

**KUANTIFIKASI METABOLISME PERKEMBANGAN PLUMULA DAN  
RADIKULA PADA PROSES PERKECAMBAHAN  
BENIH KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**

***METABOLISM QUANTIFIC  
ATION OF PLUMULE AND RADICLE DEVELOPMENT ON GERMINATION  
PROCESS  
OF SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill) SEED***

Mohamad Arif<sup>1\*</sup>, Kartika<sup>1</sup>, Abdul Qadir<sup>2</sup>, Astryani Rosyad<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Pascasarjana, IPB Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2</sup> Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknologi Industri Benih, Sekolah Vokasi IPB, Jl kumbang no 14, Kec. Bogor Tengah,  
Kota Bogor

\*) E-mail korespondensi: mohamad\_albatavi@yahoo.com

**Abstrak**

Salah satu teknis budidaya yang mendasar untuk peningkatan produksi adalah penggunaan benih bermutu tinggi yang memiliki viabilitas dan vigor yang tinggi. Akan tetapi penentuan viabilitas dan vigor lot benih mengalami kesulitan karena pada umumnya pengujian vigor dilakukan dengan menggunakan benih yang berbeda dengan benih yang ditanam. Penelitian ini ditujukan untuk melihat potensi penggunaan gambar dua dimensi untuk penentuan pertumbuhan dan perkembangan benih kedelai selama proses perkecambahan, serta mengukur pertambahan bobot kering komponen kecambah (tajuk dan akar) selama perkembangan kecambah. Pengecambahan dilakukan dengan menggunakan metode *top of paper* menggunakan kaca sebagai wadah dan kertas tisu sebagai media pengecambahan. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa penggunaan kertas tisu sebagai media pengecambahan memiliki kendala tersendiri dimana akar tanaman dapat menembus permukaan tisu sehingga pengukuran keseluruhan luas permukaan akar secara relatif lebih sulit untuk dilakukan. Meski demikian, penentuan luas permukaan akar dan luas permukaan tajuk dapat dilakukan dengan menggunakan gambar dua dimensi, demikian juga halnya dengan bobot massa kering kedua komponen kecambah tersebut.

Kata kunci: Luas permukaan, prediksi luas, prediksi bobot massa

**Abstract**

*One of basic cultivation techniques to increase production is utilization of high-quality seeds, which are shown by high seed viability and vigor. However, determination of viability and vigor of a seed lot faces difficulties since usually vigor test is conducted by using different seeds than the ones which will be planted. The research was aimed to see the potency of two-dimension image utilization on growth determination of soybean seeds, as well as to measure increase of dry weight, during germination process. The process was conducted by top of paper method using glasses as germination chamber and paper tissue as germination media. The results indicated that utilization of tissue paper as germination media had several drawbacks where seedling root can pass through the material, causing difficulties on measuring broad of root area. However, the research indicated that determination of surface area of plumule and radicle, as well as dry mass of the two components, can be done by using two-dimension image.*

*Keywords: Surface area prediction, dry mass prediction*

## PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditi utama polong-polongan di Indonesia dengan kandungan gizi yang baik. Bahkan biji tanaman ini menjadi makanan pangan ketiga terpenting, setelah beras dan jagung, secara nasional (Nainggolan *et al.*, 2016). Somaatmadja (1993) mencatat bahwa setiap 100 gr biji kedelai mengandung 10 gr lemak, 32 gr karbohidrat, 4 gr serat, dengan energi sekitar 1680 KJ. Kandungan gizi yang tinggi dan lengkap pada satu komoditi menjadikan permintaan akan komoditi ini tinggi dan terus meningkat (Aldillah, 2015). Di sisi lain, Aimon dan Satrianto (2014) mengindikasikan pertambahan impor kedelai yang terus meningkat dan berpotensi menguasai pasar Indonesia. Oleh karena itu, produktivitas kedelai Indonesia harus ditingkatkan, yang dapat dilakukan melalui perbaikan teknis budidaya (Litbang Pertanian, 2016).

Salah satu teknis budidaya yang mendasar untuk peningkatan produksi adalah penggunaan benih bermutu tinggi yang memiliki viabilitas dan vigor yang tinggi. Akan tetapi penentuan viabilitas dan vigor lot benih mengalami kesulitan karena pada umumnya pengujian vigor dilakukan dengan menggunakan benih sampel sehingga benih yang digunakan untuk uji vigor menggunakan benih yang berbeda dengan benih yang ditanam. Pengujian vigor benih, salah satunya melalui parameter produksi bobot kering kecambah normal, dengan menggunakan bahan tanaman yang sama dengan yang dikecambahkan merupakan suatu tantangan tersendiri bagi teknis uji vigor benih.

