

**“Digitalisasi Pertanian Menuju Kebangkitan Ekonomi Kreatif”**

---

Penilaian Karbon Organik Tanah (*Soil Organic Carbon*) pada Tegakan Hutan Taman Nasional Gunung Merbabu (TNG-Merbabu)

**Jaka Suyana<sup>1</sup>, Wisnu Krismonanto<sup>2</sup>, Endang Setia Muliawati<sup>3</sup>, dan Sri Hartati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>3</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email: jokosuyonouns@staff.uns.ac.id

**Abstrak**

Pulau Jawa beriklim tropik basah memiliki beranekaragam tegakan vegetasi. Setiap tegakan vegetasi mempunyai komposisi jenis, umur, serta kerapatan yang bervariasi dan berpengaruh pada tingkat kesuburan tanah. Penelitian ini mengkaji karbon organik tanah (*soil organic carbon*) dibawah tegakan hutan TNG-Merbabu (pinus, puspa, akasia, bintamin, dan campuran), serta tegakan pada kedalaman tanah 0-30 cm. Metode penelitian menggunakan metode survei dan analisa laboratorium. Pengamatan analisis vegetasi dibuat SPP (Satuan Plot Pengamat) ukuran 50 m x 50 m dan diulang 3 kali, sedangkan karbon organik tanah parameter meliputi : C-Organik dan BD (*bulk density*) tanah pada kedalaman 0-30 cm (0-10, 10-20, 20-30cm) dan diulang 3 kali. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif, dilanjutkan Uji-F dan Uji DMRT taraf 5%. Hasil penelitian diperoleh kandungan C-organik tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan kedalaman tanah (0-10, 10-20, 20-30 cm), C-Organik tanah (kedalaman 0-10 cm) tertinggi pada tegakan puspa (9,53%) dan terendah pada tegakan pinus (2,85%), serta tegakan (2,12%).

Kata kunci : C-organik tanah, hutan TNG-Merbabu, puspa, pinus

**Pendahuluan**

Pulau Jawa beriklim tropik basah memiliki beranekaragam tegakan vegetasi seperti hutan alam, hutan taman nasional, hutan rakyat, kebun campuran (*agroforestry*), dan tegalan. Setiap tegakan vegetasi mempunyai komposisi jenis, umur dan kerapatan vegetasi yang berpengaruh pada tingkat kesuburan tanah (profil hara tanah). Pada tanah bervegetasi hutan asli (hutan alam) unsur hara terpelihara dalam daur tertutup, sehingga sangat sedikit terjadi kehilangan unsur hara. Kehilangan hara pada profil tanah lewat pencucian ke bawah akan

diimbangi penyerapan oleh akar tanaman ke atas, selanjutnya daur tanaman akan kembali ke permukaan tanah.

Peranan hutan tropis dalam neraca karbon ditunjukkan oleh banyaknya karbon yang tersimpan di dalam biomassa vegetasi, tingkat C-Organik tanah (*Soil Organic Carbon : SOC*), serta jumlah yang tersirkulasikan per tahun (Dlamini, *et al.*, 2014). Sirkulasi karbon melalui ekosistem hutan didaerah tropis berlangsung sangat cepat (Masnang, 2011).

Tumbuhan baik di dalam maupun di luar kawasan hutan menyerap gas CO<sub>2</sub> dari udara melalui proses fotosintesis, yang selanjutnya diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman (Bruce, *et al.*, 1999); disamping itu juga menghasilkan seresah yang akan terdekomposisi menjadi karbon tanah (*SOC*) dan meningkatkan kesuburan tanah (Bruce, *et al.*, 1999; Hairiah, *et al.*, 2001).

