

MODEL PENDUGAAN LUAS DAUN TANAMAN KORO PEDANG (*Canavalia ensiformis*)

Leaf Area Prediction Model of Sword Bean Plant (Canavalia ensiformis)

Sutoro dan Mamik Setyowati

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya
Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 3A, Bogor 16111
E-mail: storo8@gmail.com

(Makalah diterima, 4 Januari 2013 – Disetujui, 20 Mei 2014)

ABSTRAK

Luas daun merupakan karakter tanaman yang penting untuk mempelajari aspek agronomi dan fisiologi. Pendugaan luas daun menggunakan peubah panjang dan lebar daun telah banyak digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model penduga luas daun tanaman Koro pedang. Daun contoh bagian atas, tengah dan bawah tanaman diambil dari 10 tanaman Koro pedang yang dipilih secara acak dari pertanaman rejuvenasi benih plasma nutfah Koro pedang di kebun percobaan Cikeumeuh, Bogor. Pendugaan luas daun tanaman Koro pedang tiap tangkai (Y) dapat menggunakan $Y = 2,6134 PL_{ia}$ (PL_{ia} =hasil kali peubah panjang dan lebar helai daun sebelah kiri atau kanan). Pendugaan luas daun dapat juga menggunakan peubah daun helai tengah dengan penduga $Y=2,1774 PL_t$ (PL_t =panjang x lebar helai daun tengah). Metode pendugaan luas daun tanaman Koro pedang ini dapat digunakan dalam penelitian agronomi dan fisiologi tanaman yang mengukur luas daun tanpa harus memotong daun dari tanaman dan juga pada penelitian lapang yang jauh dari fasilitas pengukuran luas daun otomatis.

Kata kunci: Luas Daun, Pendugaan, Koro pedang

ABSTRACT

Leaf area is an important characteristic to study aspects of agronomy and physiology. Estimation of leaf area using the length and width of leaf have been used for many crops. The purpose of this study was to obtain the leaf area were estimation of Koro pedang (*Canavalia ensiformis*) plant using leaf length and width variables. Samples of leaves were obtained from upper, middle, and bottom part of Koro pedang plants which grew in Cikeumeuh, Bogor experimental garden. Leaves were collected from 10 random plant samples. The investigation revealed that each leaf area of trifoliolate (Y) could be estimated by using formulae $Y = 2.6134 PL_{ia}$, where PL_{ia} =product of leaf length and width of left or right side of unifoliolate leaf. Leaf area also could be estimated by $Y=2.1774 PL_t$, where PL_t =product of leaf length and width of middle of unifoliolate leaf. Leaf area prediction model for Koro pedang leaf could be applied in agronomy and physiology research which measure leaf area without leaf destruction and also for field research that is lack of automatic leaf areameter facility.

Key words: Leaf Area, Estimation, Koro Pedang

PENDAHULUAN

Tanaman Koro pedang merupakan tanaman kacang-kacangan yang memiliki potensi untuk dikembangkan karena mengandung protein yang relatif tinggi. Kandungan protein biji Koro pedang sekitar 37,6 % (Windrati *et al.*, 2010). Biji Koro pedang dapat dibuat tahu dan tempe, seperti biji kedelai (Pratiwi, 2014). Produktivitas tanaman Koro pedang dapat ditingkatkan melalui teknik budidaya dan penggunaan varietas unggul. Teknik budidaya dan varietas unggul dapat diperoleh melalui serangkaian penelitian agronomi dan fisiologi.

Luas daun tanaman merupakan salah satu faktor tanaman yang sering diamati dalam penelitian bidang agronomi dan fisiologi tanaman. Hasil pengukuran luas daun, di antaranya digunakan untuk mengetahui berat spesifik daun, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi (Grotkopp dan Rejmanek, 2007; Hossain *et al.*, 2011). Untuk mengukur luas daun tanaman harus memotong daunnya, lalu diukur dengan alat pengukur luas daun otomatis (*automatic leaf areameter*). Namun alat ini tidak selalu tersedia di tempat penelitian, terutama pada penelitian lapang yang lokasinya jauh dari lembaga penelitian. Di samping itu, seandainya alat tersedia, alat ini cukup sensitif/mudah rusak. Sehingga apabila tidak hati-hati dalam menggunakan alat tersebut akan rusak.

