

## **PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR ANATOMI DAUN**

**Diah A'yuningsih**

Pendidikan Biologi FKIP Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta

Email: [diahayuni24@gmail.com](mailto:diahayuni24@gmail.com)

**Abstrak.** Anatomi tumbuhan merupakan cabang ilmu botani yang mempelajari struktur dalam organ tumbuhan dengan metode pengirisan. Salah satu organ tumbuhan tersebut adalah daun yang didalamnya tersusun dari berbagai jaringan, seperti jaringan meristem, parenkim, sklerenkim, kolenkim, epidermis dan jaringan pengangkut (Woelaningsih 2001; Hidayat 1990). Faktor lingkungan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan seperti tanah, udara, kelembaban, suhu, cahaya dan air. Polusi udara yang sering dijumpai merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktifitas didalam daun sehingga dapat merubah struktur anatomi daun. Menurut Penelitian Singaas dalam Tambaru (2013) polusi udara yang terlalu tinggi diatas ambang batas mengakibatkan perubahan morfologi, anatomi, biokimia dan fisiologi tanaman, sebagian stomata tertutup karena CO<sub>2</sub> yang terlalu tinggi dapat menyebabkan cairan sel menjadi masam, sehingga mengurangi transpirasi dan respirasi.

**Kata kunci:** Faktor lingkungan, anatomi, polusi udara

### **PENDAHULUAN**

Tumbuhan yang ada di dunia ini sangat beraneka ragam, perbedaan tersebut meliputi bentuk, ukuran maupun warna. Perbedaan bentuk maupun ukuran dapat diamati secara keseluruhan pada satu tanaman, sedangkan untuk perbedaan warna tampak jelas pada warna bunga dan pada warna daunnya. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh faktor eksternal dan internal. Faktor-faktor eksternal antara lain tanah, kelembapan, udara, suhu, cahaya dan air. Faktor-faktor internal dapat mencakup gen, hormon, kandungan klorofil serta struktur morfologi dan anatomi organ tumbuhan. (Widya, 2015:1)

Salah satu contoh faktor lingkungan yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah udara. Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia yang begitu pesat mengakibatkan bertambahnya kebutuhan yang diperlukan oleh masyarakat. Salah satunya adalah alat transportasi. Akibat dari kebutuhan masyarakat akan alat transportasi yang semakin meningkat menimbulkan dampak negatif karena menyebabkan bertambahnya jumlah polusi udara. Salah satu sumber dari pencemaran udara yaitu berasal dari transportasi yang semakin padat.

Daun adalah bagian utama yang berinteraksi langsung dengan udara sekitar, sehingga kondisi udara sekitar akan langsung mempengaruhi aktivitas dalam daun. Karna daun merupakan bagian dari tanaman yang paling sensitif terhadap udara sekitar. Menurut Penelitian Singaas dalam Tambaru (2013) polusi yang terlalu tinggi diatas ambang batas mengakibatkan perubahan morfologi, anatomi, biokimia dan fisiologi tanaman, sebagian stomata tertutup karena CO<sub>2</sub> yang terlalu tinggi dapat menyebabkan cairan sel menjadi masam, sehingga mengurangi transpirasi dan respirasi. Karbon dioksida sangat dibutuhkan untuk fotosintesis, tetapi jika konsentrasinya melampaui ambang batas udara bersih, dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Masalah yang coba dianalisis pada tulisan ini adalah melihat bagaimana anatomi daun pada tumbuhan dapat berubah akibat faktor lingkungan yaitu udara. Meningkatnya jumlah

---

transportasi dianggap sebagai salah satu faktor penyebab pencemaran udara yang dapat mempengaruhi aktifitas tumbuhan.