Tulisan ini ditujukan untuk melihat potensi penggunaan gambar dua dimensi untuk penentuan pertumbuhan dan perkembangan benih kedelai selama

proses perkecambahan, serta memprediksi pertambahan bobot kering komponen kecambah (tajuk dan akar) selama perkembangan kecambah kedelai tersebut.

## MATERI DAN METODE

Pengujian merupakan percobaan laboratorium dengan metode eksperimen guna mencari metode penggunaan foto dua dimensi untuk penentuan bobot kering kecambah kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada bulan April 2018 di Laboratorium Pengujian dan Penyimpanan Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor, Darmaga.

Percobaan dilaksanakan menggunakan benih kedelai varietas Anjasmoro koleksi Laboratorium Pengujian dan Penyimpanan Benih, IPB dengan proses pengecambahan menggunakan metode *top of paper* (TP) sebagaimana panduan ISTA (2010) yang dimodifikasi berupa media dan wadah pengecambahan.

Wadah pengecambahan yang digunakan adalah wadah kaca yang terdiri atas 9 ruangan individu, sebagai ulangan, yang saling terhubung dimana masing-masing ruangan individu berukuran lebar x tebal x tinggi: (2,5 – 2,7) cm x (2,5 – 2,7) cm x 16 cm pada sisi bagian dalamnya. Pada posisi sekitar 13,5 cm dari dasar wadah, terdapat potongan kaca penahan media pengecambahan, dimana di atas kaca penahan media tersebut diletakkan tisu wajah (*facial tissue*) dan benih yang akan dikecambahkan (Gambar 1). Alat yang digunakan adalah kertas *millimeter block* dan kamera digital pada telepon seluler dengan resolusi 8 megapixel, serta oven suhu konstan pada 60°C dan *analytical balance* merek OHAUS - Valor 3000 Xtreme Scales untuk penentuan bobot kering kecambah normal.

Proses Pengecambahan

Sisi belakang wadah pengecambahan yang terbuat dari kaca

diberi kertas *millimeter block* dan wadah pengecambahan diisi air keran hingga separuh wadah terisi. Sedangkan media pengecambahan, berupa 4 lembar kertas tisu wajah dengan ukuran seluas kaca penahan benih, diletakkan pada kaca penahan. Media pengecambahan dihubungkan ke air, yang berada di bawahnya, dengan menggunakan kertas tisu wajah yang dipintal untuk menjaga media pengecambahan tetap

lembab (Gambar 1). Benih kedelai yang akan dikecambahkan, diletakkan di atas media pengecambahan hingga hari ke-8 yang merupakan hari dimana pengamatan *final count* (hari saat pengamatan daya berkecambah berakhir) dilaksanakan untuk pengecambahan benih kedelai (ISTA, 2010). Selama proses pengecambahan, wadah diletakkan pada ruangan terbuka dengan suhu dan kelembapan ruang.



Gambar 1. Pengecambahan dilakukan dengan metode *top of paper* menggunakan wadah kaca dan media kertas tisu.

Sejak benih di letakkan hingga *final count* berlangsung, benih dan perkembangan komponen kecambah yang dihasilkan difoto dua kali dalam sehari. Foto yang dihasilkan dicetak untuk kemudian luasan komponen kecambah, yaitu plumula dan radikula, diprediksi berdasar luasan *millimeter block* di belakangnya untuk menduga perbandingan luasan antara kedua komponen kecambah.

Pada hari terakhir pengamatan (hari ke-8), kecambah di lepaskan dari sistem pengecambahan, akar dibersihkan dari tisu yang melekat, dan kecambah diletakkan di

atas *millimeter block* untuk pengambilan gambar final. Setelah itu, dilakukan pengukuran bobot kering kecambah normal (BKKN) bagi tiap kecambah yang dihasilkan dengan meletakkan kecambah di dalam oven suhu 60°C selama 72 jam dan menimbang BKKN yang dihasilkan.

#### Pendugaan Luasan Komponen Kecambah

Dengan menggunakan hasil cetak gambar kecambah yang dihasilkan selama proses pengecambahan berlangsung sejak hari pertama benih diletakkan hingga hari

saat *final count*, dilakukan pendugaan luasan komponen kecambah (bagian akar dan bagian tajuk) menggunakan metode gravimetric. Gambar bagian akar dan tajuk pada kertas hasil cetak yang telah diketahui luas dan bobotnya digunting untuk kemudian ditimbang dan diduga luas permukaan akar ( $L_{PA}$ ,  $cm^2$ ) dan luas permukaan tajuk ( $L_{PT}$ ,  $cm^2$ ) secara dua dimensi menggunakan rumus:

$$L_{PA} = \frac{W_{PA}}{W_K} \times L_K \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

$$L_{PT} = \frac{W_{PT}}{W_K} \times L_K \dots\dots\dots \text{Persamaan 2}$$

dimana:

