

Research Article

## Transpirasi Tiga Spesies Dominan dalam Konservasi Air di Daerah Tangkapan Air (DTA) Wonosadi Kabupaten Gunungkidul

Umi Novita Fitriah<sup>1\*</sup>, Suwarno Hadi Susanto<sup>2</sup>, Fadhila Aziz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia.

<sup>2</sup> Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*Email: umynovita@mipa.upr.ac.id

### Keywords:

Daerah Tangkapan Air  
Konservasi  
Wonosadi  
Transpirasi

### Informasi Artikel:

Submitted:  
05 Maret 2023  
Revised:  
28 April 2023  
Accepted:  
29 April 2023

### Abstrak

Cuaca ekstrem di Indonesia menyebabkan terjadinya fenomena krisis air di beberapa daerah, salah satunya Gunungkidul. Daerah Tangkapan Air (DTA) Wonosadi Kabupaten Gunungkidul merupakan kawasan DTA yang luas dan mampu menyimpan air. Konservasi DTA perlu dilakukan untuk menjamin ketersediaan air. Keberadaan vegetasi tumbuhan yang ada di DTA memberi pengaruh besar terhadap ketersediaan air dan nutrisi di tanah, karena vegetasi memegang peran penting dalam siklus hidrologi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peranan ekofisiologis dalam mengkonservasi air dalam proses transpirasi. Penelitian dilaksanakan selama lima bulan di DTA Wonosadi Kabupaten Gunungkidul dan Laboratorium Ekologi Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Sampel tumbuhan diperoleh melalui analisis vegetasi berdasarkan tiga jenis kerapatan vegetasi (tinggi, sedang, dan rendah). Pengukuran laju transpirasi dilakukan pada tiga spesies dominan di DTA Wonosadi dengan menggunakan kertas Kobalt klorida. Tiga spesies dominan yang diperoleh yaitu yaitu *Swietenia macrophylla* King., *Tectona grandis* L., dan *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Tectona grandis* L., merupakan spesies yang paling berpengaruh besar terhadap ketersediaan air dengan laju transpirasi 181.00 detik. Tingkat transpirasi tumbuhan juga dipengaruhi oleh faktor abiotik yaitu pH tanah, suhu tanah, suhu udara, kelembapan tanah, kelembapan udara dan intensitas cahaya. Hasil analisis faktor lingkungan menunjukkan bahwa masing-masing kelas kerapatan vegetasi menunjukkan perbedaan hasil di tiap parameter lingkungan. Area kerapatan tinggi memiliki suhu udara dan kelembapan yang tinggi dibanding kelas lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rapat vegetasi maka semakin tinggi kelembapan di area tersebut.

### Abstract

Extreme weather in Indonesia has caused water crisis in several regions, including Gunungkidul. Wonosadi Catchment Area (DTA) of Gunungkidul Regency is a large catchment area that capable of storing water. Conservation of the catchment area are needed to ensure the availability of water. The existence of plant vegetation in the catchment area has a major influence on the availability of water and nutrients in the soil, because vegetation plays an important role in the hydrological

*cycle. This study was conducted to determine the role of ecophysiology in conserving water in the transpiration process. The study was conducted for five months at Wonosadi DTA, Gunungkidul Regency and Ecology Laboratory, Faculty of Biology, Gadjah Mada University. Plant samples were obtained through vegetation analysis based on three types of vegetation density (high, medium, and low). Transpiration rate measurements were conducted on the three dominant species in Wonosadi DTA using Cobalt chloride paper. The three dominant species obtained were Swietenia macrophylla King., Tectona grandis L., and Acacia auriculiformis A. Cunn. Ex Benth. The results showed that Tectona grandis L. has the greatest effect on water availability with a transpiration rate of 181.00 seconds. Plant transpiration rate is also influenced by abiotic factors, namely soil pH, soil temperature, air temperature, soil moisture, air humidity, and light intensity. Analysis of environmental factors showed that each vegetation density class shows different results in each environmental parameter. High-density areas have higher air temperature and humidity than other classes. It showed that the denser of vegetation, the higher humidity in the area.*