Vegetasi juga berfungsi melindungi tanah dari kekuatan energi kinetik hujan penyebab erosi, semakin rapat vegetasi akan meningkatkan proses sekuestrasi karbon, produksi seresah, dan tingkat kesuburan tanah. Hilangnya penutup vegetasi menyebabkan tanah tidak terlindungi dari energi kinetik hujan penyebab erosi. Perubahan penggunaan lahan dari hutan ke sistem pertanian (tegalan) menyebabkan berkurangnya biomassa dan karbon vegetasi, produksi seresah, tingkat kesuburan tanah, dan peningkatan erosi tanah. Erosi tanah menyebabkan penipisan persediaan C-organik tanah (*SOC*) dan N-organik tanah (*Soil Organic Nitrogen : SON*), penurunan hara esensial seperti Ca, Mg, K, Mn, Cu, dan Zn (Dlamini, *et al.*, 2014); penurunan C-organik tanah, respirasi tanah, serta hilangnya N yang lebih cepat dari C atau meningkatkan nilai C/N rasio tanah (Traorea, *et al.*, 2015).

Bahan organik tanah (*Soil Organic Matter : SOM*) dan karbon organik tanah (*Soil organic Carbon : SOC*) keduanya menentukan karbon dalam tanah. Simpanan karbon tanah dapat juga berubah karena erosi dimana terdapat redistribusi karbon pada permukaan tanah. Beberapa bagian pada permukaan tanah dapat terjadi kehilangan karbon dan lain tempat dapat terjadi penambahan karbon (Roose, *et al.*, 2006). Tingkat besarnya erosi akan berpengaruh terhadap pelarutan C-organik tanah (*SOC*) dan kondisi kesuburan tanah yang berkorelasi terhadap penyimpanan karbon (Roose, *et al.*, 2006; Sedjo dan Sohngen, 2012). Pengolahan tanah dengan mengikuti prinsip konservasi dapat berperan dalam menjaga residu tanaman pada permukaan tanah, vegetasi penutup tanah, dan rotasi tanaman.

Seresah (*litter*) dibawah tegakan vegetasi mempunyai peranan dalam melepaskan karbon organik terlarut (*dissolved organic carbon = DOC*), yang akan berdampak pada peran seresah dalam transformasi nitrogen (N) tanah. Hasil penelitian (Ma, *et al.*, 2022), menunjukkan penambahan seresah menurunkan N organik terlarut (*dissolved organic N*

=DON) tanah, tetapi meningkatkan DOC dibandingkan kontrol. Pengaruh seresah pada N tanah dapat berubah dengan berbagai status seresah yang terdekomposisi, seresah segar akan menghasilkan kandungan  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  and  $\text{NO}_3^--\text{N}$  tanah lebih tinggi dibandingkan dengan seresah yang telah terdekomposisi sebagian (*partially decomposed litter*).

Hasil penelitian Amolikondori *et al.*, (2022) di hutan Hyrcanian (beriklim *temperate*), menunjukkan stok SOC, N-total, dan P tanah pada kedalaman 0-20 cm berkorelasi negatif dengan liat (*clay*) dan berkorelasi positif dengan BD (*bulk density*), pasir (*sand*), N-total dan C-Organik tanah. Dengan meningkatnya BD, pasir (*sand*), N, P, dan C-Organik tanah, akan meningkatkan stok N. Sedangkan stok SOC dan P keduanya masing-masing berhubungan positif dengan mikroba tanah C (*soil microbial-C*) dan mikroba tanah P (*soil microbial-P*).

Penelitian ini mengkaji pengaruh tegakan vegetasi (hutan dan tegalan) terhadap nilai Karbon Organik Tanah (SOC) pada kedalaman 0-30 cm (0-10, 10-20, 20-30cm) dari beberapa tegakan hutan TNG-Merbabu (pinus, puspa, bentamin, akasia, campuran) dan tegalan di lereng Gunung Merbabu di wilayah Kabupaten Boyolali Propinsi Jawa Tengah.

## Metode

Penelitian telah dilakukan pada Juli 2020 s/d Mei 2021. Lokasi penelitian berada pada kawasan hutan TNG-Merbabu (Taman Nasional Gunung-Merbabu) dan lereng G. Merbabu yang berada di wilayah Kecamatan Selo, Kabupaten Boyolali, Propinsi Jawa Tengah.