$W_{PA}$  : Bobot potongan kertas bergambar permukaan akar (gr)

$W_{PT}$  : Bobot potongan kertas bergambar permukaan tajuk (gr)

$W_K$  : Bobot kertas hasil cetak secara keseluruhan (gr)

$L_K$  : Luas permukaan hasil cetak secara keseluruhan ( $cm^2$ )

Oleh karena adanya paralaks (pergeseran kedudukan objek yg diamati, dalam hal ini kecambah) yang disebabkan karena adanya jarak antara kecambah dengan *millimeter block* yang dijadikan acuan luas, maka  $L_{PA}$  dan  $L_{PT}$  pada Persamaan 1 dan Persamaan 2 perlu mendapat koreksi. Besarnya faktor koreksi (FK) ditentukan berdasar persamaan berikut:

$$FK = \left( \frac{L_D}{L_B} \right) / k \dots\dots\dots \text{Persamaan 3}$$

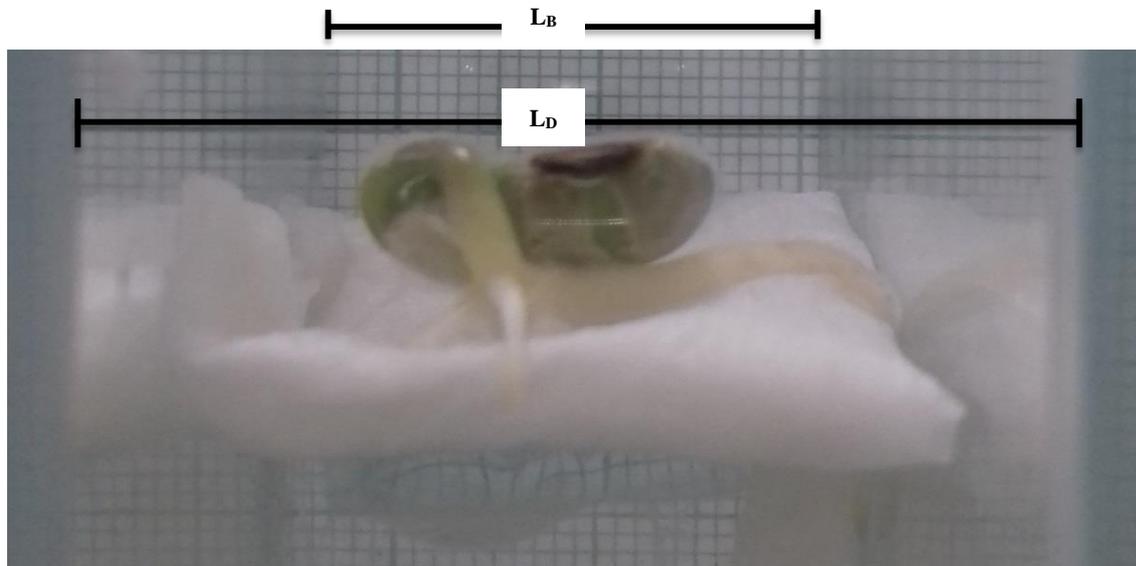
Dimana (Gambar 2):

$L_D$  : Lebar hasil cetak kaca selebar 2,5 cm yang berada di sisi depan (cm)

$L_B$  : Lebar hasil cetak kaca selebar 2,5 cm yang berada di sisi belakang (cm)

$k$  : Nilai konstanta.

Oleh karena benih dan kecambah diasumsikan berada tepat di tengah antara kaca sisi bagian depan dan kaca sisi bagian belakang dari wadah pengecambahan, maka nilai konstanta ( $k$ ) pada Persamaan 3 adalah 2 (dua).



Gambar 2. Penentuan besar paralaks dengan perbandingan lebar hasil cetak pada sisi bagian belakang ( $L_B$ ) dan sisi bagian depan ( $L_D$ ).