Copyright © 2023. The authors (CC BY-SA 4.0)

## Introduction

Air merupakan komponen yang paling penting dalam seluruh aspek kehidupan dan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup. Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk yang sangat tinggi dan dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang besar setiap tahunnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik mengenai kepadatan penduduk di beberapa Provinsi mengalami peningkatan dari tahun 2019-2021 (BPS, 2021). Hal ini sejalan dengan kebutuhan akan air bersih yang terus meningkat, namun ketersediaan air bersih di Indonesia terbatas. Kondisi ini semakin diperparah dengan cuaca ekstrem di Indonesia yang berdampak terjadinya fenomena krisis air di beberapa daerah. Gunungkidul merupakan salah satu daerah yang sering mengalami kekeringan. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Sleman mengeluarkan Peringatan Dini Potensi Kekeringan Meteorologis terdapat 7 wilayah di Gunungkidul yang berstatus siaga dan dari 6 diantara daerah tersebut berpotensi kekeringan (BPBD, 2020).

Daerah tangkapan air (DTA) merupakan daerah yang mampu menangkap dan menyimpan air melalui suatu titik dan mengalirkannya melalui saluran tertentu tergantung topografi permukaannya (Wagner 2004). Wonosadi merupakan salah satu daerah yang memiliki kawasan DTA yang luas (Sancayaningsih et al., 2015). DTA sangat penting dikonservasi agar dapat menjamin ketersediaan air dan mencegah terjadinya eksploitasi mata air. Vegetasi di DTA memiliki pengaruh besar terhadap ketersediaan air dan nutrisi yang ada di dalamnya. Vegetasi memegang peranan penting dalam siklus hidrologi di DTA. Salah satu peran penting vegetasi di DTA yaitu mempercepat infiltrasi air hujan (Rangkisani 2012; Asdak 2014; Sancayaningsih et al., 2015).

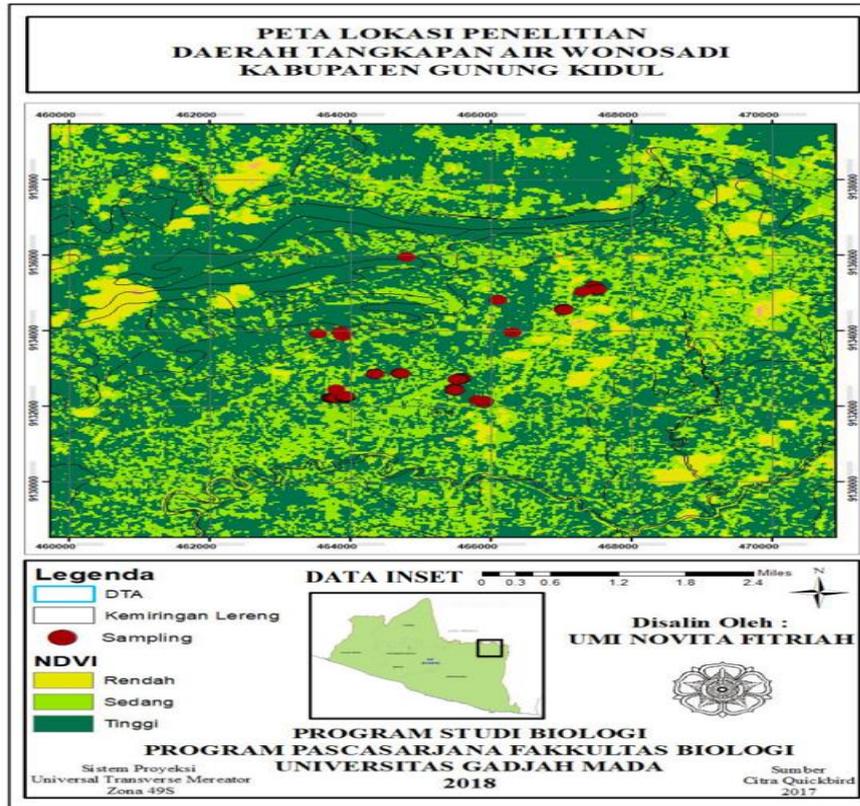
Penggalian karakter vegetasi dilakukan dengan pendekatan ekofisiologi khususnya yang berhubungan dengan proses hidrologi yaitu transpirasi. Transpirasi merupakan proses kehilangan air melalui evaporasi pada tumbuhan. Proses kehilangan air sebagian besar berasal dari daun. Transpirasi berfungsi untuk mengangkut air dan mineral serta pengaturan suhu pada tumbuhan. Transpirasi dipengaruhi oleh faktor lingkungan, antara lain: peningkatan suhu, angin, kelembapan tanah, cahaya, kelembapan relatif, tekanan atmosfer dan ketersediaan air di daun (Curtis dan Clark, 1950; Salisbury dan Ross, 1977). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peranan ekofisiologis