Pendugaan luas daun tiap helai pada tanaman telah banyak dilakukan dengan menggunakan peubah panjang dan lebar daun tanaman (Sutoro, 1992; Bhatt dan Chanda, 2003; Mohtarpour *et al.*, 2010; Olfati *et al.*, 2010; Cemek *et al.*, 2011). Pendugaan luas daun juga dapat dilakukan dengan kertas grafik milimeter (Pandey dan Singh, 2011). Cara mengukur luas daun dengan kertas grafik tidak praktis dan memerlukan waktu. Pendugaan luas daun dengan menggunakan peubah panjang dan lebar daun merupakan cara yang dapat dilakukan dengan tanpa memotong daun dari tanaman dan lebih praktis dibandingkan dengan menggunakan alat *leaf areameter*.

Luas bidang permukaan merupakan fungsi dari peubah panjang dan lebar permukaan. Peubah luas permukaan daun dalam analisis regresi dapat ditetapkan sebagai peubah tak bebas (*dependent variable*), sedangkan panjang dan lebar daun sebagai peubah bebasnya (*independent variable*). Luas bidang permukaan dapat diduga melalui model $Y = a_0 P^{a_1} L^{a_2}$, dengan koefisien a_0 , a_1 dan a_2 sebagai koefisien bentuk dan P=panjang dan L=lebar. Model dugaan kemungkinan dapat disederhanakan berdasarkan pengujian hipotesis yang melibatkan koefisien a_0 , a_1 dan a_2 . Model pendugaan luas daun Koro pedang yang praktis menggunakan peubah panjang dan lebar daun hingga saat ini belum ada, oleh karena itu perlu adanya model pendugaan luas daun yang dapat digunakan pada penelitian fisiologi dan agronomi. Model

pendugaan luas daun harus memiliki penyimpangan yang minimum dan tidak terdapat penyimpangan yang sistematis. Pemeriksaan penyimpangan (selisih nilai pengamatan luas daun dengan nilai luas dugaan) dari luas daun dicermati dalam penelitian pendugaan luas daun ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model penduga luas daun berdasarkan peubah panjang dan lebar maksimum daun tanaman Koro pedang.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Tanaman Koro pedang yang diamati merupakan tanaman koleksi plasma nutfah Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian, Bogor. Tanaman Koro pedang merupakan tanaman yang menyerbuk sendiri, sehingga genotipe antar tanaman bersifat homogen. Secara visual hampir tidak terlihat keragaman antar tanaman. Keragaman daun terlihat pada posisi daun pada tanaman. Daun bagian atas atau yang lebih muda dari bagian bawah lebih kecil ukurannya. Contoh (*sample*) daun yang diamati diambil dari 10 tanaman pada saat tanaman fase pembungaan (umur 10 minggu, mendekati pertumbuhan daun maksimal) pada pertanaman rejuvenasi benih tahun 2010 di Kebun Percobaan Cikeumeuh, Bogor. Dari setiap tanaman diambil secara acak daun contoh yang berasal dari bagian atas, tengah dan bawah tanaman. Total contoh daun untuk analisis sebanyak 43 buah. Setiap tangkai daun tanaman Koro pedang merupakan daun majemuk, yang terdiri dari 3 helai (*trifoliate*) pada setiap tangkainya. Data yang dikumpulkan adalah panjang (P), lebar maksimum (L) dari daun sebelah kiri, tengah dan kanan, serta luas daun (Y) tiap tangkai. Panjang daun diukur mulai dari pangkal daun hingga ujung daun, sedangkan lebar daun merupakan lebar maksimum daun yang letaknya dibagian tengah daun. Luas daun diamati dengan pengukur luas daun otomatis (*leaf area meter*).

