

**KOLOKIUM**

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**



NAMA : AGUS AMBARWARI

NIM : G651150341

PROGRAM STUDI : ILMU KOMPUTER

JUDUL PENELITIAN : ANALISIS BIOMETRIK KERAPATAN VENASI DAUN BERBASIS CITRA DIGITAL

DOSEN PEMBIMBING : 1. Dr. YENI HERDIYENI, S.Si, M.Kom

2. IRMAN HERMADI, S.Kom, MS, Ph.D

HARI/TANGGAL : KAMIS/16 FEBRUARI 2017

WAKTU :

TEMPAT : RUANG SIDANG ILMU KOMPUTER IPB

PEMBAHAS : PUTRI YULI UTAMI



ANALISIS BIOMETRIK KERAPATAN VENASI DAUN BERBASIS CITRA DIGITAL

Agus Ambarwari1, Yeni Herdiyeni2, Irman Hermadi3

1Mahasiswa Departemen Ilmu Komputer, FMIPA IPB

2Ketua Komisi Pembimbing, staf pengajar Departemen Ilmu Komputer, FMIPA IPB

3Anggota Komisi Pembimbing, staf pengajar Departemen Ilmu Komputer, FMIPA IPB

## *Abstract*

*Venation of leaf is one biometric feature of leaves that have an important role in growth processes in plants, and also to determine the relationship of a plant physiology and the climate. At every different environment, plants have different types of leaf venation. Different types of leaf venation can be seen from the level of density on the leaf venation. Leaf venation density measurements can be done by dividing the total skeleton length with projected leaf area. To get the total skeleton length and projected leaf area, necessary feature extraction of leaf venation. In addition to measuring the density of leaf venation, on every leaf venation features produced will be measured average, variance and standard deviation value, because it will also feature selection to classify the leaves by type of venation.*

***Keyword:*** *biometric, feature selection, leaf venation density, venation of leaf*

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Morfologi tanaman merupakan ilmu yang mempelajari bentuk fisik dan struktur tubuh dari tanaman (Raven et al. 2005). Hal ini berguna untuk mengidentifikasi tanaman secara visual, dengan begitu keragaman tanaman yang sangat besar dapat dikenali dan diklasifikasikan serta diberi nama yang tepat untuk setiap kelompok yang terbentuk. Morfologi tanaman tidak hanya menguraikan bentuk dan susunan tubuh tanaman saja, tetapi juga untuk menentukan fungsi dari masing-masing bagian dalam kehidupan tanaman, selanjutnya juga dapat diketahui dari mana asal dan susunan tubuh yang terbentuk (Tjitrosoepomo 2013). Informasi morfologi dibutuhkan dalam pemahaman siklus hidup, penyebaran geografis, ekologi, evolusi, konservasi, serta pendefinisian spesies (Douaihy *et al.* 2012).

Bagian tanaman yang memiliki karakteristik berbeda antara tanaman yang satu dengan tanaman yang lain dan sering digunakan untuk mengidentifikasi spesies adalah daun (Le et al. 2014). Selain itu, daun merupakan organ yang berperan penting dalam adaptasi lingkungan (Yang et al. 2015). Daun itu sendiri memiliki fitur utama yang membedakan setiap jenis tanaman, antara lain fitur bentuk, struktur urat (venasi), warna dan keadaan permukaan daun (Rahmadhani dan Herdiyeni 2010). Diantara fitur-fitur tersebut, venasi daun memiliki keragaman yang unik yang dapat menggambarkan karakteristik tanaman secara lebih rinci, meskipun beberapa spesies tanaman tidak menunjukkan pola venasi yang jelas (Wahyumiyanto et al. 2011). Jaringan venasi daun memberikan hubungan integratif antara bentuk tanaman, fungsi dan iklim, termasuk suhu, endapan dan ketersediaan air (Blonder dan Enquist 2014).