dalam mengkonservasi air dalam proses transpirasi dengan memilih tiga spesies dominan vegetasi pohon untuk pengujian evaporasi dari laju transpirasi masing-masing spesies dominan dengan menggunakan kertas Kobalt klorida.

## Materials and Methods

### Tempat dan Waktu

Studi ini dilakukan pada bulan Juli hingga Februari di Wonosadi Kabupaten Gunungkidul dan Laboratorium Ekologi Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam pengujian transpirasi antara lain : 1) Kertas Kobalt klorida untuk uji laju transpirasi; 2) Stopwatch untuk mengukur waktu saat pengukuran transpirasi; 3) Alat tulis untuk mencatat data parameter yang diukur; 4) Kamera untuk dokumentasi data; 5) Termometer untuk mengukur suhu lingkungan di lokasi penelitian; 6) Soil tester untuk mengukur pH dan kelembaban tanah; 7) Lux meter untuk mengukur intensitas cahaya; 8) Higrometer untuk mengukur kelembaban udara; 9) *Trigonal clip* untuk melekatkan kertas Kobalt Klorida.

### Metode

#### 1. Persiapan penelitian

Tahap ini mencakup studi literatur, pengumpulan data sekunder, pengumpulan citra lokasi penelitian, survei lapangan dan analisis data vegetasi pohon dominan yang terdapat di DTA Wonosadi. Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai lokasi penelitian dari penduduk sekitar. Data spesies dominan di DTA Wonosadi diperoleh berdasarkan hasil analisis vegetasi di Kawasan tersebut berdasarkan tiga jenis kerapatan vegetasi (tinggi, sedang, dan rendah).

#### 2. Pengukuran laju transpirasi tiga spesies dominan

Pengukuran laju transpirasi dilakukan pada tiga spesies dominan di DTA Wonosadi dengan menggunakan kertas Kobalt klorida.

3. Pengukuran faktor lingkungan

Pengukuran faktor lingkungan dilakukan dengan mengambil data beberapa parameter, diantaranya: pH tanah, suhu permukaan tanah, suhu jeluk tanah, suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya.

4. Analisis data transpirasi

Data yang diperoleh dilapangan di analisis dan dibandingkan untuk masing-masing pencuplikan data.