Dengan memadukan antara Persamaan 1 dan 2 dengan Persamaan 3, maka luas dugaan permukaan akar ( $L_{DPA}$ )

dan luas dugaan permukaan tajuk ( $L_{DPT}$ ) adalah:

$$L_{DPA} = L_{PA} \times FK \ L_K \dots\dots\Persamaan 4$$

$$L_{DPT} = L_{PT} \times FK \ L_K \dots\dots\Persamaan 5$$

Pendugaan Nisbah Distribusi Asimilat

Pendugaan nisbah distribusi asimilat yang disalurkan ke bagian akar dan tajuk dilakukan dengan menentukan nisbah antara bobot kering akar dan bobot kering tajuk yang dilakukan dengan menduga berat massa akar (BMA) dan berat massa tajuk (BMT) dimana penentuan berat massa kedua komponen tersebut dilakukan dengan sistem substitusi menggunakan data luas dugaan permukaan akar ( $L_{DPA}$ ), luas dugaan permukaan tajuk ( $L_{DPT}$ ), dan BKKN tiap butir kecambah. Ketiga data tersebut dijadikan sebagai sistem persamaan linier dua variabel untuk penentuan bobot akar dan bobot tajuk penyusun BKKN (Persamaan 6).

$$L_{PAD}X \times L_{PTD}Y = BKKN \quad \text{Persamaan 6}$$

dimana:

BKKN : Berat kering kecambah normal (gr)

$L_{DPA}$  : Luas dugaan permukaan akar (cm<sup>2</sup>)

X : Berat massa akar (BMA; gr/cm<sup>2</sup>)

$L_{DPT}$  : Luas dugaan permukaan tajuk (cm<sup>2</sup>)

Y : Berat massa tajuk (MBT; gr/cm<sup>2</sup>)

Nilai X (BMA) dan Y (BMT) merupakan nilai rerata dari sejumlah titik variabel yang sama, dimana jumlah titik tersebut ditentukan oleh jumlah benih yang tumbuh dan berkembang sebagai kecambah normal dengan rumus:

$$\text{Jumlah titik observasi} = \frac{n^2-n}{2} \dots\dots$$

Persamaan 7

dimana:

n : Jumlah kecambah normal yang dihasilkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Perkecambahan

Dengan menggunakan benih kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) sebagai objek percobaan, perkecambahan metode *top of paper* yang dimodifikasi menggunakan kaca sebagai wadah dan kertas tisu sebagai media pengecambahan berhasil dilaksanakan dimana 9 dari 10 benih sebagai ulangan, berkecambah sebagaimana kategori pengecambahan yang ditetapkan oleh ISTA (2010), Sudrajat et al. (2015) dan Fadhilah (2020). Hal ini mengindikasikan bahwa wadah kaca yang digunakan dapat menyokong dan memberi komponen iklim mikro yang mendukung perkecambahan, berupa suhu, kelembapan, cahaya, dan gas (Copeland dan McDonald, 2001; Utomo, 2006). Selain itu, benih yang berkecambah menunjukkan bahwa kertas tisu yang dipintal mampu menyediakan air selama proses perkecambahan benih berlangsung. Naiknya air ke media pengecambahan, berupa kertas tisu yang berada di atas permukaan air, terjadi karena kapilaritas air pada kertas tisu yang dipintal dan menjadi penghubung antara air di dasar wadah ke media pengecambahan (Toto dan Yulisma, 2017).