Berkaitan dengan pertumbuhan tanaman, venasi daun memiliki peran yang sangat penting. Pertumbuhan tanaman akan mengalami *water loss* atau pelepasan air saat transpirasi. Transpirasi sendiri membutuhkan *water supply* yang disediakan oleh venasi daun. Jika kecepatan pertumbuhan (*growth rate*) dan kecepatan pelepasan air (*water loss rate*) tanaman bergantung pada lingkungan, maka hanya beberapa tipe venasi daun dengan kerapatan atau densitas tertentu saja yang dapat bertahan pada setiap lingkungan yang berbeda (Blonder dan Enquist 2014). Bahkan, sebagian besar tanaman yang telah diamati (termasuk daun pohon, pohon cemara, semak-semak dan tumbuhan), yang berada dibawah sinar matahari memiliki kerapatan venasi lebih tinggi daripada tanaman yang berada di bawah bayangan (Uhl dan Mosbrugger 1999; Zhu et al. 2011). Uhl dan Mosbrugger (1999) menyebutkan bahwa faktor paling penting yang mempengaruhi kerapatan venasi adalah air. Zalenski (1902) mengamati bahwa kerapatan venasi pada tanaman di habitat kering lebih tinggi daripada tanaman di habitat mesic (jenis habitat dengan tingkat kelembaban atau air yang cukup). Sehingga untuk mengetahui hubungan fisiologi dan iklim suatu tanaman, diperlukan pengukuran tingkat kerapatan atau densitas dari jaringan venasi daun. Kerapatan merupakan salah satu ciri utama dari venasi daun, karena terkait langsung dengan fungsi vena (Zhu et al. 2011). Kerapatan venasi daun dapat diukur dengan membagi total panjang venasi dengan luas area daun (Bühler *et al.* 2015). Untuk mendapatkan total panjang venasi dan luas area daun, maka perlu dilakukan ekstraksi fitur venasi daun.

Banyak penelitian yang telah dilakukan terkait ektraksi fitur venasi daun. Rahmadhani dan Herdiyeni (2010) telah melakukan penelitian mengenai ekstraksi bentuk dan venasi daun yang mengimplementasikan pemodelan *Fourier* dan *B-Spline*. Namun segmentasi yang dihasilkan hanya sampai venasi sekunder dan masih banyak bagian dari venasi yang tidak tersegmentasi, sehingga akurasinya kurang baik. Selanjutnya Salima *et al*. (2015) telah berhasil memperbaiki segmentasi venasi tersebut dengan menggunakan matriks Hessian yang mengimplementasikan *vesselness measure* berdasarkan nilai *eigen* dari matriks Hessian. *Vesselness measure* ini biasa digunakan untuk segmentasi pembuluh organ manusia. Hasil yang didapatkan yaitu, sistem dapat melakukan segmentasi sampai dengan venasi tersier. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Prastya (2016), yang melakukan ektraksi fitur venasi daun berbasis geometri dengan melakukan perhitungan nilai *straightness, different angle, length ratio* dan *scale projection*. Perhitungan nilai-nilai tersebut digunakan sebagai penciri atau fitur dari venasi daun. Selain Prastya (2016), Plotze dan Bruno (2009) juga telah melakukan ekstraksi fitur biometrik tanaman, yaitu venasi daun. Fitur yang diekstraksi dari struktur venasi daun adalah *distances*, *length* dan *angle*. Pada beberapa fitur tersebut, dilakukan perhitungan *average*, *variance* dan *standard deviation* sehingga akurasi yang diperoleh tinggi. Namun, dari hasil penelitian tersebut tidak sampai dilakukan pengukuran kerapatan venasi daun.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran kerapatan venasi daun dengan menggunakan fitur biometrik tanaman. Pengukuran tingkat kerapatan venasi daun, memerlukan total panjang venasi dan luas area daun yang diperoleh dari ekstraksi fitur venasi daun. Hasil ekstraksi fitur venasi daun akan menghasilkan beberapa fitur, antara lain *straightness, different angle, length ratio, scale projection* (Prastya 2016), *total skeleton length, projected leaf area, number of branching points* dan *number of ending points* (Bühler *et al.* 2015). Dari fitur-fitur yang didapatkan, juga akan dilakukan seleksi fitur untuk mengklasifikasikan tanaman berdasarkan tipe venasinya. Namun sebelumnya, pada setiap fitur yang diperoleh akan dikombinasikan dengan metode Plotze dan Bruno (2009), yaitu dilakukan perhitungan *average*, *variance* dan *standard deviation*. Kemudian untuk mengklasifikasikan daun berdasarkan tipe venasi, salah satu teknik klasifikasi yang dapat digunakan yaitu *Support Vector Machine* (SVM). Pada banyak kasus seperti *pattern recognition* dan *regression estimation*, performa SVM (yaitu tingkat kesalahan pada saat pengujian data) secara signifikan lebih baik daripada metode-metode yang lain (Burges 1998).

## Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana mengukur kerapatan venasi daun berbasis geometri?
2. Apakah pola kerapatan venasi daun memiliki hubungan dengan habitat tempat tumbuhnya tanaman?
3. Bagaimana melakukan pemilihan fitur venasi agar diperoleh fitur terbaik untuk klasifikasi daun berdasarkan tipe venasinya?

## Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari karakteristik kerapatan venasi daun berbasis fitur biometrik.
2. Menganalisis hubungan antara pola kerapatan venasi daun dengan habitat tempat tumbuh tanaman.
3. Mencari fitur venasi daun yang terbaik untuk mengklasifikasikan tanaman berdasarkan tipe venasinya.

## Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mempermudah kerja botanikus dalam mengidentifikasi tanaman dan juga memprediksi iklim serta lingkungan tempat tumbuhnya suatu tanaman, tentunya dengan penelitian lebih lanjut.

## Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data penunjang yang digunakan berupa file citra daun yang diambil dari Hutan Halimun Salak dan telah dikumpulkan di Laboraturium *Computational Intelligent*, Departemen Ilmu Komputer IPB.
2. Tipe venasi daun dikelompokkan menjadi 5 tipe, yaitu *Acrodromous*, *Actinodromous*, *Campylodromous*, *Parallelodromous* dan *Pinnate*.
3. Fitur venasi yang digunakan adalah *straightness, different angle, length ratio,* *scale projection* (Prastya 2016)*, total skeleton length, projected leaf area, number of branching points* dan *number of ending points* (Bühler *et al.* 2015).

# METODE PENELITIAN

## Tahapan Penelitian

Tahapan proses dalam penelitian ini antara lain, pengumpulan data berupa data citra daun, segmentasi, deteksi vein, ekstraksi fitur, seleksi fitur terbaik, klasifikasi, analisis kerapatan venasi dengan tipe venasinya dan evaluasi model klasifikasi. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

## Data Citra Daun

Data citra daun yang digunakan pada penelitian ini adalah citra daun tanaman yang diambil dari Hutan Halimun Salak yang telah dikumpulkan di Laboraturium *Computational Intelligent*, Departemen Ilmu Komputer IPB. Secara keseluruhan, data citra daun tersebut berjumlah 470 dan telah dikelompokan berdasarkan tipe venasinya.



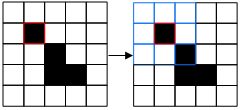
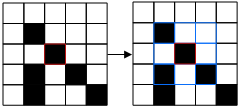
Gambar 1 Tahapan Penelitian

## Segmentasi

Salah satu tahapan praproses data pada citra daun adalah tahap segmentasi. Segmentasi citra adalah proses pemisahan citra menjadi beberapa bagian yang homogen dan mengekstrak bagian-bagian tersebut menjadi objek yang akan diamati sehingga didapati *region of interest*-nya (Gonzalez *et al.* 2004). Pada data citra daun yang telah dikumpulkan, dilakukan segmentasi menggunakan matriks Hessian (Salima *et al.* 2015). Data citra daun hasil segmentasi yaitu berupa data citra biner.

## Deteksi Vein

Pada tahap ini, dari data citra biner akan ditentukan *branch-point* dan *end-point*. Ketika sebuah piksel hanya memiliki satu atau dua piksel tetangga maka piksel tersebut merupakan *end-point*, ilustrasi seperti pada Gambar 2a. Jika sebuah piksel memiliki tiga atau lebih piksel tetangga maka piksel tersebut merupakan *branch-point*, ilustrasi seperti pada Gambar 2b.