## Results and Discussion

### Data transpirasi

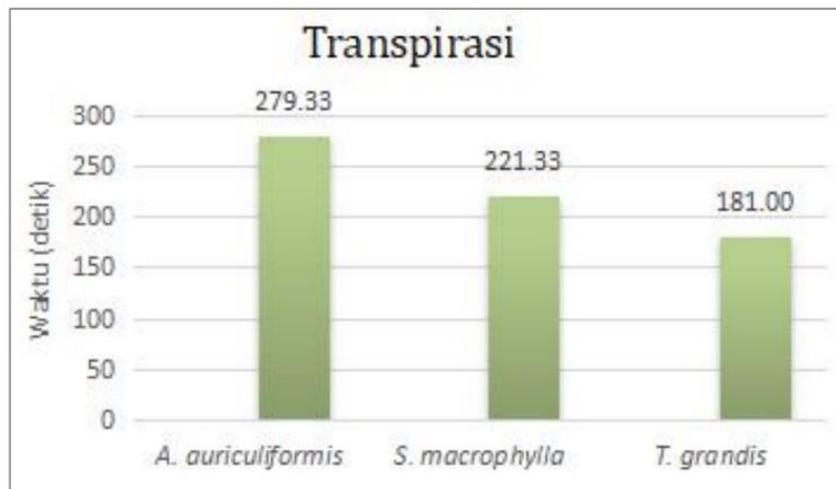
Pengukuran laju transpirasi vegetasi pohon dilakukan pada tiga jenis vegetasi pohon dominan di DTA Wonosadi. Pengukuran transpirasi dilakukan langsung pada tumbuhan di lapangan pada siang hari di bawah sinar matahari dengan menggunakan kertas Kobalt klorida yang berukuran 6 cm x 1 cm. Proses pengukuran laju transpirasi dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing spesies. Kertas Kobalt klorida dibuat dari kertas saring yang telah dicelupkan kedalam larutan *cobalt chloride* dan dimasukkan oven selama 1x24 jam. Kemudian kertas Kobalt klorida disimpan dalam petridish yang telah diberi *silica gel* untuk menjaga kelembapan.

Proses pengukuran dengan menempelkan kertas tersebut pada permukaan bawah daun karena jumlah stomata pada permukaan bawah daun tumbuhan teresterial lebih banyak dari pada permukaan atas daun. Pencuplikan data transpirasi ini dengan melakukan pengamatan dan pencatatan waktu perubahan warna kertas Kobalt klorid. Lama waktu (s) yang diperlukan untuk perubahan warna pada kertas menunjukkan waktu yang diperlukan tumbuhan untuk melakukan transpirasi. Indikator adanya penyerapan uap air pada kertas Kobalt klorida ditandai dengan perubahan warna kertas dari biru menjadi merah.

Tujuan utama dari pengukuran ini adalah melihat perubahan warna pada kertas sebagai laju transpirasi. Perubahan warna dari biru menjadi merah muda menunjukkan telah terjadi proses penguapan. Proses reaksi perubahan warna dari kertas Kobalt klorida adalah:



Perubahan warna tersebut disebabkan karena terbentuknya asam, sehingga merubah warna kertas Kobalt klorida dari biru menjadi merah muda. Rata-rata laju transpirasi spesies dominan di DTA Wonosadi (Gambar 2).



Gambar 2. Laju transpirasi spesies dominan di DTA Wonosadi

Tranpirasi adalah proses kehilangan air dari tubuh tumbuhan dalam bentuk uap air (Salisbury dan Ross, 1995). Asdak (2014) menyatakan bahwa transpirasi merupakan penguapan air dari daun dan cabang tanaman melalui pori-pori daun melalui proses biologi. Daun berperan penting dalam proses transpirasi padatumbuhan. Laju transpirasi secara tidak langsung dipengaruhi cahaya matahari melalui pembukaan stomata. Gambar 2, menunjukkan lama waktu yang diperlukan tiga spesies dominan untuk tranpirasi antara lain *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth 279.33 detik *Swietenia macrophylla* King. 221.33 detik, dan *Tectona grandis* L. 181.00 detik. Data tersebut menunjukkan bahwa spesies *A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth memerlukan waktu yang lebih lama pada pengamatan transpirasi di kawasan penelitian dibandingkan spesies lain, sedangkan spesies yang memerlukan waktu yang lebih cepat adalah *T. grandis* L. Data tersebut menunjukkan lama waktu yang digunakan untuk masing-masing spesies dalam merubah warna kertas Kobalt klorida yang di analisis sebagai acuan keluarnya uap air dari daun (Binsasi *et al.*, 2016). Semakin lama waktu yang tercatat untuk merubah warna kertas maka semakin sedikit air yang diuapkan dari permukaan daun. Perubahan warna pada kertas Kobalt klorida mengindikasikan ukuran laju kehilangan air dari bagian daun yang ditutupi kertas. Penyerapan air dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satu diantaranya adalah kecepatan transpirasi. Semakin tinggi laju transpirasi maka semakin banyak air yang terserap dari dalam tanah (Asdak, 2014).