Model pendugaan luas daun

1. Model pendugaan luas daun tiap tangkai didekati dengan :

$$Y = \alpha_0 P^{\alpha_1} L^{\alpha_2} \epsilon$$
 atau $\log Y = \log \alpha_0 + \alpha_1 \log P + \alpha_2 \log L + \log \epsilon \dots$ (model 1)
 dimana :
 P=panjang
 L=lebar daun
 ϵ =komponen galat.
2. Bila hipotesis parameter regresi $H_0: \alpha_1 = \alpha_2$ diterima, maka model 1 di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$Y = \alpha_0 (PL)^{\alpha_1} \epsilon$$
 atau $\log Y = \log \alpha_0 + \alpha_1 \log PL + \log \epsilon \dots$ (model 2)

dimana PL=hasil kali panjang dengan lebar daun.

3. Bila $H_0: \alpha_1 = 1$ dari model 2 diterima maka model penduga luas daun menjadi:
 $Y = \alpha_0 (PL) + \varepsilon$ (model 3)

Penduga parameter α_0, α_1 dan α_2 diduga dengan Metode Kuadrat Terkecil (Draper dan Smith, 1981) .

Kriteria pengujian :

- Model 1. $H_0: \alpha_1 = \alpha_2$, diterima apabila kedua selang saling tumpang tindih (*over lapping*),
Model 2. $H_0: \alpha_1 = 1$, diterima jika nilai 1 termasuk dalam selang kepercayaan,
Model 3. $Y = a_0 PL$, diterima tanpa intersep.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan daun contoh acak sebanyak 43 tangkai, menunjukkan bahwa keragaman terbesar di antara peubah daun yang diamati adalah data luas daun tiap tangkai (Tabel 1). Panjang dan lebar daun tiap helai, antara daun kiri, tengah dan kanan hampir sama berturut-turut memiliki rata-rata panjang daun 11,7 cm, 12,6 cm dan 11,5 cm serta lebar daun 7,6 cm, 8,2 cm dan 7,4 cm. Koefisien keragaman lebar daun (22,3-4,3%) umumnya sedikit lebih besar daripada panjang daun (17,9-21,6%). Koefisien keragaman yang kecil dari suatu peubah bebas akan dapat menerangkan keragaman peubah tak bebas yang relatif kecil pula. Data yang telah dikumpulkan diharapkan dapat menerangkan hubungan regresi antara peubah bebas (panjang dan lebar daun) dengan peubah tak bebas (luas daun tiap tangkai).

Luas permukaan didekati dengan model $Y = a_0 P_1^a L_2^a$, dengan penduga parameter a_0, a_1 dan a_2 sebagai koefisien bentuk.

Jika $a_0=1, a_1=1$ dan $a_2=1$ maka Y merupakan luas empat persegi panjang,

Jika $a_0=1/2, a_1=1$ dan $a_2=1$ maka Y merupakan luas segitiga.

Jika $a_0 = \pi=22/7, a_1=1, a_2=1, P=L$ =jari-jari lingkaran, maka Y merupakan luas lingkaran.

Tiap tangkai daun Koro pedang yang terdiri dari 3 helai daun, total luasnya didekati dengan $3 \times$ luas tiap helai daun dengan model $Y = a_0 P_1^a L_2^a$. Sejalan dengan koefisien bentuk di atas, maka penduga a_0 yang akan diperoleh sudah merupakan hasil kali dari 3 dengan koefisien bentuk dari a_0 . Peubah P dan L yang digunakan untuk menduga luas tiap tangkai daun dicoba dengan menggunakan P dan L dari helai daun sebelah kiri, tengah dan kanan. Hasil penduga luas daun dengan model $Y = a_0 P_1^a L_2^a$ atau model logaritma $\log Y = \log a_0 + a_1 \log P + a_2 \log L$ disajikan pada Tabel 2.