Bahan dan alat yang diperlukan dalam penelitian, meliputi: peralatan untuk pembuatan profil tanah (pedon tanah) serta bahan-bahan kimia untuk analisa di laboratorium. Peralatan diantaranya meliputi: bor tanah, *clinometer*, ring sampel tanah, kantong plastik sampel, cangkul, pisau lapang, meteran, peralatan untuk analisa sifat-sifat tanah di lapang (deskripsi profil tanah) dan laboratorium, peralatan tulis, serta unit komputer lengkap dengan *Software MS Office 2000*, *scanner*, *digitizer*, dan *printer*.

Metode penelitian menggunakan metode survei, pengamatan lapang, dan analisa laboratorium. Penentuan “*site*” tegakan hutan dilalukan dengan metode survei secara “*Stratified-Purposive Sampling*”. Stratifikasi berdasarkan jenis tanah (Andisol), kemudian dilanjutkan jenis tegakan hutan yang ditemui pada TNG-Merbabu di Kesatuan Hutan Wilayah Selo. Berdasarkan survei dan pengamatan lapangan ditemukan lima tegakan hutan meliputi: akasia, pinus, puspa, bintamin, dan campuran, serta tegalan (sebagai pembanding) disajikan pada Tabel 1.

Untuk pengamatan Analisis Vegetasi pada setiap tegakan hutan dibuat SPP (Satuan Plot Pengamatan) dengan ukuran panjang 50 m x lebar 50 m (luas 2.500 m<sup>2</sup>) dan diulang 3 kali. Sedangkan untuk Karbon Organik Tanah (*Soil Organic Carbon*) parameter yang diamati meliputi : C-Organik tanah, dan BD (*bulk density*). Pengambilan sampel tanah dilakukan pada bagian “*top soil*” (0-30 cm) pada kedalaman (0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm), dan diulang 3 kali. Analisis C-Organik tanah dengan metode *Walkey* dan *Black*. Data hasil penelitian selanjutnya dianalisis secara deskriptif, untuk melihat pengaruh antara perlakuan digunakan analisis sidik ragam (uji F) dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5%.

Tabel 1. Lokasi penelitian

| Tegakan Hutan/<br>Elevasi | Titik koordinat   |                    | Lokasi  |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---|
|                           | Bujur (Longitude) | Lintang (Latitude) |   |
| Akasia<br>1.866 mdpl      | 110°27'30.08" BT  | 7°29'8.05" LS      | Hutan TNG-Merbabu<br>Jalur pendakian Gancik   |
| Pinus<br>1.876 mdpl       | 110°27'26.63" BT  | 7°29'1.15" LS      | Hutan TNG-Merbabu<br>Jalur pendakian Gancik   |
| Bintamin<br>1.846 mdpl    | 110°27'35.25" BT  | 7°28'56.32" LS     | Hutan TNG-Merbabu<br>Jalur pendakian Selo     |
| Puspa<br>1.925 mdpl       | 110°27'36.25" BT  | 7°28'46.14" LS     | Hutan TNG-Merbabu<br>Jalur pendakian Selo     |
| Campuran<br>1.895 mdpl    | 110°27'30.54" BT  | 7°28'52.88" LS     | Hutan TNG-Merbabu<br>Jalur pendakian Selo     |
| Tegalan/<br>1.766 mdpl    | 110°27'39.98" BT  | 7°29'11.97" LS     | Lereng Gunung Merbabu<br>(sebagai pembanding) |

## Hasil dan Pembahasan

### a. Analisis vegetasi pada tegakan hutan TNG-Merbabu

Pengamatan analisis vegetasi ditegakan hutan TNG-Merbabu meliputi jenis vegetasi, kerapatan relatif, frekuensi relatif, dominansi relatif dan nilai penting jenis. Data yang disajikan pada Tabel 2, diambil dua jenis tanaman yang paling mendominasi dari setiap tegakan. Tabel 2 menunjukkan hasil analisis vegetasi pada tegakan yang ditujukan untuk mendapatkan nilai Indeks Nilai Penting. Indeks Nilai Penting (INP) diperoleh dari penjumlahan nilai kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), dan dominansi relatif (DR), sehingga INP tertinggi dapat mencerminkan jenis tanaman penyusun komunitas tegakan hutan, sebagaimana dikemukakan oleh Ayanaw Abunie dan Dalle (2018) bahwa INP menunjukkan struktur pentingnya suatu spesies dalam tegakan, dimana nilai INP tertinggi adalah dominan utama dari vegetasi tertentu. Menurut Marwah (2008), total biomassa suatu komunitas dapat dicerminkan oleh jenis tanaman yang memiliki INP tertinggi dari penyusun komunitas (tegakan hutan) tersebut. Sebagaimana dikemukakan Soerianegara & Indrawan

(1998) bahwa jenis-jenis yang dominan di dalam komunitas menentukan besarnya total biomassa komunitas tersebut.

