah pada pengumpan maupun pada pisau, dan juga tanah yang menempel pada pisau statis. Menurut Wirasantika (2015) Slip roda dapat terjadi pada kondisi tanah yang kering ataupun tanah basah dengan adanya beban traktor dan kondisi tanah itu sendiri. Selain itu dapat dipengaruhi oleh keadaan vegetasi yang dapat menghambat atau terjadi kemacetan pada laju traktor akibat implement *Trash Shredder* sedang mengolah serasah yang ada

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditarik kesimpulan yaitu (1) Hasil modifikasi *Trash Shredder* dengan penambahan pengumpan menghasilkan hasil pencacahan berkualitas “Sedang”, dengan berat panjang rata-rata sepanjang 10 cm, dan (2) pada pengujian kinerja yang dilakukan didapatkan nilai konsumsi bahan bakar pada kecepatan 3,08 km/jam sebesar 13,15 liter/ha, pada kecepatan 4,13 km/jam sebesar 19,33 liter/ha, pada kecepatan 6,55 km/jam sebesar 16,65 liter/ha. Pengujian kapasitas lapang teoritis pada kecepatan maju traktor 3,08km/jam , 4,13 km/jam dan 6,55km/jam berturut-turut ialah 0,56 ha/jam; 0,75ha/jam dan 1,19 ha/ja. Kemudian pengujian kapasitas lapang efektif didapatkan nilai kapasitas pada kecepatan 3,08km/jam, 4,13 km/jam dan 6,55 km/jam berturut-turut ialah 0,49ha/jam ; 0,55 ha/jam dan 0,61 ha/jam. Pada pengujian efisiesi lapang untuk kecepatan 3,08km/jam dan 4,13 km/jam ialah 87,15% ; 72,70% dan 51,46%. Pengujian nilai slip roda untuk kecepatan 3,08km/jam, 4,13km/jam dan 6,55 km/jam didapatkan hasil berturut –turut ialah 5,97%,8,35%, dan 15,16%.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanif, I. A. , Sutan, S.M., dan Nugroho, W.A. (2015). Uji Implemen Bajak Piring (*Disc Plow*) untuk Pengolahan Tanah dengan Menggunakan Traktor John Deere 6110 B dengan Daya 117/2100 Hp. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. Vol. 3 (3) 372-381
- Munir, S. (2008). Peran Sistem Klasifikasi Bahan Bakar Padat Konvensional Hubungannya Dengan Diversifikasi Energi, *Jurnal Mimbar*. Vol. XXIV(1) 69-78

- Sinaga, D. (2009). Kapasitas Lapang, Efisiensi Dan Tingkat Pelumpuran Pengolahan Tanah Sawah Dikelurahan Situgede, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Sulnawati, E. (2016). Analisis Teknis dan kajian ergonomika performansi berdasarkan antropometri pada penggunaan traktor tangan untuk lahan sawah. *Jurnal Ilmiah reakayaasa pertanian dan biosistem*. Vol. IV(2) September 2016
- Wirasantika, B. Wahyunanto A.N., dan Bambang D. A. (2015). Uji Kinerja Traktor Roda Empat Tipe Iseki TG5470 Untuk Pengolahan Tanah Menggunakan Bajak Rotari Pada Lahan Lempung Berpasir. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. Vol. 3(2) 148-153

Pembuatan Alat Demonstrasi Lengan Tanam pada Mesin Tanam Padi (*Rice Transplanter*) untuk Pengujian Locus pada Lengan Tanam

Design of Dementration for Planting Arm Tools on Rice Transplanter for Locus Testing in the Planting Arm

Muhammad Bachtiar Arifin^{1,*}, Musthofa Lutfi¹, Joko Prasetyo¹

¹ Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya

*Korespondensi, Email: bachtiararifin1998@gmail.com

ABSTRAK

Pertanian merupakan sektor utama dalam kehidupan di Indonesia. Sektor pertanian sampai sekarang masih tetap memegang peran penting dan strategis dalam perekonomian nasional. Salah satu kegiatan yang membutuhkan tenaga kerja dan biaya yang relative besar dalam kegiatan pra panen yaitu tanam. Kegiatan tanam di Indonesia khususnya padi pada umumnya dilakukan dengan sitem tanam pindah atau dalam sebutan masyarakat petani jawa adalah Nandur (nata karo mundur), kegiatan tersebut merupakan sistem tradisional yang sangat banyak membutuhkan tenaga kerja. Salah satu mesin tanam yang berkembang di Indonesia adalah Mesin Indo Jarwo Transplanter yang bertujuan mempercepat waktu dan menurunkan biaya tanam. Pembuatan alat demonstrasi lengan tanam dimaksudkan untuk memahami bagaimana mekanisme kerja dari alat penanam otomatis secara khusus, sehingga mempermudah pembelajaran bagi orang – orang yang akan mempelajari dan mengoprasikan alat tersebut. Harapannya semakin banyak tenaga ahli dalam pengoprasian dan perekayasaan pada mesin tanam padi mekanis maka pemerataan dan pensebaran tenaga ahli untuk pengoprasian dan perekayasaan alat tersebut menjadi optimal untuk seluruh daerah di Indonesia.

Kata kunci: indo jarwo transplanter, lengan penanam

ABSTRACT

This Agriculture is a major sector in Indonesia. Until now, the agricultural sector still plays an important and strategic role in the national economy. One of the activities that require relatively large labor and costs in pre-harvest activities is planting. Planting activities in Indonesia, especially rice, are generally carried out with a traditional transplanting system or the Javanese peasant community is called Nandur (nata karo mundur), this activity is a traditional system that requires a lot of labor. One of the planting machines that are developing in Indonesia is the Indo Jarwo Transplanter Machine which aims to speed up planting time and reduce planting costs. The making of the implant arm demonstration tool is intended to understand how the mechanism of action of the automatic planting tool in particular, thus facilitating learning for people who will learn and operate the tool. The hope is that there will be more skilled workers in the operation and engineering of mechanical rice planting machines, so that the distribution of experts for the operation and engineering of these tools will be optimal for all regions in Indonesia.

Keywords: indo jarwo transplanter, planting arm

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan yang membutuhkan tenaga kerja dan biaya yang relative besar dalam kegiatan pra panen yaitu tanam. Kegiatan tanam di Indonesia pada umumnya dilakukan dengan sitem tanam pindah atau dalam sebutan masyarakat petani jawa adalah Nandur (nata karo mundur), kegiatan tersebut merupakan sistem tradisional yang sangat banyak membutuhkan tenaga kerja. Dalam kegiatan penanaman secara manual tersebut dibutuhkan tenaga kerja mencapai 30 HOK per hektar.

Beberapa tahun terakhir telah dikembangkan mesin tanam padi mekanis (Rice Transplanter) oleh beberapa perusahaan seperti Kubota SPW 48C, Agrindo Crown CRT 45 dan Yanmar AP 400. Namun, mesin tanam tersebut belum diadopsi oleh petani karena harga alsin tersebut dirasa cukup mahal dan belum sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pertanian di Indonesia.

Pembuatan alat demonstrasi lengan penanam dimaksudkan untuk memahami bagaimana mekanisme kerja dari alat penanam otomatis secara khusus, sehingga mempermudah pembelajaran bagi orang – orang yang akan mempelajari dan mengoprasikan alat tersebut. Harapannya semakin banyak tenaga ahli dalam pengoprasian dan perekayasaan pada mesin tanam padi mekanis maka pemerataan dan pensebaran tenaga ahli untuk pengoprasian dan perekayasaan alat tersebut menjadi optimal untuk seluruh daerah di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan antara lain gerinda, bor tangan, mesin bubut, jangka sorong, mistar, mesin milling dan mesin las. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain besi siku 40mm x 40mm, besi as 20mm, pillow block bearing sprocket dan rantai.

Metode Penelitian

a) Pembuatan gambar

Sebelum peneliti berfikir untuk membuat alat peneliti mendesain gambar alat terlebih dahulu agar sesuai dengan bentuk dan cara kerja alat yang di inginkan menggunakan software gambar Inventor pada komputer. Pendesainan dilakukan di Laboratorium desain.

b) Tempat Pembuatan Alat

Setelah proses bentuk dari desain gambar alat yang dibuat atau direncanakan selesai kemudian pengerjaan dilakukan di tempat bengkel perekayasaan untuk proses pembuatan alat dan konsultasi mengenai alat yang ingin di buat.

c) Pemilihan Bahan

Setelah itu peneliti mencari dan membeli bahan-bahan yang di perlukan dan sesuai untuk proses pembuatan alat demonstrasi lengan tanam.

d) Proses Pengerjaan Alat



Gambar 1. Alat Demonstrasi Lengan Tanam (tampak samping)

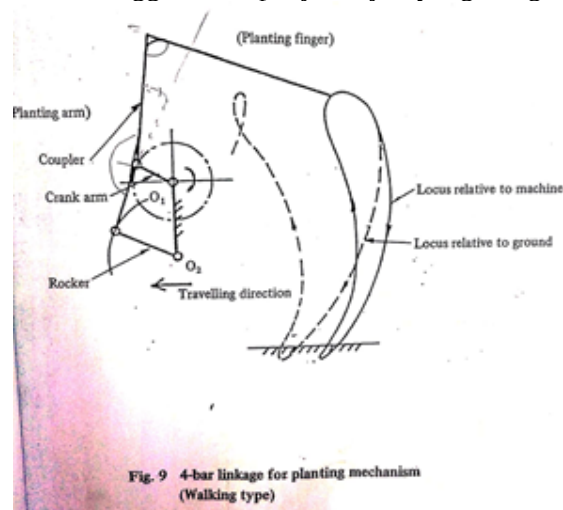


Gambar 2. Alat Demonstrasi Lengan Tanam (tampak depan)

Setelah semua alat dan bahan untuk proses pembuatan alat sudah tersedia kemudian dilakukan proses pembuatan atau pengerjaan alat yaitu seperti proses pemotongan alat, pembentukan alat, pembubutan alat, pemboran alat, dan proses penyambungan/pengelasan.

e) Analisa Locus

Locus adalah sebuah garis yang terbentuk dari ujung lengan penanam. Locus berfungsi untuk menunjukkan alur gerakan yang dihasilkan oleh lengan penanam. Lengan penanam memiliki mekanisme kerja 4 batang kait bawah. Dilihat dari gambar 5.20 O_1 merupakan poros untuk Crank arm yang mana sebagai sumber gerakan putar dan O_2 merupakan poros yang terhubung dengan rocker. Pusat O_1 dan O_2 akan membentuk suatu jari – jari yang mana pada alat demonstrasi ini dapat dirubah dengan mengatur posisi O_2 pada rocker, posisi dari O_2 dapat diubah secara vertical hingga mendapat jari – jari yang diinginkan.

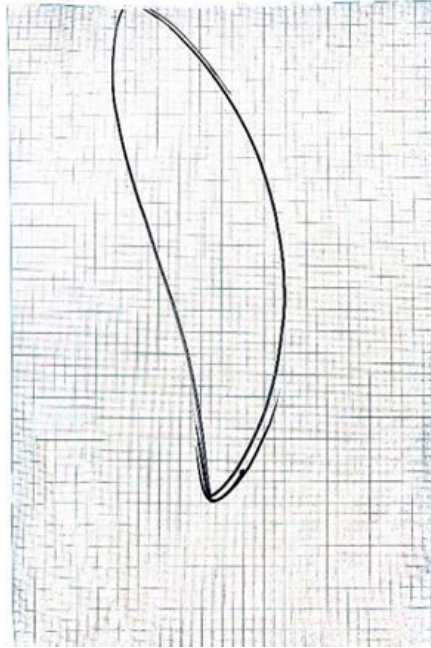


Gambar 3. Alat Demonstrasi Lengan Tanam (tampak samping)

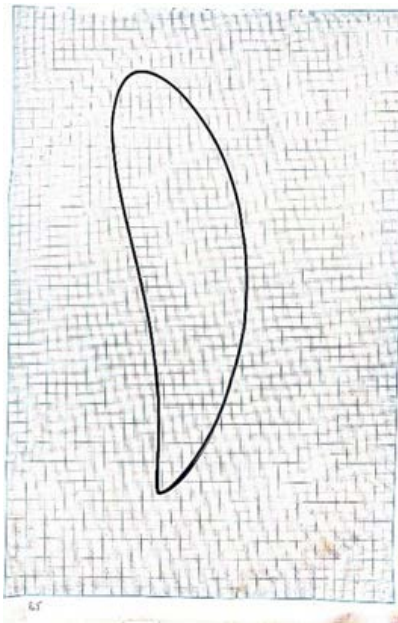
Pada uji analisa locus digunakan 4 macam panjang jari – jari untuk mencari bentuk yang paling sesuai dengan literature seperti pada (Gambar 2) Pengambilan data dilakukan dengan cara mengatur jari – jari pada panjang 9,48cm, lalu ujung dari transplanter dipasang sebuah spidol dan posisi alat disejajarkan dengan papan tulis hingga ujung spidol tersentuh pada papan tulis agar garis yang terbentuk bisa tergambar. Langkah tersebut dilakukan kembali dengan masing – masing jari – jari sebesar 8,5cm ; 7,5cm dan 6,7cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

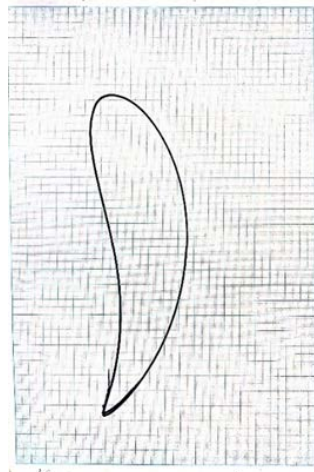
Dari 4 macam panjang jari – jari yang digunakan pada uji Locus alat demonstrasi lengan penanam, dapat diketahui bahwa makin besar jari jari (jarak antar poros O1 dan O2) maka akan membuat bentuk locus makin memanjang secara vertical, dan semakin kecil jari – jarinya maka locus akan lebih memendek dan ujung bawah locus makin meruncing.



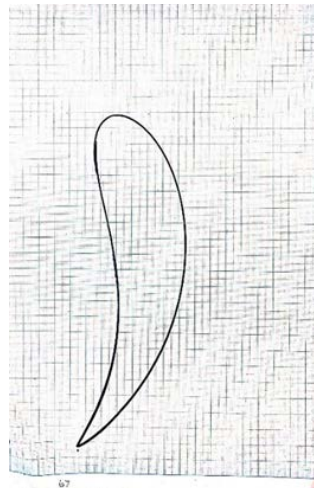
Gambar 4. Locus pada Jari – Jari 9,48 cm



Gambar 5. Locus pada Jari – Jari 8,5 cm

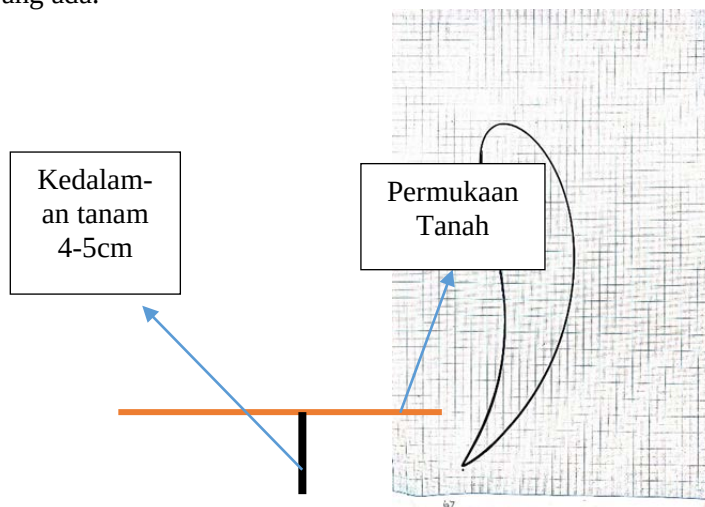


Gambar 6. Locus pada Jari – Jari 7,5 cm



Gambar 7. Locus pada Jari – Jari 6,7 cm

Dari data diatas dapat ditentukan jari – jari yang dapat membentuk locus paling sesuai dengan literature adalah locus dengan jari – jari 6,7cm. Hal ini dikarenakan locus dengan jari – jari 6,7cm memiliki ujung bawah yang paling runcing dan bentuknya serupa dengan literatur yang ada.



Gambar 8. Locus pada Jari – Jari 6,7 cm

Pada gambar 8, ujung locus paling bawah menandakan titik posisi maksimal yang dapat dicapai lengan penanam. Kedalaman tanam pada alat ini umumnya adalah 4-5 cm, posisi permukaan tanah dapat dianalisa dengan menarik garis horizontal ketas dari ujung bawah locus lalu memberi garis tegak lurus sebagai perumpamaan permukaan tanah. Garis locus yang runcing menandakan kontak lengan penanam dengan tanah memiliki luasan gerak yang sempit sehingga meminimalkan resiko tanaman atah tanah tempat tumbuhan menjadi rusak.

KESIMPULAN

Proses pembuatan alat demonstrasi lengan tanam dimulai dengan menggambar desain, persiapan alat dan bahan, pemotongan besi siku untuk rangka, pembuatan plat penahan menggunakan mesin milling. Besi siku disambung menggunakan las dan dibentuk sesuai desain yang sudah dibuat, langkah selanjutnya adalah merangkai bahan – bahan hingga terbentuk alat demonstrasi mesin penanam.

Pengujian locus dilakukan dengan memasang sepidol pada ujung lengan tanam, lalu arahkan spidol pada papan tulis yang diletakan sejajar dengan alat. Pengujian locus dilakukan dengan pemberian jari – jari (R4) yang berbeda – beda. Dari hasil uji yang dilakukan didapat bahwa R4 yang paling sesuai dengan literature adalah karena membentuk locus yang sesuai dengan gambar literature.

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

- Gunomo Djoyowasito, Sandra Malin Sutan, Yusuf Hendrawan, dan Miftahul Hilmi. (2017). Uji Performansi Rancang Bangun Mesin Penanam Benih Jagung (*Zea Mays L.*) Sistem Tugal. *Jurnal of Applied Agricultural Science and Tehnology*, 5(1), 49-55.
- Marsudi, Harjono, C. Yusup Purwanta, Novi Sulistyowati. (2008). Rekayasa Moris Tanam Langsung Benih Padi pada Lahan Sawah. *Jurnal Enjiniring Pertanian*, 6(1), 12-16.

Desain Alat Pemeras Santan Kelapa (*Cocos nucifera*) Sistem Sentrifugal

Design of Coconut Milk Squeezer (*Cocos nucifera*) Centrifugal System

Joko Prasetyo^{1*}, Sandra Malin Sutan¹, Dwi Erlina Budiarti¹

¹Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

*Korespondensi, Email: joko.prasetyo@ub.ac.id

ABSTRAK

Tanaman kelapa merupakan salah satu jenis tanaman yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Sebagian produksi kelapa dikonsumsi dalam bentuk segar, yaitu santan. Pemerasan santan dalam skala rumah tangga sebagian besar dilakukan dengan manual yaitu menggunakan tangan, sehingga waktu yang digunakan cukup lama dan membutuhkan tenaga yang besar. Salah satu mekanisasi untuk proses pemerasan santan kelapa adalah alat pemeras santan sistem sentrifugal, namun pada prosesnya masih memiliki kekurangan yaitu ditujukan dalam kapasitas besar. Oleh karena itu diperlukan adanya modifikasi yang mampu memperbaiki alat yang sudah ada dan dapat meningkatkan efisiensi kerja pada proses pemerasan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat dan menghitung perencanaan alat pemeras santan kelapa sistem sentrifugal. Berdasarkan penelitian ini, dihasilkan suatu alat pemeras santan kelapa sistem sentrifugal dengan kapasitas 3 kg dan spesifikasi alat yaitu panjang, lebar, dan tinggi alat sebesar 500 mm x 350 mm x 450 mm. Tenaga penggerak yang digunakan adalah motor listrik dengan daya ¼ HP dengan kecepatan putar 1310. Kecepatan putaran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 520 rpm, 719 rpm, dan 930 rpm, sehingga dibutuhkan pulley dan v-belt untuk mentransmisikan daya dan putaran dengan kecepatan berbeda. Pulley yang digunakan dengan ukuran 8 inch, 6 inch, dan 4 inch. Untuk v-belt yang digunakan dengan panjang sabuk 34 inch, 30 inch, dan 28 inch. Alat telah dibuat sesuai dengan perhitungan perencanaan dan telah berfungsi.

Kata kunci: mesin pemeras, kelapa, sentrifugal

ABSTRACT

Coconut plant is a type of plant that has high economic value. Part of coconut production is consumed in fresh form, namely coconut milk. Most of the extortion of coconut milk on a household scale is done manually, namely by hand, so it takes a long time and requires a lot of energy. One of the mechanization for the coconut milk squeezing process is a centrifugal system of squeezing the coconut milk, but in the process it still has a weakness, namely it is aimed at large capacities. Therefore it is necessary to have modifications that can improve existing tools and can increase work efficiency in the extortion process. The purpose of this research is to make and calculate the planning for coconut milk press with centrifugal system. Based on this research, a centrifugal system of coconut milk squeezer was produced with a capacity of 3 kg and the specifications of the tool, namely the length, width, and height of the device of 500 mm x 350 mm x 450 mm. The driving force used is an electric motor with a power of ¼ HP with a rotating speed of 1310. The rotation speed used in this study is 520 rpm, 719 rpm, and 930 rpm, so it takes a pulley and a v-belt to transmit power and rotation at different speeds. Pulleys are used in sizes 8 inch, 6 inch, and 4 inch. For v-belts used with belt lengths of 34 inch, 30 inch, and 28 inch. The tool has been made in accordance with the planning calculations and is functioning.

Keywords: press machine, coconut, centrifugal

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) adalah tanaman yang mayoritas tersebar di wilayah tropis. Tanaman kelapa merupakan salah satu jenis tanaman yang serba guna dan mempunyai nilai ekonomis tinggi. Menurut data BPS produksi perkebunan kelapa di Jawa Timur pada tahun 2013 sebesar 282.781 ton, tahun 2014 sebesar 252.672 ton, tahun 2015 sebesar 271.250 ton,

tahun 2016 sebesar 260.664 ton, dan tahun 2017 sebesar 258.142 ton. Sebagian produksi kelapa dikonsumsi dalam bentuk segar, yaitu santan. Pada buah kelapa yang sudah tua, umumnya masyarakat memarut daging buah kelapa kemudian diperas untuk dijadikan santan. Santan kelapa diperoleh dari daging kelapa yang telah diparut dan selanjutnya diperas.

Proses pemerasan santan kelapa umumnya dilakukan oleh masyarakat secara manual. Pada metode proses pemerasan santan kelapa manual dilakukan dengan penambahan air pada daging kelapa yang telah diparut. Pada pemerasan dengan metode manual mempunyai beberapa kekurangan yaitu membutuhkan waktu yang lama serta membutuhkan tenaga yang banyak. Menurut Susanto (2016), kekurangan pemerasan secara manual yaitu menggunakan alat bantu kain yang dianggap kurang efisien apabila jumlah kelapa parut yang akan diperas dalam jumlah banyak sehingga waktu yang dibutuhkan lama dan membutuhkan tenaga yang besar, juga dilihat dari bidang kebersihan tidak mencapai standar kesehatan.

Banyaknya mekanisasi yang beredar di pasar salah satunya yaitu mesin pemeras santan kelapa, namun mesin yang tersedia ditujukan dalam kapasitas besar. Oleh karena itu diperlukan adanya modifikasi yang mampu memperbaiki mesin yang sudah ada dengan merancang mesin pemeras santan dalam skala kecil sehingga dapat mempermudah proses pemerasan, pada tingkat rumah tangga dan skala kecil. Pada mesin ini dirancang berkapasitas 3 kg dengan sumber tenaga motor listrik $\frac{1}{4}$ HP dan kecepatan putaran yang dapat diatur dengan pengaturan penggantian ukuran pulley dan panjang sabuk v-belt. Diharapkan dengan menggunakan mesin pemeras santan sistem sentrifugal ini akan menghasilkan santan dengan kualitas dan kuantitas yang lebih baik dibandingkan dengan pemerasan secara manual, dan dapat meningkatkan efisiensi waktu.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah aplikasi solidworks, las listrik, bor, gerinda, mesin roll plat, mesin bubut, dan tachometer. Sedangkan bahan yang dibutuhkan adalah plat stainless steel lubang tipe 304 dengan tebal 1 mm, plat stainless steel tipe 304 dengan tebal 1 mm, pipa stainless steel tipe 304, motor listrik $\frac{1}{4}$ HP, poros, bantalan, karet, pulley, dan v-belt.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan rancangan struktural dan fungsional. Perancangan struktural untuk mengetahui detail dari bagian-bagian dimensi dari masing-masing komponen. Perancangan struktural terdiri dari kerangka yang terbuat dari bahan *stainless steel* 304 foodgrade dengan tebal plat 1 mm, dan dimensi panjang 500 mm, tinggi silinder luar 450 mm, diameter silinder 300 mm. Silinder dalam terbuat dari bahan *stainless steel* tipe 304 *foodgrade* berlubang dengan tebal plat 1 mm, mempunyai dimensi tinggi silinder 240 mm, diameter silinder 240 mm, dan ukuran lubang yaitu 7 mesh. Tenaga penggerak berupa motor listrik $\frac{1}{4}$ HP dengan tegangan 220 V dan kecepatan putar 1310 rpm. Poros terbuat dari bahan *stainless steel* dengan panjang 400 mm. Desain mesin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain mesin

Pada perancangan fungsional, digunakan untuk menilai apakah bagian alat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Bagian dari mesin pemeras santan sistem sentrifugal yaitu kerangka sebagai penopang dan penyangga dari komponen-komponen mesin. Tenaga penggerak (motor listrik) sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan mesin. Silinder dalam sebagai penampung kelapa parut yang akan dilakukan proses pemerasan. Poros untuk meneruskan daya dan putaran. Sistem transmisi untuk meneruskan tenaga dari sumber tenaga penggerak (motor listrik) menuju silinder dalam dengan memanfaatkan *pulley* dan *v-belt*.

Perencanaan Mesin Pemeras Santan Sistem Sentrifugal

Perencanaan Tabung

Tempat yang digunakan untuk menampung kelapa parut yang akan di sentrifugal adalah berbentuk tabung silinder, dengan kapasitas 3 kg dan waktu pemerasan yaitu hingga kelapa parut tidak meneteskan santan. Untuk menentukan volume kelapa parut dengan massa kelapa dan massa jenis yang sudah diketahui dapat menggunakan Persamaan 1.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$
$$352 \text{ kg/m}^3 = \frac{3 \text{ kg}}{v}$$
$$v = 0,00852 \text{ m}^3$$

Dengan massa kelapa parut 3 kg, untuk menghitung tinggi silinder yang digunakan dicari menggunakan Persamaan 2.

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 h \quad (2)$$
$$0,00852 \text{ m}^3 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,240 \text{ m})^2 \times h$$
$$h = 0,18849 \text{ m}$$

Perencanaan Volume Tabung Silinder

Dengan diameter silinder dalam 240 mm dan tinggi silinder dalam 240 mm maka volume tabung silinder dapat dicari menggunakan Persamaan 3.

$$V = \pi \times r^2 \times t \quad (3)$$
$$V = 3,14 \times (12 \text{ cm})^2 \times 24 \text{ cm}$$
$$V = 10851,84 \text{ cm}^3$$

Perencanaan Kapasitas

Dengan volume tabung sebesar 10851,84 cm³ sama dengan 10,85184 L dan massa jenis kelapa parut sebesar 352 kg/m³ sama dengan 0,352 kg/L maka kapasitas silinder dalam dapat dicari menggunakan Persamaan 4.

$$m = \rho \times v \quad (4)$$
$$m = 0,352 \text{ kg/L} \times 10,85184 \text{ L}$$
$$m = 3,52 \text{ kg}$$

Hasil perhitungan kapasitas adalah 3,52 kg, namun pada prosesnya bahan yang masuk hanya diisi dengan 3 kg. Hal ini bertujuan sebagai antisipasi kemungkinan terjadinya error atau rusaknya mesin apabila kelapa parut yang akan diproses melebihi kapasitas yang telah ditentukan.