Pendugaan dengan melibatkan peubah panjang dan lebar daun kiri, tengah dan kanan cukup baik, menghasilkan koefisien determinasi sekitar 95%. Dengan demikian, keragaman total luas tiap tangkai daun dapat diterangkan oleh peubah panjang dan lebar daun dalam model $Y = a_0 P_1^a L_2^a$ sebesar 95%. Hasil uji statistik t dari setiap parameter koefisien regresi menyatakan berbeda nyata dari nol. Nilai selang kepercayaan 95% bagi parameter α_1 dan α_2 dari setiap peubah panjang dan lebar helai daun kiri, tengah dan kanan saling tumpang tindih, seperti pada daun helai kiri selangnya 0,5327-1,3193 untuk α_1 dan selang 0,6511-1,3306 untuk α_2 (Tabel 2). Berdasarkan nilai selang kepercayaan yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien parameter regresi $\alpha_1 = \alpha_2$. Oleh karena itu, model pendugaan dapat disederhanakan menjadi model 2. $Y = a_0 (PL)^a$ atau dalam logaritma $\log Y = \log a_0 + a_1 \log PL$. Model ini disebut sebagai model *single power* (Antunes *et al.*, 2008).

Penyederhanan model dugaan luas daun tiap tangkai dengan model $Y = a_0 PL^a$ tidak mengurangi ketelitian pendugaan bila dibandingkan dengan model dugaan sebelumnya. Hal ini dicerminkan oleh koefisien determinasi yang sama yaitu sekitar 95%. Penduga parameter dari model $Y = a_0 PL^a$ disajikan pada Tabel 3. Hasil uji t terhadap parameter koefisien regresi dari model menunjukkan berbeda nyata dari nol. Model dugaan $Y = a_0 PL^a$ dapat disederhanakan menjadi model $Y = a_0 PL$, karena nilai selang kepercayaan 95% parameter koefisien regresi $\alpha_1 = 1$ untuk semua model dengan peubah PL helai daun kiri, tengah dan kanan (Tabel 3).

Tabel 1. Statistik Deskriptif Panjang, Lebar Daun dan Luas Daun Tanaman Koro Pedang

| Statistik | Panjang daun kiri (cm) | Lebar daun kiri (cm) | Panjang daun tengah (cm) | Lebar daun tengah (cm) | Panjang daun kanan (cm) | Lebar daun kanan (cm) | Luas daun (cm ²) |
|----------------|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Minimum | 6,5 | 4,2 | 7,6 | 4,2 | 7,0 | 4,2 | 73,4 |
| Maksimum | 15,7 | 11,5 | 16,7 | 12,6 | 15,7 | 11,1 | 470,8 |
| Rata-rata | 11,7 | 7,6 | 12,6 | 8,2 | 11,5 | 7,4 | 236,2 |
| Simpangan baku | 2,2 | 1,7 | 2,7 | 2,0 | 2,1 | 1,7 | 93,7 |
| KK % | 18,6 | 22,3 | 21,6 | 24,3 | 17,9 | 22,4 | 39,7 |

Tabel 2. Penduga dan Selang Kepercayaan 95% bagi Parameter Model $\log Y = \log a_0 + a_1 \log P + a_2 \log L$

| Peubah bebas | Coefficients | Standard Error | t Stat | P-value | Lower 95% | Upper 95% | R Square |
|--------------------------|--------------|----------------|--------|---------|-----------|-----------|----------|
| Daun helai kiri | | | | | | | |
| Intercept (log a_0) | 0,4956 | 0,0865 | 5,7281 | 0,0000 | 0,3208 | 0,6705 | 0,9577 |
| Panjang daun (log P) | 0,9260 | 0,1946 | 4,7581 | 0,0000 | 0,5327 | 1,3193 | |
| Lebar daun (log L) | 0,9909 | 0,1681 | 5,8947 | 0,0000 | 0,6511 | 1,3306 | |
| Daun helai tengah | | | | | | | |
| Intercept | 0,3918 | 0,1238 | 3,1649 | 0,0030 | 0,1416 | 0,6421 | 0,9495 |
| Panjang daun (log P) | 0,9250 | 0,2161 | 4,2805 | 0,0001 | 0,4882 | 1,3617 | |
| Lebar daun (log L) | 1,0325 | 0,1535 | 6,7278 | 0,0000 | 0,7223 | 1,3427 | |
| Daun helai kanan | | | | | | | |
| Intercept | 0,4812 | 0,1014 | 4,7444 | 0,0000 | 0,2762 | 0,6862 | 0,9489 |
| Panjang daun (log P) | 0,8861 | 0,2066 | 4,2892 | 0,0001 | 0,4686 | 1,3036 | |
| Lebar daun (log L) | 1,0776 | 0,1684 | 6,3971 | 0,0000 | 0,7371 | 1,4180 | |

Tabel 3. Penduga dan Selang Kepercayaan 95% bagi Parameter Model $\log Y = \log a_0 + a_1 \log PL$

| Peubah Bebas | Coefficients | Standard Error | t Stat | P-value | Lower 95% | Upper 95% | R Square |
|--------------------------|--------------|----------------|---------|---------|-----------|-----------|----------|
| Daun kiri | | | | | | | |
| Intercept (log a_0) | 0,4846 | 0,0612 | 7,9250 | 0,0000 | 0,3611 | 0,6081 | 0,9577 |
| Panjang x lebar (log PL) | 0,9609 | 0,0315 | 30,4561 | 0,0000 | 0,8972 | 1,0246 | |
| Daun tengah | | | | | | | |
| Intercept (log a_0) | 0,3620 | 0,0715 | 5,0599 | 0,0000 | 0,2175 | 0,5065 | 0,9494 |
| Panjang x lebar (log PL) | 0,9882 | 0,0356 | 27,7391 | 0,0000 | 0,9163 | 1,0602 | |
| Daun kanan | | | | | | | |
| Intercept (log a_0) | 0,4429 | 0,0693 | 6,3953 | 0,0000 | 0,3030 | 0,5828 | 0,9485 |
| Panjang x lebar (log PL) | 0,9919 | 0,0361 | 27,4928 | 0,0000 | 0,9191 | 1,0648 | |

Penduga parameter koefisien regresi model $Y = a_0 PL$ disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan nilai selang kepercayaan 95% bagi parameter koefisien regresi menunjukkan bahwa penduga parameter regresi dengan menggunakan peubah panjang dan lebar daun sebelah kiri atau kanan menunjukkan tidak ada perbedaan. Di samping itu, selang kepercayaan 95% bagi parameter koefisien regresi yang menggunakan peubah panjang dan lebar daun tengah berbeda nyata dengan helai daun sebelah kiri dan kanan. Dengan demikian, pendugaan luas daun dapat menggunakan peubah panjang dan lebar daun helai sebelah kiri atau kanan dengan penduga $Y = 2,6134 PL_{ia}$ (PL_{ia} =hasil kali peubah panjang dan lebar daun sebelah kiri atau kanan). Pendugaan luas