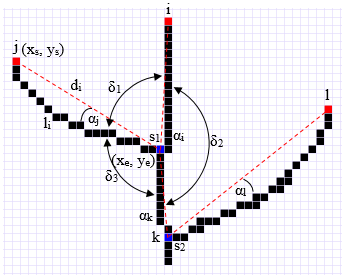
 

(a) (b)

Gambar 2 (a) ilustrasi penentuan *end-point*, (b) ilustrasi penentuan *branch-point* pada citra biner

## Ekstraksi Fitur Venasi

Ekstraksi fitur venasi daun didapatkan menggunakan perhitungan nilai *straightness*, *different angle*, *length ratio* dan *scale projection* (Prastya 2016). Untuk menghitung nilai fitur tersebut, dibutuhkan posisi koordinat titik yang saling berhubungan (satu segmen) dari proses ekstraksi segmen.



Gambar 3 Ilustrasi sebuah segmen dengan sepasang koordinat titik

### *Straightness*

*Straightness* adalah pengukuran nilai kelurusan suatu segmen. Gambar 3 merupakan ilustrasi sebuah segmen yang terdiri dari sepasang koordinat titik (x, y). Untuk menghitung nilai *straightness*, terlebih dahulu harus dihitung jarak antar kedua titik menggunakan persamaan (1).

xs = absis dari piksel awal

ys = ordinat dari piksel awal

xe = absis dari piksel akhir

ye = ordinat dari piksel akhir

Setelah menentukan nilai jarak antar titik, kemudian dihitung nilai ciri *straightness*. Nilai *straightness* dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

li = panjang perimeter

di = jarak antar titik

### *Different Angle*

*Different angle* adalah pengukuran beda sudut antar segmen. Pada Gambar 3 diberikan empat buah segmen i, j, k dan l dengan s1 dan s2 sebagai titik pusat dari keempat segmen tersebut. Setiap segmen akan dihitung besar sudut (α) yang terbentuk dari titik pusat segmen menggunakan persamaan (3).

Besar sudut yang dihasilkan akan memiliki rentang Untuk menghasilkan nilai αi, αj, αk, dan αl besar sudut harus memiliki rentang . Nilai sudut dengan rentang tersebut didapatkan dengan persamaan (4).

Jika nilai , maka nilai αi dapat ditentukan menggunakan persamaan (5).

Setelah besar sudut diubah dengan rentang , maka dapat ditentukan nilai *different angle* antar segmen yang berimpitan mengunakan persamaan (6).

### *Length Ratio*

Nilai rasio panjang diukur dengan membandingkan nilai perimeter dengan nilai maksimum perimeter dari seluruh segmen dengan menggunakan persamaan (7).

li = panjang perimeter

= vektor perimeter segmen

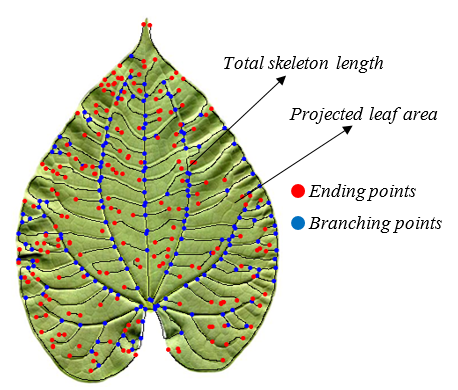
### *Scale Projection*

*Scale Projection* adalah pengukuran panjang proyeksi antar segmen yang berimpitan. Misalkan pada Gambar 3, untuk menentukan panjang proyeksi antar segmen i dan j dapat digunakan persamaan (8) dan persamaan (9):

## Pengukuran Kerapatan Venasi

Setelah dilakukan ektraksi fitur venasi daun, maka akan didapatkan juga beberapa fitur venasi berdasarkan sifat venasinya, yaitu *total skeleton length*, *projected leaf area*, *total branching points*, dan *total ending points* (Bühler *et al.* 2015). Dari fitur sifat venasi, kemudian dapat diukur beberapa fitur kerapatan.

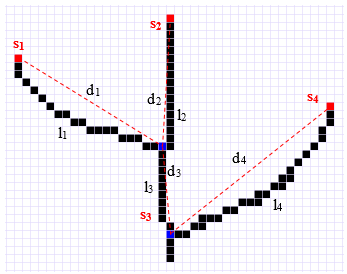
Kerapatan venasi daun, kerapatan titik percabangan dan kerapatan titik akhir percabangan dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan (10), persamaan (11) dan persamaan (12) (Bühler *et al.* 2015).