Tabel 2. Hasil analisis vegetasi pada tegakan hutan TNG- Merbabu

| No | Tegakan Hutan | Jenis Tanaman* | Umur (tahun) | Kisaran diameter(cm)** | Kerapatan Jenis (pohon/ha) | KR (%) | FR (%) | DR (%) | INP (%) |
|----|---------------|----------------|--------------|------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|---------|
| 1  | Akasia        | Akasia         | 9-15         | 3,3 - 52,6             | 213                        | 91.95  | 42.86  | 92.78  | 227.59  |
|    |               | Pinus          |              |                        | 16                         | 6.90   | 42.86  | 7.17   | 56.92   |
| 2  | Bintamin      | Bintamin       | >70          | 2,6 – 116,4            | 103                        | 43.61  | 27.27  | 88.11  | 158.99  |
|    |               | Puspa          |              |                        | 69                         | 29.32  | 27.27  | 10.24  | 66.84   |
| 3  | Pinus         | Pinus          | ±35          | 2,2 – 53,5             | 232                        | 93.05  | 37.50  | 99.98  | 230.53  |
|    |               | Akasia         |              |                        | 12                         | 4.81   | 37.50  | 0.02   | 42.33   |
| 4  | Puspa         | Puspa          | ±40          | 2,9 – 93,8             | 325                        | 96.06  | 42.86  | 99.99  | 238.91  |
|    |               | Akasia         |              |                        | 11                         | 3.15   | 42.86  | 0.01   | 46.01   |
| 5  | Campuran      | Akasia         | 15-35        | 3,8 - 88               | 177                        | 50.57  | 18.75  | 55.01  | 124.33  |
|    |               | Puspa          |              |                        | 63                         | 17.87  | 18.75  | 29.00  | 65.63   |

Keterangan : \* : memiliki INP dua urutan tertinggi. \*\* : Diameter batang setinggi dada (130 cm) di atas tanah. KR: Kerapatan relatif, FR: Frekuensi relatif, DR: Dominansi relatif, dan INP: Indeks nilai penting

Nilai INP tertinggi pada seluruh tegakan hutan TNG-Merbabu terdapat pada Tegakan Hutan (TH) Puspa dengan nilai sebesar 238,91%, dimana nilai tersebut masuk dalam kategori tinggi, sesuai pernyataan oleh Cahyanto *et al.* (2014) bahwa nilai INP terbagi menjadi tiga kategori yakni rendah (0-100%), sedang (101-200%) dan tinggi (201-300%). Tingginya nilai INP menunjukkan bahwa TH Puspa didominasi oleh jenis tanaman Puspa (*Schima noronhae Theaceae*), dibuktikan dengan nilai DR yang tinggi dan nilai kerapatan jenis vegetasi di tegakan tersebut yang terdiri dari tanaman Puspa sebesar 325 pohon/ha dan akasia sebesar 11 pohon/ha. Nilai INP yang tinggi didukung oleh nilai kerapatan relatif (KR) dan nilai frekuensi relatif (FR) yang tinggi. Menurut Rahayu *et al.* (2005), suatu system penggunaan lahan yang terdiri atas jenis-jenis pohon dengan kerapatan tinggi akan memiliki biomassa dan karbon yang lebih tinggi dibandingkan jenis pohon pada kerapatan rendah dengan diameter batang sama.

#### **b. Pengaruh jenis tegakan terhadap C-Organik tanah dan karbon tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu dan tegalan**

Hasil analisis pengaruh jenis tegakan terhadap C-Organik tanah dan karbon tanah pada tegakan Hutan TNG-Merbabu dan tegalan disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 1 & 2. Kandungan C-organik tanah pada kedalaman 0-10 cm menunjukkan perbedaan di setiap tegakan hutan (Tabel 3), pada Tegakan Hutan (TH) puspa berbeda nyata dengan TH bintamin, TH campuran, TH akasia, TH pinus dan tegalan. Kandungan C-organik tanah pada TH bintamin, TH akasia, TH pinus dan tegalan tidak berbeda nyata. Uji lanjut DMRT pada kedalaman 10-20 cm menunjukkan rerata C-organik tanah pada TH puspa berbeda nyata

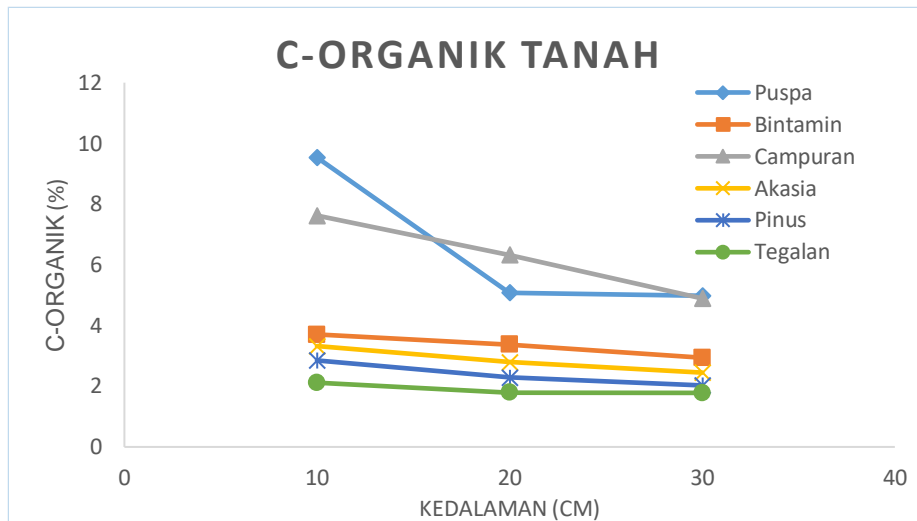
dengan tegakan lainnya begitupula pada TH campuran yang berbeda nyata dengan tegakan lainnya. Kandungan C-organik tanah pada TH bintamin tidak berbeda nyata dengan TH akasia dan TH pinus, sedangkan pada TH akasia dan TH pinus tidak berbeda nyata dengan tegalan. Uji lanjut DMRT pada kedalaman 20-30 cm menunjukkan rerata C-organik tanah pada TH puspa tidak berbeda nyata dengan TH campuran, akan tetapi berbeda nyata dengan TH bintamin, TH akasia, TH pinus dan tegalan.

Tabel 3. Pengaruh jenis tegakan terhadap hara C-Organik dan karbon tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu dan tegalan (kedalaman tanah 0-10, 10-20, 20-30 cm)

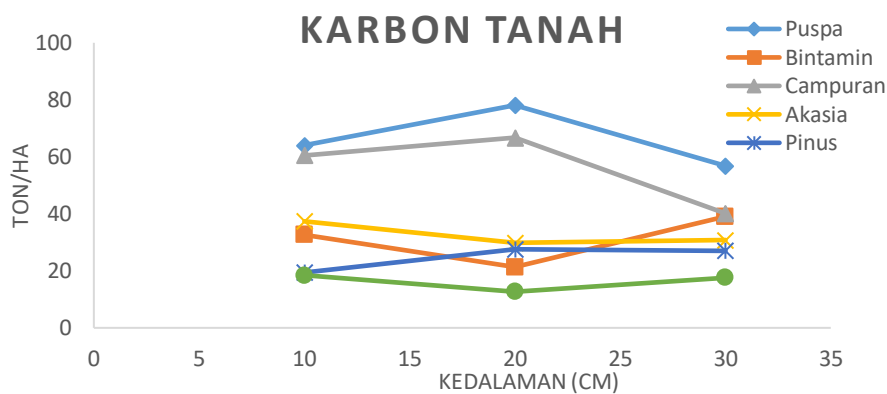
| Kedalaman 0-10 cm  |                             |   |                     |    |   |                            |                       |       |    |   |       |
|--------------------|-----------------------------|---|---------------------|----|---|----------------------------|-----------------------|-------|----|---|-------|
| No                 | Jenis TH<br>(Tegakan Hutan) | N | C-Organik tanah (%) |    |   | BV<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon tanah (ton/ha) |       |    |   |       |
|                    |                             |   | mean±SD             |    |   |                            | mean±SD               |       |    |   |       |
| 1                  | Puspa                       | 3 | 9.53                | c  | ± | 1.99                       | 1.00                  | 64.03 | a  | ± | 16.32 |
| 2                  | Bintamin                    | 3 | 3.70                | a  | ± | 0.09                       | 0.88                  | 32.69 | a  | ± | 12.31 |
| 3                  | Campuran                    | 3 | 7.62                | b  | ± | 0.11                       | 0.80                  | 60.57 | a  | ± | 53.34 |
| 4                  | Akasia                      | 3 | 3.32                | a  | ± | 0.28                       | 1.13                  | 37.37 | a  | ± | 3.94  |
| 5                  | Pinus                       | 3 | 2.85                | a  | ± | 0.16                       | 0.69                  | 19.41 | a  | ± | 3.18  |
| 6                  | Tegalan                     | 3 | 2.12                | a  | ± | 0.71                       | 0.88                  | 18.46 | a  | ± | 5.79  |
| Kedalaman 10-20 cm |                             |   |                     |    |   |                            |                       |       |    |   |       |
| No                 | Jenis TH<br>(Tegakan Hutan) | N | C-Organik tanah (%) |    |   | BV<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon tanah (ton/ha) |       |    |   |       |
|                    |                             |   | mean±SD             |    |   |                            | mean±SD               |       |    |   |       |
| 1                  | Puspa                       | 3 | 5.09                | c  | ± | 1.45                       | 1.27                  | 78.09 | c  | ± | 42.62 |
| 2                  | Bintamin                    | 3 | 3.38                | b  | ± | 0.27                       | 0.63                  | 21.34 | a  | ± | 5.29  |
| 3                  | Campuran                    | 3 | 6.33                | d  | ± | 0.36                       | 1.05                  | 66.73 | bc | ± | 29.43 |
| 4                  | Akasia                      | 3 | 2.79                | ab | ± | 0.13                       | 1.07                  | 29.84 | ab | ± | 9.29  |
| 5                  | Pinus                       | 3 | 2.29                | ab | ± | 0.34                       | 1.22                  | 27.57 | ab | ± | 22.01 |
| 6                  | Tegalan                     | 3 | 1.79                | a  | ± | 0.32                       | 0.70                  | 12.67 | a  | ± | 5.02  |
| Kedalaman 20-30 cm |                             |   |                     |    |   |                            |                       |       |    |   |       |
| No                 | Jenis TH<br>(Tegakan Hutan) | N | C-Organik tanah (%) |    |   | BV<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon tanah (ton/ha) |       |    |   |       |
|                    |                             |   | mean±SD             |    |   |                            | mean±SD               |       |    |   |       |
| 1                  | Puspa                       | 3 | 4.98                | b  | ± | 0.22                       | 1.09                  | 56.83 | b  | ± | 10.81 |
| 2                  | Bintamin                    | 3 | 2.94                | a  | ± | 0.56                       | 1.33                  | 39.07 | ab | ± | 7.16  |
| 3                  | Campuran                    | 3 | 4.89                | b  | ± | 1.29                       | 0.79                  | 40.14 | ab | ± | 22.17 |
| 4                  | Akasia                      | 3 | 2.45                | a  | ± | 0.29                       | 1.29                  | 30.76 | a  | ± | 9.07  |
| 5                  | Pinus                       | 3 | 2.03                | a  | ± | 0.11                       | 1.33                  | 27.10 | a  | ± | 8.62  |
| 6                  | Tegalan                     | 3 | 1.78                | a  | ± | 0.51                       | 1.00                  | 17.63 | a  | ± | 6.63  |

Keterangan: angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%; BV= Bobot Volume; SD=Standar Deviasi

Perbedaan tegakan dan kedalaman mempengaruhi secara signifikan terhadap kadar C-organik tanah (Tabel 3), penurunan kadar C-organik tanah pada semua tegakan sejalan dengan meningkatnya kedalaman tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Supriyo *et al.* (2009) di hutan Wanagama I Gunung Kidul, terdapat penurunan C-organik pada masing-masing kedalaman yakni kedalaman 0-10 cm (5,63%), kedalaman 10-20 cm (3,89%) dan kedalaman 20-30 cm (3,56%) dengan harkat tinggi hingga sangat tinggi. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik di permukaan tanah. Bahan organik cenderung terkonsentrasi pada lapisan atas tanah karena sebagian besar pasokan C-organik tanah berasal dari seresah yang berada di lapisan atas tanah (Siringoringo, 2013; Sari, *et al.*, 2017).



Gambar 1. Hara C-organik tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu dan tegalan



Gambar 2. Karbon tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu dan tegalan

Rerata kadar C-organik tanah pada kedalaman 0-10 cm tertinggi pada TH puspa yang diikuti oleh TH campuran, TH bentamin, TH akasia, TH pinus, dan tegalan (Tabel 3 dan Gambar 1). Tingginya C-organik pada TH Puspa disebabkan oleh tingginya kerapatan tanaman (Tabel 2) yang berpengaruh terhadap produksi bahan organik berupa seresah. Menurut Endarwati *et al.* (2017) semakin rapat dan padatnya tutupan lahan akan memberikan distribusi bahan organik yang melimpah, sedangkan tingginya C-organik pada TH campuran disebabkan oleh keragaman jenis seresah yang tinggi. Tingginya keragaman tanaman dapat meningkatkan C-Organik tanah melalui pemasukan karbon dan meningkatkan keragaman serta aktivitas mikroba tanah (Lange *et al.*, 2015). Tegakan hutan memiliki kadar C-organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan tegalan, hal ini disebabkan karena minimnya pasokan seresah pada tegalan. Pendapat ini didukung oleh Baso *et al.* (2014) bahwa C-organik tertinggi terdapat pada lahan hutan, kondisi ini terjadi karena terdapatnya sisa-sisa tanaman mati dan gugur dalam berbagai tahap dekomposisi dan menumpuk pada lahan hutan, yang akan menjadi kandungan C-organik tanah lebih besar.

Hasil penelitian pada tegakan Hutan TNG-Merbabu diperoleh kandungan karbon tanah merata pada setiap kedalaman paling tinggi dimiliki oleh TH puspa dengan alur kenaikan yang berbeda-beda (Gambar 2). Perbedaan karbon tanah pada setiap kedalaman dipengaruhi oleh perbedaan bobot volume tanah di setiap kedalaman. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 3) diketahui bahwa rerata keseluruhan bobot volume tanah pada kedalaman tanah 0-30 cm memiliki nilai yang berbeda antara tegakan hutan yang diamati, pada TH akasia berkisar antara 1,07- 1,29 g/cm<sup>3</sup>, TH pinus antara 0,69-1,33 g/cm<sup>3</sup>, TH bintamin antara 0,63-1,33 g/cm<sup>3</sup>, TH puspa antara 1-1,27 g/cm<sup>3</sup>, TH campuran antara 0,79-1,05 g/cm<sup>3</sup> dan tegalan antara 0,7-1 g/cm<sup>3</sup> (Tabel 3). Tingkat kepadatan (*bulk density*) tanah berpengaruh pada simpanan karbon tanah kumulatif, menurunnya bobot volume tanah pada lapisan atas tanah berkaitan erat dengan meningkatnya jumlah seresah, akar, dan kandungan karbon tanah (Siringoringo, 2013). Tanah yang semakin padat atau kerapatan tanah semakin tinggi maka masa tanah akan menjadi lebih besar pada suatu kedalaman, sehingga cadangan karbon organik tanah menjadi tinggi (Sari *et al.*, 2017).