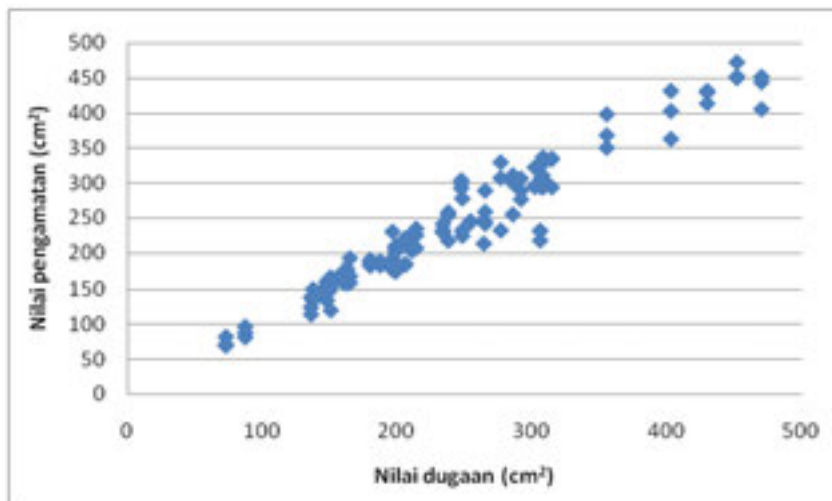
daun dapat juga menggunakan peubah daun helai tengah dengan penduga $Y = 2,1774 PL_t$ (PL_t =panjang x lebar daun tengah). Penduga koefisien regresi pada helai daun tengah lebih kecil dari pada helai daun sebelah kiri atau kanan. Hasil pendugaan ini sejalan dengan pendugaan luas daun pada tanaman kedelai yang memiliki tipe daun trifoliolate. Penduga luas daun kedelai 4 varietas dengan menggunakan peubah panjang x lebar daun tengah, kiri dan kanan diperoleh penduga koefisien regresi berturut-turut antara 1,89-2,00, 2,18-2,28 dan 2,23-2,30 (Sutoro, 1992). Perbedaan ini dikarenakan helai daun tengah agak berbeda bila dibandingkan dengan helai daun kiri dan kanan. Panjang dan lebar daun helai tengah sedikit lebih besar daripada helai daun kiri dan kanan, sehingga

penduga koefisien regresi dengan helai daun tengah lebih kecil daripada helai daun kiri atau kanan. Diagram titik nilai dugaan dan nilai pengamatan luas daun disajikan pada Gambar 1 serta nilai penyimpangan dari ketiga posisi daun yang digunakan sebagai peubah bebas. Korelasi nilai pengamatan dan nilai dugaan merupakan petunjuk kebaikan model dugaan (Cemek *et al.*, 2011). Korelasi nilai pengamatan dengan nilai dugaan diperoleh koefisien korelasi yang tinggi $r=0,9698$. Diagram nilai sisaan nampak tidak tergantung dari peubah helai daun yang digunakan (Gambar 2).

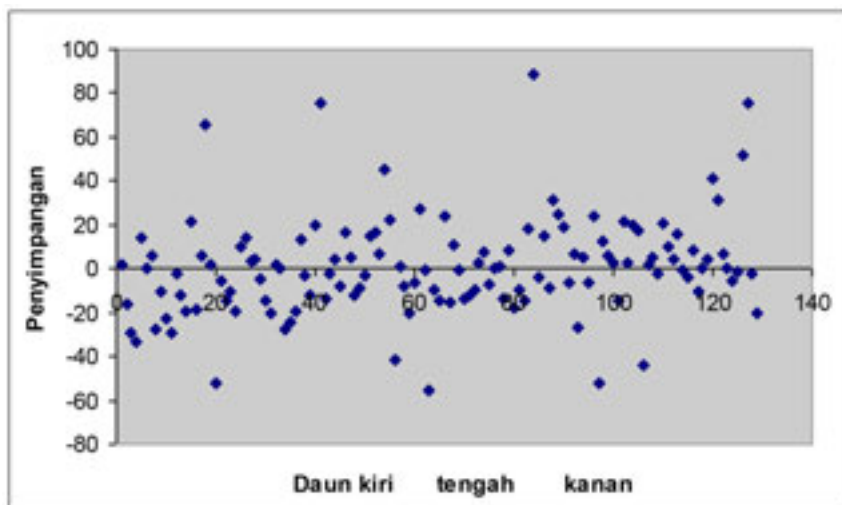
Pendugaan luas tiap tangkai daun yang dipaksakan dengan menggunakan salah satu daun (dengan menggabungkan ketiga posisi helai daun) diperoleh penduga luas $Y= 2,4308 PL$ ($PL=$ panjang x lebar helai daun posisi kiri, atau tengah atau kanan). Diagram titik nilai penyimpangan dengan penduga ini menunjukkan bahwa dugaan luas daun akan cenderung lebih rendah bila menggunakan peubah helai daun kiri atau kanan dan cenderung lebih besar bila menggunakan helai daun tengah (Gambar 3).

Tabel 4. Penduga dan Selang Kepercayaan 95% bagi Parameter Model $Y= a_0 PL$

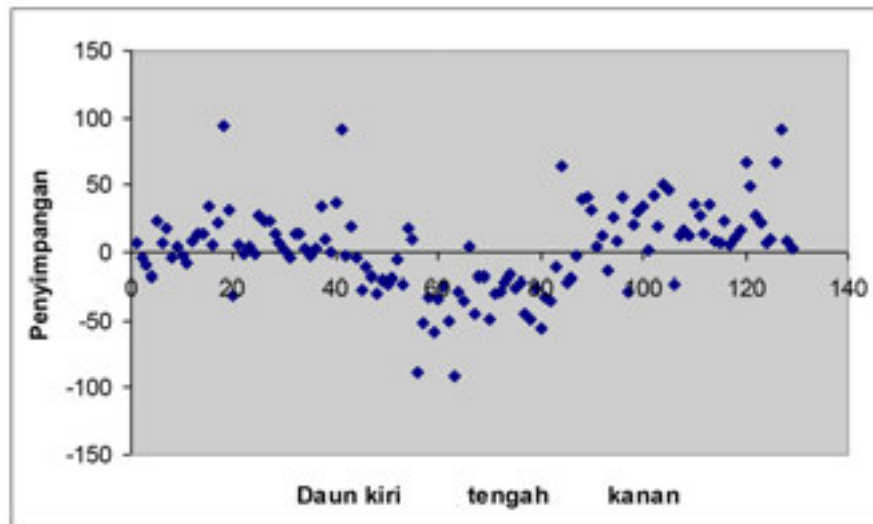
| Peubah bebas | Coefficients | Standard Error | t Stat | P-value | Lower 95% | Upper 95% | R Square |
|----------------------|--------------|----------------|----------|---------|-----------|-----------|----------|
| PL-kiri | 2,5555 | 0,0351 | 72,9081 | 0,0000 | 2,4847 | 2,6262 | 0,9922 |
| PL-tengah | 2,1774 | 0,0293 | 74,2454 | 0,0000 | 2,1182 | 2,2366 | 0,9924 |
| PK-kanan | 2,6770 | 0,0359 | 74,6223 | 0,0000 | 2,6046 | 2,7494 | 0,9925 |
| PL-Kiri+kanan | 2,6134 | 0,0258 | 101,4101 | 0,0000 | 2,5622 | 2,6646 | 0,9918 |
| PL-kiri+tengah+kanan | 2,4308 | 0,0271 | 89,5991 | 0,0000 | 2,3771 | 2,4845 | 0,9843 |



Gambar 1. Diagram titik nilai dugaan dan pengamatan luas daun tiap tangkai



Gambar 2. Diagram titik nilai penyimpangan (nilai pengamatan-nilai dugaan) dengan menggunakan peubah panjang dan lebar helai daun kiri, tengah dan kanan dengan model $Y=2,6134 PL_{ia}$ (PL_{ia} =hasil kali peubah panjang dan lebar daun sebelah kiri atau kanan) dan $Y=2,1774 PL_t$



Gambar 3. Diagram titik nilai penyimpangan dengan menggunakan peubah panjang dan lebar helai daun kiri, tengah dan kanan dengan model $Y = 2,4308 PL$ ($PL = \text{panjang} \times \text{lebar helai daun posisi kiri, atau tengah atau kanan}$)

KESIMPULAN DAN SARAN

Pendugaan luas daun tanaman Koro pedang tiap tangkai dapat menggunakan penduga $Y = 2,6134 PL_{ia}$ ($PL_{ia} = \text{hasil kali peubah panjang dan lebar helai daun sebelah kiri atau kanan}$). Pendugaan luas daun dapat juga menggunakan peubah daun helai tengah dengan penduga $Y = 2,1774 PL_t$ ($PL_t = \text{panjang} \times \text{lebar helai daun tengah}$).

Model pendugaan luas daun tiap tangkai yang telah diperoleh adalah untuk kondisi optimal, sehingga perlu dilakukan validasi model pendugaan untuk kondisi sub-optimal. Kondisi sub-optimal yang perlu diperhatikan mencakup kondisi kesuburan tanah rendah dan kondisi akibat perubahan iklim, seperti kekeringan.

PUSTAKA

- Antunes, W.C., M.F. Pompelli, D.M. Carretero and F.M. DaMatta. 2008. Allometric Models for Non-Destructive Leaf Area Estimation in Coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). Ann. Appl Biol. <http://www.contabeis.ufpe.br/lev/images/pdf/pdfsmarcelo/marcelo1.pdf>. Diakses pada tanggal 3 Januari 2013.
- Bhatt, M, and S.V. Chanda. 2003. Prediction of Leaf Area in *Phaseolus vulgaris* by Non-Destructive Method. Bulg. Journal Plant Physiol. 29(1-2):96-100.
- Cemek, B., A. Unlukara, and A. Kurunc. 2011. Non Destructive Leaf Area Estimation and Validation for Green Pepper (*Capsicum annum* L.) Grown Under Different Stress Conditions. Photosynthetica 49(1):98-106.
- Draper, N.R. and H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis. John Wiley and Sons. New York. P. 709.
- Grotkopp, E and M. Rejmanek. 2007. High Seedling Relative Growth Rate and Specific Leaf Area are Traits of Invasive Species: Phylogenetically Independent Contrast of Woody Angiosperms. American Journal of Botany 94 (4): 526-532.
- Hossain, M.A., M.A.R. Sarkar and S.K. Paul. 2011. Growth Analysis of Late Transplant Aman Rice (cv. BR23) Raised from Tiller Seedlings. Libyan Agric. Res. Center Journal Int. 2 (6): 265-273.
- Mokhtarpour, H., C.B.S. RTeH, G. Saleh, A.B. Selamat, M.E. Asadi, and B. Kamkar. 2010. Non Destructive Estimation of Maize Leaf Area, Fresh Weight, and Dry Weight Using Leaf Length and Leaf Width. Comm. in Biometry and Crop Sci. 5 (1):19-26.
- Olfati J.A., G. Peyvast, H. Shabani and Z. Nosrati-rad. 2010. An Estimation of Individual Leaf Area in Cabbage and Broccoli Using Non-Destructive Method. J. Agr. Sci. Tech. 2:627-632.
- Pandey, S. K. and H. Singh. 2011. A Simple, Cost-Effective Method for Leaf Area Estimation. Journal of Botany, vol. 2011, Article ID 658240, 6 pages, 2011. doi:10.1155/2011/658240. <http://www.hindawi.com/journals/jb/2011/658240/abs/>. Diakses pada tanggal 3 Januari 2013.
- Sutoro. 1992. Metode Pendugaan Luas Daun Kedelai (*Glycine max* L.), Jagung (*Zea mays* L.) dan Ubikayu (*Manihot esculenta* Grants). Penelitian Pertanian 12(2):89-91.
- Windrati, W.S., A. Nafi, dan P.D. Agustine. 2010. Sifat Nutrisional Protein Rich Flour Koropedang (*Canavalia ensiformis* L.). Jurnal Agroteknologi 4(1): 18-16.