Proses transpirasi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi besar kecilnya daun, tebal tipisnya daun, berlapis lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak sedikitnya bulu pada permukaan daun, banyak sedikitnya stomata, bentuk dan letak stomata. Faktor eksternal pada proses transpirasi antara lain suhu, cahaya, temperatur, dan angin (Salisbury dan Ross, 1995). Semakin luas daun maka makin banyak stomata, semakin banyak stomata maka semakin besar penguapan. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh ketersediaanair di dalam tanah.

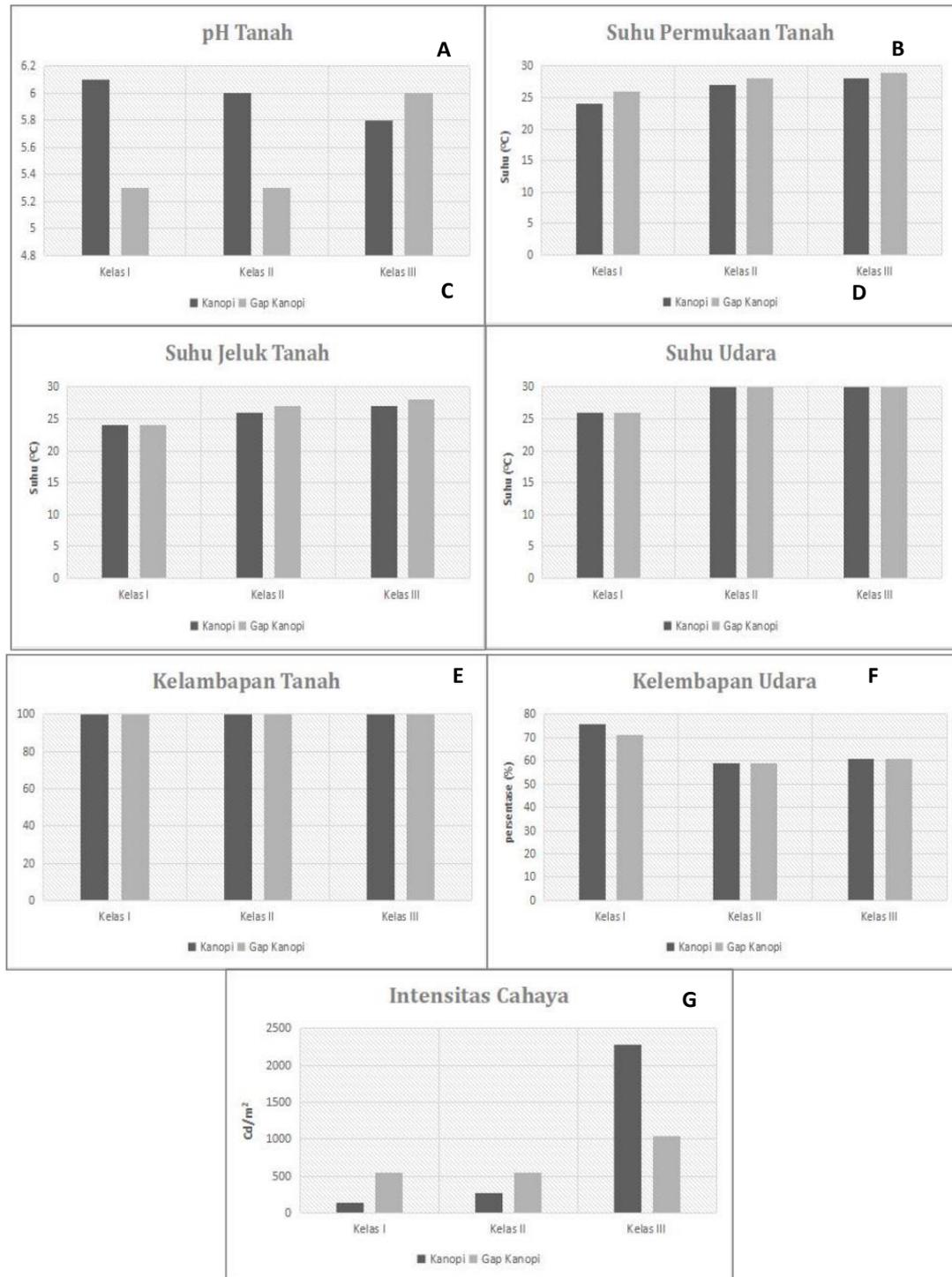
*T. grandis* L. secara fenologis tergolong tanaman yang menggugurkan daunnya (deciduous) pada musim tertentu. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi penguapan berlebih saat proses transpirasi ketika kondisi air tidak mencukupi kebutuhan air didalam tubuhnya. *A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth secara morfologi memiliki permukaan daun yang mengkilat. Spesies ini memiliki ukuran daun yang lebih kecil dibanding spesies lainnya, sehingga penguapan dan lama waktu pengamatan transpirasinya lebih kecil dibanding spesies lainnya. *A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth juga memiliki lapisan lilin pada daunnya yang dapat melindungi daun dari penguapan yang berlebih sehingga dapat mengurangi penguapan berlebih pada kondisi tanah yang lembab (Binsasi *et al.*, 2016).

### **Faktor lingkungan**

Hasil pengukuran data parameter lingkungan menunjukkan bahwa pH tanah pada masing-masing kelas vegetasi baik kanopi maupun gap kanopi memiliki kisaran yang berbeda. pH tanah dengan kisaran paling tinggi adalah 6,1 di area kanopi pada kelas I dan II di area gap kanopi pada kelas III. West (2010) dalam Binsasi (2016) menyatakan bahwa pH tanah merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kesuburan tanah. pH tanah berpengaruh terhadap ketersediaan nutrisi di dalam tanah dan berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap tanaman. Kisaran pH 10.0 berpengaruh langsung pada kerusakan akar tanaman. Pengaruh tidak langsung antara lain: ketersediaan unsur hara, kemungkinan timbulnya keracunan pada pH rendah oleh unsur kimia. Tanah dengan pH asam lebih banyak tersedia unsur-unsur K, Mg, Ca, dan Mo yang dapat meningkatkan kesuburan tanah (Budiansyah, 2006; Kartasapoetra dan Sutedjo, 2010).

Histogram suhu permukaan tanah dan suhu jeluk tanah pada Gambar 3. menunjukkan bahwa suhu permukaan dan jeluk tanah pada masing-masing kelas vegetasi baik kanopi maupun gap kanopi memiliki kisaran yang berbeda. Suhu permukaan dan jeluk tanah dengan kisaran paling tinggi adalah kelas III yaitu 28°C (kanopi) dan 29°C (gap kanopi) untuk suhu permukaan tanah, sedangkan suhu jeluk tanah dengan kisaran 27°C (kanopi) dan 28°C (gap kanopi). Suhu tinggi

tersebut disebabkan karena wilayah atau area kajian pada kelas III sangat terbuka dan sedikit vegetasi pohon yang tumbuh di area ini, sehingga cahaya matahari langsung mengenai tanah.



**Gambar 3. Parameter lingkungan setiap kelas kerapatan vegetasi di DTA Wonosadi. (A). pH tanah. (B). Suhu permukaan tanah. (C). Suhu jeluk tanah. (D). Suhu udara. (E). Kelembapan tanah. (F). Kelembapan udara. (G). Intensitas cahaya.**

Pengukuran faktor lingkungan dilakukan di hari yang sama pada saat musim penghujan. Suhu permukaan tanah secara berurutan pada masing-masing kelas kerapatan di DTA Wonosadi area kanopi antara lain: kelas I (24), kelas II (27), dan kelas III (28), sedangkan area gap kanopi kelas I (26), kelas II (28), dan kelas III (29). Suhu jeluk tanah secara berurutan pada masing-masing kelas kerapatan di DTA Wonosadi area kanopi antara lain: kelas I (24), kelas II (26), dan kelas III (27),

sedangkan area gap kanopi kelas I (24), kelas II (27), dan kelas III (28). Suhu tanah pada masing-masing kelas kerapatan di DTA Wonosadi mempunyai peran untuk pertumbuhan dan berpengaruh dalam siklus hidrologi tanah. Willis dan Power dalam Binsasi (2016) mengatakan bahwa suhu tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam mengikat air tanah. Tanah dengan suhu yang rendah lebih banyak mengikat air dari pada tanah dengan suhu yang tinggi.