Gambar 4 Ilustrasi kerapatan venasi daun

## Pengukuran *Average, Variance* dan *Standard Deviation*

Pengukuran *average, variance* dan *standard deviation* merujuk pada penelitian Plotze dan Bruno (2009), yaitu dilakukan pada setiap fitur venasi daun yang telah diperoleh. Gambar 5 merupakan ilustrasi pengukuran nilai fitur *straightness*.



Gambar 5 Ilustrasi pengukuran nilai fitur *straightness*

Dari Gambar 5, untuk pengukuran *average,* *variance* dan *standard deviation* adalah sebagai berikut.

Hal yang sama juga dilakukan pada setiap fitur yang telah diekstraksi, sehingga nantinya setiap fitur akan memiliki tiga nilai, yaitu *average, variance* dan *standard deviation*.

## Seleksi Fitur Venasi Daun

Seleksi fitur dilakukan dengan memilih fitur-fitur venasi daun yang memiliki interkorelasi diantara fitur-fitur. Agar ketika fitur-fitur tersebut digunakan dalam klasifikasi daun berdasarkan tipe venasinya, hasil yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Metode yang akan digunakan untuk seleksi fitur venasi daun yaitu *correlation based feature selection* (CFS).

## Klasifikasi SVM

Pembangunan model dilakukan dengan menggunakan *classifier* SVM dengan fungsi *Kernel Gaussian RBF*. Pada fungsi *Kernel Gaussian RBF* dibutuhkan parameter C dan γ. C adalah parameter untuk menentukan besarnya penalti akibat kesalahan dalam klasifikasi data pelatihan, sedangkan γ adalah parameter pengontrol lebar varian fungsi *Gaussian*. Untuk mendapatkan nilai parameter terbaik, setiap nilai parameter C dikombinasikan dengan nilai parameter γ, kemudian pada setiap kombinasi tersebut diterapkan metode 4-*Fold Cross Validation*.

Di dalam metode 4-*Fold Cross Validation*, dilakukan proses pelatihan dan proses pengujian pada setiap *fold* untuk membangun model klasifikasi SVM dan menghitung tingkat akurasi model tersebut. Pada setiap pasangan C dan γ, akan menghasilkan 4 model klasifikasi SVM serta akurasinya. Pasangan nilai C dan γ terbaik adalah pasangan yang memiliki rataan akurasi model terbesar. Pemilihan model terbaik yaitu dengan melihat akurasi setiap model yang dihasilkan.

## Analisis

Setiap tipe venasi daun memiliki tingkat kerapatan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, data kerapatan venasi daun akan dianalisis terhadap tipe venasinya. Dengan membandingkan hasil pengukuran tingkat kerapatan pada setiap tipe venasi daun. Selanjutnya juga dianalisis hubungan antara pola kerapatan venasi daun dengan habitat tempat tumbuh tanaman.

## Evaluasi

Evaluasi dilakukan terhadap model yang dirancang, untuk mengukur seberapa baik model mampu memprediksi data daun berdasarkan tipe venasinya. Pada pelatihan menggunakan SVM tidak terdapat mekanisme untuk mengetahui atribut yang penting atau yang kurang penting. Melalui pemilihan atribut yang penting pada SVM, tingkat efisiensi teknik klasifikasi akan meningkat. Karena atribut yang kurang penting, pada umumnya tidak mempengaruhi efektifitas teknik klasifikasi.

## Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop HP EliteBook 8460p dengan spesifikasi: sistem operasi Windows 10 64-bit, memori 4 GB, harddisk 500 GB.
2. Perangkat lunak untuk kebutuhan pemrograman antara lain Notepad++, CodeBlocks 16.01, Anaconda2-4.1.1, dan *library* OpenCV.

# DAFTAR PUSTAKA

Blonder B, Enquist BJ. 2014. Inferring climate from angiosperm leaf venation networks. New Phytol. 204(1):116-126. doi:10.1111/nph.12780.

Bühler J, Rishmawi L, Pflugfelder D, Huber G, Scharr H, Hülskamp M, Koornneef M, Schurr U, Jahnke S. 2015. Phenovein - A tool for leaf vein segmentation and analysis. Plant Physiology. 169:2359-2370. doi:10.1104/pp.15.00974.