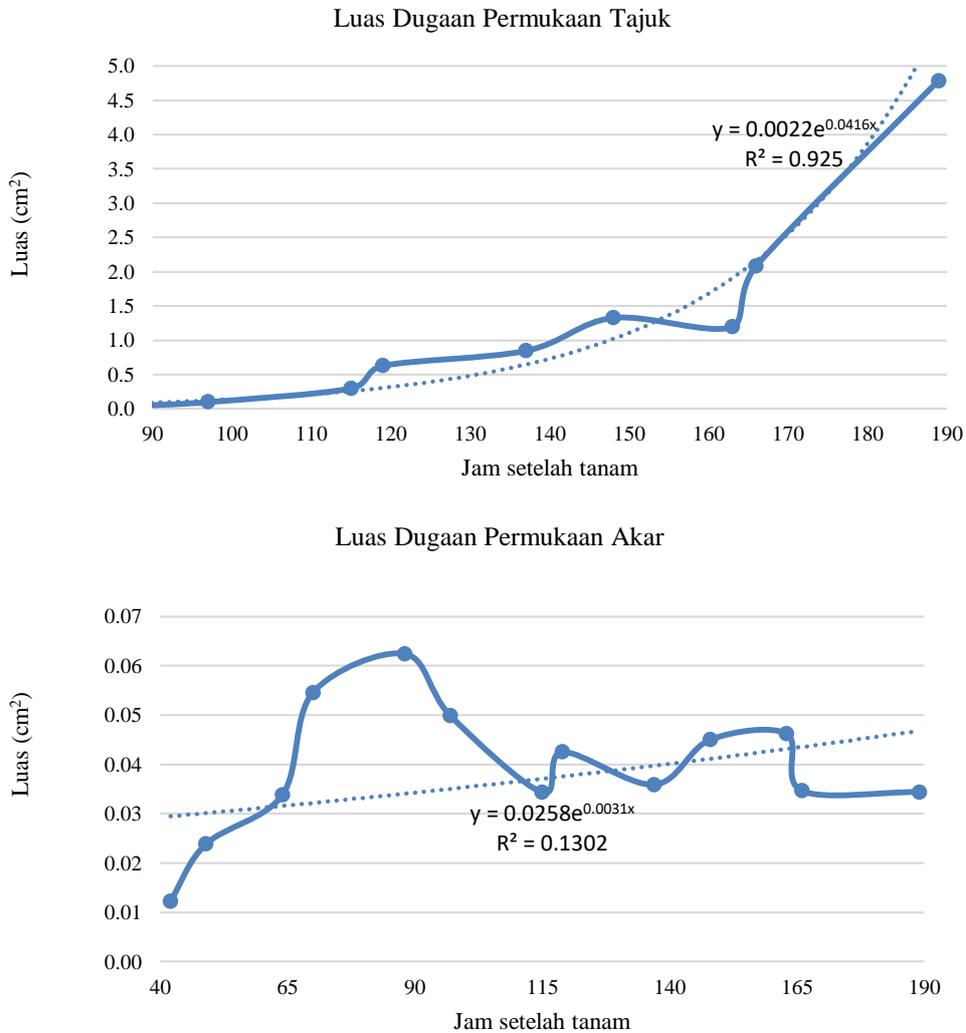
Akan tetapi, penggunaan tisu wajah sebagai media pengecambahan memiliki kendala tersendiri. Beberapa kendala tersebut adalah (1) akar kecambah yang berkembang dapat menembus kertas tisu. Selain tidak direkomendasikan oleh ISTA (2010), penggunaan media kertas yang dapat ditembus akar dari kecambah yang berkembang juga akan menyulitkan pengamatan luas permukaan akar dengan menggunakan metode foto karena gambar akar yang tertutup lapisan tisu, (2) ketika tahap akhir pengecambahan, dimana kecambah dipisahkan dari media pengecambahannya untuk foto akhir, tisu basah yang terikat dengan akar tanaman dapat terbawa sehingga membiaskan pengukuran luas dugaan akar atau menyebabkan putusnya akar yang terikat pada lapisan tisu tersebut sehingga

mengurangi luas akar kecambah yang diamati.

**Luas Akar dan Luas Tajuk Kecambah**

Berdasar data pendugaan luas akar dan luas kecambah, dibuat grafik

perkembangan tajuk dan akar dengan menjadikan luas dugaan permukaan tajuk (LDPT) dan luas dugaan permukaan akar (LDPA) sebagai ordinat, sedangkan jam setelah tanam (JST) sebagai axis (Gambar 3a dan 3b).



Gambar 3. Pendugaan luas permukaan tajuk (atas) dan luas permukaan akar (bawah) berdasar jam setelah tanam.

Gambar 3a memperlihatkan pergerakan luasan permukaan tajuk sejak 97 JST dengan luasan sekitar 0,1 cm<sup>2</sup> yang terus naik hingga 4,79 cm<sup>2</sup> pada 189 JST. Pertambahan luasan tajuk tersebut terlihat normal (tidak terjadi fluktuasi pada luasan permukaan tajuk) mengikuti exponential trend line dengan persamaan garis  $y = 0.0022e^{0.0416x}$ , sedangkan Gambar 3b memaparkan pergerakan dugaan luasan permukaan akar yang telah berlangsung

sejak 42 JST hingga 189 JST. Akan tetapi, pendugaan luasan akar tidak menunjukkan konsistensi dalam pengukuran yang diperlihatkan oleh fluktuasi luas permukaan akar pada grafik tersebut. Hal ini diduga terjadi karena terhalangnya gambar permukaan akar oleh tisu sebagai media pengecambahan yang menyebabkan kesulitan penentuan permukaan akar saat pelaksanaan metode gravimetric.

Gambar 3 di atas memperlihatkan bahwa *radicle emergence* pada benih kedelai telah terjadi sejak 42 jam benih diletakkan di media pengecambahan. Oleh karena kedelai merupakan tanaman dengan pengecambahan tipe epigeal, komponen awal yang terbentuk (radikula) tidak dapat dipisahkan dengan plumula hingga 97 JST saat perbedaan warna antara plumula-radikula mulai terjadi (Gambar 5).

Selain itu, Gambar 3 juga memperlihatkan bahwa pertumbuhan dan perkembangan kecambah kedelai hingga hari *final count* memperlihatkan pola exponential, yang diduga merupakan tahap

awal dari pembentukan kurva sigmoid pertumbuhan vegetatif tanaman.

Nisbah Distribusi Asimilat

Percobaan ini menghasilkan seri foto perkembangan 9 (sembilan) butir kecambah normal kedelai sehingga, sebagaimana perhitungan pada Persamaan 7, BMA dan BMT merupakan rerata dari 36 titik variabel yang diperoleh dari sistem persamaan linier dua variabel (Tabel 1).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah titik observasi} &= \frac{n^2 - n}{2} \\ &= \frac{9^2 - 9}{2} = \frac{72}{2} = 36 \end{aligned}$$

Tabel 1. Tiga puluh enam titik variabel untuk penentuan berat massa akar dan berat massa tajuk.

Kecambah Normal ke..	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	√	√	√	√	√	√	√	√
2	-	-	√	√	√	√	√	√	√
3	-	-	-	√	√	√	√	√	√
4	-	-	-	-	√	√	√	√	√
5	-	-	-	-	-	√	√	√	√
6	-	-	-	-	-	-	√	√	√
7	-	-	-	-	-	-	-	√	√
8	-	-	-	-	-	-	-	-	√
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Untuk menghasilkan 36 titik variabel tersebut, set data luas dugaan permukaan akar (LDPA), luas dugaan permukaan tajuk (LDPT), dan berat kering kecambah normal (BKKN) yang dihasilkan dari tiap butir kecambah (sesuai Persamaan 6) dibandingkan dengan set data yang sama yang dihasilkan kecambah lainnya. Dengan cara substitusi data 2 kecambah tersebut (Persamaan 8 dan Persamaan 9), dihasilkan data berat massa akar (BMA) dan berat massa tajuk (BMT).

Dengan menggunakan Persamaan 6, jika LDPA kecambah ke-*n* disimbolkan sebagai *a<sub>n</sub>*, LDPT kecambah ke-*n* disimbolkan sebagai *b<sub>n</sub>*, X adalah berat

massa akar, Y adalah berat massa tajuk, dan BKKN kecambah ke-*n* disimbolkan sebagai BKKN<sub>*n*</sub>, maka persamaan 6 untuk kecambah ke-1 dan ke-2 adalah:

$$\begin{aligned} a_1 X + b_1 Y &= BKKN_1 \\ X &= \frac{BKKN_1 - (b_1 Y)}{a_1} \end{aligned}$$

Sedangkan  $a_2 X + b_2 Y = BKKN_2$

Maka  $a_2 \left( \frac{BKKN_1 - (b_1 Y)}{a_1} \right) + b_2 Y = BKKN_2$

$$\frac{a_2 BKK_{N1} - a_2 (b_1 Y)}{a_1} \times b_2 Y = BKK_{N2}$$

$$a_2 BKK_{N1} - a_2 b_1 Y \times a_1 b_2 Y = a_1 BKK_{N2}$$

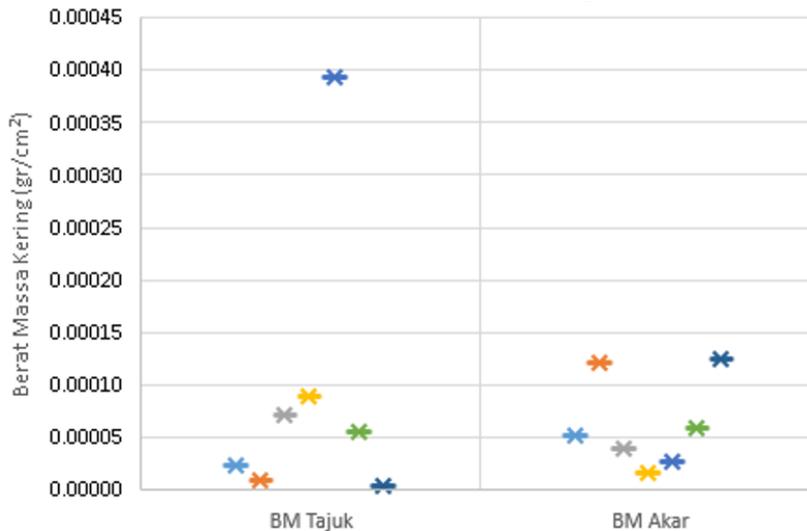
$$a_2 BKK_{N1} + Y (a_1 b_2 - a_2 b_1) = a_1 BKK_{N2}$$

$$Y = \frac{(a_1 BKK_{N2} - a_2 BKK_{N1})}{(a_1 b_2 - a_2 b_1)} \dots\dots\dots \text{Persamaan 8}$$

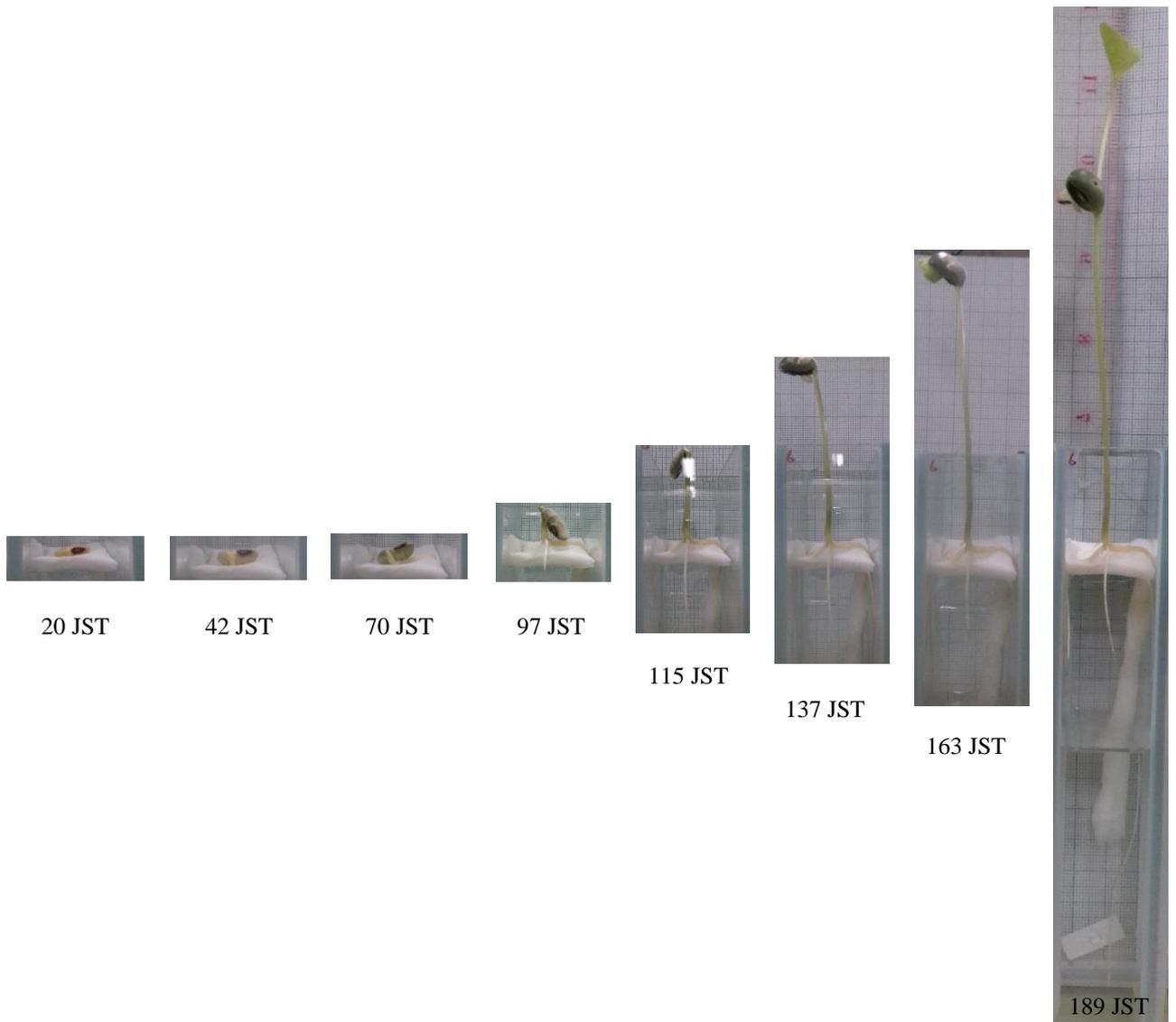
Dengan cara yang sama, diperoleh nilai X

$$X = \frac{(b_1 BKK_{N2} - b_2 BKK_{N1})}{(a_2 b_1 - a_1 b_2)} \dots\dots\dots \text{Persamaan 9}$$

Berdasar persamaan 8 dan 9, diperoleh nilai BMT dan BMA dari keseluruhan titik pengamatan yang dipetakan pada Gambar 4 dengan rerata BMT 0,00009253 gr/cm<sup>2</sup>, dan rerata BMA sebesar 0,00006285 gr/cm<sup>2</sup>. Dengan demikian, nisbah proporsi tajuk : akar yang diperlihatkan pada penelitian ini adalah 1,47 : 1. Namun demikian, nilai ini perlu diverifikasi dengan penelitian lebih lanjut, baik menggunakan metode uji berbeda untuk verifikasi hasil atau metode uji yang sama sebagai bentuk verifikasi metode.



Gambar 4. Sebaran data berat massa tajuk (BMT) dan berat massa akar (BMA) hasil substitusi sistem persamaan linier dua variabel.