Histogram suhu udara pada Gambar 2. menunjukkan bahwa suhu udara tertinggi di DTA Wonosadi dimiliki oleh kelas II dan III dengan kisaran suhu udaranya 30°C untuk kanopi dan gap kanopi. Tingginya suhu udara disekitar DTA Wonosadi ditentukan oleh radiasi matahari, kerapatan vegetasi, dan kandungan lengas tanah. Suhu udara terendah terdapat pada kelas I dengan nilai 26°C untuk kanopi dan gap kanopi. Suhu atau temperatur udara disekitar vegetasi sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sudaryono, 2004).

Hasil pengukuran kelembapan tanah pada Gambar 2. menunjukkan bahwa kelembapan tanah di DTA Wonosadi dari seluruh kelas merata 100% baik untuk kanopi maupun gap kanopi. Hal ini disebabkan karena cuaca sehari sebelum pengukuran hujan, sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap kelembapan di sekitar area kajian. Tingginya kelembapan tanah di DTA Wonosadi berkaitan erat dengan suhu tanah di DTA tersebut. Suhu tanah yang rendah mengakibatkan kemampuan mengikat air tanah di DTA tinggi sehingga kelembapan meningkat. Kelembapan tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Kelembapan tanah berkaitan dengan kandungan air tanah dalam tanah dan pengaturan cahaya yang berhubungan dengan naungan dari tumbuhan. Klink dan Willmott (1994) menyatakan bahwa kelembapan tanah dapat mempengaruhi proses hidrologis suatu wilayah. Kelembapan tanah berkaitan dengan ketersediaan air bagi tumbuhan. Ketersediaan air bagi tumbuhan secara langsung mempengaruhi proses evapotranspirasi dimana proses tersebut dapat berlangsung jika suplai air mencukupi.

Hasil pengukuran kelembapan udara disekitar DTA Wonosadi menunjukkan bahwa kelembapan udara paling tinggi adalah di kelas I. Hal ini disebabkan karena wilayah kelas I hampir tidak ada gap area bahkan gap kanopi. Kerapatan tajuk atau kanopi pohon mempengaruhi kelembapan udara di sekitar area atau wilayah kajian vegetasi kelas I. Kanopi menyebabkan cahaya matahari yang masuk kelantai hutan terhalang oleh adanya tajuk, sehingga wilayah kelas I memiliki kelembapan udara yang tinggi. Kelembapan menunjukkan tingkat kandungan air yang tercipta karena kondisi lingkungan mikro dari vegetasi (Barbour et al., 1987). Kelembapan udara dapat mempengaruhi proses transpirasi tumbuhan. Peningkatan kelembapan udara di sekeliling daun mengakibatkan penurunan laju transpirasi (Salisbury dan Ross, 1995; Sudaryono, 2004).

Histogram intensitas cahaya menunjukkan bahwa kawasan yang memiliki intensitas cahaya tertinggi adalah kelas III, kawasan dengan gap kanopi terluas. Cahaya matahari pada kelas III langsung masuk ke lantai hutan, sehingga intensitas cahaya besar (2276,1 Cd/m<sup>2</sup>) untuk kawasan kanopi (1040,5 Cd/m<sup>2</sup>) untuk kawasan gap kanopi. Kondisi cuaca saat pengukuran faktor lingkungan mendung- panas sehingga terlihat berbanding terbalik antara intensitas cahaya di area kanopi dan gap kanopi. Cahaya memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap tumbuhan dan makhluk hidup lain. Cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan setiap organ keseluruhan tubuh tumbuhan secara langsung. Perubahan intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap kelembapan udara yang dapat mengakibatkan kekeringan pada tumbuhan (Sudaryono, 2004). Pengukuran intensitas cahaya pada seluruh kelas vegetasi menunjukkan bahwa intensitas cahaya di area gap kanopi secara keseluruhan (kecuali kelas III) meningkat. Hal ini disebabkan karena cahaya yang dipantulkan sebanding dengan area kanopi yang masih terhalang kanopi atau tajuk pohon. Hasil analisis faktor lingkungan menunjukkan bahwa masing-masing kelas kerapatan vegetasi menunjukkan perbedaan hasil di tiap parameter lingkungan. Area kerapatan tinggi memiliki suhu udara dan kelembapan yang tinggi dibanding kelas lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rapat vegetasi maka semakin tinggi kelembapan di area tersebut.

## Conclusions

Hasil pengukuran transpirasi pada tiga spesies dominan di DTA Wonosadi yaitu *Swietenia macrophylla* King., *Tectona grandis* L., dan *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth menunjukkan bahwa spesies yang paling berpengaruh besar terhadap ketersediaan air di mata air Wonosadi Kabupaten Gunungkidul yaitu *Tectona grandis* L. Spesies ini memiliki tingkat penyerapan dan penguapan yang tinggi. Penguapannya jauh lebih cepat dibandingkan dengan dua spesies lainnya. Hal ini dapat berpengaruh terhadap ketersediaan air tanah dan debit air di dalamnya dapat berkurang.

## References

- Asdak, C. (2014). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Gunungkidul. (2020). Peringatan dini kekeringan meteorologis DIY 2020. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Gunungkidul: Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Kepadatan Penduduk menurut Provinsi (jiwa/km<sup>2</sup>) 2019-2021. Badan Pusat Statistik: Jakarta.
- Barbour, M. G., J. H. Burk, and W. D. Pitts. 1987. Terrestrial Plant Ecology 2ndEd. California: Benjamin Cummings Publishing Company Inc.
- Binsasi, R. 2016. Analisis ekologis dan ekofisiologis vegetasi pohon di DaerahTangkapan Air (DTA) mata air Geger Kabupaten Bantul Yogyakarta. [Tesis]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Binsasi, R., Sancayaningsih, R. P., & Murti, S.H. Evaporasi dan transpirasi tiga spesies dominan dalam konservasi air di daerah tangkapan air (DTA) mata air Geger Kabupaten Bantul Yogyakarta. Jurnal Pendidikan Biologi. 1 (3): 32-34.
- Budiansyah, B. 2006. Komposisi dan struktur tegakan areal bekas tebangandengan sistem silvikultur tebang pilih tanam indonesia intensif (TPTII) di areal IUPHHK PT. Erna Djuliawati, Kalimantan Tengah. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Curtis, O. F., and D. G. Clark. (1950). Plant Physiology. McGraw-Hill BookCompany, Inc: Newyork.
- Klink, K., and Willmott, C.J. 1994. Influence of Soil Moisture and SurfaceRoughness Heterogenity on Modeled Climate. Climate Research. 4: 105- 118.
- Rangkisani, A. (2012). Analisis vegetasi pada berbagai kondisi mata air di bagianutara dan tengah Kabupaten Gunungkidul Provinsi DIY. [Tesis]. Program Studi Ilmu Lingkungan Jurusan Antar Bidang Sekolah Pascasarjana UGM.
- Salisbury, F. B., and C. Ross. (1977). Plant Physiology. Prentice-Hall of IndiaPrivate Limited: New Delhi
- Sancayaningsih, R. P., Saputra, A., & Fatimatuzzahra. (2015). Analisis struktur vegetasi pohon di daerah tangkapan air di berbagai mata air. Academic Conferences and Publishing International: 1-5.
- Sudaryono. 2004. Pengaruh naungan terhadap perubahan iklimmikropadabudidaya tanaman Tembakau rakyat. Teknik Lingkungan. 5(1): 56-60.