Burges CJC. 1998. A tutorial on support vector machines for pattern recognition. Data Mining and Knowledge Discovery. 2:121-167.

Douaihy B, Sobierajska K, Jasinska AK, Boratynska K, Ok T, Romo A, Machon N, Didukh Y, Dagher-Kharrat MB, Boratynski A *et al*. 2012. Morphological versus molecular markers to describe variability in juniperus excelsa subsp. excelsa (cupressaceae). AoB Plants. 2012(0):pls013-pls013. doi:10.1093/aobpla/pls013.

Gonzalez RC, Woods RE, Eddins SL. 2004. Digital Image Processing Using MATLAB. New Jersey (US): Pearson Prentice Hall.

Le TL, Tran DT, Hoang VN. 2014. Fully automatic leaf-based plant identification, application for vietnamese medicinal plant search. Di dalam: Proceedings of the Fifth Symposium on Information and Communication Technology - SoICT '14. New York (US): Association for Computing Machinery (ACM). hlm 146-154.

Plotze RDO, Bruno OM. 2009. Automatic leaf structure biometry: computer vision techniques and their applications in plant taxonomy. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. 23(02):247-262. doi:10.1142/ s0218001409007156.

Prastya DA. 2016. Ekstraksi fitur venasi daun tumbuhan obat berbasis geometri [skripsi]. Bogor (ID): FMIPA, Institut Pertanian Bogor.

Rahmadhani M, Herdiyeni Y. 2010. Shape and vein extraction on plant leaf images using fourier and b-spline modeling. AFITA International Conference, the Quality Information for Competitive Agricultural Based Production System and Commerce. hlm 306-310.

Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. 2005. Biology of Plants. Ed ke-7. New York (US): Freeman and Company. ISBN 0-7167-1007-2.

Salima A, Herdiyeni Y, Douady S. 2015. Leaf vein segmentation of medicinal plant using hessian matrix. Di dalam: 2015 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS); 10-11 Oct. 2015; Depok, Indonesia. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). hlm 275-279. doi:10.1109/ICACSIS.2015.7415152

Tjitrosoepomo G. 2013. Morfologi Tumbuhan. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press. ISBN 979-420-241-X.

Uhl D, Mosbrugger V. 1999. Leaf venation density as a climate and environmental proxy: A critical review and new data. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. 149(1-4):15-26. doi:10.1016/s0031-0182(98)00189-8.

Wahyumiyanto A, Purnama IKE, Christyowidiasmoro. 2011. Identifikasi tumbuhan berdasarkan minutiae tulang daun menggunakan SOM kohonen [skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Yang J, Spicer RA, Spicer TEV, Arens NC, Jacques FMB, Su T, Kennedy EM, Herman AB, Steart DC, Srivastava G *et al*. 2015. Leaf form-climate relationships on the global stage: an ensemble of characters. Global Ecology and Biogeography. 24(10):1113-1125. doi:10.1111/geb.12334.

Zalenski WV. 1902. Ueber die ausbildung der nervation bei verschiedenen pflanzen. Berichte Deutsche Botanicshe Gesellschaft. 20:433-440.

Zhu Y, Kang H, Xie Q, Wang Z, Yin S, Liu C. 2011. Pattern of leaf vein density and climate relationship of quercus variabilis populations remains unchanged with environmental changes. Trees. 26(2):597-607. doi:10.1007/s00468-011-0624-0.

## Jadwal Penelitian

10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **KEGIATAN** | **2016** | | | | | | | | **2017** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **November** | | | | **Desember** | | | | **Januari** | | | | **Februari** | | | | **Maret** | | | | **April** | | | | **Mei** | | | |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** | **1** | **2** | **3** | **4** |  |  |  |  |
| Studi literature |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sidang komisi I |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Kolokium |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Praproses data |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ektraksi fitur venasi daun |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pengukuran kerapatan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Penghitungan nilai *average*, *variance* dan *std. deviation* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Seleksi fitur |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Klasifikasi dengan SVM |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Analisis hasil |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Evaluasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Penyusunan draft tesis |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sidang komisi II |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Seminar |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Publikasi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sidang tesis |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |