

## Pendekatan Matematik Perpindahan Panas dan Perpindahan Massa untuk Penyimpanan Kentang Bibit (*Solanum tuberosum L.*) Sistem Para-Para dengan Dorongan Aliran Udara

### *Mathematical Approach to Heat Transfer and Mass Transfer for Storage of Seed Potato (*Solanum tuberosum L.*) Para-Para System with boost Airflow*

**Ali Husyain Sakti, Yohanes Setiyo\*, Sumiyati**

*Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia*

\*email: yohanes@unud.ac.id

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perpindahan panas dan perpindahan massa melalui pendekatan matematika pada alat penyimpanan bibit kentang sistem para – para dengan aliran udara paksa. Parameter yang diamati antara lain suhu bahan, suhu udara, dan kelembaban udara. Berdasarkan hasil pengamatan selama 63 hari, kenaikan kelembaban udara di masing – masing rak yang bervariasi antara, 0,306 – 0,636 uap air/kg udara, dengan penurunan kadar air 0,05% – 0,49%. Aliran udara secara paksa mencapai kecepatan, 0,73 m/det – 2,16 m/det. Berdasarkan analisis neraca massa, kelembaban udara relatif, 75,17% – 80,85%. Sedangkan pada neraca energi panas hilang ke lingkungan dengan pendekatan model matematik persamaan empiris  $Q_L = Q_p - Q_e - Q_u$ , membuang panas mencapai, 798,794 watt/det – 275,0968 watt/det dan mampu menyediakan oksigen yang baik, dengan suhu berkisaran antara, 30,49°C – 30,02°C. Berdasarkan fenomena panas respirasi hasil perhitungan persamaan matematika, menunjukan tinggi rak mempengaruhi perpindahan panas yang dialami umbi kentang. Terlihat pada ketinggian rak ke- 3, jika diukur dari dasar rak memiliki tinggi 75cm, menunjukan panas, 529,843 watt dengan perubahan panas relatif berkisar, 19,7 watt/det – (-5,3 watt/det). Sedangkan rak ke- 5, dengan tinggi rak 125cm, menunjukan panas, 523,883 watt dengan perubahan panas relative berkisar, 16,8 watt/det – (-4,8 watt/det) pada rak- 5.

**Kata kunci:** *sistem para – para, aliran udara paksa, perpindahan panas, perpindahan massa*

#### Abstract

This study aims to examine heat transfer and mass transfer through a mathematical approach to the para system potato seed storage device with forced airflow. Observation parameters include: material temperature, air temperature and air humidity. Based on the results of observations for 63 days, the increase in air humidity on each shelf varies between, 0,306 – 0,636 watter vapor/kg of air, with a decrease in moisture content of 0,05% – 0,49%. The airflow forcibly reached a speed, 0,73 m/sec – 2,16 m/sec. Based on the analysis of the mass balance, relative air humidity, 75,17% – 80,85%. Whereas in the balance of heat energy lost to the environment with the mathematical model approach the empirical equation  $Q_L = Q_p - Q_e - Q_u$ , dissipating heat reaches, 798,794 watt / sec – 275,0968 watt / det and able to provide good oxygen, with temperatures ranging between, 30,49°C – 30,02°C. Based on the phenomenon of respiration heat, the results of mathematical equation calculations, show that the shelf height affects the heat transfer experienced by potato tubers. Seen at the height of the 3rd rack, when measured from the base of the rack has a height of 75cm, showing heat, 529,842 watt with a relatively variable heat, 19,7 watt/det – (-5,3 watt/sec). While the 5th rack, with a shelf height of 125cm, shows heat, 523,883 watt with a relatively variable heat range, 16,8 watt/det – (-4,8 watts/sec) on the rack-5.

**Keywords:** *para – para systems, forced airflow, heat transfer, mass transfer*

## PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum L.*) merupakan salah satu produk hortikultura dari kelompok tanaman sayuran umbi-umbian. Budidaya kentang di Bali masih tergantung pada bibit kentang kelompok Granola 2 – 4 kualitas baik (Mulyono et al., 2018) yang diperoleh dari luar pulau Bali, dengan harganya cukup mahal, ditambah lagi pada proses pengiriman

yang banyak makan waktu. Menurut (Setiyo et al., 2017), kurangnya pengetahuan mengenai kentang bibit, menyebabkan produksi kentang di Bali masih di bawah 17 ton/ha, (BPS Provinsi Bali, 2020). Permasalahan petani di Bali mengenai kentang bibit meliputi kualitas benih kentang hasil budidaya tradisional yang tidak terkendali, metode penyimpanan benih kentang dengan *Traditional Storage Method* (TSR) suhu dan kelembaban tidak

terkontrol, serta pengecualian cahaya dalam metode (DLS) difus light stronge, perlu dimodifikasi. Menurut Syahrul et al., (2017), pengendalian terhadap pembusukan produk hortikultura dapat dilakukan dengan pemberian aerasi yang lancar ke seluruh permukaan produk secara merata agar permukaan kulit produk tetap kering.

Menurut Setiawan (2014), Pemanfaatan sistem para – para juga dapat diterapkan pada produk hortikultura lainnya. Dengan sistem para – para yang termodifikasi dapat menjawab permasalahan akibat kelembaban yang berlebih. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji perpindahan panas dan perpindahan massa selama penyimpanan kentang bibit kelompok G2 (benih dasar) di sistem para-para dengan aliran udara secara paksa dari hasil pengukuran suhu bahan ( $\Theta$ ), suhu udara (T), dan kelembaban udara (RH). Mempergunakan persamaan matematik untuk memprediksi perpindahan panas dan perpindahan massa, serta menguji korelasi data–data perpindahan panas dan perpindahan massa hasil pengukuran dan prediksi model matematika.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 – Februari 2022, dilakukan di Laboratorium Perbengkelan Dan Rekayasa Alat Dan Ergonomi Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana.

### Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kentang bibit dan Udara. Kentang bibit; sebanyak  $\pm 100$ kg umbi, dengan varietas granola kelompok G2 (benih dasar) hasil budidaya petani di Desa Belacan Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. Alat yang dipergunakan pada penelitian adalah: penyimpan kentang bibit sistem para-para dengan aliran udara paksa. termometer digital tipe Digital 0-100.0 °C sensor AT89C4051 dan termometer raksa untuk mengukur suhu, hygrometer digital sensor IC Honeywell untuk mengukur kelembaban, windermete untuk mengukur kecepatan udara, timbangan analitis digital untuk mengukur berat bahan, oven merek memmert dilengkapi pengukur suhu digital untuk mengukur kadar air bahan, cawan porselin, nampan pelastik jaring, grafik psikometri, dll.