Perencanaan Daya Motor Listrik

Untuk menentukan daya motor listrik yang dibutuhkan yaitu menghitung nilai torsi pada silinder dalam pemeras santan dengan beban 5 kg dan diameter 240 mm (bagian dari mesin yang berputar saat dioperasikan) menggunakan Persamaan 5.

$$\begin{aligned}T &= F \times r \quad (5) \\T &= 5 \text{ kg} \times 120 \text{ mm} \\T &= 600 \text{ kgmm}\end{aligned}$$

Menghitung nilai torsi motor listrik dari daya 186,425 watt pada putaran 1310 rpm menggunakan Persamaan 6.

$$\begin{aligned}P_{motor} &= 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T_{motor} \quad (6) \\186,425 \text{ watt} &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{1310 \text{ putaran}}{60 \text{ detik}} \cdot T_{motor} \\T_{motor} &= \frac{186,425 \text{ watt}}{137,113 \text{ put/s}} \\&= 1,359 \text{ kgm} = 1359 \text{ kgmm}\end{aligned}$$

Menghitung daya motor minimal yang dibutuhkan untuk memutar silinder pada kecepatan 500 rpm (data dari uji mesin), maka daya motor minimal yang dibutuhkan menggunakan Persamaan 7.

$$\begin{aligned}P_{min} &= 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T_{motor} \quad (7) \\&= 2,314 \cdot \frac{500 \text{ putaran}}{60 \text{ detik}} \cdot 1,359 \\&= 71,121 \text{ watt} = 0,095 \text{ HP}\end{aligned}$$

Perencanaan Pulley dan V-Belt

Untuk menghitung ukuran pulley dan panjang v-belt pada sistem penerus daya dan putaran dari motor listrik menuju proses pemerasan. Ukuran diameter pulley dapat dihitung menggunakan Persamaan 8.

$$D2 = \frac{n1 \cdot D1}{n2} \quad (8)$$

- Putaran 500 rpm

$$\begin{aligned}\frac{1310 \text{ rpm}}{500 \text{ rpm}} &= \frac{D2}{75 \text{ mm}} \\D2 &= \frac{1310 \times 75}{500} = 196,5 \text{ mm} = 7,734 \text{ inch} \approx 8 \text{ inch}\end{aligned}$$

- Putaran 700 rpm

$$\begin{aligned}\frac{1310 \text{ rpm}}{700 \text{ rpm}} &= \frac{D2}{75 \text{ mm}} \\D2 &= \frac{1310 \times 75}{700} = 140,357 \text{ mm} = 5,525 \text{ inch} \approx 6 \text{ inch}\end{aligned}$$

- Putaran 900 rpm

$$\begin{aligned}\frac{1310 \text{ rpm}}{900 \text{ rpm}} &= \frac{D2}{75 \text{ mm}} \\D2 &= \frac{1310 \times 75}{900} = 109,16 \text{ mm} = 4,2 \text{ inch} \approx 4 \text{ inch}\end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang sabuk v-belt digunakan Persamaan 9.

$$L = \frac{\pi}{2} (d1 + d2) + 2C + \frac{(d2-d1)^2}{4C} \quad (9)$$

- Putaran 500 rpm

$$\begin{aligned}L &= \frac{3,14}{2} (75 + 196,5) + 2(210) + \frac{(196,5-75)^2}{4(210)} \\L &= 426,255 + 420 + 17,57\end{aligned}$$

$$L = 865,266 \text{ mm} = 34 \text{ inch}$$

- Putaran 700 rpm

$$L = \frac{3,14}{2} (75 + 140,357) + 2(210) + \frac{(140,357-75)^2}{4(210)}$$

$$L = 338,110 + 420 + 5,085$$

$$L = 763,195 \text{ mm} = 30,047 \text{ inch} \approx 30 \text{ inch}$$

- Putaran 900 rpm

$$L = \frac{3,14}{2} (75 + 109,16) + 2(210) + \frac{(109,16-75)^2}{4(210)}$$

$$L = 289,142 + 420 + 1,389$$

$$L = 710,531 \text{ mm} = 27,97 \text{ inch} \approx 28 \text{ inch}$$

Perencanaan Poros

Perencanaan poros dapat diperhitungkan dengan menghitung daya rencana terlebih dahulu menggunakan Persamaan 10.

$$Pd = fc \times P \text{ (kW)} \quad (10)$$

$$= 1,2 \times 1,827$$

$$= 2,1924 \text{ kW}$$

Menentukan momen puntir pada poros dapat diketahui menggunakan Persamaan 11.

$$T = 9,74 \times 10^5 \left(\frac{Pd}{n} \right) \quad (11)$$

$$= 9,74 \times 10^5 \left(\frac{2,1924}{1310} \right)$$

$$= 1630,074 \text{ kgmm}$$

Bahan untuk poros digunakan S45 C-D maka tegangan geser yang terjadi dapat diketahui menggunakan Persamaan 12.

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf1 \times Sf2} \quad (12)$$

$$\tau_a = \frac{60}{6 \times 2}$$

$$\tau_a = 5 \text{ kg/mm}^2$$

Menentukan diameter poros dapat dihitung menggunakan Persamaan 13.

$$ds = \left(\frac{5,1}{\tau_a} (Kt \times Cb \times T) \right)^{0,33} \quad (13)$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{\tau_a} (2 \times 1,5 \times 1630,074) \right)^{0,33}$$

$$ds = 16,607 \text{ mm}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Hasil Perancangan

Mesin pemeras santan kelapa (*Cocos nucifera*) sistem sentrifugal terdiri dari beberapa komponen utama yaitu kerangka, silinder dalam, tenaga penggerak dan sistem transmisi/penerus daya. Tenaga penggerak berfungsi sebagai sumber tenaga untuk memutar silinder dalam. Sistem transmisi pada mesin ini yaitu transmisi *pulley* dan sabuk, prinsip dari sistem transmisi ini adalah mengubah kecepatan putar suatu poros menjadi kecepatan putaran yang diinginkan dengan mengatur ukuran *pulley* dan panjang sabuk yang dibutuhkan. Silinder dalam sebagai tempat menampung kelapa parut yang akan diperas, dimana dirancang menggunakan plat lubang dengan ukuran 7 mesh. Mesin pemeras santan kelapa hasil perancangan menggunakan

motor listrik sebagai tenaga penggerak dengan daya $\frac{1}{4}$ HP. Mesin ini memiliki kapasitas sebanyak 3 kg parutan kelapa. Hasil rancang bangun mesin pemeras santan kelapa sistem sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Pemeras Santan Kelapa Sistem Sentrifugal

Pada penelitian ini menggunakan 3 kg parutan kelapa dioperasikan dengan mesin pemeras santan sistem sentrifugal diperoleh santan kental 270 ml pada putaran 520 rpm selama 23 menit, santan kental 300 ml pada putaran 719 rpm selama 20 menit, dan santan kental 340 ml pada putaran 930 rpm selama 19 menit. Menurut Alfauzi dan Rofarsyam (2005), mengemukakan bahwa proses pemerasan kelapa parut menjadi santan kental dengan cara tradisional yaitu menggunakan tangan atau diinjak-injak dengan kaki pada bak khusus sambil disirami dengan air secara perlahan sehingga proses pemerasan kelapa parut menjadi santan kental dengan massa kelapa parut 3 kg diperoleh rata-rata menghasilkan santan kental sebesar 1500 ml dengan membutuhkan waktu pemerasan selama 1500 detik.

Spesifikasi Mesin Hasil Perancangan Kerangka

Kerangka merupakan komponen utama pada mesin yang berfungsi untuk menopang mesin pemeras santan kelapa dan menampung santan setelah terperas yang selanjutnya akan mengalir melalui lubang pengeluaran. Kerangka (silinder luar) terbuat dari plat *stainless steel foodgrade* dengan diameter 300 mm, tinggi 400 mm dan tebal plat 1 mm. Penggunaan dimensi tersebut dikarenakan sebagai antisipasi adanya hamburan kelapa parut yang cukup besar ketika dilakukan proses pemerasan dan proses pemerasan berjalan dengan baik. Maka sesuai dengan perhitungan silinder dalam, agar kerangka (silinder luar) berfungsi secara struktural dan fungsional sehingga dimensi silinder luar diperlukan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan silinder dalam. Berdasarkan penelitian sebelumnya, oleh Aman (2018), dalam penelitian tersebut, rangka mesin tersebut dari besi siku dengan dimensi panjang 800 mm dan tinggi 300 mm, berfungsi sebagai dudukan dari komponen-komponen mesin. Dimensi dari silinder dudukan (silinder luar) yang digunakan dengan dimensi diameter sebesar 400 mm dan tinggi 500 mm. Selanjutnya pada penelitian oleh Olanrewaju (2015), dalam penelitian *Development and Performance Evaluation of Coconut Milk Extracting Machine*. Kerangka dirancang dengan ukuran besar yaitu dimensi panjang, lebar, dan tinggi sebesar 700 mm, 300 mm dan 600 mm. Kerangka dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Kerangka

Silinder Dalam

Silinder dalam merupakan komponen utama pada alat yang berfungsi untuk melakukan proses pemerasan pada kelapa parut. Silinder dalam dirancang menggunakan bahan *stainless steel foodgrade* lubang dengan ukuran 7 mesh dengan diameter 240 mm, tinggi 240 mm, dan tebal plat 1 mm. Pada silinder dalam sudah sesuai dengan perencanaannya baik secara struktural maupun fungsional. Hal ini telah sesuai dengan literatur yaitu Iswanto (2016), yang menyatakan bahwa tinggi tabung silinder yang dibutuhkan untuk wadah kelapa parut dalam keadaan minimal dari hasil perhitungan teoritis, sebagai antisipasi terjadinya hamburan / berceceran ampas kelapa parut pada permukaan tabung. Silinder dalam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Silinder dalam

Tenaga Penggerak

Tenaga penggerak (motor listrik) merupakan komponen utama pada alat karena berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan mesin. Motor listrik pada rancangan mesin ini

diletakkan pada bagian samping mesin. Berdasarkan perhitungan teoritis, daya motor minimal yang dibutuhkan agar dapat mengoperasikan mesin yaitu 0,095 HP. Namun pada proses perancangannya, motor listrik yang digunakan yaitu motor listrik dengan daya $\frac{1}{4}$ HP dengan kecepatan putaran 1310 rpm. Motor listrik dengan daya $\frac{1}{4}$ HP sudah sesuai secara struktural dan fungsional. Hal ini disebabkan berdasarkan hasil perhitungan teoritis, nilai torsi motor lebih besar dibandingkan dengan nilai torsi silinder dalam yaitu $1359 \text{ kgmm} > 600 \text{ kgmm}$ maka motor listrik dengan daya $\frac{1}{4}$ HP ini mampu memutar silinder dalam saat mesin akan dioperasikan sehingga motor listrik dengan daya $\frac{1}{4}$ HP yang digunakan sudah aman. Menurut literatur yaitu Carasidi (2015), mengemukakan bahwa torsi dapat pula disebut energi, karena merupakan kemampuan mesin untuk dapat melakukan kerja. Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya. Motor listrik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Motor listrik

Sistem Transmisi

Sistem transmisi berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari sumber tenaga penggerak menuju bagaian utama mesin yaitu silinder dalam. Mesin pemeras santan kelapa (*Cocos nucifera*) sistem sentrifugal ini mempunyai transmisi yang terdiri dari beberapa komponen, diantaranya motor listrik, *pulley*, *v-belt*, dan poros. *Pulley* dan *v-belt* yang digunakan sudah sesuai secara fungsional dan aman digunakan. Sistem transmisi akan memperkecil kecepatan motor listrik dari 1310 rpm menjadi 500 rpm, 700 rpm, dan 900 rpm dengan menggunakan pulley ukuran 8 inch, 6 inch, 4 inch. Sedangkan *v-belt* yang digunakan yaitu 34 inch, 30 inch, dan 28 inch. Berdasarkan literatur yaitu Olanrewaju (2015), dalam penelitian tersebut, kecepatan yang digunakan yaitu 500 rpm, 400 rpm, 300 rpm, dan 200 rpm, sedangkan waktu untuk ekstraksi yang digunakan yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja mesin yang optimal untuk menghasilkan 210 g santan kelapa pada saat mengoperasikan mesin dengan kecepatan 200 rpm dan waktu ekstraksi 20 menit. Selanjutnya pada penelitian Aman (2018), pada penelitian tersebut menggunakan kecepatan putar 700 rpm, 1400 rpm, dan 2800 rpm. Hasil pengujian pada putaran 700 rpm diperoleh volume santan sebesar 3,69 liter. Pada putaran 1400 rpm diperoleh volume santan sebesar 3,9 liter. Sistem transmisi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sistem Transmisi

Poros

Poros digunakan untuk mentransmisikan putaran, sehingga dapat memutar silinder dalam saat mesin dioperasikan. Poros yang digunakan sudah sesuai secara struktural dan fungsional. Dimensi dari poros tersebut dengan diameter 19 mm karena menyesuaikan dengan as pada motor listrik dan tinggi poros yaitu 400 mm karena menyesuaikan dengan tinggi kerangka (silinder luar). Berdasarkan literatur oleh Bello (2014), pada penelitian tersebut poros yang digunakan terbuat dari stainless steel dengan panjang 580 mm dan diameter 30 mm. Selanjutnya pada penelitian oleh Hertono (2013), dalam penelitian tersebut bahan poros yang tergolong mild steel (baja jenis ST 60), dengan spesifikasi poros bertingkat yang mempunyai dimensi panjang total 410 mm dengan diameter 16 mm sepanjang 37 mm dan diameter 20 mm sepanjang 51 mm, dan diameter 45 mm sepanjang 235 mm. Dengan perancangan poros bertingkat pada mesin tersebut mampu memarut kelapa sebanyak 2,5 kg dalam waktu 2 menit dengan hasil parutan yang lembut dan mampu memeras dan menghasilkan santan ± 2 liter air santan kental (banyak santan tergantung air yang ditambahkan). Poros dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Poros

KESIMPULAN

Dihasilkan suatu mesin pembers santan kelapa sistem sentrifugal dengan kapasitas 3 kg kelapa parut. Kinerja mesin pembers santan berdasarkan hasil pengujian untuk mendapatkan santan kental pada kecepatan 520 rpm menghasilkan santan sebesar 270 ml, pada kecepatan 719 ml menghasilkan santan sebesar 300 ml, dan pada kecepatan 930 ml menghasilkan santan sebesar 340 ml.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfauzi, A.S., dan Rofarsyam. (2005). Mesin Pemas Kelapa Parut Menjadi Santan Sistem Ulir Tekan Penggerak Motor Listrik 1 HP. *TEKNOIN* 10(4): 249-256
- Aman, WP dan Jading A. (2018). Prototipe Alat Pemisah Santan Kelapa dengan Metode Sentrifugasi. Staf Pengajar Jurusan THP Fapertek UNIPA. ISSN 1907-039X
- Bello, KI, Balogun, AL, dan Lamidi, BO. (2014). Design, Fabrication and Testing of Coconut Milking Machine. *Journal of Research in Pure and Applied Sciences*, 3(1)
- BPS. (2018). Produksi Perkebunan Kelapa menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2006 – 2017. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2018/11/12/1388/produksi-perkebunan-kelapa-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur-ton-2006-2017.html>. Tanggal akses 28 Januari 2020
- Carasidi, T. (2015). Rancang Bangun Mesin Pemisah Minyak Makanan Gorengan dengan Sistem Gaya Putar di Kontrol oleh Waktu. *Disertasi*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Hertonoto, H. (2013). Proses Pembuatan Poros Bertingkat Pada Mesin Pamarut dan Pemas Kelapa. *D3 Tugas Akhir*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Iswanto, H. (2016). Perencanaan Mesin Pemas Santan Kapasitas 18Kg/Jam. *Skripsi*. UN PGRI. Kediri
- Olanrewaju, TO. (2015). Development and Performance Evaluation of a Coconut Milk Extracting Machine. Department of Agricultural Engineering and Irrigation, *National Agricultural Extension and Research Liasion Services (NAERLS)*, Ahmadu Bello University. Nigeria
- Susanto T dan Marbun T. (2016). Rancang Bangun Mesin Pemas Kelapa Parut menjadi Santan Kapasitas 65 Kg/Jam. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Medan. Medan

Deteksi Dini Penyakit pada Daun Stroberi Berbasis Pengolahan Citra

Early Detection of Disease in Strawberry Leaves Based on Image Processing

Yulia Sonata^{1,*}, Susanto Budi Sulistyo², Krissandi Wijaya²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

*Korespondensi, Email: yuliyungie@gmail.com

ABSTRAK

Masih banyak para petani stroberi yang tidak mengetahui cara atau teknik penanggulangan penyakit yang menyerang daun stroberi, secara umum penyakit yang menyerang daun stroberi baru terdeteksi secara manual dengan mata manusia. Salah satu bidang aplikasi dengan sistem berbasis citra yang digunakan untuk deteksi dini penyakit pada daun stroberi yaitu menggunakan sistem otomatis deteksi dengan menggunakan teknologi komputer canggih seperti bantuan pemrosesan citra untuk mendukung petani mengidentifikasi penyakit pada tahap awal dan memberikan informasi yang bermanfaat (Surya Prabha D,2014). Dengan menggunakan segmentasi dapat memanfaatkan intensitas cahaya dan nilai pixel citra, segmentasi merupakan tahapan awal yang diterapkan pada citra sebelum ke tahap pengenalan objek. Penelitian ini proses segmentasi menggunakan K-Means Clustering. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui deteksi awal penyakit pada daun stroberi (2) menentukan parameter visual yang tepat digunakan untuk deteksi penyakit pada daun stroberi. Pelaksanaan penelitian selama 4 Bulan di Serang Purbalingga, pada Mei 2018 hingga Agustus 2018. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan program komputer MATrix Laboratory (Matlab) untuk pengolahan data menggunakan metode segmentasi K-Means Clustering. Berdasarkan hasil penelitian dari ketiga daun tersebut, dapat kita lihat bahwa awal mula daun terserang penyakit pada minggu ke 6 di grafik ke 3, sedangkan di grafik 1 dan 2 daun terserang penyakit di minggu ke 7. Pada dasarnya, luas penyakit semakin membesar setiap minggunya. Namun pada grafik terdapat anomali di minggu ke 10 pada grafik 1 dan 3. Sebenarnya bila diamati dengan mata, luas penyakit di minggu 10 dan 11 meningkat, hanya saja terjadi kesalahan saat pengambilan citra. Pada citra tersebut, intensitas cahaya yang mengenai bagian daun tidak merata, sehingga saat disegmentasi hasilnya tidak sempurna.

Kata kunci: daun stroberi, deteksi dini penyakit, segmentasi, k-means clustering

ABSTRACT

There are still many strawberry farmers who do not know the methods or techniques of disease prevention that attack strawberry leaves, in general the disease that attacks new strawberry leaves is detected manually with the human eye. One field of application with image-based systems used for early detection of diseases in strawberry leaves is to use automatic detection systems using advanced computer technology such as image processing assistance to support farmers to identify disease at an early stage and provide useful information (Surya Prabha D,2014). Using segmentation can utilize light intensity and pixel pixel values, segmentation is the initial stage applied to the image before the object recognition stage. This research segmentation process uses K-Means Clustering. The objectives of this study are (1) to determine the initial detection of disease in strawberry leaves (2) to determine the visual parameters that are appropriate for detection of disease in strawberry leaves. The research was conducted for 4 months in Serang Purbalingga, in May 2018 until August 2018. Data processing was carried out with the help of the MATrix Laboratory (Matlab) computer program for processing data using the K-Means Clustering segmentation method. Based on the results of the study of the three leaves, we can see that the beginning of the disease attacked at week 6 in the 3rd chart, while in graph 1 and 2 the leaves were attacked by disease at week 7. Basically, the area of the disease is getting bigger every week. But on the graph there is an anomaly at week 10 on graphs 1 and 3. Actually, if observed with the eyes, the extent of

the disease at weeks 10 and 11 increases, only there is an error when taking the image. In this image, the intensity of light that is about the leaf portion is not evenly distributed, so that when it is segmented the results are not perfect.

Keywords: *strawberry leaves, early disease detection, segmentation, k-means clustering*

PENDAHULUAN

Stroberi merupakan tanaman buah berupa herba yang ditemukan pertama kali di Chili, Amerika. Salah satu spesies tanaman stroberi yaitu *Fragaria chiloensis* L yang menyebar ke berbagai negara Amerika, Eropa dan Asia. Selanjutnya spesies lain, yaitu *Fragaria vesca* L. lebih menyebar luas dibandingkan spesies lainnya. Jenis stroberi ini pertama kali masuk ke Indonesia. Di Indonesia stroberi dapat tumbuh di daerah pegunungan dengan ketinggian lebih dari 1000 mdpl dan bereproduksi hingga lima kali dalam setahun dengan puncak produksi terjadi pada bulan Juli-Agustus. Stroberi masuk ke Indonesia pada tahun 1980-an dan mulai dibudidayakan pada tahun 1983 di Desa Candi Kuning, Bali dan hingga saat ini tercatat lima lokasi sentra stroberi di Indonesia (Hanif dan Ashari, 2013). Daun stroberi dapat bertahan hidup selama 1 hingga 3 bulan, kemudian daun akan kering dan mati (Gayo, 2009).

Segmentasi citra merupakan bagian dari proses pengolahan citra. Kegunaan segmentasi yaitu untuk pengambilan informasi dari citra seperti pencarian bagian mesin, pencarian manusia dan pencarian citra yang serupa (Forsyth dan Ponce, 2013). Secara umum pendekatan segmentasi citra yang sering digunakan adalah melalui pendekatan intensitas, pendekatan warna dan pendekatan bentuk (Rujikietgumjorn, 2008).

Masih banyak para petani stroberi yang tidak mengetahui cara atau teknik penanggulangan penyakit yang menyerang tanaman stroberi, secara umum penyakit yang menyerang daun stroberi baru terdeteksi secara manual dengan mata manusia. Salah satu pendekatan utama tersebut adalah dengan pengamatan mata telanjang. Sehingga terjadi gejala penyakit meluas, seperti bintik-bintik, dan karat daun apabila terlambat dalam penanganan untuk mengobati tanaman tersebut maka tanaman itu akan rusak atau mati dan hasil produksinya menurun, mengakibatkan kerugian yang signifikan baik dalam kualitas maupun kuantitas produk pertanian. Ini dapat menghasilkan dampak negatif pada negara-negara yang perekonomiannya terutama bergantung pada pertanian stroberi. Oleh karena itu deteksi penyakit pada tahap awal sangat penting untuk menghindari kerugian dalam hal kualitas, kuantitas dan keuangan. Dengan adanya image processing deteksi awal berdasarkan parameter visual citra daun harapannya daun stroberi tidak terlambat untuk ditangani apabila terdeteksi penyakit di usia dini. Saat ini pengolahan citra berkembang pesat dengan aplikasi yang cukup luas di berbagai bidang. Salah satu bidang aplikasi adalah sistem berbasis citra yang digunakan untuk deteksi dini penyakit pada daun stroberi yaitu menggunakan sistem otomatis deteksi menggunakan teknologi komputer canggih seperti bantuan pemrosesan citra untuk mendukung petani mengidentifikasi penyakit pada tahap awal dan memberikan informasi yang bermanfaat (Surya Prabha D, 2014).

Sejauh ini, penelitian mengenai deteksi dini pada penyakit daun stroberi masih belum banyak dilakukan khususnya pada daun stroberi. Oleh karena itu, penelitian ini fokus untuk mengetahui deteksi awal penyakit pada daun stroberi dengan menggunakan metode k-means clustering. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk deteksi dini penyakit pada daun stroberi, serta parameter visual yang tepat digunakan untuk deteksi dini penyakit pada daun stroberi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital ketelitian 0,0001 g, kamera SLR, termometer bola basah dan termometer bola kering, penggaris, Luxmeter digital

yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya, Laptop, menggunakan Software program (Microsoft Excel, dan MATLAB). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain daun stroberi, kertas hvs, dan total jumlah sampel citra daun stroberi yang digunakan sebanyak 36 citra.

Metode Penelitian

Pengambilan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra penyakit daun stroberi. Citra yang dikumpulkan hanya penyakit pada daun stroberi. Masing-masing 12 citra untuk setiap kelompok penyakit sehingga total citra yang digunakan sebagai data berjumlah 36 citra.

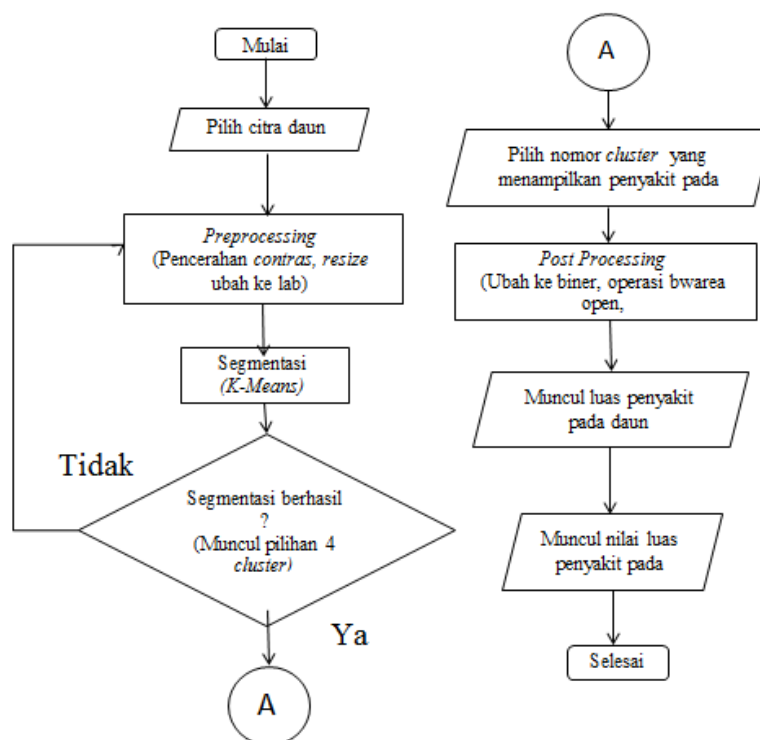
Variabel Pengukuran

Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu lingkungan diukur menggunakan termometer bola basah dan termometer bola kering serta intensitas warna citra daun yang terkena penyakit, pengambilan citra diukur menggunakan Luxmeter.

Analisis Data

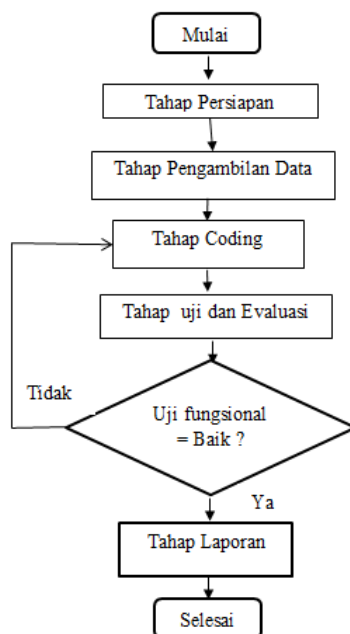
Data yang sudah ada akan dikelompokkan dan dilihat masing-masing penyakit yang menyerang daun stroberi tersebut. Kemudian data yang didapatkan dianalisis berdasarkan pengumpulan data, *preprocessing*, segmentasi, dan menghitung area penyakit.