## **KAJIAN PUSTAKA**

### **A. Daun**

Daun merupakan suatu bagian tumbuhan yang penting dan pada umumnya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah besar daun. Daun hanya terdapat pada batang saja dan tidak pernah terdapat pada bagian lain tubuh tumbuhan. Bagian batang tempat duduknya atau melekatnya daun dinamakan buku-buku (nodus) batang dan tempat di atas daun yang merupakan sudut antara batang dan daun di namakan ketiak daun. Daun biasanya tipis melebar kaya akan sesuatu zat warna hijau yang dinamakan klorofil (Tjitrosoepomo, 2003). Daun biasanya berwarna hijau dan menyebabkan tumbuhan atau daerah-daerah yang ditempati tumbuh-tumbuhan nampak hijau pula. Bagian tubuh tumbuhan ini mempunyai umur yang terbatas. Akhirnya akan runtuh dan meninggalkan bekas pada batang. Pada waktu akan runtuh warna daun akan berubah menjadi kekuning-kuningan dan akhirnya menjadi pirang. Jadi daun yang telah tua, kemudian mati dan runtuh dari batang mempunyai warna yang berbeda dengan daun yang masih segar. Daun yang muda berwarna hijau muda keputih-putihan, kadang-kadang juga ungu atau kemerah-merahan, sedangkan yang sudah dewasa biasanya berwarna hijau sungguh (Tjitrosoepomo, 2003).

### **B. Struktur Anatomi Daun**

Daun merupakan organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis, Menurut Nugroho dan Sumardi (2004), agar daun dapat menjalankan tugasnya dengan baik maka harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Terdiri atas sel-sel yang tersusun teratur agar cahaya matahari dapat diterima secara efisien
- b. Sel-sel tersebut harus berisi atau mengandung kloroplas
- c. Diantara sel-sel yang tersusun teratur terdapat ruang antar sel agar udara dari luar
- d. Sel-sel yang menyusun daun harus dilindungi jaringan penutup (lapisan epidermis) supaya tidak tercerai berai
- e. Pada lapisan epidermis harus terdapat lubang-lubang untuk keluar masuknya udara (stomata)
- f. Untuk mengedarkan hasil fotosintesis dari daun keseluruh bagian tumbuhan diperlukan jaringan pengangkut berupa floem pada daun. Xilem mengangkut air dari dalam tanah yang dibutuhkan oleh daun.
- g. Supaya daun kuat, perlu adanya jaringan penyokong (Sklerenkim/kolenkim).

Struktur jaringan pada daun terdiri atas 3 sistem jaringan: jaringan epidermis, jaringan mesofil dan jaringan pembuluh (Fahn, 1990)

#### **1. Jaringan Epidermis Daun**

Epidermis daun pada bagian tumbuhan beragam dalam jumlah lapisan, bentuk, struktur, susunan stomata, munculnya trikoma dan susunannya, dan adanya sel yang khusus. Struktur yang biasanya berbentuk pipih itu, dibedakan antara jaringan epidermis kedua permukaannya, permukaan daun lebih dekat dengan ruas di atasnya dan yang biasanya menghadap ke atas, maka bagian permukaan tersebut dinamakan permukaan adaksial, dan permukaan yang lain sebagai permukaan abaksial (Fahn, 1995)

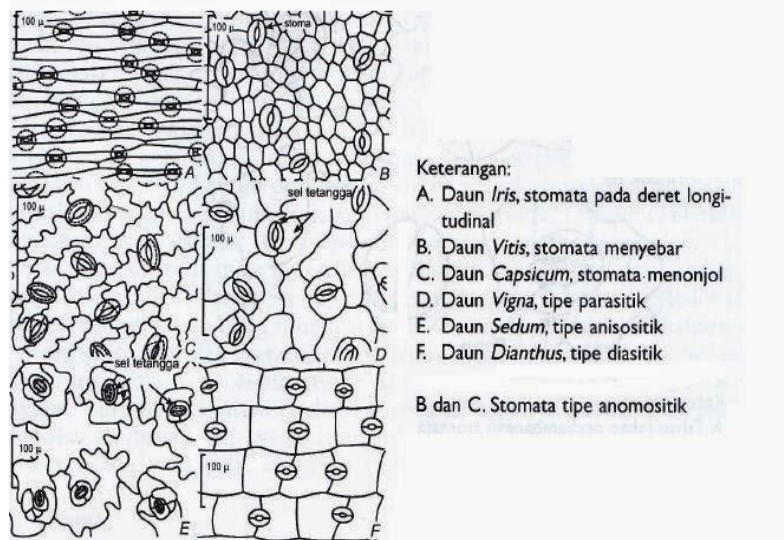
Mulyani (2006) menjelaskan struktur epidermis pada daun yaitu padat dan diperkuat oleh kutikula. Dinding sel yang tebal banyak mengandung silika sehingga dapat memberikan sokongan pada helai daun, jaringan penyokong lainnya adalah kolenkim. Kolenkim pada daun dikotil sering ditemukan didekat ibu tulang daun, dibawah epidermis dan juga di tepi daun. Selain kolenkim, dapat juga ditemukan sklerida pada mesofil daunnya dan tulang daun dikotil berukuran besar atau sedang, dikelilingi oleh sekelompok serabut.

Menurut Nugroho, dkk (2006) derifat epidermis daun diantaranya yaitu stomata dan trikoma.

a. Stomata

Stomata adalah lubang atau celah yang terdapat pada epidermis organ tumbuhan yang berwarna hijau yang dibatasi oleh sel khusus yang disebut sel penutup. Sel penutup dikelilingi oleh sel-sel yang bentuknya sama atau berbeda dengan sel-sel epidermi lainnya yang disebut sel tetangga. Peran sel tetangga dalam perubahan osmotik yaitu menyebabkan gerakan sel penutup yang mengatur lebar celah. Letak sel penutup sama tinggi dengan permukaan epidermis yang disebut penerfor, atau lebih rendah dari permukaan epidermis disebut kriptofor, sedangkan sel penutup yang lebih tinggi dengan permukaan epidermis disebut tipe menonjol.

Berikut ini merupakan gambar stomata pada permukaan bawah beberapa daun.



Gambar 1. Stomata pada Permukaan Bawah Beberapa Daun (Nugroho, 2006).

b. Trikoma

Trikoma berasal dari sel-sel epidermis, pada epidermis sering terdapat alat tambahan, baik yang unisel maupun multisel yang disebut trikoma. Trikoma mempunyai struktur yang lebih padat seperti tonjolan, struktur kelenjar, dan duri yang terdiri atas sel epidermis atau jaringan sub epidermis yang disebut *emergence*. Sel trikoma ada yang mempunyai dinding sekunder dan kadang-kadang berlignin. Beberapa trikoma dapat kehilangan protoplas hidupnya. Trikoma dikelompokkan menjadi dua, yaitu trikoma nonglanduler (rambut tak kelenjar) dan trikoma bergranduler (rambut kelenjar). (Mulyani,2006).

2. Jaringan Mesofil

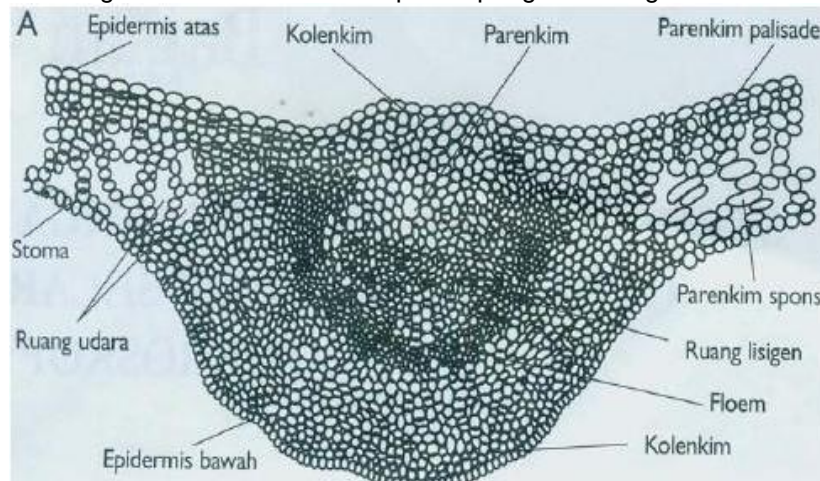
Mesofil merupakan jaringan dasar yang dikelilingi epidermis atau terletak di antara epidermis atas dan epidermis bawah. Mesofil dikatakan sebagai bagian paling utama pada organ daun. Hal ini dikarenakan pada bagian mesofil inilah banyak mengandung kloroplas serta ruang antarsel. Mesofil pada umumnya dapat bersifat homogen atau justru terbagi menjadi dua jenis jaringan yaitu jaringan tiang (palisade) dan jaringan spons (Hidayat, 1995).