### Pelaksanaan Penelitian

Sebelum dimulainya penelitian alat penyimpanan sistem para – para dengan aliran udara paksa, mula–mula umbi kentang, harus melalui tahap Sortasi. Selanjutnya kentang diletakan pada keranjang–keranjang yang sudah disiapkan dan setelah itu keranjang–keranjang yang berisi umbi kentang dimasukan kedalam alat penyimpanan. Alat penyimpanan dilengkapi dengan beberapa sensor diantaranya, termometer digital tipe Digital 0-100.0 °C sensor AT89C4051 dan termometer raksa untuk mengukur suhu, hygrometer digital sensor IC Honeywell untuk mengukur kelembaban, windermete untuk mengukur kecepatan udara. Sensor diletakan dimasing masing rak para-para yang berjumlah 6 lantai dan sensor berada juga pada lubang masuknya udara dan keluaranya udara.

Pengambilan data Pengamatan dilakukan dihari 0, 7,14 s/d 63 hari penyimpanan dan masing – masing posisi titik pengukuran, alat ukur (sensor) pengukuran mulai dari rak-1, rak-2, rak-3, rak-4, rak-5 dan rak-6. Selanjutnya pada hasil pengambilan data yang sudah diperoleh selama 63 hari waktu penyimpanan, data – data tersebut akan dikorelasikan pada hasil – hasil pendekatan persamaan empiris penelitian, (Setiyo et al., 2020), (Ajala. A. S et al., 2012) dan (Aghbashlo et al., 2011). diantaranya: (1) Panas Spesifik ( $C_p$ ),  $C_p = 33,47.M + 837 \text{ J/kg-oK}$ , (2) Panas respirasi ( $Q_p$ ),  $Q_p = 19,4(e)^{0,108.\Theta}$ , (3) Konduktivitas panas ( $K_p$ ),  $K_p = 0,148 + 0,00493 M$ , dan (4) Koefisien pindah panas konveksi ( $h_p$ ),  $h_p = \frac{Nu.k_a}{D}$ . Dengan demikian nilai–nilai tersebut maka selanjutnya akan menghasilkan model – model persamaan matematika perpindahan panas dan perpindahan massa pada umbi kentang, untuk neraca energi dan neraca massa meliputi: (1) Panas untuk menaikkan suhu bahan umbi kentang, (2) Panas hilang kelingkungan akibat aliran udara paksa, (3) Panas untuk menguapkan air dari bahan, (4) Jumlah Air yang di Uapkan dari Umbi Kentang, dan (5) Kenaikan Kelembaban Udara.

### Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui keberhasilan penyusunan model matematik dalam memprediksi suhu dan perpindahan massa selama penyimpanan kentang di para-para dengan aliran udara paksa. Analisis tersebut dilakukan dengan uji validitas dan uji kepekaan model matematik. Uji validitas dilakukan dengan cara membandingkan suhu hasil model simulasi dengan data suhu hasil pengamatan selama pendinginan dan penyimpanan. Analisis Varian, uji sebaran F, serta koefisien korelasi ( $r^2$ ) dapat diketahui level linieritas suhu prediksi terhadap suhu observasi. Uji sebaran F

terhadap kesalahan prediksi (residual) dilakukan pada selang kepercayaan 95%.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik Alat Penyimpanan Sistem Para-Para

Karakteristik alat penyimpanan sistem para-para yang memperlihatkan spesifikasi ukuran dari bagian-bagian bangunan alat penyimpanan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

#### Karakteristik udara dan umbi kentang

Karakteristik udara dan umbi kentang memperlihatkan parameter, rumus, dan nilai dari udara dan umbi kentang dapat dilihat pada Tabel 2.

#### Kecepatan Aliran Udara pada Alat Penyimpanan

Hubungan antara kecepatan aliran udara dengan tinggi rak hasil pengukuran pada rak sistem para-para terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 1.** Spesifikasi alat penyimpanan para-para

Spesifikasi para-para	Keterangan
Bahan utama alat	Kayu
Dimensi alat penyimpanan	320cm x 50cm x 200cm
Jumlah rak	6 lantai
Tinggi jarak antara rak	25cm (C)
Ukuran kayu pondasi utama alat para-para	5cm x 5cm (4 pondasi utama)
Jenis kayu penyusun masing-masing rak	Kayu rang
Jarak antara kayu penyusun masing-masing rak para-para (kayu rang)	5cm
Ketebalan kayu rang (penyusun Para-para)	3cm
Dinding alat	Kayu triplek
Ketebalan kayu triplek	3mm
Kapasitas	100kg
Sistem ventilasi paksa (Masuk ventilasi (keluar))	Blower ukuran 3” inci (ventilasi paksa) 3” inci (3 lubang ventilasi)

**Tabel 2.** Parameter Karakteristik Udara Yang Dialirkan dan Umbi Kentang

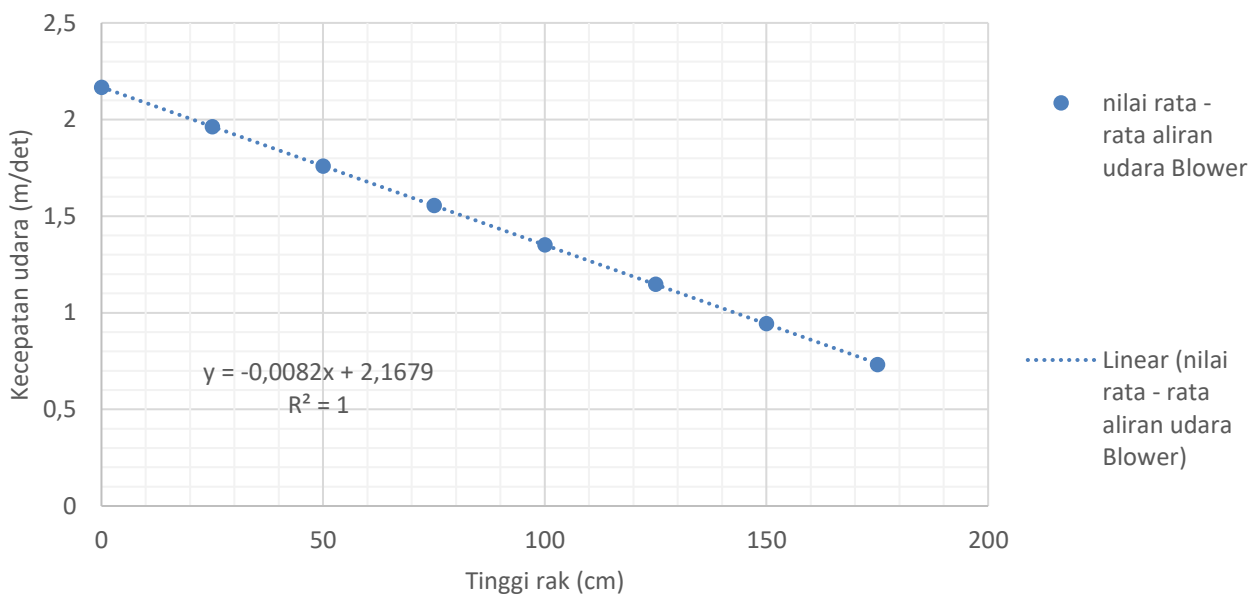
Paramater	Rumus	Nilai
<b>Parameter Karakteristik Udara</b>		
Panas Spesifik udara ( $C_p$ ), J/kg-°C	Dari tabel	1.005
Konduktivitas udara ( $K_a$ ) J/cm <sup>2</sup> -oC	Dari tabel	0,046
Kerapatan massa udara ( $\rho_a$ ), kg/m <sup>3</sup>	Dari grafik psikometrik	1,2
Viskositas dinamis udara, ( $V_a$ )	Dari grafik psikometrik	0,00001983
Koefisien Perpindahan Panas Konveksi ( $h_p$ ), Watt/m-C	$h_p = \frac{Nu \cdot K_a}{D}$	140.34
Nuselt Number (Nu)	$Nu = 0,8(Re)^{0,7}(Pr)^{0,33}$	152.54
Prank Number (Pr)	$Pr = 0,7 - 1,0$	0,82
Renold Number (Re)	$Re = \frac{V_a \cdot \rho_a \cdot D}{\eta}$	1987.00
<b>Parameter Karakteristik Umbi kentang</b>		
Parameter	Rumus	Nilai
Panas Respirasi ( $Q_p$ ), kJ/kg-hari	$Q_p = 19,4(e)^{0,108 \cdot \Theta}$	e = 0,399
Kadar Air (m), %	Di ukur dengan oven (penurun berat) dari 180 sampel	83%
Diammeter umbi kentang (D), m	Di ukur dari 180 sampel	0.05
Konduktivitas panas bahan ( $K_p$ ), Watt/cm <sup>2</sup> -°C	$K_p = 0,148 + 0,00493 M$	0,152
Panas Spesifik bahan ( $C_p$ ), J/kg-°C	$C_p = 33,47.M + 837$	867,12

**Tabel 3.** Hubungan kecepatan udara dengan tinggi rak penyimpanan sistem para -para

Tinggi Rak	Nilai (Re) <i>Renold Number</i>	Nilai (Nu) <i>Nuselt Number</i>	Nilai ( $h_p$ ) Koefisien Perpindahan Panas Konveksi
0	6555,724	348,9347	321,0199
25	5939,486	325,6371	299,5861
50	5323,248	301,6014	277,4733
75	4707,01	276,7141	254,5769
100	4090,772	250,8265	230,7603
125	3474,534	223,7367	205,8378
150	2858,296	195,1572	179,5447
175	2218,86	163,4559	150,3794
Nilai Rata -Rata	4395,991	260,7579	239,8973
Nilai STDEV	1514,219	64,52858	59,3663

Gambar 1 menunjukkan pola grafik yang menurun dengan pola linier dan persamaan  $y = -0,0082x + 2,1679$  dengan nilai korelasi  $r^2$  adalah 1. Penurunan kecepatan udara  $y = dy/dx = -0,0082$  m/det<sup>2</sup>. Nilai renold, nilai nuselt, dan nilai *horse power* hasil

perhitungan yang sudah disubstitusikan pada rumus persamaan menunjukkan rata-rata nilai renold = 4395,991, nilai nuselt = 260,7579 dan nilai  $h_p$  = 239,8973 Tabel 3.

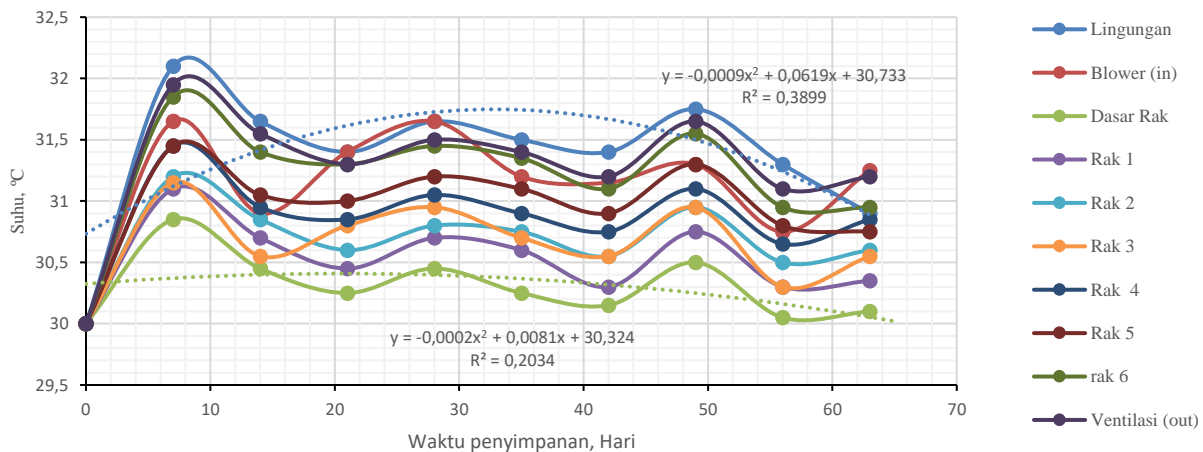


**Gambar 1.** Hubungan kecepatan udara dengan tinggi rak penyimpanan kentang bibit sistem para – para.

**Dinamika Suhu Udara**

Sistem para – para rak tersusun sebanyak 6 rak dengan jarak antara rak 25 cm Asgar (2016). Sistem penyimpanan dilengkapi dengan blower berukuran 3 inci yang memiliki daya 370 watt dengan kecepatan putaran rotor dinamo 3000 – 3500 rpm (Tabel 1) dan dengan kecepatan udara yang dihasilkan berkisaran 0,73 – 2,16 m/det (Gambar 1).

Gambar 2 memperlihatkan perbedaan suhu udara masing masing tempat pengukuran. Hasil pengukuran suhu udara menunjukkan suhu udara dasar rak yang lebih rendah dari pada suhu ventilasi lebih tinggi dan suhu udara rak-1 sampai dengan rak-6, dengan catatan perubahan suhu udara berkisaran, 30,3°C – 31,2°C dan nilai rata-rata suhu udara 30,8°C.



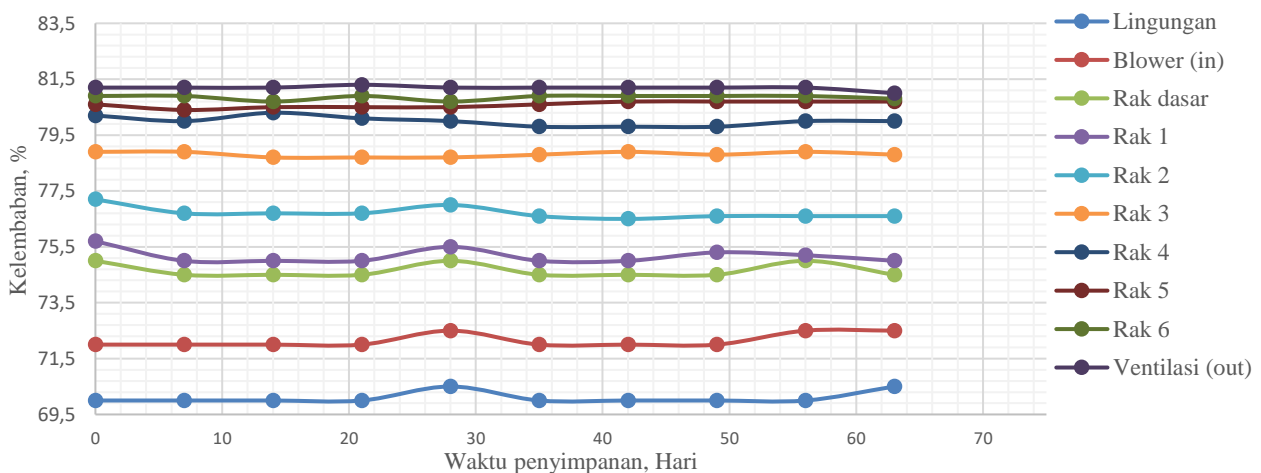
**Gambar 2.** Hubungan antara hari penyimpanan dan suhu ruangan, aliran udara masuk, ruang proses dan aliran udara keluar dalam penyimpanan kentang

Menurut Syahrul et al. (2017) dan Setiawan et al. (2014), suhu dan kelembaban dalam ruang penyimpanan sangat tergantung pada perpindahan panas dan massa akibat respirasi dan transpirasi serta adanya aliran udara masuk yang menyebabkan udara mengalir dengan cepat ke dalam ruangan penyimpanan, kemudian aliran udara tersebut memindahkan panas dan uap air secara konveksi keluar menuju lubang – lubang ventilasi pada alat

penyimpanan rak dan pada pemanfaatan sistem para-para memudahkan aliran udara mengalir pada ruang proses.

**Dinamika Kelembaban Udara**

Hubungan antara hari penyimpanan dengan RH lingkungan, aliran udara masuk (blower), ruang proses dan aliran udara keluar (ventilasi) dapat dilihat pada Gambar 3.

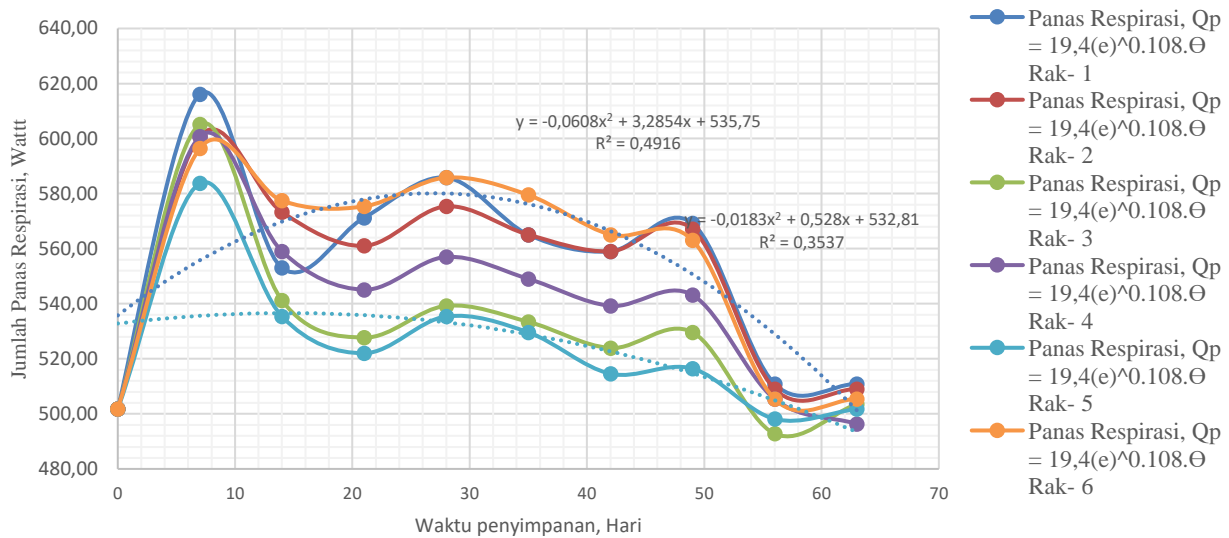


**Gambar 3.** Hubungan antara hari penyimpanan dan aliran udara masuk, ruang proses dan aliran udara keluar dalam penyimpanan kentang

Pada Gambar 3, terlihat pola perubahan yang linier stabil berkisaran antara, RH 70,1% – 81,19% dengan nilai rata – rata adalah RH 77,02%. Menurut Syahrul et al. (2017) dan Mangsur (2018), perbedaan keadaan kelembaban ini bisa terjadi karena perpindahan RH akibat terakumulasinya uap air pada tumpukan umbi kentang akibat proses respirasi yang menghasilkan uap air, karbon dioksida, dan energi beserta uap air yang dipindahkan secara paksa oleh blower menuju ventilasi.

**Neraca Energi Selama Penyimpanan Panas Respirasi**

Panas respirasi  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O +$  Energi (Qp). Umbi kentang selama penyimpanan selalu mengalami proses fisiologis respirasi dan menghasilkan energi panas respirasi. Dengan demikian proses respirasi sangat dipengaruhi ketersediaan oksigen, kondisi psikokimia umbi kentang dan kondisi lingkungan (Purnomo et al., 2017) dan (Murtado, 2014).



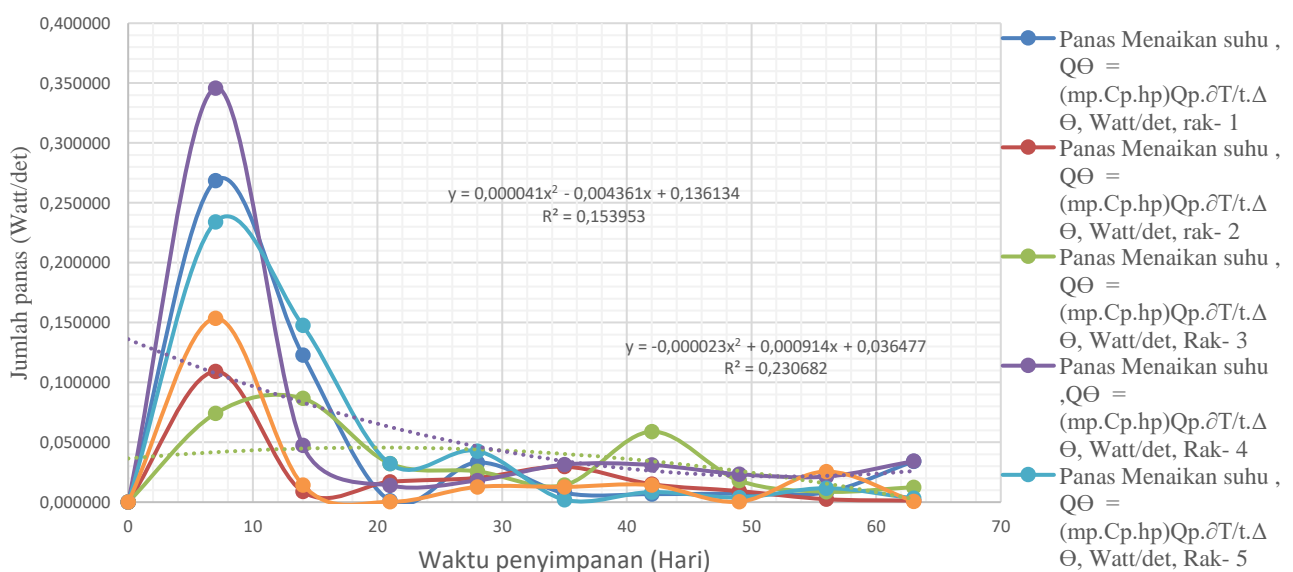
**Gambar 4.** Jumlah panas Respirasi, umbi kentang selama penyimpanan

Persamaan empiris  $Q_p = 19,4(e)^{0,08\Theta}$ , dimana  $e = 0,399/\text{hari}$ , maka  $e = 0,399 \times 7$ , dan mendapatkan hasil nilai,  $e = 2,793$ , maka nilai pada  $e = 2,793/\text{minggu}$  akan digunakan untuk mencari panas respirasi selama kurun waktu 63 hari penyimpanan berlangsung. Hasil perhitungan persamaan empiris untuk panas respirasi umbi kentang tertinggi terjadi dihari ke-7 dengan nilai rata-rata mencapai 601,31 watt, sedangkan untuk nilai rata-rata disetiap minggunya berkisaran antara 523,88 watt – 555,53 watt dan untuk nilai rata – rata peningkatan panas respirasi 27,3 watt/det dan dengan nilai penurunan berkisaran -7,43 watt/det, terlihat pada grafik Gambar 4. Perbedaan fluktuatif ini terjadi berdeda dengan penelitian dari (Ndukwu dan Manuwa, 2015) dimana data menggunakan rata – rata hasil dari

beberapa jenis produk sayuran dan buah yang mempunyai tipe respirasi yang berbeda, sementara itu penelitian ini menggunakan produk khusus hanya kentang.

#### Panas untuk Menaikan Suhu Bahan

Panas untuk menaikkan suhu bahan umbi kentang pada alat penyimpanan sistem para-para didekati dengan persamaan empiris,  $Q\Theta = (mp. Cp. hp) Q_p. \partial T/t. \Delta\Theta$  wattt/dett. Panas respirasi yang dihasilkan digunakan untuk menaikkan suhu bahan dan udara, untuk penguapan air dari bahan ke udara, dan hilang kelingkungan. Persamaan tersebut akan menghasilkan nilai perhitungan yang disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 5).



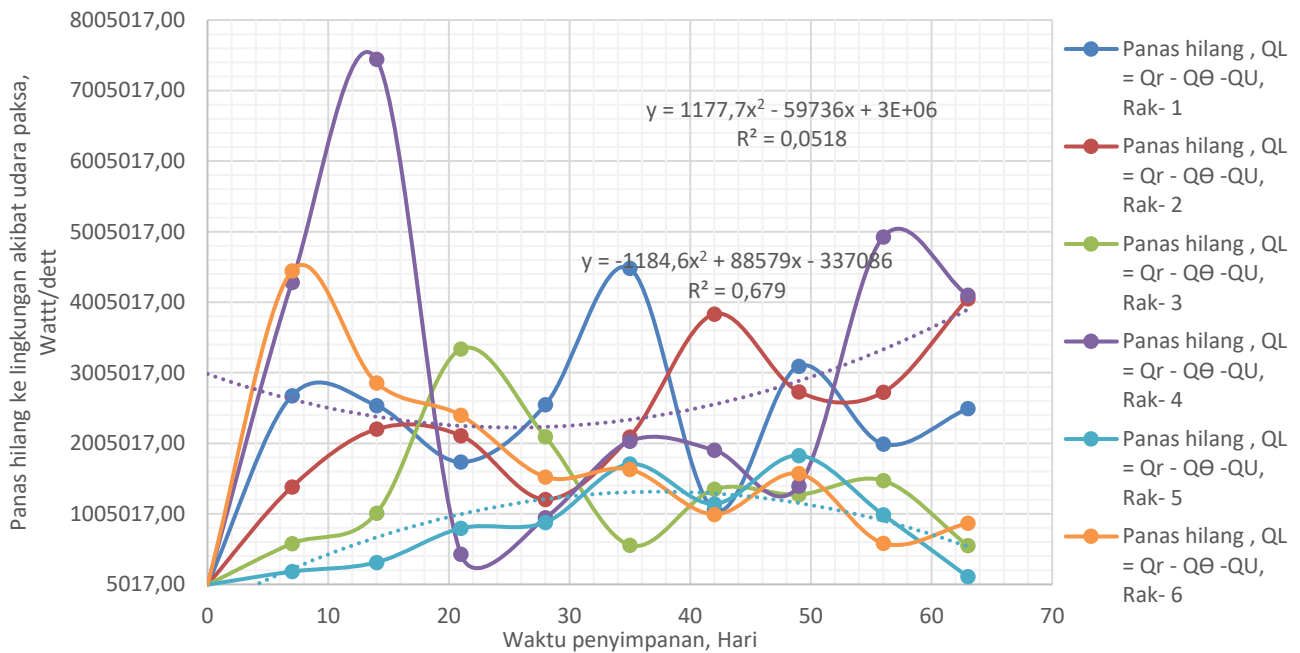
**Gambar 5.** Hubungan antara hari penyimpanan dan jumlah panas untuk menaikkan suhu umbi umbi kentang

Panas yang menaikkan suhu disebabkan oleh adanya proses pascapanen produk hultikultura mengalami tingkat stress yang tinggi akibat proses ini bahan mengalami kenaikan suhu yang sangat tinggi karena kentang harus memperbaiki banyak organ-organ tubuhnya yang rusak karena interaksi dengan benda-benda yang digunakan pada proses pascapanen akibatnya mempengaruhi perubahan fisiologis dan biologis pada umbi kentang (Murtado, 2014). Perhitungan persamaan empiris panas untuk menaikkan suhu bahan diperoleh hasil nilai rata – rata berkisar antara 0,021 watt/det – 0,056 watt/det

dengan standar deviasi mencapai 0,0625 watt/det, terlihat pada grafik Gambar 5.

### Panas Hilang ke Lingkungan Akibat Aliran Udara Paksa

Panas hilang ke lingkungan akibat dari aliran udara paksa yang dapat dilihat pada Gambar 6. Persamaan untuk menghitung panas hilang kelingkungan akibat aliran udara paksa dengan persamaan empirin,  $Q_L = Q_p - Q_{\Theta} - (\dot{m}v = \rho a. \epsilon. \partial H/\partial t)$ .



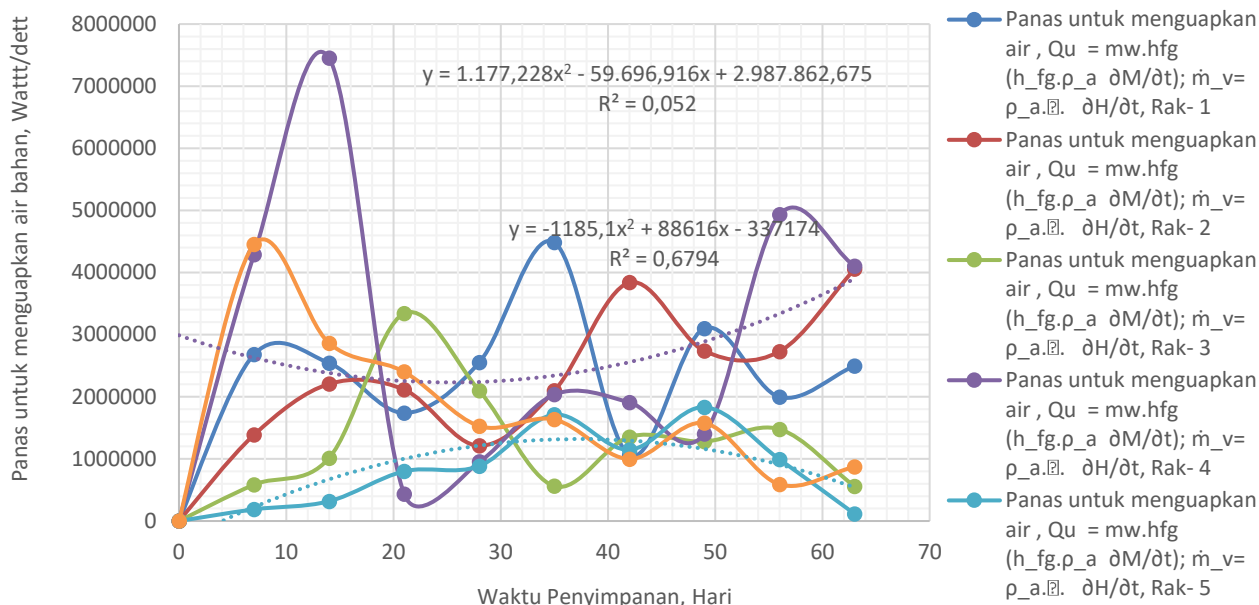
**Gambar 6.** Panas hilang ke lingkungan akibat aliran udara paksa

Hasil perhitungan dengan persamaan empiris menunjukkan nilai rata – rata panas hilang kelingkungan disetiap raknya berkisaran antara 798,794 watt/det – 275,0968 watt/det. Menurut Mangsur (2018) dan (Nuraini et al., 2019), perpindahan panas yang nantinya panas akan menghilang ke lingkungan sangat dipengaruhi oleh sirkulasi udara yang bergerak pada alat penyimpanan. Rak dengan sistem para-para sangat berperan penting karena udara dapat mengalir dengan baik di antara rak-rak. Menurut Arifin et al. (2014), hasil respirasi berupa karbondioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O) dan energi. Panas yang berada pada alat penyimpanan karena hasil respirasi umbi kentang, panas juga berasal dari hasil interaksi suhu lingkungan dengan alat penyimpanan, dimana blower sebagai penyebab dari adanya aliran udara paksa, untuk mendorong udara agar cepat bergerak dan secara tidak langsung blower juga menghisap

udara panas dari lingkungan menghasilkan perpindahan panas yang sedemikian rupa.

### Panas untuk Menguapkan Air dari Bahan

Panas untuk menguapkan air dari umbi kentang merupakan salah satu bagian dari panas respirasi. Panas untuk menguapkan air dari umbi kentang didikti dengan persamaan empiris  $Q_u = m_w. hfg. (hfg. \rho a. \partial M/\partial t)$  dengan turunan persamaan;  $\dot{m}v = \rho a. \epsilon. \partial H/\partial t$ . Jumlah uap air yang diuapkan ( $\dot{m}_w$ ) merupakan nilai hasil pendekatan dari grafik psikometri dan dari pendekatan suhu udara (T) dan kelembaban udara (RH), demikian pula nilai panas laten (hfg) diperoleh dari grafik psikometri. Dari hasil perhitungan persamaan empiris panas untuk menguapkan air di bahan, maka didapatkan hasil perhitungan yang disajikan dalam bentuk grafik Gambar 7.



**Gambar 7.** Panas untuk menguapkan air dari umbi kentang selama penyimpanan rak sistem para – para.

Gambar 7 memperlihatkan panas untuk menguapkan air berkisaran 799,218 watt/det – 275,1408 watt/det. Menurut (Kusumiyati dan Sutari, 2017), menjelaskan bahwa proses respirasi akan terjadi pemecahan karbohidrat dalam tiga tingkatan reaksi utama yaitu glukosa, daur asam trikarboksilat dan sistem traspirasi elektron. Menurut Murtado (2014), dampak yang terjadi akibat respirasi dan traspirasi adalah perubahan kenampakan produk.

### Neraca Massa Selama Penyimpanan

Jumlah air yang diuapkan dari umbi kentang dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan hasil dari pencarian digrafik psikometri dengan membandingkan parameter suhu udara bola kering hasil pengukuran dan kelembaban, dengan satuan pada tabel ini adalah uap air/kg udara.

**Tabel 4.** Kenaikan kelembaban Udara

Hari	Lingkungan	Blower (in)	Rak dasar	Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5	Rak 6	Ventilasi (out)	nilai rata - rata	nilai STD
0	-	0,54	0,82	0,19	0,41	0,46	0,35	0,11	0,08	0,08	0,34	0,25
7	-	0,03	0,29	0,46	0,63	0,57	0,75	0,11	0,73	0,24	0,42	0,27
14	-	0,35	0,16	0,45	0,68	0,17	1	0,19	0,55	0,36	0,43	0,28
21	-	0,59	0,72	0,39	0,66	0,83	0,47	0,32	0,54	0,12	0,52	0,22
28	-	0,6	0,8	0,45	0,56	0,69	0,51	0,35	0,41	0,07	0,49	0,21
35	-	0,22	0,47	0,57	0,65	0,56	0,55	0,51	0,44	0,16	0,46	0,16
42	-	0,28	0,53	0,32	0,73	0,68	0,52	0,46	0,34	0,23	0,45	0,18
49	-	0,03	0,28	0,54	0,63	0,63	0,5	0,54	0,42	0,23	0,42	0,20
56	-	0,04	0,16	0,36	0,65	0,38	0,77	0,4	0,27	0,29	0,37	0,23
63	-	1,02	0,87	0,45	0,76	0,56	0,74	0,07	0,3	0,41	0,58	0,30
<b>nilai rata – rata</b>		0,37	0,51	0,42	0,64	0,55	0,62	0,31	0,41	0,22	0,45	0,14
<b>nilai STD</b>		0,32	0,28	0,11	0,10	0,18	0,19	0,18	0,18	0,11	0,18	0,08

Kenaikan kelembaban udara setiap minggunya tercatat diantara 0,61 - 0,21 uap air/kg udara. Aktivitas traspirasi pada alat penyimpanan terjadi pada awal waktu penyimpanan, dimana hari ke- 0 sampai hari ke-7 umbi kentang masih segar seingga proses transpirasi pada rentan waktu ini cukup tinggi, namun setelah disimpan selama 30 hari umbi kentang memasuki masa dormansi dan aktifitas

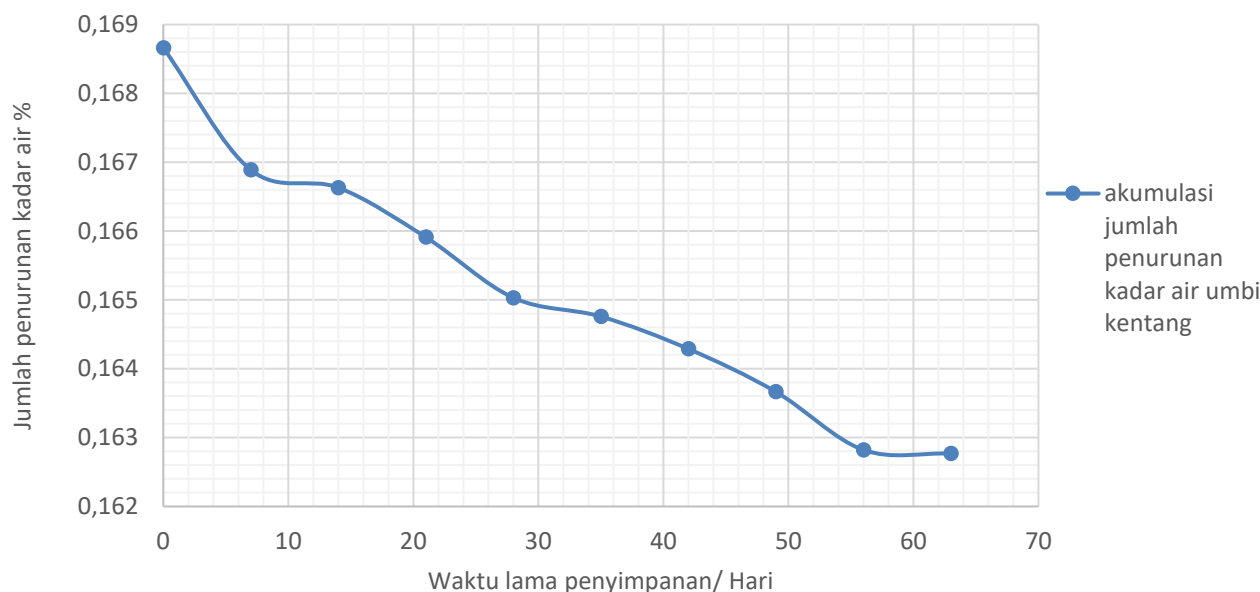
fisiologis menurut Murtado (2014) dan Mustofa (2019).

### Kadar Air Bahan Umbi Kentang

Kadar air dapat mempengaruhi kualitas dan daya simpan dari suatu bahan pangan (Broto et al., 2017). Tujuan utama dari alat penyimpanan rak sistem para–para adalah meminimalisasi proses respirasi dan transpirasi dari umbi kentang agar tidak



mengalami pembusukan pada proses evaporasi berlangsung (Kusumiyati dan Sutari Wawan, 2017).



**Gambar 9.** Hubungan kadar air dengan waktu penyimpanan

Kadar air awal umbi kentang sebelum masuk proses penyimpanan adalah 83% dengan akumulasi penurunana rata-rata kadar air secara keseluruhan di masing-masing rak para-para mencapai 0,16% (Gambar 9). Nilai rata-rata penurunan kadar air terendah tercatat berada pada lokasi rak-2 sekitar 0,20% kadar air, selanjutnya pada penurunan nilai kadar air tertinggi berada pada lokasi rak- 4 dengan rata-rata penurunan kadar air mencapai 0,53%.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan selama 63 hari, kenaikan kelembaban udara pada masing-masing rak yang bervariasi antara, 0,306 – 0,636 uap air/kg udara, dengan penurunan kadar air 0,16%. Aliran udara secara paksa mencapai kecepatan, 0,73 m/det – 2,16 m/det. Berdasarkan analisis neraca massa, kelembaban udara relatif sebesar 75,17% – 80,85%, sedangkan pada neraca energi, panas hilang ke lingkungan dengan pendekatan model matematik persamaan empiris  $Q_L = Q_p - Q_e - Q_u$  mampu membuang panas mencapai 798,794 watt/det – 275,0968 watt/det dan mampu menyediakan oksigen yang baik, dengan suhu berkisaran antara 30,49°C – 30,02°C.

### DAFTAR PUSTAKA

Aghbashlo, M., Kianmehr, M., Arabhosseini, A., & Nazghelichi, T. (2011). Modelling the Carrot Thin-Layer Drying in a Semi-Industrial

Continuous Band Dryer. *Journal Czech J. Food Sci*, 29(5), 528–538.

Ajala, A. S, Aboiye. A. O, Popoola. J.O, & Adeyanju. J. A. (2012). Drying Characteristics and Mathematical Modelling of Cassava Chips. *Journal Chemical and Process Engineering Research*, 4(1), 1–9. [www.iiste.org](http://www.iiste.org)

Arifin, M., Nugroho, Agung, & Suryanto. Agus. (2014). Kajian Panjang Tunas Dan Bobot Umbi Bibit Terhadap Produksi Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum L.*) Varietas Granola. *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(3), 221–229.

Asgar, Ali. (2016). Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Agronomi Indonesia 2016. *Prosiding Perhimpunan Agronomi Indonesia*, 69–77.

BPS Provinsi Bali. (2020). Produksi Kentang Provinsi Bali. BPS

Broto, W., Setyabudi, D. A., Sunarman, Qanyta, & Jamal, I. B. (2017). Teknologi Penyimpanan Umbi Kentang (*Solanum tuberosum l.*) Var. GM-05 dengan Rekayasa Pencahayaan untuk Mempertahankan Kesegarannya. *Jurnal*

- Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(2), 116–124.
- Kusumiyati, N. Resti, & S. Wawan. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Kualitas Kentang Olahan (*Solanum tuberosum* L.) Kultivar Atlantik. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 1(2), 1–12.
- Mangsur. (2018). Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Horizontal Terhadap Laju Perpindahan Massa pada Tray Dryer untuk Pengeringan Bahan Pangan. *Skripsi* (pp. 1–58). Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Mulyono, D., Syah, M. J. A., Sayekti, A. L., & Hilman, Y. (2018). Kelas Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Berdasarkan Pertumbuhan, Produksi, dan Mutu Produk. *Jurnal Hortikultura*, 27(2), 209. <https://doi.org/10.21082/jhort.v27n2.2017.p209-216>
- Murtado. A. (2014). Karakteristik Kimia dan Fisik kentang Selama Penyimpanan Dalam Kondisi Gelap. *Jurnal Edible III - 1*, 1, 28–30.
- Mustofa. (2019). Penentuan Sifat Fisik Kentang (*Solanum tuberosum* L.): Sphericity, Luas Permukaan Volume dan Densitas. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 4(2), 46–51.
- Ndukwu, M., & Manuwa, S. (2015). Impact of Evaporative Cooling Preservation on The Shelf Life of Fruits and Vegetable in South Western Nigeria. *Journal Research in Agricultural Engineering*, 61(3), 122–128. <https://doi.org/10.17221/54/2013-RAE>
- Nuraini, A., Sumadi, yuwariah y, & rulistianti H. (2019). Pengaruh suhu penyimpanan dan konsentrasi sitokinin terhadap pematangan dormansi benih kentang (*Solanum tuberosum* L.) G2. *Jurnal Kultivasi*, 18(3), 977–982.
- Purnomo, E., Sri, W. A. S., & Haryanti, S. (2017). Pengaruh Cara dan Waktu Penyimpanan terhadap Susut Bobot, Kadar Glukosa dan Kadar Karotenoid Umbi Kentang Konsumsi (*Solanum tuberosum* L. Var Granola). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2(2), 107-112.
- Setiawan, M., Tamrin, & Budianto Lanya. (2014). Uji Kinerja Penjemuran Gabah pada Para-Para Mekanis dengan Tiga Kondisi Lingkungan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 91–102.
- Setiyo, Y., Harsojuwono, B. A., Bagus, I., Gunam, W., Putu, I., & Wirawan, S. (2020). Storage Characteristics of Granola Potato Bulbs for Seedlings After Storage. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(03), 5500–5504.
- Setiyo, Y., Susrusa, K., Gunawan, Gunadnya, I.B.W, Yulianti, N. L., & Wayan. (2017). *Agribisnis Kentang* (Atmaja Jiwa, Ed.; Pertama, Vol. 1). Universitas Udayana Press. Denpasar.
- Syahrul, S., Mirmanto, M., Ramdon, S., & Sukmawaty, S. (2017). Pengaruh kecepatan udara dan massa gabah terhadap kecepatan pengeringan gabah menggunakan pengering terfluidisasi. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 7(1), 54–59.