Gambar 5. Tahapan perkembangan salah satu benih sejak penanaman hingga *final count* di hari ke-8 saat 189 JST.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Perkecambahan kedelai berbasis *top of paper* sebagaimana panduan ISTA (2010) dapat dilaksanakan dengan menggunakan wadah pengecambahan kaca dan media berupa kertas tisu yang ditambahkan kertas tisu dipintal untuk menyalurkan air ke media pengecambahan. Akan tetapi penggunaan kertas tisu sebagai media pengecambahan memiliki kendala tersendiri dimana akar tanaman dapat menembus permukaan tisu sehingga pengukuran keseluruhan luas permukaan akar secara relatif lebih sulit untuk dilakukan.

Penentuan luas permukaan akar dan luas permukaan tajuk dapat dilakukan dengan menggunakan gambar dua dimensi, demikian juga halnya dengan bobot massa kering kedua komponen kecambah tersebut. Namun penggunaan metode gravimetric memerlukan ketelitian yang tinggi sehingga penggunaan kamera dengan resolusi yang rendah, kualitas mesin pencetak yang tidak baik, kualitas gambar hasil cetak yang tidak blur, ketelitian yang kurang saat penentuan luasan kertas dan menggunting komponen kecambah, serta penggunaan analytical balance yang kurang teliti dapat meningkatkan galat luasan permukaan akar dan tajuk tanaman.

### Saran

Beberapa saran yang diajukan untuk penelitian lanjutan adalah:

- a. Modifikasi media pengecambahan dengan menggunakan media yang tidak dapat ditembus oleh akar namun masih tetap mendukung pertumbuhan dan perkembangan kecambah disarankan. Penggunaan kertas merang, kertas buram, atau kertas lain disarankan.
- b. Menekan galat luas permukaan akar dan tajuk dengan penggunaan kamera digital beresolusi lebih tinggi, penggunaan mesin cetak yang baik, resolusi gambar hasil cetak yang tinggi, disarankan.
- c. Penggunaan aplikasi analisis gambar, misal *irfanview* atau *imageJ*, untuk menekan

kemungkinan galat yang dihasilkan karena kekurang-telitian proses penentuan luasan kertas dan pengguntingan komponen kecambah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aimon, H. & Satrianto, A. 2014. Prospek konsumsi dan impor kedelai di Indonesia tahun 2015 – 2020 [internet]. *Jurnal Kajian Ekonomi*, 3 (5) [diunduh 30 Juni 2018]. Tersedia pada <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/ekonomi/article/view/4157/3304>.
- Aldillah, R. 2015. Proyeksi Produksi dan Konsumsi Kedelai Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*. 8(1): 9-23.
- Copeland, L. O. & McDonald, M. B. 2001. *Seed science and technology*. Belanda: Kluwer Academic Publisher. 4th edn.
- Fadhilah, S. 2020. Pengujian Daya Berkecambah Berdasarkan ISTA Rules 2020. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. [internet]. [diunduh pada 24 Desember 2020] Tersedia pada <http://bbppmbtph.tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document/Materi%20pengujian%20DB%20berdasarkan%20ISTA%20Rules%202020.pdf>.
- ISTA. 2010. *International Rules for Seed Testing Edition*. Switzerland: The International Seed Testing Association.
- Litbang Pertanian. 2016. *Target nasional produksi kedelai 2016 meningkat* [internet]. [diunduh pada 30 Juni 2018] Tersedia pada <http://www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/2468> pada 30 Juni 2018.
- Nainggolan, K.U., I D.G. Agung, I M.N. Tenaya. 2016. Pengaruh Produksi, Konsumsi, dan Harga Kedelai Nasional terhadap Impor Kedelai di Indonesia Periode 1980 Sampai dengan 2013. *E-Jurnal Agribisnis dan Agrowisata*. 5 (4): 743-751.
- Shaleh, S.M., T.I. Noor, L. Sulistyowati, I. Setiawan. 2019. Efektivitas bantuan

- pemerintah (suatu kasus program upaya khusus pajale penyediaan sarana kedelai Desa Jatiwaras, Kecamatan Jatiwaras, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat). *Jurnal Agribisnis Terpadu*. 12(2): 262-277.
- Somaatmadja, S. 1993. *Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 1 Kacang-Kacangan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sudrajat, D.J., Nurhasybi, dan Y. Bramasto. 2015. Standar pengujian dan mutu benih tanaman hutan. D.Iriantono, M. Zanzibar, P. Setio (Eds). FordaPress. Bogor.
- Toto dan L. Yulisma. 2017. Analisis Aplikasi Konsep Gaya dalam Fisika yang Berkaitan dengan Bidang Biologi. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*. 3(1): 63-72.
- Utomo, B. 2006. Ekologi Benih. Karya Ilmiah. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.