Jaringan palisade dapat ditemukan tepat dibawah satu atau berlapis jaringan. Jaringan palisade tersusun rapat dan lebih kompak daripada jaringan spons. Jaringan sel membentuk struktursel yang memanjang tegak lurus terhadap permukaan helai daun. Pada sel palisade terdapat banyak kloroplas yang melekat di tepi dinding sel. Sedangkan jaringan spons terletak dibagian bawah dari jaringan palisade dan memiliki struktur atau bentuk yang lebih beragam. Ruang antar sel pada jaringan ini lebih luas jika

## **Diah A'yuningsih / Pengaruh Faktor Lingkungan**

dibandingkan dengan palisade sehingga jaringan ini sangat cocok dalam menyimpan udara dan air (Fahn, 1990)

Berikut gambar struktur anatomi penampang melintang daun dikotil



Gambar 2. Penampang Melintang Daun Dikotil (Nugroho, dkk, 2006)

### **3. Jaringan Pembuluh/Pengangkut**

Sistem jaringan pengangkut pada organ daun tumbuhan terletak didalam daerah jaringan mesofil. Sistem jaringan pembuluh tersebar di seluruh helai daun dan dengan demikian menunjukkan adanya hubungan ruang yang erat dengan mesofil. Berkas pembuluh dalam daun biasanya disebut dengan tulang daun dan sistemnya adalah sistem tulang daun. Jika ditinjau dari pola pada sistem tulang daun, maka terdapat dua macam pola yakni sistem tulang daun jala dan sistem tulang daun sejajar (Hidayat, 1995).

Sistem jaringan pengangkut pada daun memiliki struktur bentuk lingkaran. Pada umumnya sistem jaringan pengangkut terdiri dari dua jaringan yaitu, jaringan xilem yang berperan dalam pengangkutan air dan zat hara, dan jaringan floem yang berperan dalam pengangkutan hasil asimilasi (fotosintesis). Bagian dalam lingkaran tersusun dari xilem (ke arah permukaan atas daun) dan floem (ke arah permukaan bawah daun).

### **C. Faktor Lingkungan**

Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan terdiri dari faktor eksternal dan faktor internal. Faktor-faktor eksternal antara lain tanah, kelembapan, udara, suhu, cahaya dan air. Faktor-faktor internal dapat mencakup gen, hormon, kandungan klorofil serta struktur morfologi dan anatomi organ tumbuhan. (Widya, 2015)

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon (Fardiaz, 1992)

Jaringan anatomi pada daun dikotil tersusun atas sekumpulan sel yang memiliki bentuk yang hampir sama. Jaringan tersebut tersusun atas jaringan epidermis atas dan bawah, jaringan mesofil yang tersusun atas jaringan palisade dan jaringan bunga karang. Lapisan palisade merupakan bagian dari daun yang paling banyak mengandung kloroplast dan merupakan bagian yang paling banyak mempengaruhi produk fotosintesis. Kerusakan yang terjadi pada mesofil daun terutama pada jaringan palisade oleh pencemaran udara akan memberi dampak yang paling besar terhadap kegiatan fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan. Kerusakan yang terjadi di dalam daun dapat berupa penurunan kemampuan

tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat atau pembentukan stomata yang tidak sempurna (Koslowski dan Mudd: 1975)

## PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi perubahan morfologi, fisiologi maupun anatomi. McIlory (1976) menjeaskan bahwa tumbuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti cahaya matahari, suhu, kelembaban udara, nutrisi tanah, naungan, bentuk pertumbuhan, dan kompetitor. Berdasarkan faktor lingkungan tersebut, udara merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi struktur anatomi daun karena daun adalah bagian utama yang berinteraksi langsung dengan udara sekitar, sehingga kondisi udara sekitar akan langsung mempengaruhi aktivitas dalam daun.

Sementara itu Kovack (1992) dalam Romadhoni dan Ubudiyah (2011) menyebutkan bahwa salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator. Tumbuhan adalah bioindikator pencemaran yang baik. Tumbuhan bioindikator berupa tumbuhan yang dapat memiliki daya serap yang tinggi untuk mengakumulasi karbondioksida di udara. Dengan adanya tumbuhan sebagai bioindikator pemantau polusi pencemaran udara, maka zat-zat pencemar akan terdifusi ke dalam daun melalui stomata yang dipengaruhi oleh keadaan udara di sekitarnya. Hal ini dikarena stomata berfungsi sebagai pintu gerbang pertukaran gas dan uap air antara tumbuhan dengan lingkungan sekitar (Rachmawati, 2006).

Tingkat kepekaan tumbuhan berhubungan dengan kemampuannya untuk menyerap dan mengakumulasi zat pencemar. Satolom et al (2013) menjelaskan bahwa pencemaran udara di sekitar jalan raya yang salah satunya karena emisi kendaraan bermotor dapat mempengaruhi anatomi stomata atau dengan kata lain stomata merupakan bagian tumbuhan tempat terjadinya penyerapan zat pencemar. Dengan demikian daun merupakan organ tumbuhan sebagai bioindikator yang paling peka terhadap lingkungan dengan melihat kerusakan secara makroskopis atau mikroskopis (anatomi) organ tumbuhan tersebut.

Dalam penenilitain yang dilakukan oleh Zaenal, Asep dkk. (2016) dengan judul Studi Anatomi Stomata Daun Mangga (*Magnifera indica*) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan yang bertujuan untuk mengetahui stomata daun mangga di daerah dengan kondisi lingkungan yang berbeda menunjukkan hasil bahwa kerapatan dan kerusakan stomata daun mangga yang tumbuh di pinggir jalan lebih besar dibandingkan dengan daun mangga yang ada di Cagar Alam. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran udara berpengaruh terhadap tumbuhan, khususnya dalam proses membuka dan menutupnya stomata. Menurut Romadhoni dan Ubudiyah (2011) pada saat stomata membuka, dimana kondisi udara lembab maka gas-gas yang ada di udara terserap oleh tumbuhan akan menyebabkan menutupnya stomata akibat akumulasi polutan pada sel penutup, sel penjaga serta jaringan mesofil dan mempengaruhi kinerja ion-ion dan proses fotosintesis. Hal serupa juga menunjukkan bahwa kerapatan stomata daun mangga di pinggir jalan memiliki kerapatan yang tinggi dibandingkan dengan stomata daun mangga di cagar alam. Seperti yang dijelaskan oleh Gunarno (2014) menyatakan bahwa jumlah stomata didaerah tercemar lebih tinggi dibandingkan dengan didaerah tidak tercemar.

Istilah kerusakan daun yang tidak terlihat bukan istilah yang tepat karena perubahan anatomi dari respon tumbuhan terhadap pencemaran udara dapat dilihat dengan mikroskop. Kerusakan yang tidak tampak atau tersembunyi akan mengakibatkan terjadinya pertumbuhan yang tidak normal sehingga dapat memperlambat laju fotosintesis dan selanjutnya akan mengurangi produksi suatu tanaman tertentu dengan tanpa memperlihatkan gejala-gejala yang tampak. Perubahan histologis yang paling umum akibat pencemaran udara adalah terjadinya plasmolisis, kerusakan kandungan sel (granulasi), sel-sel yang mengalami kolaps dan pigmentasi atau perubahan warna sel menjadi gelap.