Tahapan Pengolahan Citra



Gambar 1. Tahapan Pengolahan Citra

Tahapan Penelitian



Gambar 2. Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

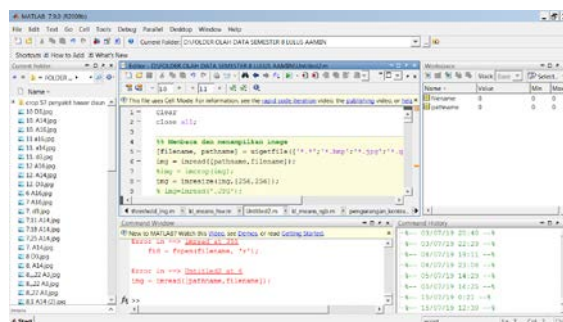
Tahapan Pengolahan Citra

Dalam mendeteksi daun stroberi untuk mempermudah dan membantu para petani maka perlu adanya metode pengolahan citra, sehingga penyakit daun stroberi bisa terdeteksi secepat mungkin dan tingkat kegagalan panen bisa diminimalisir seminimal mungkin. Pada penelitian ini untuk pengolahan citra dari daun stroberi menggunakan metode *K-Means Clustering*, karena metode ini lebih cocok digunakan untuk mengelompokkan objek-objek yang terdapat pada suatu citra dengan mengelompokkannya sesuai dengan jenis warna.

Penyakit pada daun stroberi dapat dideteksi dengan pengolahan citra menggunakan aplikasi Matlab. Penelitian ini menggunakan data berupa citra daun sebanyak 36 citra. Tahapan-tahapan pengolahan citra untuk deteksi dini penyakit pada daun stroberi, dapat dilihat sebagai berikut:

Menjalankan Program

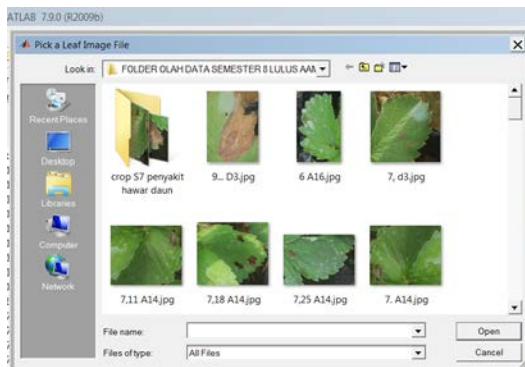
Untuk membuka aplikasi matlab langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan membuka aplikasi matlab maka akan langsung muncul tampilan yang ada di aplikasi matlab, lalu klik *run* untuk memilih citra yang akan ditampilkan di aplikasi matlab tersebut.



Gambar 3. Menjalankan Program

Memilih gambar

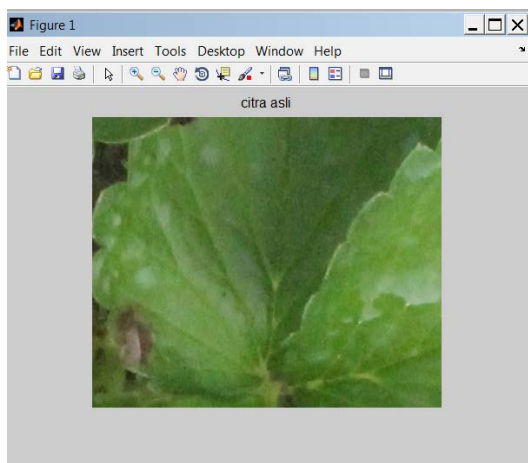
Setelah di *running* maka akan muncul pilihan gambar yang akan dipilih, lalu klik *open* untuk menampilkan citra ke dalam aplikasi.



Gambar 4. Pilih gambar

Membaca dan menampilkan original image

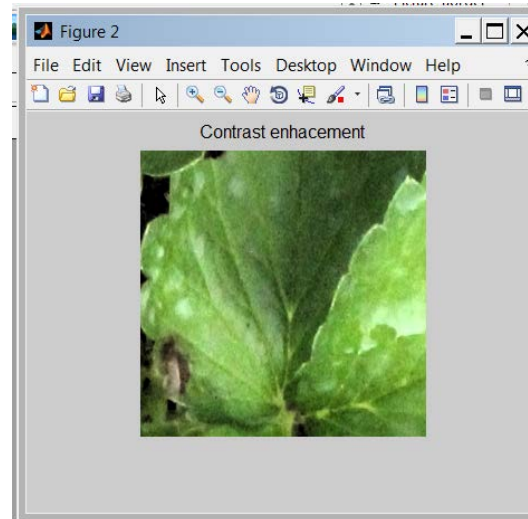
Gambar dibawah ini yang akan ditampilkan dan dilihat, gambar ini menunjukkan ciitra awal.



Gambar 5. Original Image

Hasil citra yang sudah diperbaiki kualitas kontrasnya

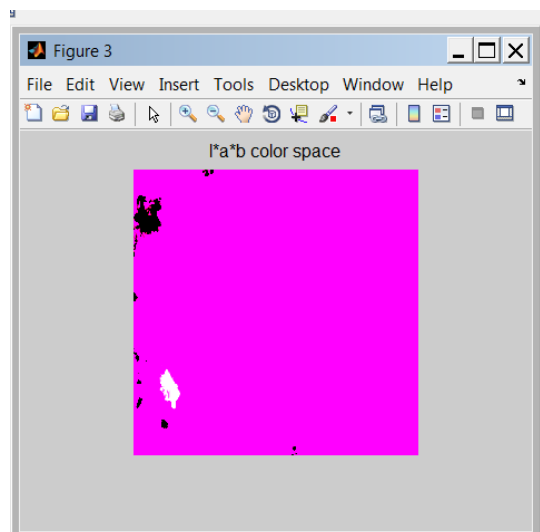
Program ini untuk mengubah original *image* menjadi citra yang sudah diperbaiki kontrasnya. Kecerahan gambar (*image Brightness*) dapat diperbaiki dengan menambahkan atau mengurangi sebuah konstanta kepada atau dari setiap pixel didalam citra. Nilai pixel hasil perubahan mungkin lebih kecil atau sama dengan derajat keabuan minimum (0) atau lebih besar sama dengan derajat keabuan maksimum. Karena itu, pixel tersebut perlu dilakukan *clipping* ke nilai keabuan minimum atau ke nilai keabuan maximum (Munir,2004). Penajaman citra bertujuan untuk memperjelas tepi pada objek didalam citra (Munir,2004). Peningkatan kualitas citra merupakan salah satu proses awal dalam peningkatan citra. Peningkatan citra diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang kurang baik.



Gambar 6. Contrast enhancement

Citra rgb ke lab

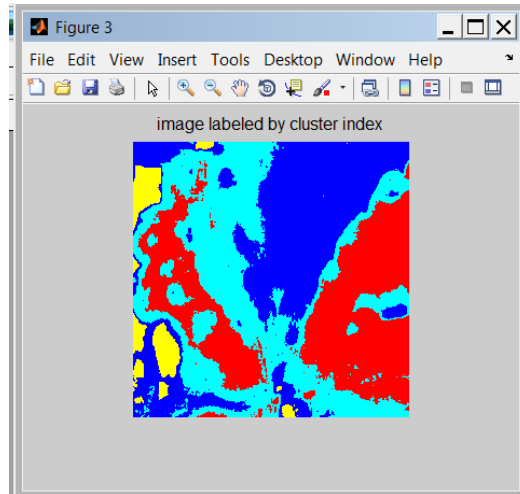
Mengkonversi ruang warna citra yang semula berada pada ruang warna RGB menjadi ruang warna $L^*a^*b^*$. Pada proses ini original *image* yang memiliki pola RGB dikonversi menjadi ruang warna $L^*A^*B^*$ dimana L^* menunjukan Light/terang, a^* adalah koordinat merah/hijau, dan b^* adalah koordinat kuning/biru . Delta atau perbedaan untuk $L^*(\Delta L^*)$, $a^*(\Delta a)$ dan $b^*(\Delta b^*)$ bisa positif (+) atau negatif (-).



Gambar 7. L^*a^*b color

Segmentasi k-means clustering

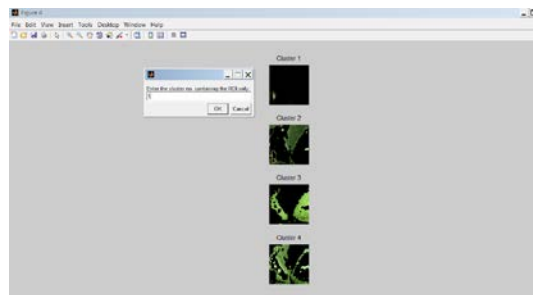
Pada proses ini citra yang sudah dikonversi menjadi citra L^*AB^* dilakukan *clustering* dengan masukan berupa komponen a dan b dari citra L^*a^*b . Jumlah cluster yang digunakan adalah 4. Adapun penjelasan dari warna dibawah ini yaitu, warna biru tua melambangkan warna hijau muda pada citra awal., warna biru muda melambangkan warna putih pada citra awal, warna kuning melambangkan warna hijau ketuaan pada citra awal, warna merah melambangkan warna coklat pada citra awal.



Gambar 8. Image labeled by cluster index

Menampilkan dan memilih *cluster*

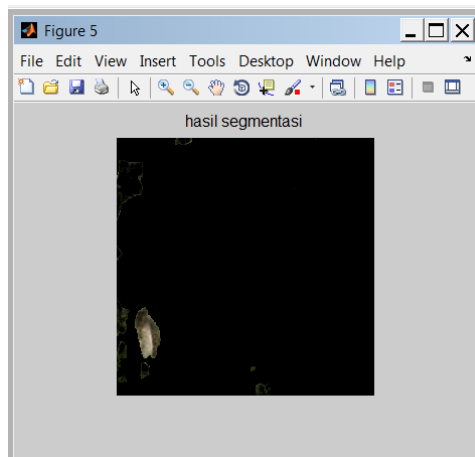
Pada proses ini muncul 4 buah citra hasil *cluster* dengan urutan *cluster* 1,2,3,4 yang munculnya *random* dan tidak selalu seperti yang terlihat pada gambar, maka dari itu diperlukan *inputan* dari kita untuk memasukan pilihan *cluster* mana yang tepat dari keempat hasil *cluster* tersebut.



Gambar 9. Cluster

Menampilkan hasil segmentasi pada *cluster* yang dipilih

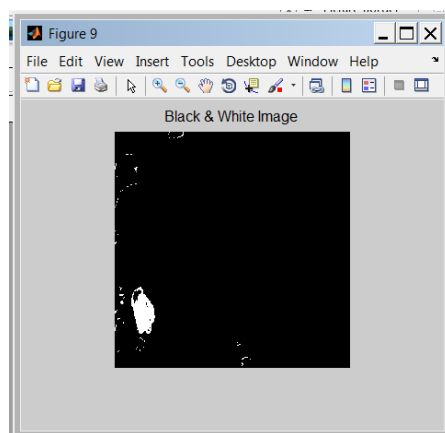
Pada proses ini citra yang dihasilkan dari pemilihan klustering ditampilkan pada gambar dibawah ini. Dapat kita lihat bahwa klustering dengan warna coklat, sebagai penyakit pada daun stroberi.



Gambar 10. Hasil segmentasi

Ubah ke citra biner

Tujuan merubah ke citra biner yaitu untuk mempermudah menghitung variabel luas penyakit pada daun. Karena biner memiliki nilai 1 untuk objek penyakit dan 0 untuk yang bukan penyakit.

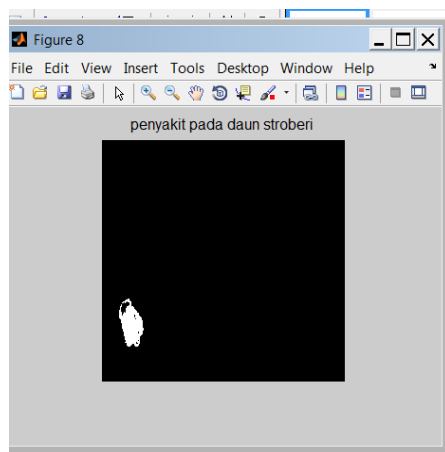


Gambar 11. black and white image

Eliminasi Noise

Pada citra biner masih terlihat *noise*. Oleh karena itu, diperlukan operasi bw area open untuk menghilangkan *noise*. Objek yang terdeteksi memiliki nilai dalam rentang 100 sampai 1000, nilai rentang tersebut yang paling optimal dikarenakan apabila Bw1 terlalu besar dan nilai Bw2 terlalu kecil maka *noise* yang didapat terlalu banyak yang terdeteksi, apabila Bw1 terlalu kecil dan Bw2 terlalu besar maka objek penyakit tidak terdeteksi.

Setelah itu peneliti menampilkan luas penyakit dengan *regionprops* Munculnya luas objek penyakit, lalu catat nilai penyakit ke *excell*. Analisis nilai luas ditampilkan ke bentuk grafik dari minggu 1 sampai minggu ke 12.



Gambar 12. Penyakit pada Daun Stroberi

Luas Penyakit Leaf Blight Pada Daun Stroberi

Daun stroberi yang terkena penyakit *leaf blight* memiliki ciri-ciri munculnya bintik-bintik berwarna ungu yang berkembang menjadi coklat, lalu disekitar bintik meluas daerah yang berwarna kekuningan hingga keunguan. Daun yang tua menjadi suram dan tumbuh merana kemudian mati (gugur). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan 3 buah daun sebagai objek pengamatan, masing-masing daun difoto seminggu sekali selama 12 minggu. Jadi total citra yang digunakan pada penelitian ini ada 36 citra. Daun yang terkena penyakit akan terdeteksi luas penyakitnya yang disajikan pada tabel dan grafik sebagai berikut.

Tabel 1.
 Area penyakit pada daun stroberi 1

Minggu	Luas (Pixel)	luas (cm ²)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	326	53,1
8	6665	1085,89
9	17486	2848,9
10	10096	1644,89
11	22526	3670,7
12	29047	4732,5

Tabel 2.
 Regresi Area Penyakit Pada Daun Stroberi

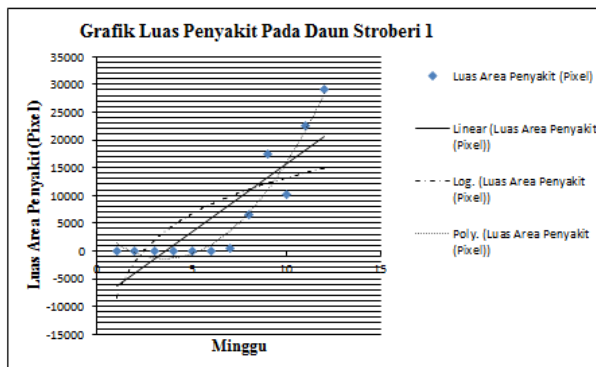
Regresi	R ²	Persamaan Regresi
Regresi linear	0,7243	$y = 2449,9x - 8745,6$
Regresi log	0,4654	$y = 9368,1 \ln(x) - 8424,6$
Regresi Ploynomial	0,92	$y = 416,8x^2 - 2968,5x + 3897,4$

Tabel 3.
 Area penyakit pada daun stroberi 2

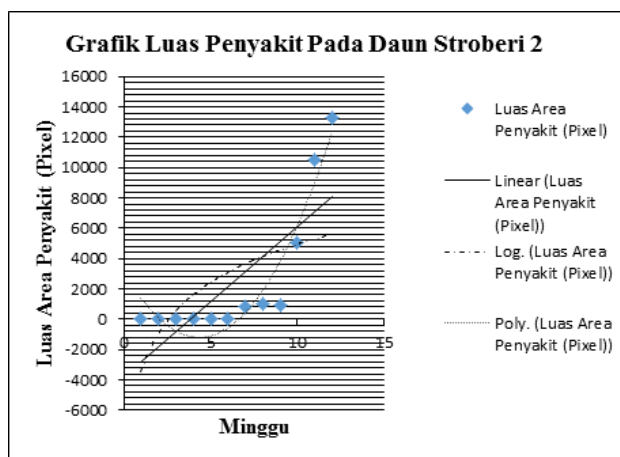
Minggu	Luas (Pixel)	Luas cm ²
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	794	129,7
8	987	160,8
9	902	146,95
10	5036	820,5
11	10481	1707,6
12	13308	2168,2

Tabel 4.
 Regresi Area Penyakit Daun 2

Regresi	R ²	Persamaan Regresi
Regresi linear	0,6088	$y = 993,83x - 3834,2$
Regresi log	0,3596	$y = 3643,6 \ln(x) - 3443,1$
Regresi Ploynomial	0,09173	$y = 231,58x^2 - 2016,7x + 3190,5$



Gambar 13. Luas penyakit pada daun stroberi 1.



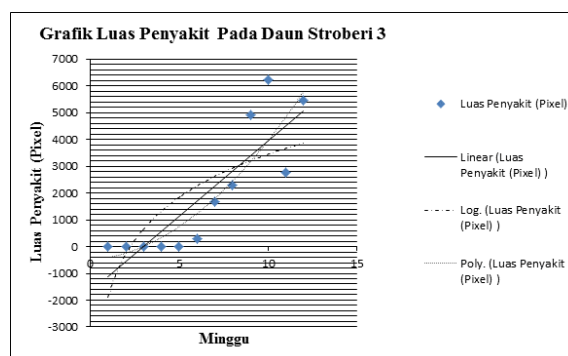
Gambar 14. Luas Penyakit Pada Daun Stroberi 2

Tabel 5.
 Area penyakit pada daun stroberi 3

Minggu	Luas (Pixel)	Luas cm2
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	296	48,2
7	1686	274,9
8	2290	373,9
9	4915	800,8
10	6222	1013,7
11	2785	453,7
12	5466	890,5

Tabel 6. Regresi Area penyakit pada daun stroberi 3

Regresi	R ²	Persamaan Regresi
Regresi linear	0,7358	$y = 564,97x - 1700,6$
Regresi log	0,5432	$y = 2315,6 \ln(x) - 1885,2$
Regresi Ploynomial	0,769	$y = 39,246x^2 - 54,764x + 510,14$



Gambar 15. Luas Penyakit Pada Daun Stroberi 3

Dari ketiga daun tersebut, dapat kita lihat bahwa awal mula daun terserang penyakit pada minggu ke 6 untuk daun 3, dan minggu ke 7 untuk daun 1 dan 2. Pada dasarnya, luas penyakit semakin membesar setiap minggunya. Namun pada grafik terdapat anomali di minggu ke 10 pada daun 1 dan minggu ke 11 pada daun 2. Sebenarnya bila diamati dengan mata, luas penyakit minggu 10 dan 11 meningkat, hanya saja terjadi kesalahan saat pengambilan citra. Pada citra tersebut intensitas cahaya yang mengenai bagian daun tidak merata, sehingga saat disegmentasi hasilnya tidak sempurna.

Solusi untuk para petani stroberi agar lebih memahami dan mencegah penyakit meluas, apabila sudah terjadi tanda-tanda penyakit pada daun yang sudah terdeteksi dengan penyakit maka langsung segera di tangani. Apabila tidak ditangani maka penyebarannya akan meluas dan mengakibatkan daun tersebut mati9berguguran).

KESIMPULAN

Deteksi dini penyakit dapat diperoleh dari 3 buah daun sebanyak 36 citra. Hasil segmentasi terbaik ditunjukan pada jumlah cluster 4, karena pada citra hasil clustering menunjukan penayangan batas warna yang jelas. Luas penyakit pada daun stroberi menggunakan metode k-means clustering menunjukan hasil yang baik untuk mendeteksi dini penyakit pada daun stroberi sehingga menghasilkan nilai luas area penyakit pada daun stroberi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adanikid. (2008). *Bertanam Strawberry*. <http://www.feedmap.net/>. Diakses 21 Desember 2015.
- Agustin, M., dan Toni P. (2012). Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer di Politeknik Negeri Sriwijaya. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis* 02.
- BAPPENAS. (2000). *Tentang Stroberi (Fragaria chiloensis L / F. vesca L.)*. <http://www.ristek.go.id/> Diakses 28 juli 2016.
- Berry S. (2011). *Genetics of Strawberry Plant*. <http://strawberryplant.org>. Diakses Februari 2014.
- Gunawan, L.W. (1996). *Stroberi*. Penebar Swadaya. Jakarta. 81 halaman.
- Hanif, Z. dan H.Ashari. (2013). *Sebaran Stroberi (Fragaria x ananassa) di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika. Kota Batu. P.1-16.
- Harvey, C.A., Rakotobe, Z.L., Rao, N.S., Dave, R., Razafimahatratra, H. Rabarijohn R.H. (2014). *Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risk and climate change in madagaskar*. *Philos. Trans. R Sok. Lond Biol.*
- <https://nasa88.wordpress.com/2012/06/30/hama-dan-penyakit-tanaman-strawberry>.

- Huang, M., dan Yung-Yang, H. (2012). Fetal Distress Prediction Using Discriminant Analysis, Decision Tree, and Artificial Neural Network. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, Vol 5, No.9.
- International *Journal of Life Sciences Research* ISSN 2348-3148 (online) Vol. 5, Issue 4, pp: (120-124), Month: October - December 2017, Available at: www.researchpublish.com.
- International *Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 6, Issue 2, February 2016 74 ISSN 2250-3153
- Jong, S. J. (2004). *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Andi, Yogyakarta.
- Kusumadewi, S., (2004). *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Phadikar S, Sil J. (2008). *Rice Disease Identification using Pattern Recognition Techniques, Proce of 11th Int Conf on Comp and Inf Tech*, ICCIT, Khulna, Bangladesh, IEEE 420-423.
- Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Andi, Yogyakarta.
- Surya Prabha D, Satheesh Kumar J. (2014). Study on Banana Leaf Disease Identification Using Image Processing Methods. *Int Jour of Res in Comp Sc and Inf Tech IJRCSIT* 2(A): 89-94.
- Sutojo, T. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- UNEP (2013). *Smallholders, Food Security, and the Environment*. Rome : International Found for Agricultural Development (IFAD).
- Winiarti, S. (2005). Diktat Kuliah Artificial Intelligence, Teknik Informatika UAD, Yogyakarta.
- Wuryandari, M. D. (2012). Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* Dan *Learning Vector Quantization* Pada Pengenalan Wajah. *Jurnal Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*. Edisi I, Volume 1.

Estimasi Kandungan Nitrogen pada Daun Stroberi berbasis Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan

Nitrogen Estimation Contents in Strawberry Leaves using Image Processing and Artificial Neural Networks

Eka Rahmawati^{1,*}, Susanto Budi Sulisty², Krissandi Wijaya²

¹ Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

² Dosen Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

*Korespondensi, Email: rahmawati290598aa@gmail.com

ABSTRAK

Stroberi merupakan tanaman buah yang sudah banyak di budidayakan di Indonesia terutama di daerah dataran tinggi. Kecukupan nutrisi tanaman stroberi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman salah satunya unsur hara nitrogen. Nitrogen berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif tanaman stroberi. oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nitrogen pada daun stroberi menggunakan perangkat lunak pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan serta menemukan parameter yang tepat untuk mendeteksi ciri pada citra tanaman stroberi. Dalam proses pengolahan ini menggunakan aplikasi matlab dengan metode segmentasi tresholding pada pengolahan citra dan metode backpropagation untuk jaringan syaraf tiruan. Variasi metode yang digunakan yaitu JST satu lapisan tersembunyi, JST kombinasi antara satu dan dua lapisan tersembunyi, dan rata-rata hasil kedua metode tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang di kembangkan mampu mengestimasi nitrogen pada tanaman dengan MAPE terkecil 8,45% yang di peroleh dari metode penghitungan rata-rata hasil estimasi dari JST satu lapisan tersembunyi dan JST kombinasi satu dan dua lapisan tersembunyi. Parameter mean, standar deviasi, skewness dan kurtosis pada model warna HSI dan CIE-Lab mampu mendeteksi ciri pada citra daun tanaman stroberi.

Kata kunci: stroberi, jaringan syaraf tiruan, estimasi nitrogen

ABSTRACT

Strawberry is fruit plants which has been widely cultivated in Indonesia especially in plateau. Adequate nutrition strawberry plant very influential on plant growth one of them nutrient of nitrogen. Nitrogen effect on vegetative growth strawberry plant. Therefore, this study aims to estimate nitrogen on strawberry plant using software image processing and artificial neural network as well as find the right parameters to detection characteristic from image of strawberry plant. On the process using application matlab with segmentation method thresholding on image processing and backpropagation method on artificial neural network. Method variation used is ANN single hidden layer, combination ANN between single and double hidden layers, and average result of both methods. The result showed that the developed system capable of estimate nitrogen on strawberry plant with minimum MAPE 8.45% obtained from average calculating method estimation result from ANN single hidden layer and combination ANN between single and double hidden layers. Parameters mean, standard deviation, skewness, and kurtosis on color model HSV and CIE-Lab developed detection characteristic on image of leaf strawberry plant.

Keywords: strawberry, artificial neural network, nitrogen estimation

PENDAHULUAN

Stroberi (*Fragaria* sp.) adalah salah satu buah-buahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Menurut badan pusat statistik (2017) produksi stroberi di Indonesia sebesar 12.225 ton pada tahun 2017 dimana jumlah tersebut mengalami kenaikan dari tahun sebelumnya. Beberapa petani di Indonesia, khususnya di daerah dataran tinggi telah melakukan budidaya stroberi

secara komersil. Saat ini pasokan stroberi dari para petani yang ada belum mampu memenuhi permintaan pasar karena keterbatasan kemampuan petani padahal stroberi memiliki nilai jual yang tinggi (Budiman dan Saraswati, 2005).

Teknik pembudidayaan stroberi biasanya dilakukan secara konvensional sehingga pemupukan dilakukan secara menyeluruh membuat biaya produksi membesar. Untuk mengefisiensi dan mengoptimalkan pemeliharaan tanaman stroberi diperlukannya pertanian presisi sehingga pemupukan menjadi efisien. Solahudin et al. (2010) telah mengembangkan Sistem perencanaan alsintan berbasis pertanian presisi untuk penyemprotan tanaman pada lahan yang luas dan tersebar di berbagai lokasi. Pengujiannya menerapkan metode dekomposisi citra dan meningkatkan ketelitian aplikasi dari segi dosis dan lokasi tanaman. Hal tersebut menghemat konsumsi herbisida sebanyak 14% dibandingkan penyemprotan tanpa dekomposisi citra berdasarkan perhitungan pengujian sistem serta berdampak juga pada pengurangan polusi lingkungan dan peningkatan efisiensi dan efektifitas penyemprotan

Tingkat perkembangan petani stroberi terus mengalami peningkatan tetapi produktivitas masih jauh dibawah potensi yang dapat dicapai. Rendahnya produktivitas stroberi salah satunya disebabkan oleh kurangnya unsur hara sehingga produksi yang dihasilkan rendah. Salah satu unsur hara penting yang mengakibatkan hasil produksi rendah adalah kekurangan unsur hara nitrogen (N) pada tanaman stroberi. Nitrogen pada tanaman stroberi berfungsi untuk merangsang pembentukan dan pertumbuhan tanaman stroberi terutama pada pertumbuhan dan peningkatan jumlah stolon yang besar.(Simorangkir, et al. 2017).

Dewasa ini pengolahan citra digital banyak digunakan untuk mendeteksi keadaan tanaman. Hal tersebut bermanfaat untuk mengetahui keadaan tanaman agar memudahkan petani dalam melakukan perawatan tanaman yang tepat sehingga dapat menghemat biaya perawatan. Pengolahan citra digital juga dapat digunakan untuk mengestimasi unsur hara pada tanaman salahsatunya kandungan Nitrogen. Pengukuran kadar nitrogen biasanya dilakukan dengan cara konvensional di laboratorium. Penelitian ini mencoba untuk mengestimasi kandungan nitrogen menggunakan citra digital dengan memanfaatkan warna pada daun stroberi. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengestimasi kandungan nitrogen dengan mengevaluasi warna dari citra daun stroberi dengan mengembangkan perangkat lunak pengolahan citra untuk mengestimasi kandungan nitrogen pada tanaman stroberi dan menentukan parameter visual yang tepat untuk deteksi ciri yang ada pada citra tanaman stroberi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Lux meter, sebagai pengukur intensitas cahaya, Thermometer basah dan kering, sebagai pengukur suhu lingkungan, Kamera SLR, sebagai alat pengambil citra digital, Alat penyangga kamera. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanaman stroberi dan pupuk petroganik.

Metode Penelitian

Variabel Penelitian

Variable yang di ukur dalam peneilitian ini adalah warna pada daun stroberi dengan model warna HSV dan LAB. Fitur ekstraksi ysng digunakan adalah standar deviasi, *skewness* dan *kurtosis* dari model warna LAB dan HSV . Parameter yang digunakan berjumlah 24 parameter yang terdiri dari nilai warna L, nilai warna A, nilai warna B, nilai warna H, nilai warna S, nilai warna V, standar deviasi L, standar deviasi A, standar deviasi B, standar deviasi H, standar deviasi S, standar deviasi V, *skewness* L, *skewness* A, *skewness* B, *skewness* H, *skewness* S, *skewness* V, *kurtosis* L, *kurtosis* A, *kurtosis* B, *kurtosis* H, *kurtosis* S, dan *kurtosis* V.

Prosedur Penelitian

1. Pengambilan citra digital daun stroberi
2. Pengambilan sampel daun

3. Uji kadar nitrogen di laboratorium
4. *Image pre-processing*
Terdiri dari proses pemotongan citra, *resize*, dan menaikkan kontras.
5. Segmentasi
Menggunakan metode *thresholding*.
6. Ekstraksi ciri pada citra
Konversi warna RGB ke HSV menggunakan persamaan standar berikut:

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{2(G-B)}{(R-G) + (R-B)} \right)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{V}$$

$$V = \frac{R+G+B}{3}$$

Pada konversi warna RGB ke CIE-Lab terlebih dahulu RGB di konversi ke CIE XYZ, tahap selanjutnya dilakukan konversi warna dari CIE XYZ ke CIE-Lab. Persamaan untuk mengkonversi RGB ke CIE XYZ yaitu:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4125 & 0,3576 & 0,1804 \\ 0,2127 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0913 & 0,1192 & 0,9502 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Persamaan untuk konversi CIE XYZ ke CIE-Lab yaitu:

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right]$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right]$$

Selanjutnya perhitungan parameter ciri pada citra, antara lain:

a. *Mean*(μ)

Mean adalah nilai rata-rata yang dihitung dengan cara menjumlahkan nilai setiap piksel dari piksel-1 sampai piksel ke-n kemudian dibagi dengan jumlah piksel yang ada.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i$$

b. Standar deviasi(σ_x)

Standar deviasi adalah ukuran penyebaran data yang paling sering digunakan. Sebagian besar nilai data cenderung berada dalam satu standar deviasi dari mean

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2}{N}}$$

c. *Skewness*(α_3)

Skewness menunjukkan tingkat kemiringan atau kemencengan relatif kurva histogram suatu citra.

$$\alpha_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{n=0}^N (fn - \mu)^3 P(fn)$$

d. *Kurtosis*(α_4)

Kurtosis menunjukkan tingkat keruncingan relatif kurva histogram dari suatu citra.

$$\alpha_4 = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{n=0}^N (fn - \mu)^4 P(fn)$$

Dimana:

σ_3 : standar deviasi dari nilai intensitas keabuan

σ_4 : standar deviasi dari nilai intensitas keabuan

fn : nilai intensitas keabuan

$P(fn)$: nilai histogram

Analisis data

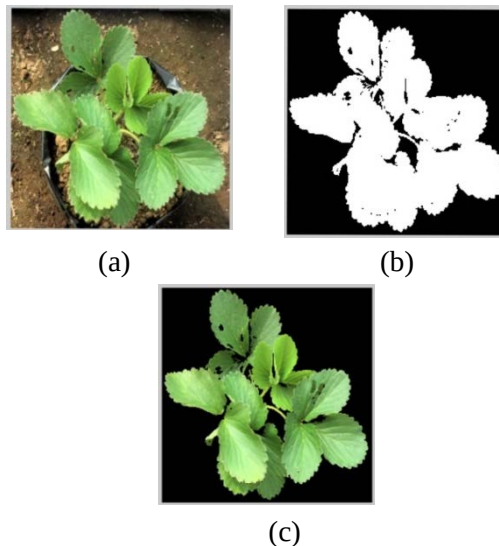
Data dari 24 parameter digunakan sebagai data masukan pada Jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Metode yang digunakan terdiri dari tiga metode yaitu metode pertama JST dengan satu lapisan tersembunyi, metode kedua JST dengan kombinasi satu dan dua lapisan tersembunyi, metode ketiga yaitu rata-rata hasil dari metode pertama dan kedua. Koreksi kesalahan hasil menggunakan MAPE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Citra

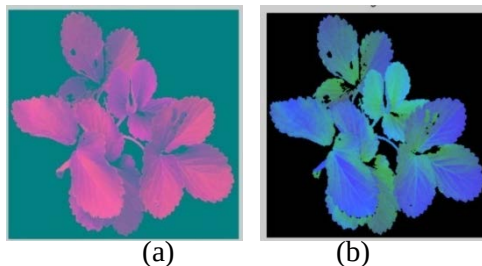
Pengolahan citra umumnya bertujuan memperbaiki kualitas citra dan mengolah informasi yang terdapat pada suatu citra untuk keperluan pengenalan objek secara otomatis. Jalannya program pengolahan citra pada penelitian ini yaitu:

1. Pemanggilan citra yang dilanjutkan dengan perbaikan kualitas citra dengan proses pemotongan, *resize* menjadi ukuran VGA, dan peningkatan kontras agar citra lebih tajam. Citra tanaman stroberi sesudah ditingkatkan kontrasnya dapat dilihat pada gambar 1 (a).
2. Segmentasi dengan metode *thresholding* bertujuan untuk memisahkan antara objek dengan *background*. Menurut Sinaga (2017) teknik *thresholding* dapat melakukan identifikasi objek dengan memanfaatkan segmentasi citra. Identifikasi citra akan valid jika proses segmentasi dan *thresholding* pada citra digital yang dominan warnanya.



Gambar 1. Citra Tanaman Stroberi

Pada metode ini, daerah yang gelap akan tersegmentasi sehingga berwarna hitam dengan nilai intensitas 1, sedangkan daerah terang akan tersegmentasi menjadi warna putih dengan nilai intensitas cahaya 0. Hasil dari segmentasi tersebut berupa citra biner dengan warna putih adalah objek dan warna hitam adalah *background*. Citra biner dapat dilihat pada gambar 1(b). Setelah citra sudah tersegmentasi, citra biner yang diperoleh dijadikan sebagai *masking* untuk melakukan proses *cropping* sehingga diperoleh tampilan citra asli tanpa *background*. Citra hasil *thresholding* dapat dilihat pada gambar 1(c).



Gambar 2. Citra CIE-Lab (a) dan HSV (b)

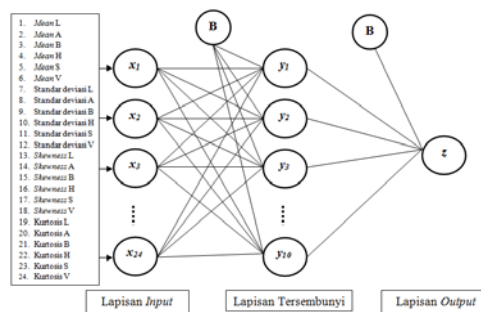
3. Ekstraksi ciri dilakukan pada citra tersegmentasi dengan mengubah citra RGB menjadi citra HSV dan CIE-Lab dapat dilihat pada gambar 2. Ekstraksi ciri terdiri dari nilai rata – rata komponen warna HSV dan CIE-Lab, serta nilai standar deviasi, *skewness* dan kurtosis dari setiap komponen warna didapat dengan mengidentifikasi masing-masing citra oleh sistem.
4. Data nilai dari 24 parameter dari sistem di simpan dalam bentuk tabel pada *Ms. Excel*.

Estimasi N dengan JST *Backpropagation*

B1. Tahap Pelatihan

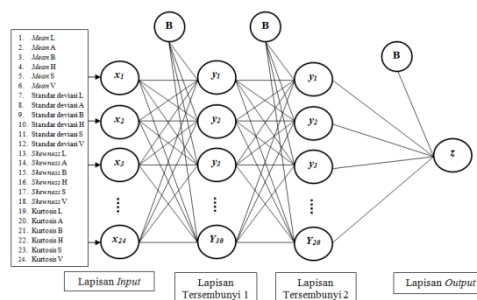
Citra tanaman stroberi digunakan untuk menentukan kandungan nitrogen dengan melihat dari ciri yang ada pada citra tanaman. Data citra sebanyak 160 di bagi menjadi data latih dan data uji. Menurut Ningrum *et al* (2017) dari 100% data, fase latih menggunakan 70% data dan fase uji menggunakan 30%.

Arsitektur JST *backpropagation* yang digunakan memiliki satu lapisan masukan, satu dan dua lapisan tersembunyi, dan satu lapisan keluaran. lapisan masukan terdiri dari 24 *neuron* dari 24 parameter masukan. Lapisan tersembunyi memiliki jumlah *neuron* yang di tentukan. Untuk mendapatkan nilai *error* terkecil dari beberapa metode yang di tentukan maka dilakukan pengulangan pada data latih dan data uji sehingga di dapat *neuron* pada lapisan tersembunyi dengan hasil *error* terkecil yaitu pada 10 *neuron* untuk JST satu lapisan tersembunyi serta 30 dan 20 *neuron* untuk JST dua lapisan tersembunyi. Lapisan keluaran terdiri dari satu *neuron*. Data aktual nitrogen digunakan sebagai data target sistem. Fungsi pelatihan yang digunakan yaitu *trainlm* dengan fungsi aktivasi *logsig*.



Gambar 3. Arsitektur JST satu lapisan tersembunyi

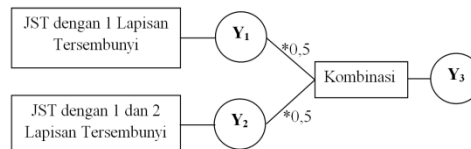
Gambar 3. menunjukkan arsitektur JST dengan satu lapisan tersembunyi. Arsitektur tersebut memiliki satu lapisan masukan dengan 24 *neuron* yang terdiri dari 24 parameter, satu lapisan tersembunyi dengan 10 *neuron*, dan satu lapisan keluaran dengan 1 *neuron*.



Gambar 4. Arsitektur JST 2 lapisan tersembunyi

Gambar 4. menunjukan arsitektur JST dengan dua lapisan tersembunyi. Arsitektur JST dua lapisan tersembunyi mirip seperti JST satu lapisan tersembunyi hanya berbeda pada jumlah lapisan tersembunyi yaitu dua lapisan dengan 30 *neuron* pada lapisan tersembunyi pertama dan 20 *neuron* pada lapisan tersembunyi kedua. Pada metode kedua penelitian ini mengkombinasikan antara JST satu lapisan tersembunyi dan dua lapisan tersembunyi dimana hasil dari kedua JST tersebut di rata-rata.

Metode ketiga penelitian ini dilakukan dengan membobotkan dari hasil estimasi metode pertama dan kedua dengan bobot masing-masing 0,5. Skema metode ketiga dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Skema metode kombinasi JST 1 lapisan tersembunyi dan JST satu dan dua lapisan tersembunyi.

Menurut Sudarsono (2016) algoritma *backpropagation* dapat melakukan proses prediksi, namun baik atau tidaknya hasil prediksi sangat dipengaruhi oleh besarnya *learning rate* dan jumlah unit sel pada lapisan tersembunyi. Semakin banyak jumlah unit sel pada lapisan tersembunyi maka semakin mendekati target yang diinginkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kebenaran prediksi pada JST *backpropagation* yaitu *learning rate*, target *error*, jumlah data dan nilai bobot yang diberikan secara acak pada tiap-tiap neuron. Dengan *learning rate* dan target *error* yang sama belum tentu menghasilkan tingkat prediksi yang sama dikarenakan nilai bobot pada tiap *neuron* pada tiap pembelajaran berbeda.

B 2. Tahap Pengujian

Tahap pengujian menggunakan data uji sebanyak 48 data citra. Hasil estimasi nitrogen pada data uji perlu dihitung kesalahannya menggunakan MAPE.

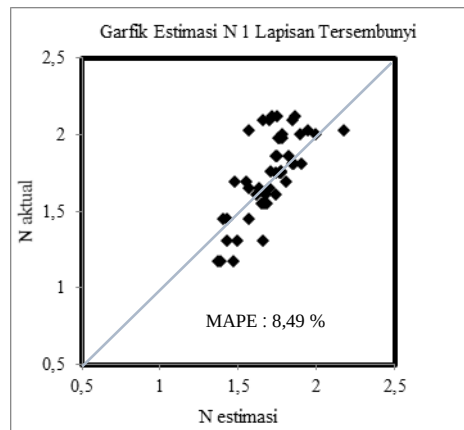
MAPE atau *mean absolute percentage error* yaitu persentase nilai *error* dari hasil N estimasi terhadap nilai N aktual. Nilai MAPE nantinya digunakan untuk menghitung nilai akurasi. MAPE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|N_{aktual} - N_{estimasi}|}{N_{aktual}}}{n} \times 100 \%$$

Dimana N_{aktual} adalah nitrogen aktual tanaman. $N_{estimasi}$ adalah nitrogen hasil estimasi dari JST. n adalah jumlah data

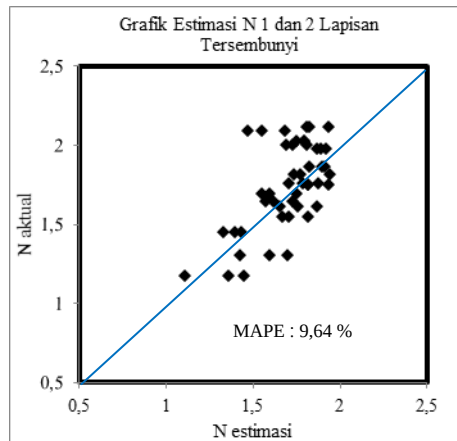
Habibi dan Riksakomara (2017) menyatakan bahwa hasil peramalan semakin akurat jika nilai MAPE semakin kecil. Jika nilai MAPE <10% maka hasil peramalan dinyatakan sangat baik, jika nilai MAPE 10-20% maka hasil peramalan dinyatakan baik, jika nilai MAPE 20-50% maka hasil peramalan dinyatakan layak atau cukup, dan jika nilai MAPE >50% maka hasil peramalan dinyatakan kurang baik.

Hasil estimasi N pada metode pertama yaitu dengan JST satu lapisan tersembunyi dapat dilihat pada gambar 6. MAPE sebesar 8,49% memiliki arti bahwa hasil estimasi memiliki nilai berkisar $N_{aktual} + 0,00849$ sampai $N_{aktual} - 0,00849$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil estimasi sangat baik. Titik yang berada di dekat garis linier menunjukkan tidak adanya hasil estimasi yang memiliki nilai *error* besar.

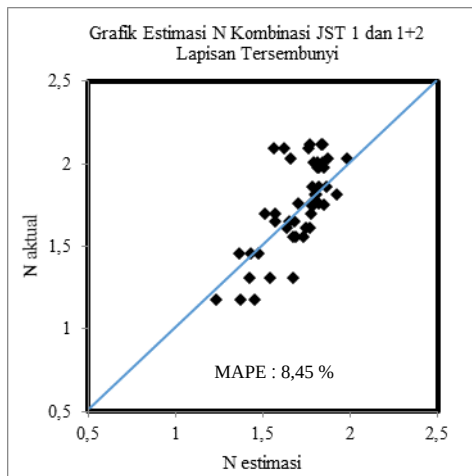


Gambar 6. Estimasi N pada JST satu lapisan tersembunyi

Hasil estimasi N pada metode kedua yaitu dengan JST kombinasi satu dan dua lapisan tersembunyi dapat dilihat pada gambar 7. MAPE sebesar 9,64% memiliki arti bahwa hasil estimasi memiliki nilai berkisar $N_{\text{aktual}} + 0,00964$ sampai $N_{\text{aktual}} - 0,00964$. Nilai MAPE tersebut lebih besar dari nilai MAPE metode pertama namun nilai tersebut masih menunjukkan bahwa hasil estimasi sangat baik.



Gambar 7. Estimasi N pada JST satu dan dua lapisan tersembunyi.



Gambar 8. Estimasi N pada JST Kombinasi 1 dan 1 dan 2 layer tersembunyi

Hasil estimasi N pada metode ketiga yaitu dengan menghitung rata-rata hasil estimasi dari metode pertama dan kedua dapat dilihat pada gambar 5. Dengan MAPE sebesar 8,45% memiliki arti bahwa hasil estimasi memiliki nilai berkisar $N_{\text{aktual}} + 0,00845$ sampai $N_{\text{aktual}} - 0,00845$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil estimasi sangat baik.

Secara umum, ketiga metode memiliki MAPE kurang dari 10% yang mana hasil estimasi dinyatakan sangat baik dan memiliki nilai akurasi yang tinggi. Pada metode ketiga nilai MAPE memiliki selisih sangat kecil dengan metode pertama. Metode kedua memiliki nilai MAPE terbesar dan nilai MAPE terkecil diperoleh dari metode ketiga sehingga dapat dikatakan bahwa metode ketiga adalah metode terbaik karena memiliki nilai MAPE terkecil.

Ketiga metode memiliki data masukan yang sama terdiri dari rata-rata nilai warna HSV dan CIE-Lab, standar deviasi dari nilai warna HSV dan CIE-Lab, *skewness* dari nilai warna HSV dan CIE-Lab, dan kurtosis dari nilai warna HSV dan CIE-Lab. Dari 24 parameter tersebut menghasilkan nilai error yang kecil sehingga dapat dikatakan bahwa ke-24 parameter tersebut mampu mendeteksi ciri pada citra tanaman stroberi dan dapat digunakan sebagai masukan JST *backpropagation* untuk mengestimasi nitrogen pada daun stroberi.

KESIMPULAN

Aplikasi pengolahan citra dan JST metode *backpropagation* mampu mengestimasi nitrogen pada tanaman stroberi dengan metode terbaik yaitu kombinasi JST 1 lapisan tersembunyi dan JST 1 dan 2 lapisan tersembunyi dengan nilai MAPE sebesar 8,45%. Parameter visual yang di gunakan untuk mengestimasi nitrogen pada tanaman stroberi terdiri dari 24 parameter yaitu rata-rata nilai warna L^* , a^* , b^* , H^* , S^* , V^* , standar deviasi nilai warna L^* , a^* , b^* , H , S , V , *skewness* nilai warna L^* , a^* , b^* , H , S , V , kurtosis nilai warna L^* , a^* , b^* , H , S , dan V mampu untuk mendeteksi ciri pada daun stroberi dan dapat di jadikan input pada jaringan syaraf tiruan metode *backpropagation*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2017). Produksi Tanaman Buah-Buahan (on-line). <http://badanpusatstatistik.ac.id//> diakses 19 Juni 2019.
- Budiman, S. dan Saraswati, D. (2005). *Berkebun Stroberi Secara Komersil*. Jakarta . Penebar Swadaya.
- Habibi, Mochamad Y., dan Riksakomara, E. (2017). Peramalan Harga Garam Konsumsi Menggunakan ANN *feedforward-backpropagation* (studi kasus PT. Garam Mas, Rembang, Jawa Tengah). *Jurnal Teknik ITS*. Vol 6(2:306-310).
- Ningrum, Novita K., Defri K., Novi H., (2017). Penerapan Ekstraksi Ciri Orde Satu untuk Klasifikasi Tekstur Motif Batik Pesisir dengan Algoritma Backpropagasi. *Jurnal SIMETRIS*. Vol 8(2:639-646)
- .Simorangkir, Anzelia, C., Supriyanto, A., Murdiono, W.E., dan Nihayati, E. (2017). Pemberian Pupuk Urin Kelinci (*Leporidae*) dan KNO_3 pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Stroberi (*Fragaria Sp.*). *Jurnal produksi Tanaman*. Vol 5 (5:782-790).
- Sinaga, Sindar R.M. (2017). Implementasi Teknik Tresholding pada Segmentasi Citra Digital. *Jurnal Manajemen dan Informatika Pelita Nusantara*. Vol 1(2:48-51).
- Solahudin, M., Astika, I.W., dan Buono A. (2010). Pendeteksian Kerapatan Dan Jenis Gulma Dengan Metode Bayes dan Analisis Dimensi Fraktal Untuk Pengendalian Gulma Secara Selektif. *JTEP*. Vol 24 (2:129–135).
- Suharsono, A. (2016). Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode *Backpropagation* (Studi Kasus Kota Bengkulu). *Jurnal Media Infotama*. Vol 12 (1:61-69)

Analisis Sistem Reflektor pada Sistem Konsentrator Surya Tipe Parabola

Analysis of the Reflector System in a Parabolic Type Solar Concentrator System

Ropiudin^{1,*}, Furqon¹, Bondan Triatmojo²

¹Program Studi Teknik Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

²PT Subang Mulya Sejahtera

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

ABSTRAK

Energi surya merupakan sumber energi utama terbesar di dunia dan sangat mungkin dimanfaatkan sebagai sumber energi yang tidak terbatas karena ketersediaannya yang bersifat kontinyu. Namun, pemanfaatan energi surya menjadi listrik di Indonesia masih kurang optimal. Jenis reflektor pada konsentrator tipe parabola untuk mengkonversi panas matahari menjadi listrik dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi surya di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menganalisa penggunaan reflektor pada sistem konsentrator surya tipe parabola, 2) Mengetahui efisiensi reflektor pada sistem konsentrator surya tipe parabola. Variabel penelitian ini meliputi iradiasi surya, suhu, dimensi potongan reflektor, kemiringan reflektor, iradiasi matahari yang dipantulkan dan efisiensi sistem reflektor. Analisis data menggunakan persamaan matematika yang telah disusun. Penelitian ini menganalisa pemilihan material reflektor, reflektor pada konsentrator dan efisiensi energi. Hasil analisis menunjukkan bahwa material reflektor yang digunakan yaitu stainless steel dengan nilai reflektansi 0,62 dan nilai modulus young 193 GN/m² serta memiliki harga yang murah dibandingkan material lain. Konsentrator menggunakan tipe parabola dish dengan reflektor berbentuk potongan trapesium. Dimensi potongan reflektor untuk panjang sisi sejajar sebesar 53 cm dan 4 cm dengan tinggi 103,13 cm dan kemiringan 20,4°. Pengukuran suhu dilakukan selama 4 jam dengan interval 5 menit. Hasil suhu tertinggi terjadi pada Iradiasi 1010 watt/m² dengan suhu permukaan reflektor 68,5°C, suhu belakang reflektor 65°C, suhu receiver 146,2°C dan suhu fluida 103,6°C. Efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh sistem sebesar 23%.

Kata kunci: energi surya, reflektor, konsentrator, tipe parabola, analisis

ABSTRACT

Solar energy is the most enormous and primary source of energy on earth and conceivably could be harnessed as an unlimited energy source because of its continuous availability of energy. Furthermore, the use of solar energy as an electricity in Indonesia is less optimal. A variety of reflector on concentrator parabolic type to convert solar cell to be electricity could increase the use of solar energy to be more optimal in Indonesia. The research aims to : 1) analyze the use of reflector on solar concentrator parabolic type system, 2) recognize the efficiency of reflector on solar concentrator parabolic type system. Variable of research such as solar radiation, temperature, size of cut shaped reflector and elevation of cut shaped reflector. Analysis value make mathematics equation which have shown. The research analyzes the selection of material of a reflector, reflector on concentrator and efficiency of energy. The research presents the material of reflector which is used is stainless steel with reflectancy value 0,62 and young's modulus value 193 GN/m² and also it has lower cost than other materials. Concentrator uses parabolic dish type with trapezoid cut shaped reflector. The dimension of reflector is about 53cm and 4cm for the length of the parallel sides with 103,13cm of height and 20,4o of gradient/elevation. The temperature measurement is conducted during 4 hours with 5 minutes interval. The result presents highest temperature achieves when irradiation is at 1010 watt/m² with outer side reflector's temperature is 68,5oC, the back of reflector's temperature is 65oC, receiver's temperature is 146,2oC and fluid temperature is 103,6oC. Efficiency which is resulted by the highest system is about 23%.

Keywords: solar energy, reflector, concentrator, parabolic type, analysis

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Sebagian besar energi yang digunakan pada saat ini berasal dari bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin hari semakin menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil juga dapat merusak lingkungan karena limbah gas yang dihasilkan dari hasil penggunaan bahan bakar tersebut. Perlu adanya energi alternatif lain yang efisien dan ramah lingkungan yang mampu menggantikan penggunaan energi bahan bakar fosil agar ketersediaannya tetap terjaga.

Energi surya merupakan sumber energi utama terbesar di dunia. Energi surya ini sangat mungkin dimanfaatkan sebagai sumber energi yang tidak terbatas karena ketersediaannya yang bersifat kontinyu. Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa mendapatkan intensitas radiasi matahari yang cukup besar yaitu sekitar 4,8 Kwh/m² di setiap bagian Indonesia. Oleh karena itu banyak penelitian yang mengembangkan dan memanfaatkan matahari sebagai energi alternatif baru yang bersifat ramah lingkungan.

Pemanfaatan energi surya salah satunya yaitu sebagai penghasil energi listrik. Energi listrik dari surya dapat dihasilkan melalui 2 cara yaitu menggunakan *Solar Cell* (photovoltaik) dan juga menggunakan panas matahari (*solar power plant*) yang kemudian di proses lebih lanjut pada *rankine cycle*. Penggunaan solar power plant dalam mengubah energi juga perlu diperhatikan efisiensinya. Penggunaan jenis konsentrator dan reflektor yang tepat akan mempengaruhi besar kecilnya energi panas yang dapat dihasilkan. Penggunaan konsentrator tipe parabola sangat cocok di terapkan di Indonesia yang memiliki lama waktu siang dan malam yang sama. Oleh karena itu diperlukan modifikasi terhadap jenis reflektor yang digunakan untuk mengoptimasi keluaran dari konsentrator tipe parabola ini.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu piranometer, multimeter, termokopel, hybrid recorder, jangka sorong, busur derajat dan alat penunjang lainnya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu stainless steel cermin tipe 201.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan modeling matematika dan experimental. Pengukuran dilakukan di lapang. Pendekatan modeling matematika menggunakan pendekatan persamaan geometri.

Variabel Penelitian.

Variabel pengamatan pada penelitian ini antara lain:

1. Iradiasi surya, merupakan banyaknya radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi. Iradiasi surya akan mempengaruhi besar sedikitnya energi yang akan dihasilkan oleh konsentrator tipe parabola. Untuk menentukan iradiasi surya digunakan piranometer dan menggunakan persamaan (2).
2. Suhu , pengukuran suhu dilakukan pada permukaan dan bagian belakang reflektor serta bagian *receiver* pada panci dan lingkungan sistem reflektor.
3. Dimensi potongan stainless steel, ukuran panjang lebar dan tinggi dari tiap potongan stainless steel yang digunakan pada parabola.
4. Kemiringan potongan stainless steel, kemiringan potongan stainless steel sama dengan kemiringan lengkung parabola. Ditentukan dengan persamaan tangensial dimana sumbu y merupakan kedalaman parabola dan x merupakan jari-jari parabola.
5. Iradiasi matahari yang dipantulkan dan diserap reflektor. Menggunakan persamaan

$$I_{\text{reflect}} = I_{\text{matahari}} \cdot A_{\text{parabola}} \cdot r$$

$$I_{\text{absorb}} = I_{\text{matahari}} \cdot A_{\text{parabola}} \cdot a$$

Keterangan :

I_{reflect} = Iradiasi matahari yang dipantulkan (watt)

I_{absorb} = Iradiasi matahari yang diserap (watt)

I_{matahari} = Iradiasi matahari (watt/m²)

A_{parabola} = Luas diameter parabola yang menerima iradiasi (m²)

r = Nilai reflektansi

a = Nilai absorptansi

nilai reflektansi stainless steel yaitu sebesar 0,62 dan absorptivitas 0,38.

6. Efisiensi sistem reflektor, untuk mengetahui nilai efisiensi dari sistem reflektor menggunakan persamaan.

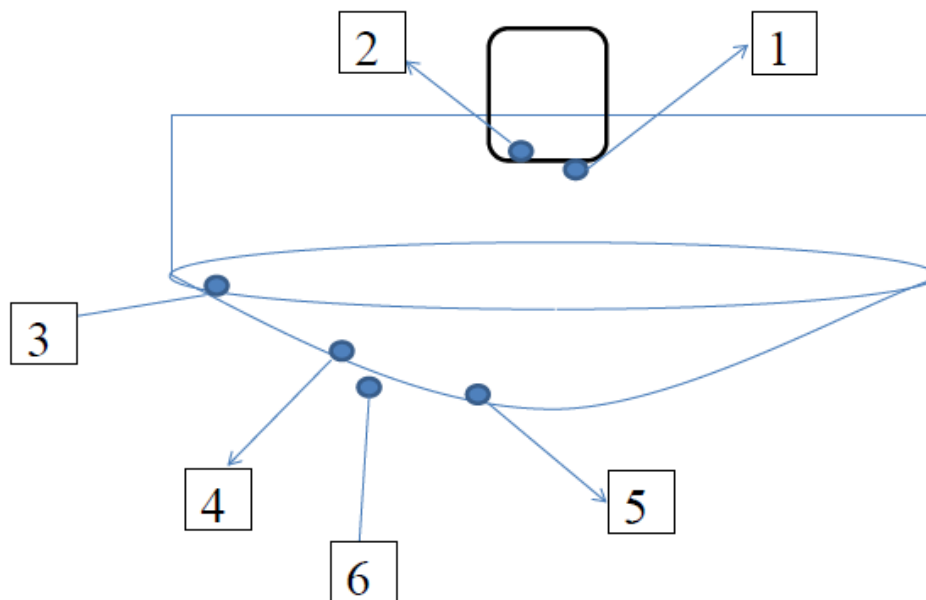
$$\eta_{\text{sistem (umum)}} = \frac{(Q_{\text{materialpemanas}} + Q_{\text{fluida}}) / I_{\text{matahari}} \cdot A_{\text{parabola}}}{= m_{\text{materialpemanas}} \cdot C_p_{\text{materialpemanas}} \cdot \Delta T_{\text{materialpemanas}}}$$

$$Q_{\text{materialpemanas}} = \frac{\Delta T_{\text{materialpemanas}}}{m_{\text{fluida}} \cdot C_p_{\text{fluida}} \cdot \Delta T_{\text{fluida}}}$$

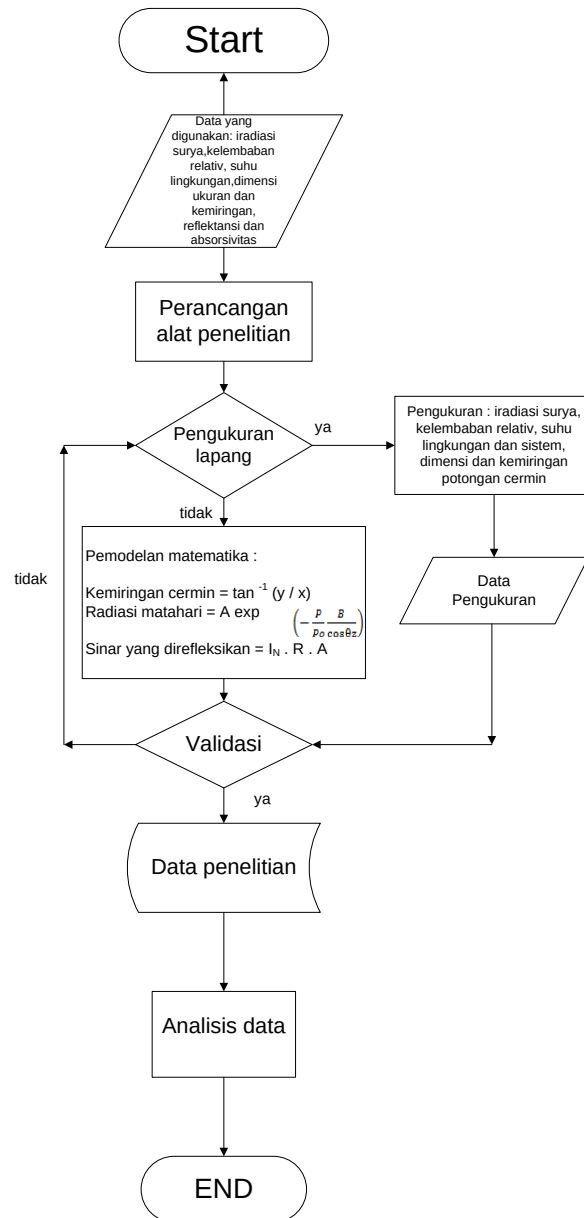
$$Q_{\text{fluida}} = \Delta T_{\text{fluida}}$$

Tahapan Penelitian.

Tahap persiapan terdiri dari: tahap pembuatan desain dan tahap penyesuaian ukuran dengan perhitungan. Tahap percobaan lapang: Pada tahap ini alat yang telah didesain dan dibuat akan diuji coba langsung pada sampel tempat tertentu. Tahap analisis data: pada tahap ini akan dilakukan analisis data berupa: tahap pengukuran dan variabel yang diukur pada penelitian ini Iradiasi, suhu dan kelembaban relatif. Tahap perhitungan: Data yang dihitung antara lain data iradiasi yang dipantulkan dan diserap, dan ukuran serta kemiringan potongan stainless steel yang optimal. Skema titik-titik pengukuran suhu pada sistem konsentrator tipe parabola disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skema titik pengukuran suhu pada konsentrator surya tipe parabola



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pemilihan Material Reflektor

Reflektor merupakan bagian terpenting dalam konsentrator surya, karena berfungsi memantulkan dan memusatkan cahaya pada konsentrator. Pemilihan material ini memerlukan beberapa pertimbangan seperti sifat fisik, sifat optis dan juga harga. Untuk itu diperlukan perencanaan terhadap pemilihan material tersebut dengan cara optimasi. Ada 3 material yang bisa menjadi pertimbangan sebagai reflektor yaitu: 1. Cermin: Cermin merupakan kaca yang dilapisi dengan lapisan perak atau biasa disebut *back silver*. Memiliki reflektansi terhadap cahaya yang cukup tinggi yaitu sebesar 0,94 pada suhu 373 K dengan panjang gelombang cahaya 0,584 μm . Kekurangan dari cermin yaitu derajat kelenturan dari cermin yang rendah sehingga sulit untuk dibentuk dan mudah retak atau patah. Cermin hanya memiliki modulus young sebesar 72 GN/m² sehingga tidak mudah untuk di lenturkan. 2. *Stainless steel 304*: *Stainless steel* merupakan baja tahan karat yang banyak digunakan oleh banyak industri baik

pangan maupun mesin. *Stainless steel* merupakan besi campuran dari besi, nikel dan chrom. Lapisan chrom ini yang membuat stainless menjadi tidak korosif. Stainless steel mudah dibentuk dan memiliki reflektansi sebesar 0,616 pada suhu 373 K dengan panjang gelombang cahaya 0,584 μm . Dengan nilai modulus young sebesar 193 GN/m² membuat stainless steel mudah untuk dilengkungkan. 3. Nikel: Dalam kondisi standar, nikel adalah logam berwarna putih keperakan yang cukup keras namun mudah dibentuk. Nikel adalah salah satu dari beberapa elemen yang magnetik pada suhu kamar. Nikel memiliki reflektansi sebesar 0,588 pada suhu 373 K dengan panjang gelombang cahaya 0,584 μm . Nilai modulus young dari nikel sebesar 189 GN/m².

Berdasarkan data diatas dapat dicari material yang paling optimal digunakan sistem perangkangan seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Perangkangan material yang optimal

material pembanding	Cermin	Stainless steel	Nikel
Nilai reflektansi	1	2	3
Nilai absortansi	1	2	3
Nilai modulus young	3	1	2
Harga	2	1	3

(sumber: Ernie W. Spizs ,1969)

Penomoran urutan pembanding pada Tabel 1 sesuai dengan urutan hal penting pada standar pemilihan reflektor. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa masing masing material memiliki sifat fisik dan material yang berbeda serta memiliki harga operasional yang berbeda. Dapat disimpulkan berdasarkan metode perangkangan diatas, stainless steel memiliki nilai sebesar 6, cermin 7 dan nikel 11, itu berarti stainless steel merupakan material yang paling optimal untuk dijadikan sebagai reflektor pada konsentrator surya termal ini.

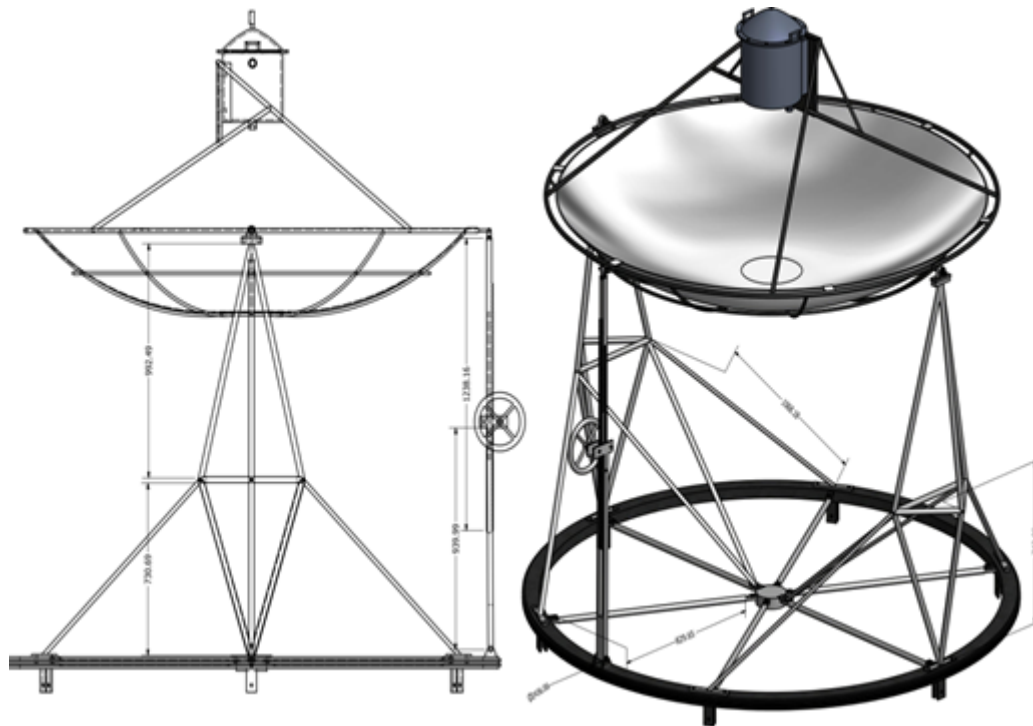
Analisis Reflektor Pada Konsentrator

Solar Konsentrator digunakan untuk meningkatkan suhu yang diterima absorber. Sinar matahari yang jatuh pada permukaan pemantul (reflektif) dipantulkan ke permukaan yang lebih sempit (absorber) sebelum dikonversi menjadi panas. Dengan cara ini, absorber menyerap energi yang terkonsentrasi dari pantulan reflektor dan mendapatkan temperatur yang lebih tinggi. Ada beberapa jenis konsentrator surya yang biasa digunakan yaitu parabolic through, parabolic dish dan Fresnel lense (Zulkarnain, 2011).

Jenis konsentrator yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis konsentrator tipe parabola dish dengan diameter parabola sebesar 7 feet atau sebesar 210 cm. Menurut Johan Nilsson, (2005) penggunaan reflektor tipe parabola sangat efektif digunakan di negara yang mempunyai intensitas matahari yang besar dan cukup lama. Indonesia merupakan negara yang memiliki interval waktu pencahayaan matahari yang relatif lebih lama dengan rata-rata intensitas cahaya matahari yang besar sehingga lebih cocok menggunakan tipe parabola dish. Efisiensi dari konsentrator tipe parabola hampir mencapai 30% (Pitz-Paal, 2010).

Pemasangan reflektor pada parabola dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan menggunakan potongan kecil reflektor, menggunakan potongan pizza yang berbentuk trapesium, menggunakan potongan melintang atau mencetaknya secara langsung sehingga berbentuk parabola. Untuk mencetak tidak mungkin dilakukan karena biaya operasional dan waktu pengerjaan yang mahal dan lama. Sehingga yang memungkinkan yaitu menggunakan potongan kecil atau menggunakan potongan trapesium panjang vertical. Selanjutnya pemilihan metode ini perlu memperhatikan sifat mekanik dari material reflektor. Pemilihan metode pemasangan bertujuan untuk mendapatkan hasil iradiasi matahari yang dipantulkan menjadi lebih besar.

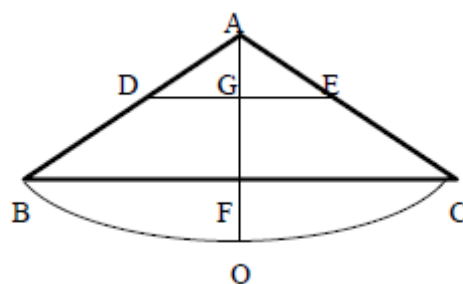
Penelitian ini menggunakan stainless steel mirror yang memiliki sifat mekanis cukup lentur dan mudah dibentuk serta memiliki ketahanan fisik terhadap patahan dan tarikan yang cukup bagus. Berdasarkan sifat mekanis tersebut, stainless steel dibentuk potongan trapesium. Bentuk ini mampu memantulkan sekaligus memusatkan cahaya yang datang dan lebih efektif serta efisien dalam waktu pengerjaan dibandingkan dengan bentuk potongan kecil.



Gambar 3. Disain Kosnentrator surya tipe parabola

Analisis Efisiensi Energi

Bidang fokus pada konsentrator dapat diperhitungkan dengan cara kesebangunan pada segitiga. Dengan mengasumsikan bidang pantulan cahaya parabola seperti bidang segitiga, dapat dihitung bidang fokus pada pusat pemanas seperti ditampilkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kesebangunan segitiga ABC dan ADE

Segitiga ABC merupakan pantulan sinar konsentrator dengan titik fokus pada titik A. Garis BC adalah diameter parabola dan jarak fokus dari diameter parabola digambarkan dengan garis AF. DE yaitu diameter bidang fokus yang ingin dicapai dan AG adalah jarak yang diperlukan dari titik fokus agar terbentuk bidang fokus. Untuk mendapatkan nilai AF menggunakan persamaan :

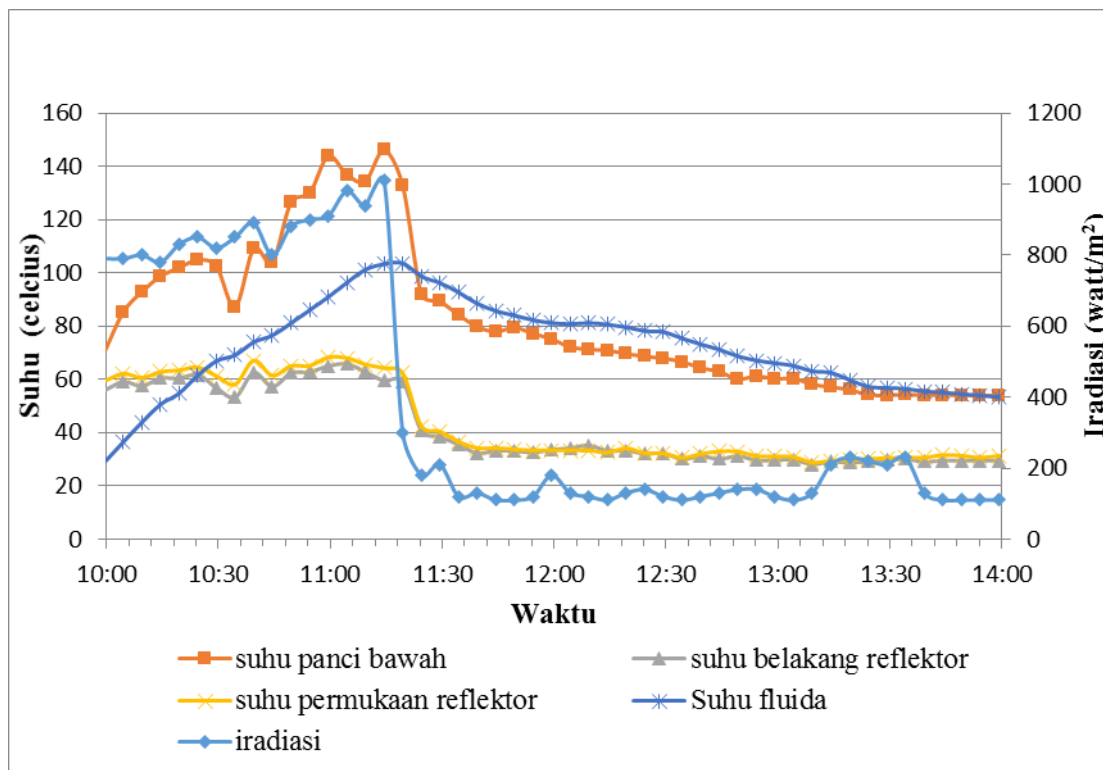
$$AF = AO - FO = ((BC)^2 / 16 FO) - FO$$

AO merupakan jarak fokus dari dasar parabola dan FO kedalaman parabola. Dengan memotong tegak lurus segitiga ABC, terbentuk segitiga ABF dan ADG yang sebangun. Untuk menentukan jarak AG digunakan prinsip kesebangunan pada segitiga dengan persamaan:

$$\text{Sudut B} = \text{Sudut D} \rightarrow \text{AF/BF} = \text{AG/AD} \rightarrow \text{AG} = (\text{AF/BF}) \cdot \text{DG}$$

Jadi persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak yang diperlukan agar terbentuk bidang fokus yaitu : $\text{AG} = (\text{AF/BF}) \cdot \text{DG}$ (Turmudi, 2010).

Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dimulai dari tanggal 5 November – 9 November 2015. Diantara data yang telah diambil, diambil data yang terbaik dari ke-5 data yaitu data pada tanggal 8 November. Dari data tersebut dapat disajikan tabel hasil pengukuran yang terlihat padagambar berikut.



Gambar 5. Hubungan iradiasi surya dan suhu reflektor terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa hubungan antara iradiasi dan suhu pada permukaan reflektor, bagian bawah panci dan fluida yaitu tegak lurus/linear. Semakin besar iradiasi maka semakin besar suhunya. Suhu tertinggi terjadi pada pukul 11.15 dengan iradiasi 1010 watt/m² sebesar 146,2°C pada bagian bawah panci dan 103,6°C pada fluida. Suhu tertinggi pada reflektor terjadi pukul 11.00 dengan iradiasi 910 watt/m² sebesar 68,25°C pada permukaan reflektor dan 65°C pada permukaan belakang reflektor. Pada pukul 10.40 sampai dengan jam 11.00 terjadi fluktuatif pada iradiasi sehingga menyebabkan data suhu pada permukaan reflektor dan bagian bawah panci ikut berubah. Pada pukul 11.20 terjadi penurunan iradiasi yang signifikan sehingga semua suhu mulai turun. Namun pada pukul 13.20 sampai dengan 13.35 kenaikan iradiasi tidak mempengaruhi suhu manapun, hal ini karena kenaikan iradiasi yang terjadi hanya saat pengukuran. Suhu yang fluktuatif terjadi karena pengaruh iradiasi dan konduktivitas material.

Menurut susanto (2012) semakin tinggi nilai konduktivitas suatu material maka semakin baik mentransfer panas sehingga semakin cepat melepaskan panas begitu juga sebaliknya.

Penurunan suhu yang terjadi pada bagian reflektor tidak terlalu drastis karena nilai konduktifitas yang rendah dibanding material metal lainnya yaitu sebesar 14 watt/m.K. Sama halnya dengan fluida pemanas, air memiliki nilai konduksifitas termal sebesar 0,67 watt/m.K sehingga penurunan suhu terjadi secara perlahan (Long et,al., 2009). Penurunan suhu yang drastis terjadi pada bagian bawah panci karena material panci bagian bawah merupakan campuran stainless dengan aluminium. Pencampuran stainless steel ini dilakukan agar proses pemanasan lebih cepat namun tidak meninggalkan noda bakar pada bagian bawah panci.

Berdasarkan data diatas dapat kita hitung iradiasi yang diterima oleh reflektor dengan cara .

$$I_{\text{Reflektor}} = I \cdot A_{\text{parabola}}$$

Perhitungan iradiasi pada reflektor yang dipantulkan dan diserap dapat menggunakan persamaan:

$$I_{\text{reflect}} = I \cdot A \cdot \text{reflektansi}$$

$$I_{\text{absorb}} = I \cdot A \cdot \text{absortansi}$$

Perhitungan energi panas yang diterima oleh sistem pemanas,dapat menggunakan persamaan:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T / \text{waktu pemanasan}$$

Nilai energi panas yang dihasilkan akan digunakan untuk menentukan nilai efisiensi sistem. Karena sumber panas yang dihasilkan merupakan iradiasi matahari yang nilainya fluktuatif, maka efisiensi dihitung setiap 5 menit sekali sesuai waktu pengambilan data. Untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan persamaan:

$$\eta_{\text{sistem (umum)}} = (Q_{\text{materialpemanas}} + Q_{\text{fluida}}) / \text{iradiasi total yang masuk ke reflektor}$$

Berdasarkan persamaan diatas dapat dibuat tabel hasil perhitungan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2.

Data perhitungan iradiasi yang diterima sistem dan kalor yang bekerja pada sistem

Nilai kalor metal (watt)	Nilai kalor air (watt)	Iradiasi umum (watt)	Effisiensi sistem umum	Iradiasi yang dipantulkan (watt)	Iradiasi yang diserap (watt)
197,33	420,0	2679,05	0,23	1661,01	1018,04
101,33	414,4	2679,05	0,19	1661,01	84,84
77,33	375,2	2712,96	0,17	1682,04	85,91
42,67	235,2	2645,14	0,10	1639,98	83,76
38,67	375,2	2814,70	0,15	1745,11	89,13
-32,00	302,4	2882,52	0,10	1787,16	91,28
-204,00	123,2	2780,78	-0,03	1724,09	88,06
292,00	274,4	2882,52	0,19	1787,16	91,28
-66,67	140	3018,17	0,03	1871,26	95,58
298,67	257,6	2712,96	0,20	1682,04	85,91
46,67	274,4	2984,26	0,11	1850,24	94,50
185,33	274,4	3052,08	0,15	1892,29	96,65
-92,00	302,4	3085,99	0,07	1913,32	97,72
-33,33	274,4	3323,38	0,07	2060,49	105,24
157,33	117,6	3187,73	0,08	1976,39	100,94
-178,67	16,8	3425,11	-0,07	2123,57	108,46
-542,67	-274,4	1017,36	-1,00	630,76	32,22
-37,33	-140	610,42	-0,27	378,46	19,33

Nilai kalor metal (watt)	Nilai kalor air (watt)	Iradiasi umum (watt)	Effisiensi sistem umum	Iradiasi yang dipantulkan (watt)	Iradiasi yang diserap (watt)
-68,00	-196	712,15	-0,47	441,53	22,55
-58,67	-235,2	406,94	-0,69	252,31	12,89
-25,33	-156,8	440,86	-0,45	273,33	13,96
20,00	-95,2	373,03	-0,20	231,28	11,81
-29,33	-95,2	373,03	-0,32	231,28	11,81
-28,00	-61,6	406,94	-0,18	252,31	12,89
-38,67	-22,4	610,42	-0,12	378,46	19,33
-13,33	22,4	440,86	0,02	273,33	13,96
-4,00	-33,6	406,94	-0,10	252,31	12,89
-17,33	-56	373,03	-0,18	231,28	11,81
-13,33	-78,4	440,86	-0,20	273,33	13,96
-9,33	-22,4	474,77	-0,07	294,36	15,03
-17,33	-134,4	406,94	-0,39	252,31	12,89
-30,67	-123,2	373,03	-0,39	231,28	11,81
-18,67	-112	406,94	-0,31	252,31	12,89
-37,33	-140	440,86	-0,39	273,33	13,96
14,67	-89,6	474,77	-0,16	294,36	15,03
-13,33	-56	474,77	-0,16	294,36	15,03
1,33	-56	406,94	-0,14	252,31	12,89
-29,33	-112	373,03	-0,35	231,28	11,81
-13,33	-33,6	440,86	-0,08	273,33	13,96
-13,33	-151,2	712,15	-0,22	441,53	22,55
-25,33	-140	779,98	-0,22	483,59	24,70
-2,67	-28	746,06	-0,04	462,56	23,63
4,00	-16,8	712,15	-0,02	441,53	22,55
-4,00	-56	779,98	-0,10	483,59	24,70
0,67	-22,4	440,86	-0,05	273,33	13,96
-0,40	-31,92	373,03	-0,09	231,28	11,81
-0,40	-31,92	373,03	-0,09	231,28	11,81
-0,40	-31,92	373,03	-0,09	231,28	11,81
-220,53	1365,84	373,03	-	231,28	11,81

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa efisiensi sistem dari energi yang dipantulkan terbesar terjadi ketika iradiasi matahari 780 watt/ m² dengan beda suhu sebesar 16⁰C. Besar efisiensi yang diterima sistem dengan iradiasi umum yaitu 23 % sedangkan untuk efisiensi sistem dengan iradiasi yang dipantulkan sebesar 37%. Berdasarkan nilai efisiensi tersebut dapat disimpulkan bahwa, *heat losses* yang terjadi pada sistem sebesar 77% dengan sumber kehilangan dari absorptansi material reflektor sebesar 63 % dan 14 % dari pantulan cahaya yang tidak terpakai oleh sistem serta kurang maksimalnya pemanfaatan panas oleh panci.

Pemanfaatan panas dari iradiasi yang dipantulkan dan penyerapan panas oleh reflektor berhubungan dengan laju aliran panas material yang diterima. Laju aliran panas dapat terjadi dengan 3 cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Persamaan perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi masing-masing adalah :

$$q_k = -k A \frac{\Delta T}{x}$$

$$q_h = h A_s (T_s - T_\infty)$$

$$q_r = e A \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Hasil perhitungan laju aliran panas yang terjadi pada sistem reflektor dengan nilai $e=0.075$, $k = 14$ watt/m.K ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3.
 Laju aliran panas pada sistem reflector

Waktu pengukuran	Iradiasi (Watt/m ²)	Q1 (Watt)	Q2 (watt)	Q3 (watt)
10:00	790	174.17	290785.35	139587.31
10:05	790	181.86	252379.74	169780.18
10:10	800	177.77	257866.25	175031.11
10:15	780	186.24	200257.83	173718.38
10:20	830	186.02	249636.48	173280.80
10:25	850	190.02	222203.90	150526.76
10:30	820	178.84	367596.57	125584.82
10:35	850	172.91	397772.41	69137.29
10:40	890	191.15	378569.60	125147.24
10:45	800	178.84	337420.73	94954.38
10:50	880	189.13	224947.16	162341.36
10:55	900	189.80	189284.80	153152.22
11:00	910	196.85	268839.28	191221.49
11:05	980	198.69	186541.54	157090.42
11:10	940	194.10	233176.93	141775.20
11:15	1010	181.64	392285.89	187283.29
11:20	300	181.21	255122.99	127772.71
11:25	180	141.10	139906.16	-14002.49
11:30	210	139.13	161852.22	-10939.44
11:35	120	132.51	93270.77	-16627.96
11:40	130	128.28	159108.96	-11377.02
11:45	110	128.28	85041.00	-11377.02
11:50	110	127.78	54865.16	-12252.18
11:55	120	127.11	60351.68	-12689.76
12:00	180	125.46	-21946.06	-17940.69
12:05	130	127.45	-71324.71	-29755.29
12:10	120	127.45	-153622.45	-32380.76
12:15	110	123.50	-54865.16	-27567.40
12:20	130	128.45	74067.97	-28004.98
12:25	140	124.48	19202.81	-27567.40
12:30	120	123.83	-5486.52	-25817.09
12:35	110	120.45	38405.61	-27129.82
12:40	120	124.97	65838.19	-29755.29
12:45	130	124.97	235920.19	-28004.98
12:50	140	124.97	139906.16	-32380.76

12:55	140	121.73	137162.90	-23191.62
13:00	120	123.50	117960.09	-17065.53
13:05	110	123.50	87784.26	-12689.76
13:10	130	117.13	57608.42	-17940.69
13:15	210	121.73	30175.84	-20566.16
13:20	230	121.89	93270.77	-20566.16
13:25	220	122.05	79554.48	-21878.89
13:30	210	123.66	60351.68	-20128.58
13:35	230	124.97	46635.39	-14440.07
13:40	130	124.15	128933.13	-14002.49
13:45	110	125.63	172825.25	-12033.39
13:50	110	124.64	156365.71	-10414.35
13:55	110	124.48	93270.77	-8795.31
14:00	110	125.13	150879.19	-7176.28

Keterangan :

Q1 = laju aliran panas radiasi di permukaan reflektor

Q2 = laju aliran panas konduksi pada permukaan reflektor

Q3 = laju aliran panas pada bagian bawah panci

Tabel 3 menunjukkan laju aliran panas dari radiasi yang diterima dan dipantulkan oleh reflektor. Q2 menunjukkan nilai aliran panas yang terjadi dari permukaan reflektor ke bagian belakang reflektor. Sedangkan untuk Q3 nilai aliran panas yang ditentukan dari bagian bawah panci menuju bagian dalam panci. Nilai yang muncul bernilai positif jika menyerap panas, begitu pula sebaliknya. Untuk nilai negatif yang muncul pada Q3 terjadi karena pelepasan panas pada fluida pemanas di dalam panci.

Berdasarkan penelitian lain dengan bentuk konsentrator parabola dish mendapatkan nilai efisiensi sebesar 11,23 % (Alamsyah, 1995), Nilai ini lebih kecil bila dibandingkan dengan penelitian ini. Material reflektor yang digunakan yaitu aluminium foil yang memiliki nilai reflektansi 0,87 namun karena sifat fisiknya yang terlalu rapuh sehingga membutuhkan penanganan khusus ketika pemasangan agar tidak menimbulkan lekukan yang dapat mengurangi efisiensi reflektor tersebut. Berdasarkan penelitian lain yang dilakukan Wibowo (2009) suhu yang dicapai oleh fluida yaitu dari 27 – 94°C pada waktu 7 menit, berbeda pada penelitian ini, perubahan suhu dari 29 – 96°C butuh waktu 60 menit. Hal ini karena reflektor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan stainless steel yang memiliki reflektansi 0,62 sedangkan pada penelitian Wibowo (2009) menggunakan potongan cermin yang memiliki reflektansi 0,94. Hal lain yang menyebabkan kurang efisiensi alat ini yaitu pemasangan yang kurang hati-hati sehingga membuat lekukan pada stainless steel dan berdampak pada kurangnya radiasi matahari yang dipantulkan oleh reflektor. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu faktor cuaca. Kondisi cuaca saat dimulai penelitian sudah mulai berawan dikarenakan mulai masuk musim hujan. Cuaca yang berawan berakibat sedikitnya intensitas yang dapat dipantulkan oleh reflektor.

KESIMPULAN

Jenis konsentrator yang digunakan yaitu tipe *parabolic dish*. Material yang digunakan sebagai reflektor pada konsentrator tipe parabola menggunakan *stainless steel* dengan nilai reflektansi sebesar 0,62 dan nilai modulus young 193 GN/m² berbentuk potongan trapesium dengan dimensi panjang sisi 53 cm dan 4 cm serta tinggi 103,13 cm dan kemiringan 20,4°. Penentuan jarak fokus untuk menghitung bidang fokus menggunakan persamaan kesebangunan pada segitiga. Pengukuran suhu dilakukan selama 4 jam dengan interval 5 menit. Hasil suhu tertinggi terjadi pada Iradiasi 1010 watt/m² dengan suhu permukaan reflektor 68,5°C, suhu

belakang reflektor 65°C, suhu receiver 146,2°C dan suhu fluida 103,6°C. Efisiensi yang dihasilkan oleh sistem tertinggi sebesar 23%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.T. (1995). *Solar Konsentrator Tipe Dish Parabolik Salah Satu Alat untuk Menaikan Nilai Efisiensi Solar Cell*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Astawa, K., Wirawan, I.K.G, dan Putra, I.M.B. (2013). Analisis Performansi Kolektor Surya Terkonsentrasi Menggunakan Receiver Berbentuk Silinder. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering*. Universitas Bali. Bali.
- Duffie, J.A. dan Beckman, W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Willey and Sons Inc. Wisconsin.
- Fox, M. (2001). *Optical Properties of Solids*. Oxford University Press. New York.
- IPB. (2011). *Energi dan Listrik Pertanian Topik II. Energi Surya*. http://web.ipb.ac.id/tepfteta/elearning/media/energi_dan_listrik_pertanian/Bab_II_energi_surya/index.htm. Diakses tanggal 18 Maret 2019.
- Long, C., N. Sayma. (2009). *Heat Transfer 1st Edition (On-Line)*. <http://bookboon.com/en/heat-transfer-ebook>. Diakses tanggal 7 Desember 2019.
- Meyen, S. and Lüpfer, E. (2010). *Standardization of Solar Mirror Reflectance Measurements – Round Robin Test : National Renewable Energy laboratory*.
- Mulyono, D. (2003). Pengaruh penambahan reflektor Terhadap karakteristik arus-tegangan dan efisiensi sel surya. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Nilsson, J. (2005). *Optical Design and Characterization Of Solar Concentrators for Photovoltaic*. Lund University. Lund.
- Perdana, P.N. (2012). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. <http://jendeladenngabei.blogspot.co.id/2012/11/pembangkit-listrik-tenaga-plts.html?m=1>. Diakses tanggal 26 Oktober 2019.
- Pitz-Paal, R. (2010). *Concentrating Solar Power: A Roadmap from Research to Market*, Institute of Technical Thermodynamics, Solar Research. Research Germany Aerospace Centre (DLR). Germany.
- Purcell, J.E., Verberg, D dan Rigdon, S.E. (2011). *Kalkulus Edisi Kesembilan Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Rachman, T. (2013). Materi teknik. <http://taufiqurrachman.weblog.esaunggul.ac.id>. Diakses tanggal 19 maret 2019.
- Spitz, E.W., Weigand, A.J., Bowman, R.L. and Jack, J.R. (1969). *Solar Absorptances And Spectral Reflectances of 12 Metal For Temperatures Ranging From 300 to 500K. National Aeronautics and Space Administration*. Washington DC.
- Susanto, E.P. (2012). Studi Penggunaan Dinding Foam Concrete (FC) dalam Efisiensi Energi dan Biaya Untuk Pendinginan Udara (Air Conditioner). *Tesis*. Manajemen Rekayasa Konstruksi. Institut Teknologi Bandung.
- Turmudi. (2010). *Kesebangunan dan Kekongruenan Bangun Datar (Segitiga)*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Wibowo, H.I. (2009). *Analisis Teknoekonomi Kompor Surya Tipe Konsentrator*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Yani, E., Abdurachim dan Pratoto, A. (2009). Perhitungan Efisiensi Kolektor Surya pada Pengerian Surya Tipe Aktif Tidak Langsung pada Laboratorium Surya ITB. *Jurnal Teknik*. 2:21-22.
- Zulkarnain, T.H. (2011). *Pengujian dan Analisis Heat Removal Factor dan Heat Loss Coefficient Pada Kombinasi Flat Plate Solar Collector dan Parabolic Solar Concentrator*. Universitas Indonesia. Jakarta.

Uji Performansi Mesin Penyosoh Sorgum Abrasif Terhadap Kualitas dan Kuantitas Hasil Penyosohan Sorgum (*Sorghum bicolor*)

Performance Test of the Abrasive Sorghum Filling Machine on Quality and Quantity Sorghum Filling Result (Sorghum bicolor)

Riana Listanti^{1*}, Masrukhi¹, Kartika Dana Pratiwi²

¹Program Studi Teknik Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

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

ABSTRAK

Sorghum (*Sorghum bicolor*) dapat dijadikan sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras dengan kandungan karbohidrat 83%, protein berkisar 8-12%, dan lemak 3,5%. Permasalahan sorgum antara lain terdapat tanin pada biji, yang dapat menghambat metabolisme pada tubuh manusia atau hewan yang memakannya. Penurunan kandungan tanin biji sorgum antara lain dengan metode sosoh. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja alat mesin penyosoh tipe abrasif pada proses penyosohan sorgum. Pengujian kinerja mesin penyosoh sorgum tipe abrasif meliputi kapasitas penyosohan, kualitas penyosohan, rendemen sorgum sosoh serta kadar tanin setelah proses penyosohan. Hasil uji kinerja yang dilakukan mesin ini memiliki kapasitas untuk sorgum merah rata-rata sebesar 18,2796 kg/jam dengan rendemen rata-rata sebesar 81,02% dan untuk sorgum putih rata-rata kapasitasnya sebesar 20,02 kg/jam dengan rendemen rata-rata sebesar 68,56%. Persentase biji sorgum merah dan putih utuh setelah disosoh masing masing 89,86% dan 79,99%. Kadar tanin setelah mengalami penyosohan hampir yaitu untuk sorgum merah sebesar 0,50% dan sorgum putih sebesar 0,11%.

Kata kunci: sorgum, mesin penyosoh, uji performansi, abrasif

ABSTRACT

Sorghum (Sorghum bicolor) can be used as an alternative food substitute for rice with 83% carbohydrate content, 8-12% protein, and 3.5% fat. The problem with sorghum, among others, is that there are tannins in the seeds, which can inhibit metabolism in humans or animals that eat them. The reduction in tannin content of sorghum seeds was carried out by means of the Sosoh method. This study aims to test the performance of the abrasive type of heating machine in the sorghum filling process. The performance testing of the abrasive sorghum machine includes cooking capacity, processing quality, yield of sosoh sorghum and tannin content after the scrubbing process. The performance test results carried out by this machine have a capacity for an average red sorghum of 18.2796 kg / hour with an average yield of 81.02% and for white sorghum an average capacity of 20.02 kg / hour with an average yield of 68.56%. The percentage of whole red and white sorghum seeds after being crushed was 89.86% and 79.99%, respectively. The levels of tannins after undergoing almost saturation were 0.50% for red sorghum and 0.11% for white sorghum.

Keywords: sorghum, filling machine, performance test, abrasive

PENDAHULUAN

Sorghum (*Sorghum bicolor*) dapat digunakan sebagai bahan pangan alternatif yang menggantikan beras dengan kandungan karbohidrat 83%, protein 8-12% dan lemak 3,5%. Kandungan protein sorgum tidak kalah dengan kandungan protein beras atau bahan pangan lainnya. Permasalahan dalam pengembangan sorgum sebagai pangan alternatif adalah kandungan tanin biji sorgum yang bisa menghambat metabolisme tubuh pada manusia dan hewan yang memakan biji sorgum atau disebut dengan antinutrisi, meskipun demikian tanin dalam jumlah tertentu juga sebagai antioksidan. Suarni (2012) menjelaskan bahwa sifat

antioksidan tanin lebih tinggi daripada vitamin E dan C, demikian juga antioksidan antosianin sorgum lebih stabil. Unsur pangan fungsional yang mengandung komponen bioaktif memberikan efek fisiologis multifungsi bagi tubuh, termasuk memperkuat daya tahan tubuh, mengatur ritme kondisi fisik, memperlambat penuaan, dan membantu pencegahan penyakit degeneratif. Hal ini menjadi daya tarik tersendiri.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengurangi senyawa tanin, antara lain dengan memberi perlakuan perkecambahan (Mamoudou *et al.* 2006). Narsih dan Harijono (2008) menginformasikan bahwa perlakuan perendaman selama 72 jam dan perkecambahan selama 36 jam dapat menghasilkan sorgum dengan kadar tanin dan asam fitat terendah sehingga dapat digunakan untuk berbagai produk pangan. Penurunan kandungan tanin biji sorgum antara lain dengan metode sosoh (Firmansyah, 2013). Menurut Yusuf (2011), penyosohan merupakan proses yang dilakukan untuk memisahkan lapisan yang menutupi endosperm yaitu mesocarp (lapisan kulit dalam) dan lapisan aleuron (kulit tipis yang berwarna coklat).

Penyosohan dengan alu dan lumpang umumnya ditemui di pedesaan seperti di Kabupaten Demak, Wonogiri, Selayar dan lain-lain. Penyosohan model ini memanfaatkan gaya tekanan interaktif antara biji sorgum dengan alat serta biji dengan biji. Untuk mempercepat pelepasan kulit maka dalam proses penyosohan ditambahkan air (diperciki). Air yang terdapat dalam lumpang akan menyebabkan terjadinya gumpalan padat hancuran kulit biji sorgum. Rendemen penyosohan yang dihasilkan berkisar antara 70-80%. Penyosohan sorgum secara manual umumnya kurang bersih (masih terdapat ikutan kulit biji) serta masih terasa sepat karena adanya senyawa tanin yang tidak tersosoh (Lubis dan Thahir, 1994).

Penggunaan alat-alat tradisional dengan cara menumbuk menggunakan alu dan lumpang merupakan pekerjaan yang berat dan memerlukan waktu yang lama serta kualitas produk yang dihasilkan cukup rendah. Alat atau mesin penyosoh yang sesuai untuk penyosohan merupakan sarana agar pekerjaan dapat dilakukan dengan cepat dan efisien. Dengan alat ini hasil yang didapatkan yaitu berupa beras sorgum yang dapat langsung ditanak layaknya beras dan siap dikonsumsi.

Penelitian pembuatan mesin penyosoh sorgum telah dilakukan sebelumnya. Hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Yusuf, *et. al* (2016) menghasilkan rendemen hasil penyosohan yaitu 67,7%. Teori penyosohan untuk biji-bijian ini tidak mudah diturunkan secara matematis dan sampai saat ini pendekatan yang dilakukan adalah pendekatan secara eksperimental (Yusuf, 2011).

Mesin yang sesuai untuk melakukan penyosohan biji sorgum dengan lebih cepat dan efisien adalah mesin penyosoh tipe abrasif atau tipe gesek. Menurut Yusuf (2011), mesin-mesin penyosohan digolongkan menjadi dua jenis, yaitu tipe gerinda (*abrasive type*) dan tipe gesekan (*friction type*). Tipe abrasif memiliki kecepatan gerakan permukaan gesek di atas 900 m/menit, sedangkan tipe gesekan memiliki kecepatan gerakan permukaan gesek di bawah 300 m/menit. Pada prinsip menggerinda biasanya menggunakan permukaan kasar yang terbuat dari batu abrasif, seperti batu gerinda. Permukaan abrasif digerakkan dengan kecepatan tinggi yang membuat permukaan kasar tersebut memiliki fungsi seperti gerinda dapat mengikis permukaan sorgum. Selain itu, butiran sorgum yang terjepit di dalam ruang penyosohan ikut bergerak yang mengakibatkan terjadinya gesekan antara sesama butiran sorgum dan juga butiran sorgum dengan permukaan yang diam. Sedangkan pada prinsip menekan dan menggesek, permukaan yang digunakan berbeda dengan prinsip menggerinda, begitu juga kecepatan pergerakannya. Pada prinsip ini, yang dibutuhkan adalah tekanan yang tinggi terhadap biji yang disosoh dan juga adanya gerakan yang mampu membuat biji bergesekan satu dengan yang lainnya sehingga mampu melepaskan sisa lapisan kulit sorgum. Permukaan yang digunakan biasanya berupa tonjolan-tonjolan yang terbuat dari besi atau baja. Prinsip ini biasanya diterapkan untuk mesin-mesin penyosohan tahap pertengahan atau tahap akhir.

Usaha untuk merancang alat telah dilakukan, untuk mengetahui kinerja mesin penyosoh sorgum tipe abrasif yang telah dirancang perlu dilakukan pengujian kinerja alat mesin. Pengujian kinerja mesin meliputi kapasitas penyosohan, kualitas penyosohan, rendemen hasil keluaran mesin penyosoh serta besarnya kadar tanin setelah proses penyosohan. Pada penelitian

ini bertujuan untuk mengetahui kualitas sosoh (biji pecah, biji tersosoh, biji tidak tersosoh) dari penyosohan, mengetahui kinerja alat penyosoh sorgum abrasif yang meliputi uji fungsional alat, uji keandalan alat, uji kinerja tanpa beban, uji kinerja menggunakan beban, kapasitas penyosohan serta rendemen hasil keluaran, dan mengetahui besarnya kadar tanin sorgum setelah mengalami proses penyosohan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah biji sorgum merah dan biji sorgum putih yang berasal dari Wonosari, Gunung Kidul. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *stopwatch*, timbangan, jangka sorong, mistar, *Tachometer*, blower.

Metode Penelitian

Garis besar pelaksanaan penelitian uji kinerja mesin penyosoh abrasif PS2 terhadap kualitas dan kuantitas hasil penyosohan sorgum yaitu : uji fungsional, uji keandalan, uji tanpa beban dan uji menggunakan beban. Variabel yang diukur dan diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Badan Standar Nasional, 2008):

1. Kapasitas mesin penyosoh

Kapasitas mesin penyosoh dapat didefinisikan sebagai kemampuan alat untuk menyosoh sorgum setiap waktunya. Kapasitas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Kp = \frac{ms}{tp} \times 60$$

Keterangan:

Kp = Kapasitas mesin penyosoh (kg/jam)

ms = Bobot sorgum yang masuk melalui hopper (kg)

tp = Waktu penyosohan (menit)

2. Pengukuran persentase biji pecah dan biji tersosoh utuh.

Pengukuran persentase biji pecah dan biji tersosoh utuh untuk mengetahui kualitas mesin penyosoh terhadap hasil sosohan. Perhitungan persentase biji pecah dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$bp = \frac{mbp}{mc} \times 100\%$$

Keterangan:

bp = Persentase biji pecah (%)

mbp = Bobot butir biji pecah (g)

mc = Bobot contoh/sampel (g)

Perhitungan persentase biji tersosoh dihitung dengan rumus sebagai berikut (Yuli, 2003):

$$\text{Persentase biji tersosoh} = \frac{\text{bobot biji yang tersosoh utuh (gram)}}{\text{bobot sampel sosohan (gram)}} \times 100\%$$

3. Rendemen

Perhitungan rendemen menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{MLK}{MLM} \times 100\%$$

Keterangan :

R = Rendemen (%)

MLM = Bobot sorgum sosoh yang keluar dari lubang pengeluaran (kg)

MLM = Bobot sorgum yang masuk dari hopper (kg)

4. Kadar tanin

Pengujian kadar tanin dilakukan untuk mengetahui berapa besarnya penurunan kadar tanin sorgum setelah mengalami proses penyosohan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kinerja Mesin Sosoh Tipe Abrasif

Mesin penyosoh sorgum abrasif atau tipe gesek merupakan mesin penyosoh sorgum mekanis dengan menggunakan tenaga mesin diesel sebagai tenaga penggerak mesinnya. Mesin penyosoh sorgum terdiri dari *hopper*, silinder batu gerinda, lubang pengeluaran hasil berupa biji, *blower*, lubang pengeluaran hasil berupa kulit biji dan dedak. Sistem penerus daya pada mesin penyosoh tipe abrasif yaitu dengan menggunakan *pully* dan *belt*. Mesin penyosoh tipe abrasif memiliki dimensi panjang 95 cm, lebar 58 cm dan tinggi 92 cm. Mesin penyosoh sorgum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin penyosoh sorgum abrasif

Pengujian kinerja mesin penyosoh sorgum abrasif berfungsi untuk mengetahui dan mengevaluasi kemampuan mesin pada saat beroperasi secara optimal. Uji kinerja mesin sosoh sorgum abrasif dilakukan dengan beberapa parameter yaitu uji fungsional, uji kehandalan alat, uji kinerja tanpa beban dan uji kinerja menggunakan beban.

1. Uji Fungsional

Uji fungsional dilakukan untuk mengetahui fungsi setiap komponen yang terdapat pada mesin sosoh sorgum abrasif sudah berjalan dengan semestinya atau belum. Komponen mesin yang dilakukan pengujian fungsional antara lain rangka mesin penyosoh, *hopper*, silinder batu gerinda, lubang pengeluaran hasil penyosohan, *blower* serta unit transmisi.

a. Rangka

Rangka mesin penyosoh sorgum terbuat dari bahan dasar besi siku 5x3 cm dan memiliki dimesi rangka yaitu 38 x 45 x 55 cm. Pengujian fungsional telah dilakukan, rangka tidak mengalami perubahan ataupun kerusakan sehingga secara fungsional desain rangka berfungsi baik dan kokoh.

b. Hopper

Hopper merupakan bagian dari mesin yang berfungsi untuk mengumpulkan bahan sorgum kedalam mesin penyosoh sorgum. *Hopper* memiliki ukuran dimensi 37 x 37 x 24 cm. *Hopper* yang telah diuji secara fungsional telah berfungsi dengan baik, dimana *hopper* dapat menampung biji sorgum dan selama pengujian *hopper* dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan tidak mengalami hambatan atau kemacetan bahan saat memasuki mesin penyosoh sorgum.

c. Silinder Batu Gerinda

Silinder batu gerinda berfungsi untuk menyosoh biji sorgum dibawah silinder batu gerinda terdapat *screen* yang berfungsi untuk menahan biji sorgum sehingga terjadi gesekan antara biji sorgum dengan silinder batu gerinda, gesekan ini menyebabkan

lapisan terluar dari biji sorgum yang mengandung kadar tanin terkelupas. Silinder batu gerinda memiliki panjang 25 cm dengan diameter sebesar 10 cm sedangkan *screen* memiliki panjang 31 cm dengan diameter 11 cm. Pada pengujian yang telah dilakukan, silinder batu gerinda telah berfungsi dengan sangat baik dan tidak mengalami kerusakan selama proses.

d. Lubang Pengeluaran Hasil penyosohan

Lubang pengeluaran hasil penyosohan berfungsi untuk menyalurkan hasil sosohan yaitu berupa biji sorgum yang telah terkelupas kulit terluarnya kedalam penampung hasil penyosohan. Dari pengujian yang telah dilakukan lubang pengeluaran dengan ukuran 2,5 x 4 cm sudah berfungsi dengan sangat baik dan tidak mengalami hambatan selama proses penyaluran hasil penyosohan kedalam penampungan hasil sosohan.

e. *Blower*

Blower berfungsi untuk menghisap dedak hasil sosohan sehingga hasil sosohan yang keluar dari lubang pengeluaran berupa biji sorgum yang bersih tanpa dedak. *Blower* memiliki diameter 35 cm dengan lubang pengeluaran dedak sebesar 10 cm dan lubang penghisapan dedak sebesar 4 cm. Pada pengujian yang telah dilakukan *blower* sudah berfungsi dengan sangat baik sebagaimana mestinya dan *blower* memiliki daya hisap yang cukup kuat untuk menghisap sehingga dedak terpisah dari biji hasil penyosohan.

f. Unit Transmisi

Unit transmisi berfungsi untuk menyalurkan daya dari motor penggerak menuju unit yang memerlukan daya penggerak, unit transmisi dapat berupa sabuk dan puli (Sahasto, 2010). Pada mesin penyosoh sorgum abrasif PS2 menggunakan 2 puli yaitu puli penggerak yang menggerakkan silinder batu gerinda dan puli penggerak yang menggerakkan *blower*. Adapun ukuran puli penggerak silinder gerinda yaitu 12 inci dan ukuran puli penggerak *blower* 2 inci. mesin penyosoh menggunakan v-belt yaitu v-belt ukuran A-34.

Dari hasil pengujian fungsional yang telah dilakukan secara keseluruhan mesin penyosoh sorgum abrasif telah bekerja dengan baik dan berfungsi sebagaimana mestinya.

2. Uji Keandalan

Uji keandalan adalah teknik pengukuran terbaik secara kuantitatif dan terintegrasi dari suatu rancangan alat, komponen, produk, atau suatu sistem dapat berfungsi tanpa mengalami kerusakan dalam suatu lingkungan khusus pada periode waktu yang diinginkan pada tingkat kepercayaan yang diberikan (Yamin, *et. al.*, 1998). Pengujian ini lebih ditekankan untuk mengetahui kemampuan operasional kerja alat dan meyakinkan alat dapat bekerja tanpa kerusakan yang berarti selama alat beroperasi. Pengujian keandalan yang telah dilakukan yaitu dengan menyalakan mesin penyosoh sorgum abrasif selama 4 jam tanpa henti dan tanpa menggunakan beban.

Dari pengujian yang telah dilakukan, pada setiap komponen alat mesin penyosoh tidak ditemukan adanya kerusakan atau perubahan selama pengujian. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa alat mesin penyosoh sorgum abrasif sudah bekerja dengan sangat baik dan alat dapat bekerja secara optimal tanpa menemui kendala yang berarti dalam jangka waktu yang cukup panjang.

3. Uji Kinerja Tanpa Beban

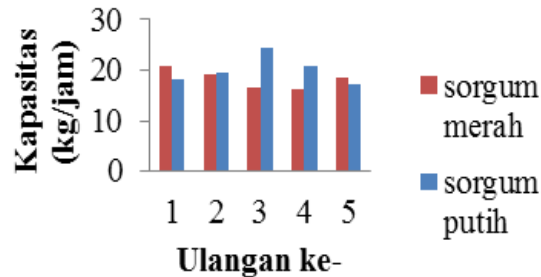
Uji kinerja tanpa beban dilakukan untuk mengetahui komponen utama yaitu silinder batu gerinda dapat berputar/bekerja dengan baik atau tidak meski tidak ada beban. Pengujian dilakukan dengan menyalakan mesin penyosoh sorgum selama 30 menit dan memastikan silinder batu gerinda telah berputar stabil meski tidak ada beban selama pengujian. Hasil dari pengujian ini didapatkan bahwa silinder batu gerinda telah bekerja dengan baik serta putaran dan kecepatan silinder batu gerindapun sudah stabil.

4. Uji Kinerja Menggunakan Beban

Pengujian kinerja menggunakan beban yang dikaji pada penelitian antara lain yaitu kapasitas mesin penyosoh, rendemen kehilangan bahan selama proses, presentase biji tersosoh utuh, persentase biji pecah serta kadar tanin hasil penyosohan.

a. Kapasitas Mesin Penyosoh Sorgum

Kapasitas mesin bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melakukan penyosohan bahan dalam proses penyosohan dengan mesin penyosoh setiap waktunya. Berdasarkan hasil pengujian kualitas hasil penyosohan dapat dilihat pada Gambar 2.

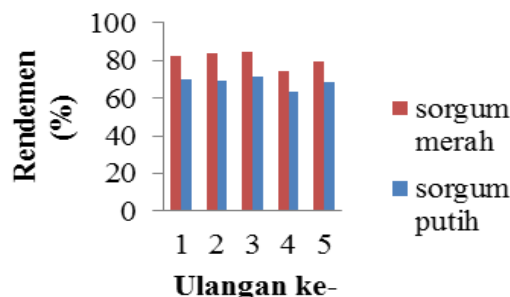


Gambar 2. Kapasitas penyosohan dengan menggunakan mesin penyosoh sorgum abrasif

Dari hasil perhitungan didapatkan kapasitas mesin untuk sorgum merah sebesar 16,30-20,6 kg/jam dengan rata-rata kapasitas mesin sebesar 18,27 kg/jam. Sedangkan kapasitas mesin untuk sorgum putih sebesar 17,22-24,31 kg/jam dengan rata-rata kapasitas mesin sebesar 20,02 kg/jam. Hasil kapasitas penyosoh yang mampu di sosoh oleh mesin penyosoh sorgum abrasif masih cukup rendah baik pada sorgum merah maupun sorgum putih karena jika dibandingkan dengan hasil penelitian Firmansyah (2013) kapasitas penyosoh yang mampu di sosoh dengan menggunakan mesin penyosoh sorgum tipe PSA-M3 untuk sorgum merah yaitu sebesar 39,19 kg/jam dan untuk sorgum putih sebesar 43,64 kg/jam. Hal ini dikarenakan dimensi mesin dan daya penggerak yang digunakan berbeda. Mesin penyosoh tipe abrasif yang digunakan pada penelitian ini memiliki dimensi panjang 95 cm, tinggi 92 cm, lebar 58 cm dan digerakkan oleh daya penggerak sebesar 8 HP sedangkan mesin penyosoh sorgum abrasif hasil penelitian ini memiliki dimensi yang lebih besar yaitu dengan panjang 107 cm, tinggi 130 cm dan lebar 102 cm selain itu daya penggerak mesin penyosoh sorgum tipe PSA-M3 lebih besar dibandingkan mesin penyosoh sorgum abrasif yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 10 HP. Dapat dilihat dari perbedaan daya penggerak semakin besar daya penggerak maka semakin cepat putaran yang dihasilkan sehingga waktu yang dibutuhkan untuk penyosohan semakin singkat dan berpengaruh terhadap kapasitas yang dihasilkan mesin karena kapasitas mesin berbanding terbalik dengan waktu yang dibutuhkan dalam proses penyosohan.

b. Rendemen Sorgum Sosoh

Rendemen bahan hasil penyosohan dihitung untuk mengetahui persentase hasil bahan setelah proses penyosohan. Rendemen bahan hasil penyosohan untuk setiap ulangan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.



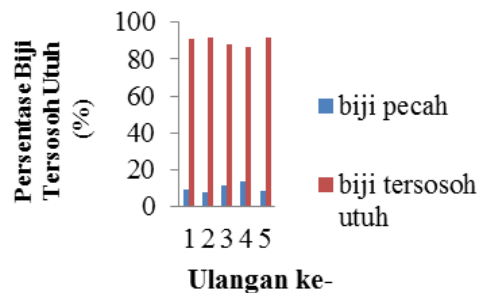
Gambar 3. Rendemen bahan dengan mesin penyosoh sorgum abrasif

Hasil rendemen berbanding lurus dengan berat akhir penyosohan, semakin besar berat akhir penyosohan maka semakin besar pula rendemen yang dihasilkan. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa rendemen bahan hasil penyosohan yang dihasilkan dari bahan sorgum merah sebesar 74,5-84,5% dengan rata-rata sebesar 81,02% dan hasil rendemen untuk sorgum putih sebesar 63,2-71,3% dengan rata-rata sebesar 68,5%.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa mesin penyosoh sorgum memiliki rata-rata rendemen dengan nilai yang cukup tinggi pada sorgum merah yaitu sebesar 81,02%, dan rata-rata rendemen yang cukup rendah pada sorgum putih yaitu sebesar 68,56%. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah (2013), hasil rendemen sorgum yang di sosoh dengan menggunakan alat penyosoh sorgum tipe PSA-M3 pada sorgum merah didapatkan rendemen sebesar 83,16% dan pada sorgum putih didapatkan rendemen sebesar 81,43%. Hasil rendemen untuk sorgum merah dari kedua penelitian tidak berbeda jauh dan hasil ini sudah mendekati syarat penyosohan yang baik menurut Badan Standar Nasional (2008) dimana syarat rendemen untuk mesin penyosoh yaitu berkisar 85-95%.

c. Kualitas Penyosohan Biji Sorgum

Perhitungan kualitas hasil penyosohan biji sorgum dilakukan untuk mengetahui seberapa bagus kualitas penyosohan dengan menggunakan mesin penyosoh sorgum abrasif. Perhitungan kualitas biji sorgum antara lain yaitu persentase biji pecah dan persentase biji tersosoh utuh. Kualitas penyosohan yang baik adalah persentase biji utuh dan tersosoh setinggi mungkin, biji tidak tersosoh dan biji pecah serendah mungkin. Berikut hasil persentase biji pecah dan biji tersosoh utuh pada sorgum merah dapat dilihat pada Gambar 4.



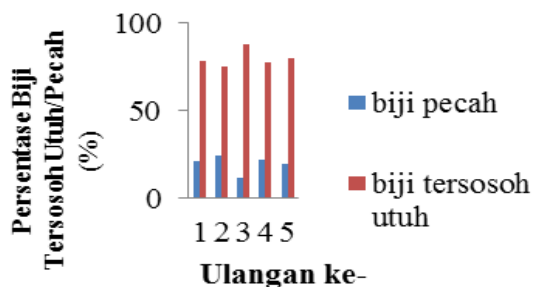
Gambar 4 . Hasil Persentase kualitas biji sorgum merah.

Gambar diatas menunjukkan hasil persentase kualitas biji sorgum merah setelah mengalami penyosohan dengan mesin penyosoh sorgum abrasif. Persentase biji pecah yang didapat yaitu sebesar 7,89-13,61% dengan rata-rata sebesar 10,13%. Pada biji tersosoh utuh, hasil yang didapat yaitu sebesar 86,39-92,10% dengan rata-rata sebesar 89,86%. Menurut penelitian Firmansyah (2013), hasil kualitas fisik untuk penyosohan biji sorgum merah pada mesin penyosoh PSA-M3 persentase untuk biji tersosoh utuh sebesar 60% dan persentase biji pecah sebesar 32,23%.

Dapat dilihat bahwa hasil persentase kualitas mesin penyosoh tipe abrasif lebih bagus dibandingkan hasil persentase penelitian yang dilakukan Firmansyah (2013) dengan menggunakan mesin penyosoh PSA-M3, hal ini diduga karena kadar air bahan yang digunakan untuk proses penyosohan menggunakan mesin penyosoh PSA-M3 terlalu rendah sehingga bahan yang terlalu kering akan saling bergesekan dan menyebabkan hasil penyosohan banyak yang pecah. Hasil penelitian ini didukung oleh Tahrir (2010) menjelaskan bahwa pada kadar air rendah, beras mempunyai tendensi lebih kaku (rigid), tidak elastis, dan mudah patah dibanding pada kadar air yang lebih tinggi. Menurut Suarni *et al.* (2013) kadar air terbaik untuk penyosohan biji sorgum yaitu kurang dari 14%.

Hasil perhitungan persentase rata-rata biji sorgum merah tersosoh utuh yang disosoh menggunakan mesin penyosoh sorgum abrasif yaitu sebanyak 89,86%, bila

dibandingkan dengan kualitas sosohan beras menurut Badan Standar Nasional (2008) maka biji sorgum merah ini termasuk beras dengan kualitas A yaitu dengan syarat biji tersosoh utuh minimal sebesar 85%. Sedangkan hasil persentase untuk biji sorgum putih dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil persentase kualitas biji sorgum putih.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil persentase biji pecah pada sorgum putih sebesar 12,21-24,93% dengan rata-rata biji pecah sebesar 20,08% sedangkan hasil persentase untuk biji tersosoh utuh sorgum putih sebesar 75,06-87,78% dengan rata-rata biji tersosoh sebesar 79,99%. Menurut penelitian Firmansyah (2013), hasil kualitas fisik untuk penyosohan biji sorgum putih pada mesin penyosoh PSA-M3 persentase untuk biji tersosoh utuh sebesar 74,88% dan persentase biji pecah sebesar 7,64% sudah dapat dikatakan baik. Jika melihat hasil penelitian yang dilakukan dengan mesin penyosoh sorgum abrasive. Hasil penelitian menunjukkan kualitas yang cukup baik dimana persentase biji sorgum yang tersosoh utuh lebih besar dari pesentase referensi yang sudah ada sehingga hasil penelitian yang telah dilakukan termasuk kulaitas yang baik. Hasil rata-rata persentase biji tersosoh utuh untuk sorgum putih dengan menggunakan penyosoh sorgum abrasive yang didapatkan bila dibandingkan dengan kualitas beras menurut Badan Standar Nasional (2008), maka biji sorgum putih termasuk dalam kualitas B yaitu dengan syarat biji tersosoh utuh minimal 75%.

d. Kadar Tanin

Biji sorgum terutama yang mempunyai testa atau kulit biji berwarna gelap (coklat), mengandung senyawa anti gizi, yaitu tanin (Firmansyah, *et al*, 2013). Penyosohan lapisan kulit luar sorgum diperlukan untuk membuang lapisan tanin yang rasanya sepat dan mempengaruhi citarasa makanan. Pengujian kadar tanin dilakukan untuk mengetahui besarnya kadar tanin yang terkandung setelah melewati proses penyosohan.

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil kadar tanin sebelum penyosohan dan setelah penyosohan berturut-turut untuk sorgum merah sebelum penyosohan sebesar 0,82% setelah penyosohan sebesar 0,50% sedangkan pada sorgum putih sebelum penyosohan sebesar 0,12% dan setelah mengalami penyosohan kadar tanin sorgum putih menjadi sebesar 0,11%. Jika dlihat dari hasil penelitian Firmansyah (2013), besarnya kadar tanin setelah penyosohan untuk sorgum merah yaitu sebesar 0,84% dan untuk sorgum putih sebesar 0,33%. Dari hasil kedua penelitian yang telah dilakukan dilihat bahwa kadar tanin sorgum merah lebih besar dibandingkan kadar tanin sorgum putih baik sebelum penyosohan maupun setelah mengalami proses penyosohan, sehingga dapat dikatakan bahwa warna pada biji sorgum dapat dijadikan indikator kandungan tanin dimana semakin gelap warna biji sorgum maka semakin besar kadar tanin yang dikandung oleh biji sorgum terebut. Hal ini diperkuat oleh Narsih *et al* (2008), dimana tanin yang jumlahnya tinggi dalam biji dapat menyebabkan rasa sepat dan pahit serta menimbulkan warna yang gelap.

KESIMPULAN

Mesin penyosoh tipe abrasif dengan dimensi panjang 95 cm, lebar 58 cm dan tinggi 92 cm telah melalui uji fungsional. Setiap komponen mesin penyosoh sorgum abrasif bekerja dengan baik dan telah berfungsi sebagaimana mestinya dengan hasil perhitungan persentase rata-rata biji pecah dan biji tersosoh utuh pada sorgum merah berturut-turut yaitu sebesar 10,13%, dan 89,86%, dan bahan sorgum putih memiliki persentase rata-rata biji pecah sebesar 20% dan persentase biji tersosoh utuh rata-rata sebesar 79,99%. Sedangkan berdasarkan hasil uji kinerja yang telah dilakukan diperoleh kapasitas penyosohan pada sorgum merah rata-rata sebesar 18,28kg/jam dengan rendemen bahan hasil penyosohan rata-rata sebesar 81,02% dan untuk kapasitas penyosohan sorgum putih rata-rata sebesar 20,02 kg/jam dengan rendemen bahan hasil penyosohan rata-rata sebesar 68,56%. Kandungan kadar tanin pada biji sorgum merah sebelum dan sesudah penyosohan berturut-turut yaitu sebesar 0,82% dan 0,50% dan sorgum putih kandungan kadar tanin sebelum dan sesudah berturut-turut yaitu sebesar 0,12% dan 0,11%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqil, M. (2013). Pengelolaan Proses Pascapanen Sorgum Untuk Pangan. *Jurnal Seminar Nasional Serealia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Asep. (2012). *Sorgum*. <http://asimginhabibullah.blogspot.com/2012/04/makalah-sorgum.html>. Diakses 5 maret 2014.
- Badan Standar Nasional. (2008). *Mesin penyosoh beras, unjuk kerja dan cara uji (SNI 0835:2008)*.http://pustan.bpkimi.kemenperin.go.id/files/SNI%200835_2008_logo%20baru.pdf. Diakses 5 Maret 2014.
- Firmansyah. U. (2013). Kinerja Prototipe Mesin Sosoh Tipe Abrasif Psa-M3 Pada Proses Penyosohan Sorgum. *Jurnal Seminar Nasional Serealia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Herodian, S, Y. dan Daraja, M.. (2009). Rancang Bangun Mesin Penyosoh Biji Buru Hotong ((Seta a italica (L). B.aw.) Tipe Abrasive Roll. *Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Darussalam-Banda Aceh*. Volume 1, No.1 April2009
- Lubis, S dan Thahir, R. (1994). *Uji penampilan alat penyosoh Model Solia-SM60 pada sorgum dan kedelai*. Dalam E.E. Ananto, Sumihadi, A. Musaddad dan T. Alihamsyah (ed). *Prosepek Mekanisasi Pertanian Tanaman Pangan*. Puslitbangtan, Bogor.
- Mamoudou, D.H., Gruppen, H., Traore, A.S., Voragen, A.G.J., and Berkel, W.J.H.. (2006). Effect of germination on the activities of amylases and phenolic enzymes in sorghum varieties grouped according to food and use properties. *J. of the Science of Food andAgriculture* 7(3):2581-2588.
- Narsih, Yuaninanta, dan Harijono. (2008). Studi Lama Perendaman dan Lama Perkecambahan Sorgum (*Sorghum bicolour* L. Moench) Untuk Menghasilkan Tepung Rendah Tanin dan Fitat. *Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 9 No. 3 (Desember 2008)* 173 – 180. Politeknik Negeri Potianak. Kalimantan Barat.
- Sahasto, H. (2010). Analisis Teknik Dan Uji Kinerja Mesin Pengupas Kulit Ari Kacang Kedelai (*Glycine max*). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran Jatinangor. 117 hal.
- Suarni dan Firmansyah. I. U. (2013). Struktur, Komposisi Nutrisi dan Teknologi Pengolahan Sorgum. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, Makasar.
- Tahrir, R. (2010). Revitalisasi Penggilingan Padi Melalui Inovasi Penyosohan Mendukung Swasembada Beras Dan Persaingan Global. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*

- 3(3), 2010: 171-183. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.
- Yamin, M., Kadiman, K., dan Dipoyono, H.K. (1998). *Analisis Keandalan Peralatan Pengolahan Kertas*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Yuli, P Handayani. (2003). Uji Performansi Alat Perontok dan Pemipil Jagung Terintegrasi Menggunakan Gigi Berbentuk V. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto. 68 hal.
- Yusuf, A., Djoko S. (2011). Modifikasi dan Uji Kinerja Mesin Penyosoh Sorgum TEP-3. Institut Teknologi Bandung.
- Yusuf, A., Sudaryanto, dan Sugandi, W. (2016). Rancang Bangun dan Uji Kinerja Prototipe Mesin Perontok Sorgum. *Jurnal Teknotan*. Vol. 10 No. 1.

Distribusi Suhu Udara pada Greenhouse dengan Aplikasi Air Conditioning (AC) Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Simulation of Air Temperature Distribution in Greenhouse with Air Conditioning (AC) Application Using Computational Fluid Dynamics (CFD)

Ibnu Nurman Az-zaky¹, Eni Sumarni^{1,*}, Afik Hardanto¹

¹Program Studi Teknik Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

*Korespondensi, Email: eni.sumarni@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Greenhouse merupakan bangunan yang dibuat untuk melakukan budidaya tanaman. Saat ini *greenhouse* mulai banyak digunakan oleh petani Indonesia dalam rangka produksi sayuran, buah, bunga dan tanaman komersial lainnya. *Greenhouse* dengan struktur yang tertutup menciptakan iklim mikro yang cenderung berbeda dengan iklim di luar *greenhouse*. Struktur bangunan *greenhouse* yang tertutup menyebabkan suhu udara di dalam *greenhouse* lebih tinggi dibandingkan suhu di luar *greenhouse*, sehingga seringkali kurang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Upaya pengendalian suhu udara di dalam *greenhouse* telah banyak dilakukan, yaitu pengendalian secara alami maupun pengendalian mekanik. Pengendalian suhu udara secara mekanik diantaranya menggunakan pendingin ruangan atau Air conditioning (AC). Namun bagaimana distribusi suhu udara di dalam *greenhouse* dari penggunaan AC perlu diketahui untuk peningkatan presisi pengendalian suhu di dalam *greenhouse*. Distribusi suhu udara disimulasi dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) karena memiliki kemampuan memprediksi perilaku aliran fluida. Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan pola distribusi suhu udara pada *greenhouse* dengan aplikasi AC dengan CFD. Penelitian dilakukan di *greenhouse*, Fakultas Pertanian, Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto pada bulan Januari sampai Maret 2020. Parameter iklim mikro yang diukur adalah suhu udara di dalam *greenhouse* dan kecepatan. Analisis data menggunakan bantuan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan *software* CFDSOF v1.6. Pendugaan distribusi suhu dan kecepatan aliran pada CFDSOF melalui beberapa tahap yaitu pembuatan geometri pada *software* SolidWorks 2014 x64 edition, *meshing*, *initial condition*, *boundary condition*, dan *simulation model*. Simulasi menggunakan CFDSOF dilakukan pada pukul 12:00 selama 15 menit. Hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa penggunaan AC pada *greenhouse* mampu menurunkan suhu udara pada daerah yang berada terdekat dengan AC. Namun, belum mampu menurunkan seluruh area *greenhouse*. Persentase rerata *error* dari perhitungan validasi suhu sebesar 2,25 % dan validasi kecepatan aliran sebesar 0,73%.

Kata kunci: Air Conditioning (AC), CFD, CFDSOF

ABSTRACT

Greenhouse is a building made for cultivating plants. Currently, greenhouses are increasingly being used by Indonesian farmers in the production of vegetables, fruit, flowers and other commercial crops. Greenhouse with a closed structure creates a microclimate that tends to be different from the climate outside the greenhouse. The closed structure of the greenhouse building causes the air temperature in the greenhouse to be higher than the temperature outside the greenhouse, so it is often not suitable for plant growth. Many efforts to control the temperature in the greenhouse have been carried out, namely natural control and mechanical control. Mechanical control of air temperature includes using air conditioning or air conditioning. However, the distribution of air temperature in the greenhouse from the use of AC needs to be known to increase the precision of temperature control in the greenhouse. The distribution of air temperature is simulated with Computational Fluid Dynamic (CFD) because it has the ability to predict fluid flow behavior. The purpose of this study was to obtain the distribution pattern of the air temperature in the greenhouse with the application of AC with CFD. The research was conducted in a greenhouse, Faculty of Agriculture, Jendral Soedirman University, Purwokerto from January to March 2020. The parameters of micro-climates measured were air temperature in the greenhouse and velocity. Data analysis

used Computational Fluid Dynamic (CFD) with CFDSOF v1.6 software. Estimation of temperature distribution and flow velocity in CFDSOF through several stages, namely making geometry in SolidWorks 2014 x64 edition software, meshing, initial condition, boundary condition, and simulation model. The simulation using CFDSOF was carried out at 12:00 for 15 minutes. The CFD simulation results show that the use of AC in the greenhouse is able to reduce the air temperature in the area closest to the AC. However, they have not been able to reduce the entire greenhouse area. The average percentage error from the temperature validation calculation is 2.25% and the flow velocity validation is 0.73%.

Keywords: Air Conditioning (AC), CFD, CFDSOF

PENDAHULUAN

Greenhouse merupakan bangunan yang tertutup dan difungsikan sebagai sarana budidaya tanaman. Pengendalian iklim mikro seperti suhu udara, kelembaban udara, radiasi matahari diperlukan untuk memberikan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Beberapa sayuran yang dibudidayakan di dalam greenhouse menunjukkan hasil yang baik dibandingkan di lingkungan terbuka, seperti selada (Sulistyaningsih, 2005). Bentuk *greenhouse* yang disiapkan untuk produksi tanaman sebaiknya menyesuaikan kondisi iklim setempat, dimana Indonesia berbeda dengan negara-negara empat musim (Setiyo *et al.*, 2014; Inayah, 2007). Budidaya sayuran untuk produksi benih kentang dengan sistem aeroponik di dalam *greenhouse* yang dilakukan dengan modifikasi iklim dengan mendinginkan air nutrisi dapat menjadi salah satu metode yang efektif untuk budidaya yang dapat dilakukan di dataran rendah (Sumarni *et al.*, 2013).

Teknologi aeroponik telah dilakukan dalam budidaya beberapa tanaman, seperti tanaman sawi (Pratiwi *et al.*, 2015), selada keriting, *lollo rossa*, *romaine* (Prawoto & Kartika, 2017), dan produksi benih kentang (Sumarni *et al.*, 2013). Namun, suhu udara di dalam *greenhouse* seringkali belum optimal untuk pertumbuhan dan hasil tanaman, hal tersebut disebabkan dari konstruksi dan bahan material penyusun *greenhouse* (Hadiutomo, 2012; Sumarni *et al.*, 2013). Dari kondisi tersebut perlu dilakukan pengendalian suhu udara didalam *greenhouse*, diantaranya melalui pengendalian mekanik menggunakan Air Conditioning (AC). Fungsi dari pengkondisian udara digunakan untuk kenyamanan (*comfort air conditioning*), yaitu untuk menciptakan kondisi udara yang nyaman untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Distribusi suhu udara pada aplikasi AC sebagai pengendali suhu udara di dalam *greenhouse* perlu diketahui untuk mendapatkan sebaran atau tingkat keseragaman suhu udara dari pengendalian yang dilakukan. Distribusi sebaran suhu udara tersebut dapat diketahui dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

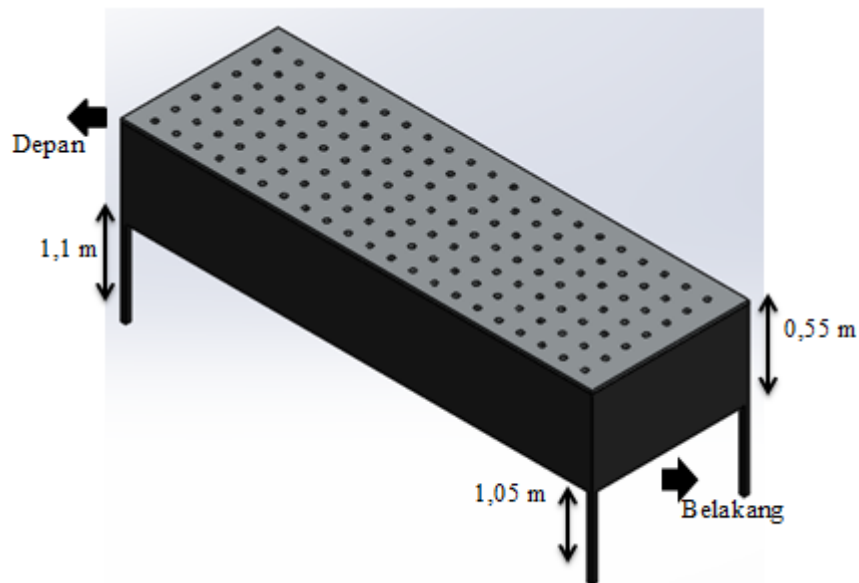
Computational Fluid Dynamics (CFD) suatu teknologi komputasi yang memungkinkan untuk mempelajari dinamika dari benda-benda atau zat-zat yang mengalir. Simulasi CFD mampu memprediksi tanpa harus membuat berbagai kondisi *greenhouse* secara aktual terlebih dahulu. CFD dapat digunakan tanpa adanya batasan dalam kondisi objek yang kompleks dan memberikan hasil simulasi dengan detail melalui gambar kontur beserta animasinya (Zulhanif, 2011). Analisis CFD yang digunakan dalam penelitian menggunakan *software* CFDSOF v1.6. CFDSOF v1.6 merupakan *software* CFD pertama di Indonesia yang dikembangkan di Universitas Indonesia. CFDSOF v1.6 menawarkan fitur yang lengkap, cara mudah, dan hemat biaya. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah mendapatkan pola distribusi suhu udara pada *greenhouse* tipe Arch dengan aplikasi Air Conditioning (AC). Selain itu, dapat mengetahui kinerja aplikasi AC pada sistem aeroponik melalui hasil visualisasi menggunakan CFD.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu box aeroponik yang terbuat dari rangka besi dengan panjang 3 m, lebar 1 m, dan tinggi 0,55 m. Box aeroponik tersebut

mempunyai dudukan (kaki penyangga) dengan ukuran tinggi 1,1 m di bagian depan dan 1,05 m di bagian belakang (seperti pada Gambar 1).



Gambar 1. Layout box aeroponik.

Pada bagian atas box aeroponik ditutupi *styrofoam* dengan ketebalan 2 cm, yang kemudian dilubangi sebagai tempat tumbuhnya tanaman. Selain itu, disiapkan pula *greenhouse* tipe *arch* dan AC jenis split dengan kapasitas $\frac{1}{2}$ pk yang diletakan didalam *greenhouse*, ukuran instalasi *greenhouse* tipe *arch* yaitu panjang 5 m dan lebarnya 7 m yang dilapisi plastik PE dengan ketebalan 0,8 mm. Ketinggian *greenhouse* bagian samping sebesar 2,55 m, sedangkan tinggi tengahnya 4,6 m. Alat ukur yang digunakan yaitu termometer hygrometer digital, thermometer infrared, dan anemometer. Selain itu, diperlukan software CFDSOFv1.6 untuk melakukan analisis simulasi fluida.

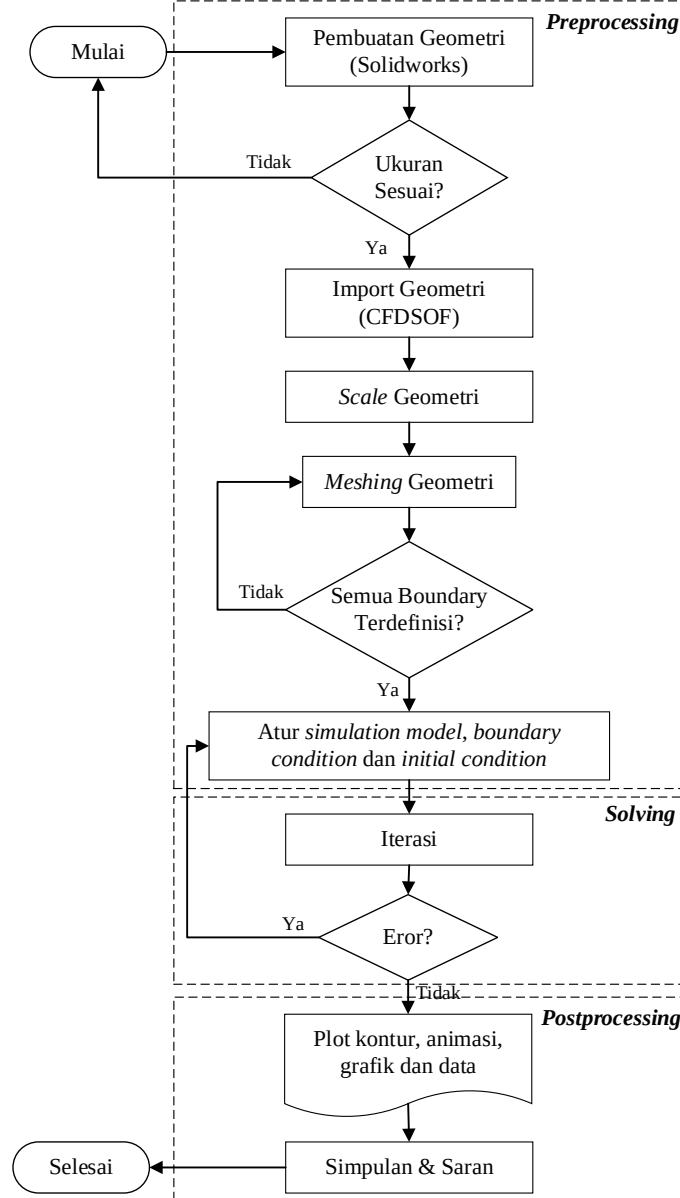
Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan metode penelitian eksperimental analisis. Metode penelitian yang menggabungkan antara penelitian eksperimental dengan pengukuran yang dilakukan di lapangan yang kemudian disertai oleh analisis komputasi. Analisis komputasi yang dilakukan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Penelitian dimulai dengan membuat instalasi aeroponik yang kemudian diletakan di dalam *greenhouse* tipe *arch* dapat dilihat pada Gambar 3. *Greenhouse* dibuat tertutup tanpa ventilasi.

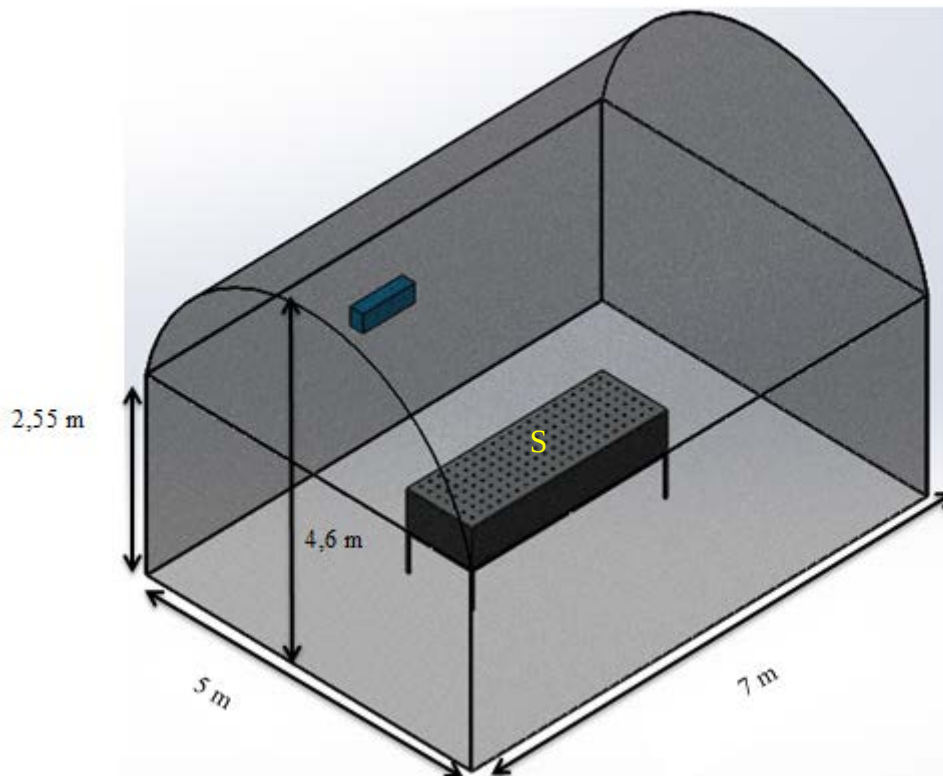
Pengukuran yang dilakukan di lapangan berupa pengambilan data suhu udara dan kecepatan angin yang keluar dari AC sebanyak 3 kali perulangan, dilakukan di hari yang berbeda. Pengukuran dilakukan pada pukul 09:00, 12:00 dan 16:00 WIB. Sedangkan untuk simulasi menggunakan CFDSOF v1.6 dilakukan pada jam 12:00 untuk melihat distribusi udara pada saat *greenhouse* kondisi suhu tinggi. Penempatan alat ukur suhu udara di letakkan pada permukaan box aeroponik. Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan meletakkan anemometer di dekat outlet udara AC. Selain itu, pengukuran suhu lingkungan *greenhouse* di letakkan di daerah lingkungan *greenhouse*.

Analisis komputasi dilakukan dengan melihat fenomena yang terjadi dalam *greenhouse* tipe *arch* menggunakan CFDSOF dengan alur seperti pada Gambar 2. Simulasi akan dilakukan pada pukul 12:00 selama 15 menit pada saat *greenhouse* kondisi suhu tinggi. Asumsi penting yang digunakan dalam simulasi adalah fluida dianggap hanya 1 fasa yaitu udara pada tekanan atmosfer. Beberapa asumsi lain yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Solusi perhitungan bergantung pada waktu.
2. Densitas udara tidak berubah secara signifikan.
3. Memperhitungkan efek boyansi (gravitasi).
4. Aliran bersifat turbulen.
5. Temperatur lingkungan luar konstan terhadap waktu selama proses simulasi.
6. Tanaman tidak memberikan pengaruh terhadap distribusi suhu yang terjadi.



Gambar 2. Diagram alir simulasi CFDSOF.



Gambar 3. Greenhouse yang digunakan untuk penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dugaan Distribusi Udara Air Conditioning

Air Conditioning sebagai mesin pendingin yang digunakan pada penelitian penting diketahui karakteristiknya terlebih dahulu. Pemahaman dasar akan pola masuknya udara ke dalam *greenhouse*, sirkulasi udara yang terjadi dan proses pendinginan di dalam mesin pendingin sebelum dialirkan ke dalam diperlukan untuk memperkirakan pola aliran fluida yang masuk ke dalam *greenhouse* sebelum tahap simulasi.

Langkah pertama udara dari lingkungan *greenhouse* terhisap oleh mesin pendingin. Setelah udara masuk ke dalam mesin pendingin untuk mendinginkan refrigeran, terjadi proses pindah panas dimana udara yang terhisap didinginkan oleh udara di dalam mesin pendingin dengan bantuan freon. Sehingga, udara yang akan keluar dari mesin pendingin melalui outlet AC ke dalam *greenhouse* adalah udara dengan temperatur yang lebih rendah. Dapat disimpulkan, dugaan awal pola aliran fluida yang terjadi di dalam *greenhouse* adalah distribusi udara dingin yang dimasukkan oleh mesin pendingin ke dalam *greemhouse* yang kemudian akan menurunkan suhu udara dalam *greenhouse*.

Simulasi dengan CFDSOF

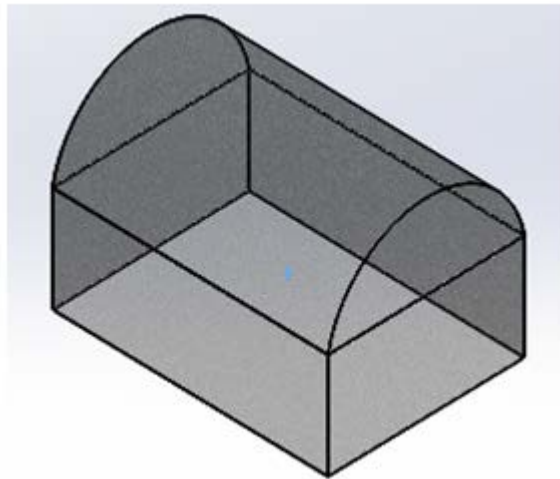
1. Pembuatan *geometri* dan *meshing*

a. Pembuatan *geometri*

Pembuatan *geometri* bisa dibuat dengan dua cara yaitu dengan cara membuat langsung pada aplikasi CFDSOF dan cara yang kedua adalah dengan bantuan *software*. Namun, untuk pembuatan *geometri* pada aplikasi CFDSOF memiliki keterbatasan tidak bisa membuat *geometri* yang lebih spesifik menyerupai bentuk

objek asli, sehingga pembuatan *geometri* lebih banyak dibuat dengan bantuan *software* seperti *software* SolidWorks.

Geometri dibuat menggunakan *software* SolidWorks 2014x64 *edition*. Pembuatan *geometri greenhouse* tipe arch (Gambar 4) dan objek perangkat lain seperti box evaporative serta AC (Gambar 5). Selanjutnya part yang telah dibuat dengan sesuai ukuran aslinya harus disimpan dengan format (.STL) dan tanpa spasi. Part yang telah disimpan dengan format (.STL) tersebut kemudian di-import kedalam CFDSOF v1.6 untuk pembentukan *meshing*.



Gambar 4. Geometri greenhouse.



Gambar 5. Geometri objek perangkat AC dan box aeroponik.

b. Pembuatan *meshing*

Pembuatan *meshing* dimulai dengan *geometry preparation* yaitu menyesuaikan ukuran part dari *software* SolidWorks ke dalam CFDSOF, part dari *software* SolidWorks ukurannya dalam satuan milimeter, sehingga perlu rescale pada CFDSOF dengan scale 0,001. Selanjutnya, perlu dilakukan Mesh Refinement pada setiap *geometri* menggunakan Surface Refinement dengan rincian seperti 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*.

No	Part of .STL	Surface Refinement	
		Minimum Level	Maximum Level
1	BoxEvaporative.STL	2	2
2	AC.STL	2	2
3	OutletAC.STL	2	2
4	SensorValidasi.STL	2	2
5	Dinding1.STL	0	0
6	Dinding2.STL	0	0
7	Dinding3.STL	0	0
8	Dinding4.STL	0	0
9	Atap.STL	0	0
10	Ground.STL	0	0

Langkah selanjutnya, melakukan Base Mesh sebagai penentuan penting daerah yang akan di-*meshing*. *Meshing* dilakukan pada daerah dalam *greenhouse* tipe *arch* yang di dalamnya terdapat instalasi aeroponik dan AC yang disebut sebagai domain. Base mesh yang digunakan harus menempel dengan seluruh bagian permukaan pada objek yang dikenal dengan *autosize dimensions*. Ukuran grid yang digunakan sebagai penentuan banyaknya mesh yaitu (28×18×20) seperti terlihat di Gambar 6. Generate Mesh dilakukan untuk menentukan daerah yang akan di-*meshing* yaitu aliran di dalam domain atau internal flow. Check *Meshing* dilakukan untuk mengetahui ketepatan hasil *meshing*.



Gambar 6. Hasil grid domain (tampak sisi kiri).

2. Pendefinisian bidang batas

Pendefinisian bidang batas dilakukan pada boundary conditions dan initial conditions, pendefinisian ini penting dilakukan agar nilai temperatur dan kecepatan aliran dapat dihitung pada tiap mesh yang sudah ditetapkan. Pada penelitian ini pendefinisian bidang batas pada boundary conditions terbagi dalam 2 definisi, yaitu wall yang merupakan bagian-bagian sisi *greenhouse* terbagi 6 bagian dan outlet AC yang merupakan letak keluarnya fluida ke dalam *greenhouse*.

Ulangan perhitungan dilakukan sebanyak 3 kali memberikan nilai suhu setiap bagian wall yang berbeda berturut-turut seperti terlihat pada tabel 2. Sedangkan pendefinisian

untuk outlet memiliki suhu 16°C (289 K) dan nilai kecepatan angin berturut-turut 1.1 m/s, 1 m/s, dan 1 m/s. Pendefinisian bidang batas untuk initial conditions merupakan nilai input suhu udara greenhouse dalam 3 kali ulangan berturut-turut 45 °C (318 K), 44 °C (317 K), 41 °C (314 K).

Tabel 2.
Nilai suhu tiap bagian *wall*

Nama bagian <i>wall</i>	Ulangan1	Ulangan 2	Ulangan 3
Atap <i>greenhouse</i>	43 ⁰ C (316 K)	42 ⁰ C (315 K)	40 ⁰ C (313 K)
Ground	38 ⁰ C (311 K)	38 ⁰ C (311 K)	39 ⁰ C (312 K)
Dinding bagian timur	41 ⁰ C (315 K)	42 ⁰ C (314 K)	40 ⁰ C (313 K)
Dinding bagian barat	39 ⁰ C (312 K)	38 ⁰ C (311 K)	38 ⁰ C (311 K)
Dinding bagian selatan	38 ⁰ C (311 K)	37 ⁰ C (310 K)	36 ⁰ C (309 K)
Dinding bagian utara	35 ⁰ C (308 K)	34 ⁰ C (307 K)	33 ⁰ C (306 K)

3. Pemodelan simulasi

Permodelan simulasi terkait pendefinisian model yang diinginkan dalam simulasi yang akan kita kerjakan. Asumsi yang digunakan yaitu fluida dengan satu fasa berjenis udara, simulasi aliran transien (unsteady-state). 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 dapat dilihat pada Gambar 12.

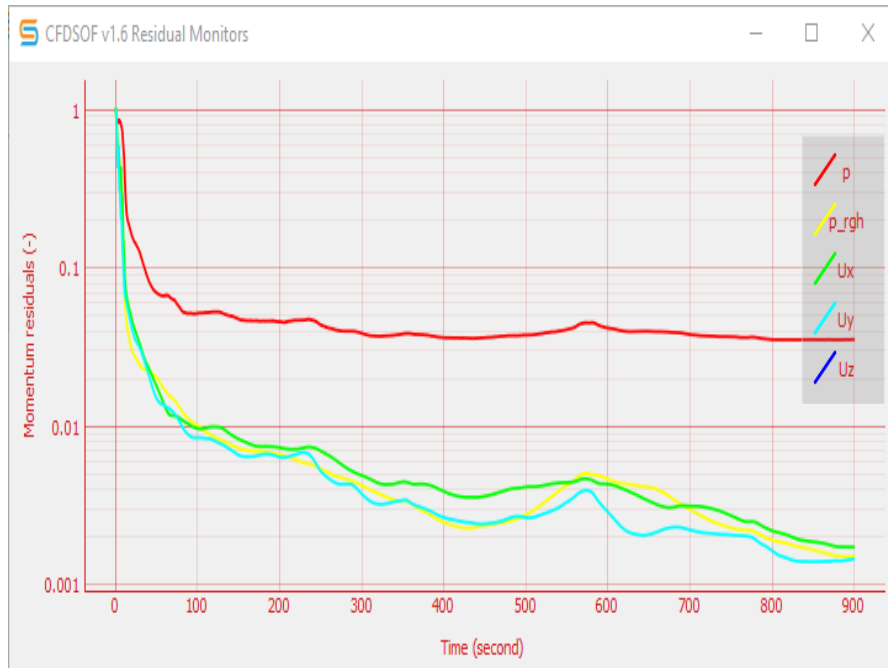
The image shows a 'Simulation Model' configuration window with the following settings:

- Time:** ☒ Transient, ☐ Steady-State
- Flow Compressibility:** ☒ Incompressible, ☐ Compressible
- Flow Regime:** ☒ Subsonic, ☐ Transonic, ☐ Supersonic
- Turbulence:** ☐ Laminar, ☒ RANS, ☐ LES
- Energy:** ☒ Energy Equation
- Gravity:** ☐ Enable Gravity. Gravity [m/s²]: 0, 0, 0
- Phase:** ☒ Single Phase, ☐ Multiphase Eulerian, ☐ Multiphase Eulerian - Lagrangian, ☐ Multiphase Volume of Fluid (VOF)
- Species:** ☐ Multispecies

Gambar 7. Pendefinisian model simulasi.

4. Iterasi

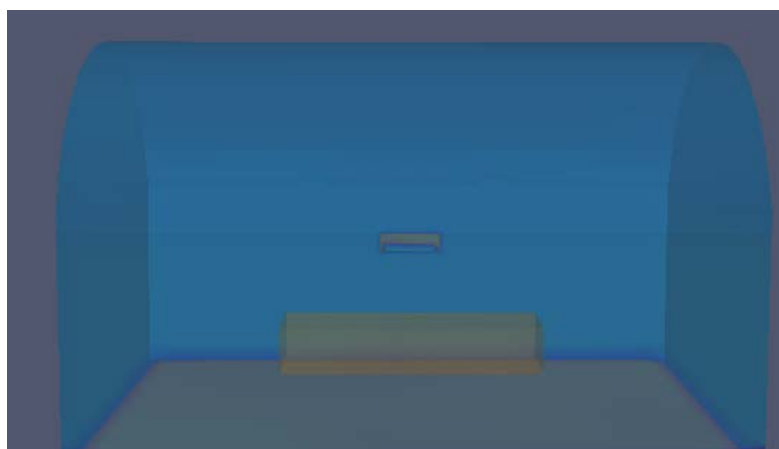
Proses iterasi dikenal dengan proses perhitungan yang dilakukan oleh komputer sebagai pengganti perhitungan manual. Perhitungan pada penelitian ini dilakukan selama 15 menit (900 detik) dengan timestep 0,1 detik dan data akan tersimpan setiap 10 detik sekali. Simulasi dilakukan selama 15 menit saat panas tertinggi yaitu di jam 12:00 WIB. Iterasi selama 15 menit menunjukkan konvergen, hal tersebut dapat di lihat pada Gambar 8 bahwa sudah tidak mengalami perubahan yang signifikan pada detik 800 sampai 900 sehingga dapat dikatakan konvergen.



Gambar 8. Proses perhitungan pada CFDSOF.

5. *Post Processing* CFDSOF

Post Processing CFDSOF merupakan tahapan terakhir dari simulasi, tahapan ini dilakukan dengan Paraview. Hasil dari Paraview dapat diketahui dan dilihat dengan jelas melalui gambar yang disajikan. Perubahan besaran suhu udara pada 0 menit (sebelum AC menyala) dan 15 menit (setelah AC menyala) dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Distribusi udara pada 0 menit.



Gambar 10. Distribusi suhu pada 15 menit.

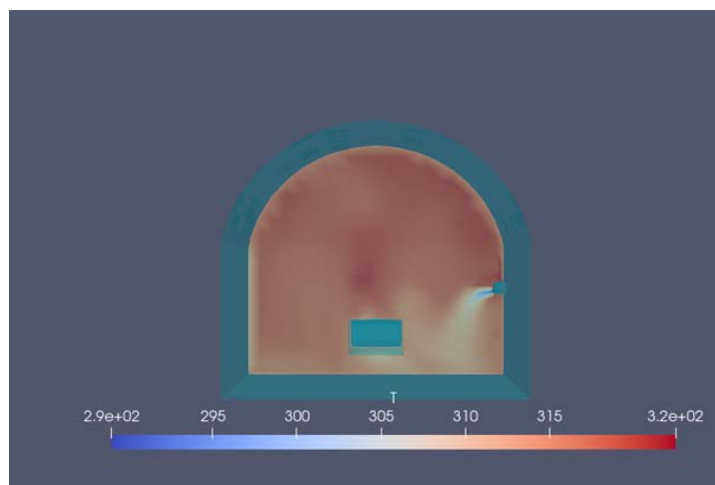
Hasil Simulasi CFD SOF

Hasil simulasi pada penelitian ini disajikan dalam bentuk vektor dan kontur melalui *Paraview*. Vektor pada hasil simulasi ditunjukkan dengan tanda panah, dan kontur ditunjukkan dengan warna. Hasil simulasi dalam bentuk vektor akan menampilkan pergerakan arah anak panah, pergerakan dari anak panah tersebut akan menjelaskan suatu perbedaan nilai suhu, sedangkan kontur menyajikan perbedaan warna yang disajikan, warna terang menunjukkan suhu yang rendah dan warna yang cenderung gelap menunjukkan suhu yang lebih tinggi.

1. Hasil Simulasi Temperatur

Hasil distribusi aliran suhu mesin pendingin AC di dalam greenhouse ditunjukkan pada Gambar 11. Gambar 11 merupakan hasil simulasi dalam bentuk kontur, adanya perbedaan warna pada tampilan menunjukkan adanya perbedaan suhu. Warna yang lebih terang yang keluar dari outlet AC menunjukkan suhu yang lebih rendah, yang kemudian mulai menyebar keseluruh lingkungan greenhouse yang bersuhu lebih tinggi ditunjukkan dengan warna yang lebih gelap.

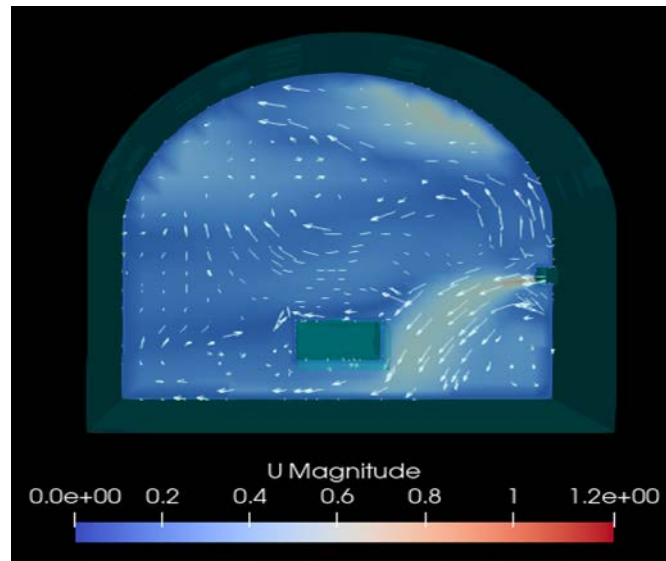
Simulasi pada semua ulangan menunjukkan kesamaan pergerakan arah anak panah dan pola warna pada hasilnya. Input kondisi awal pada simulasi ulangan pertama dengan suhu udara sebesar 45°C (318 K) menghasilkan kisaran suhu $16\text{-}45,05^{\circ}\text{C}$ ($298\text{-}318,05\text{ K}$). Pada ulangan kedua dengan input kondisi awal 44°C (317 K) menghasilkan kisaran suhu $16\text{-}44,3^{\circ}\text{C}$ ($298\text{-}317,3\text{ K}$), dan ada ulangan ketiga dengan input kondisi awal 41°C (314 K) menghasilkan kisaran suhu $16\text{-}40,4^{\circ}\text{C}$ ($298\text{-}313,4\text{ K}$).



Gambar 11. Kontur temperatur.

Pendinginan menggunakan AC pada *greenhouse* belum mampu menurunkan suhu udara pada semua area yang terdapat di dalam *greenhouse* tipe *arch*. Distribusi suhu udara oleh AC tersebut tidak optimal dapat dilihat pada warna yang ditunjukkan pada hasil simulasi, suhu tinggi mendominasi area *greenhouse*. Hal tersebut dapat terjadi karena suhu yang terlalu tinggi dari arah dinding dan atap *greenhouse* yang terbuat dari plastik yang membuat panas langsung masuk ke dalam. Selain itu, area *greenhouse* yang cukup besar sehingga jangkauan pendinginan tidak terlalu jauh yang menyebabkan tidak semua area dapat diturunkan suhunya. Namun, pada area tempat tumbuhnya tanaman (box aeroponik) dapat diturunkan dengan adanya aplikasi AC.

2. Hasil Simulasi Aliran Udara



Gambar 12. Vektor Aliran Udara

Dapat dilihat dari Gambar 12 udara masuk melalui outlet AC kemudian bergerak memenuhi area *greenhouse*. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan CFD5OF, outlet mengalirkan udara dengan kecepatan antara 0,8-1.05 m/s untuk ulangan yang pertama, untuk ulangan kedua 0,7-0,99 m/s, dan untuk ulangan ketiga 0.69-0.99m/s.

Validasi Hasil Simulasi

1. Validasi suhu

Validasi suhu hasil simulasi dan hasil pengukuran diperlihatkan pada Table 5. Hasil validasi memiliki kecenderungan tidak berbeda jauh pada percobaan satu sampai tiga.

Tabel 5.

Validasi suhu hasil simulasi CFD

Percobaan	Tukur (°C)	Tsimulasi (°C)	Error (%)
1	42,7	43,68	2,3
2	41,2	42,11	2,2
3	39,4	40,29	2,27
Error rata-rata (%)			2,25

Keterangan:

T_{tukur} = Suhu pengukuran (°C)

T_{simulasi} = Suhu Simulasi (°C)

Pada validasi suhu yang telah dilakukan pada tiga kali perulangan menunjukkan nilai *error* terkecil yaitu pada percobaan kedua dengan nilai *error* sebesar 2,2 %, selain itu dari nilai yang telah didapat menunjukkan nilai *error* untuk setiap percobaan tidak berbeda jauh dan nilai persentase *error* yang cukup kecil. Hal ini menunjukkan bahwa keakuratan simulasi CFD cukup baik, nilai *error* yang kecil dihasilkan dalam simulasi bergantung pada ketepatan asumsi yang digunakan dalam pendefinisian input dan ketepatan pengukuran data di lapangan. Oleh karena itu, pendefinisian asumsi seharusnya dibuat sedekat mungkin dengan keadaan yang terjadi di lapangan serta pentingnya kalibrasi alat ukur dalam pengambilan data.

2. Validasi kecepatan aliran

Validasi kecepatan hasil simulasi dan hasil pengukuran diperlihatkan pada Table 6. Hasil validasi menunjukkan nilai *error* yang cukup kecil untuk setiap percobaan, *error* terbesar di dapatkan pada percobaan yang ke tiga dengan nilai *error* 1.11 %.

Tabel 6.

Kecepatan udara hasil pengukuran hasil simulasi.

Percobaan	Vukur (m/s)	Vsimulasi (m/s)	Error (%)
1	1	1,004	0,4
2	0,9	0,907	0,7
3	0,9	0,91	1,11
Error rata-rata (%)			0,73

Keterangan:

Vukur = kecepatan pengukuran (m/s)
Vsimulasi = kecepatan simulasi (m/s)

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan CFDSOF, diperoleh pola distribusi suhu udara pada *greenhouse* dengan aplikasi AC. Penurunan suhu udara yang terjadi pada *greenhouse* belum merata sehingga belum optimal hal tersebut dapat dilihat pada hasil simulasi yang ditunjukkan dengan warna gelap mendominasi area *greenhouse*. Namun, pada area box aeroponik suhu masih lebih rendah, hal tersebut karena box aeroponik berada berdekatan dengan AC. Validasi suhu udara hasil simulasi dan pengukuran di lapangan memberikan nilai rerata *error* sebesar 2,25%. Validasi kecepatan aliran yang dilakukan memberikan nilai rerata *error* sebesar 0,73%.

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

- Hadiutomo, K. 2012. *Mekanisasi Pertanian*. Bogor: IPB Press.
- Inayah, A. N. 2007. Analisis Lingkungan dalam Bangunan Greenhouse Tipe Tunnel Yang Telah Dimodifikasi di PT. Alam Indah Bunga Nusantara, Cipanas, Cianjur. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Pratiwi, P. R., Subandi, M., & Mustari, E. 2015. Pengaruh Tingkat EC (Electrical Conductivity) terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*) pada Sistem Instalasi Aeroponik Vertikal. *Jurnal Agro*, 2(1): 50-55.

- Prawoto, B. R., & Kartika, J. G. 2017. Pengelolaan Aspek Produksi dan Pasca Panen Sayuran Daun Secara Aeroponik dan Hidroponik: Studi Kasus Lembang, Bandung. *Buletin Agrohorti*, 4(1): 9-19.
- Setiyo, Y., Sumiyati., & Ni Putu, Y. 2019. Analisis Iklim Mikro di Greenhouse dengan Atap Tipe Arch untuk Budidaya Bunga Krisan Potong. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 4(1): 24-34.
- Sumarni, E., Hardanto, A., Arsil, P. 2019. Pendinginan Evaporative dengan Teknik Semburan Untuk Memperbaiki Kondisi Bagian Atas Tanaman pada Produksi Benih Kentang secara Aeroponik di Dataran Rendah Tropika. No Pendaftaran Paten: S00201911506.
- 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.
- Zulhanif. 2011. Perancangan, Simulasi CFD dan Eksperimen Pengering Semprot: Perbandingan antara Pemanas Lisrik dengan Pemanas Refrijerasi dan Dehumidifier. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.

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): ... (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 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
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) ...	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., Prébet, 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>