Selain udara sebagai salah satu faktor penyebab berubahnya anatomi pada daun, faktor lain yang juga dapat mempengaruhi seperti air, kekurangan air mempengaruhi proses

fisiologis dan biokimia tanaman serta menyebabkan terjadinya modifikasi anatomi dan morfologi tanaman. Selain itu, cahaya juga dapat mempengaruhi perubahan anatomi. Seperti yang disebutkan Nugroho, dkk (2006) fungsi dari jaringan palisade untuk menangkap cahaya sehingga kepadatan jaringan palisade tergantung pada intensitas cahaya, yaitu yang menerima cahaya langsung lebih padat daripada dalam teduh.

## **KESIMPULAN**

Pada kebanyakan pencemaran udara dapat menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. Pencemaran menyebabkan perubahan pada tingkatan biokimia sel terutama pada proses membuka menutupnya stomata serta kerapatannya. Kemudian diikuti oleh perubahan fisiologi pada tingkat individu suatu tanaman tersebut. Gejala yang sering tampak pada tanaman akibat pencemaran udara adalah kerusakan makrokopis daun, kerusakan klorofil dan perubahan struktur anatomi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Fahn Abraham. 1995. *Anatomi Tumbuhan Edisi Ketiga*. Diterjemahkan oleh Ahmad Soediartha, dkk. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kozłowski, T.T. P.J. Kramer. S.G.Pallardy. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. London: Academic Press Inc.
- Hidayat, Estiti. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung : ITB Press.
- Mulyani, S. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Nugroho, L Hartanto, Purnomo dan Issirep Sumardi. 2006. *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tambaru, E. 2012. "Potensi Absorpsi Karbon Dioksida pada Beberapa Jenis Pohon Hutan Kota di Kota Makassar." Disertasi Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. 197 hal.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2003. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Widya, Lala N. 2015. "Analisis Kandungan Klorofil Daun Pucuk Merah (*Syzygium oleana*) pada Warna Daun yang Berbeda Sebagai Sumber Belajar Biologi SMA Kelas XI" *Skripsi*. Yogyakarta: FKIP UAD.
- Muud, J.B. *Sulfur Dioxide; Respon of Plant to Air Pollution*. London: Academic Press.
- Gunarno. 2014. Pengaruh Pencemaran Udara terhadap Luas Daun dan Stomata Daun *Rhoeo discolor*. <http://sumut.kemenag.go.id/file/file/TULISANPENGAJAR/wdf1414044644.pdf>. Diakses pada tanggal 25 November 2017.

- Romadhoni, M. dan I. W. A. Ubudiyah. 2011. Pengaruh Polusi Udara terhadap Stomata Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*). <http://muhammadromadhoni.blogspot.co.id/2011/11/pengaruh-polusi-udaraterhadap-stomata.html>. Diakses pada 25 November 2017.
- Rachmawati. 2006. "Uji Pencemaran Udara oleh Partikulat Debu di Sekitar Terminal Lebak Bulus Berdasarkan Bioindikator Stomata pada Tanaman Glodogan (*Polyalthia longifolia*)". *Skripsi*. Jakarta: Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Satolom, A. W., N. Y. Kandowangko, dan A. S. Katili. 2013. Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) pada Beberapa Jalan di Gorontalo. <http://kim.ung.ac.id/index.php/KIMFMIPA/article/view/3700>. Diakses pada 24 November 2017.
- McIlory, R. J. 1976. *Pengantar Budidaya Padang Rumput Tropika*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Zainal, Asep M. Dkk, 2016. "Studi Anatomi stomata Daun Mangga (*Magnifera indica*) Berdasarkan perbedaan Lingkungan". *Jurnal Biodjati*. Vol. 1, No. 1