#### **c. Pengaruh ketebalan terhadap C-Organik tanah dan karbon tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu dan tegalan**

Hasil analisis pengaruh ketebalan tanah terhadap C-organik tanah dan karbon tanah pada tegakan Hutan TNG-Merbabu dan tegalan disajikan pada Tabel 4. Pada kedalaman 0-10 cm karbon tanah memiliki nilai yang tidak berbeda nyata pada seluruh jenis tegakan. Pada kedalaman 10-20 cm menunjukkan rerata karbon tanah terbesar terdapat pada TH puspa yang tidak berbeda nyata dengan TH Campuran. TH Akasia dan TH pinus tidak berbeda nyata dengan TH bintamin dan tegalan. Uji lanjut DMRT pada kedalaman 20-30 cm menunjukkan rerata karbon tanah terbesar terdapat pada TH puspa yang tidak berbeda nyata dengan TH campuran, TH bintamin, namun berbeda nyata dengan TH akasia, TH pinus dan tegalan.

Tabel 4 dan Gambar 1, menunjukkan terdapat penurunan kadar C-organik tanah pada semua tegakan yang sejalan dengan meningkatnya kedalaman tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Supriyo *et al.*, (2009) adanya perbedaan kadar C-organik dalam tanah pada komunitas tanaman hutan Wanagama I Gunung Kidul, pada kedalaman 0-10 cm kandungan C-organik adalah 5,63%, kedalaman 10-20 cm adalah 3,89% dan kedalaman 20-30 cm adalah 3,56% dengan harkat tinggi hingga sangat tinggi. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik di permukaan tanah. Pendapat tersebut didukung oleh Siringoringo (2013) dan Sari, *et al.* (2017) bahan organik cenderung terkonsentrasi pada lapisan atas tanah karena sebagian besar pasokan C-organik tanah berasal dari seresah yang



berada di lapisan atas tanah, sedangkan pada kedalaman 30-100 cm jumlah pasokan seresh permukaan berkurang yang sejalan dengan meningkatnya kedalaman tanah, sehingga kandungan C-organik tanah menjadi rendah.

Tabel 4. Pengaruh ketebalan tanah (0-10, 10-20, 20-30 cm) terhadap C-Organik dan karbon tanah pada tegakan hutan TNG-Merbabu dan tegalan

| Tegakan Hutan Akasia   |                      |   |               |    |        |                         |                       |   |         |
|------------------------|----------------------|---|---------------|----|--------|-------------------------|-----------------------|---|---------|
| No                     | Kedalaman Tanah (cm) | N | C-Organik (%) |    |        | BV (g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon Tanah (ton/ha) |   |         |
|                        |                      |   | mean±SD       |    |        |                         | mean±SD               |   |         |
| 1                      | 0-10                 | 3 | 3.32          | b  | ± 0.28 | 1.13                    | 37.37                 | a | ± 3.94  |
| 2                      | 10-20                | 3 | 2.79          | a  | ± 0.13 | 1.07                    | 29.84                 | a | ± 9.29  |
| 3                      | 20-30                | 3 | 2.45          | a  | ± 0.29 | 1.29                    | 30.76                 | a | ± 9.07  |
| Tegakan Hutan Pinus    |                      |   |               |    |        |                         |                       |   |         |
| No                     | Kedalaman Tanah (cm) | N | C-Organik (%) |    |        | BV (g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon Tanah (ton/ha) |   |         |
|                        |                      |   | mean±SD       |    |        |                         | mean±SD               |   |         |
| 1                      | 0-10                 | 3 | 3.71          | c  | ± 0.09 | 0.69                    | 19.41                 | a | ± 3.18  |
| 2                      | 10-20                | 3 | 3.38          | ab | ± 0.27 | 1.22                    | 27.57                 | a | ± 22.01 |
| 3                      | 20-30                | 3 | 2.94          | a  | ± 0.56 | 1.33                    | 27.10                 | a | ± 8.62  |
| Tegakan Hutan Bintamin |                      |   |               |    |        |                         |                       |   |         |
| No                     | Kedalaman Tanah (cm) | N | C-Organik (%) |    |        | BV (g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon Tanah (ton/ha) |   |         |
|                        |                      |   | mean±SD       |    |        |                         | mean±SD               |   |         |
| 1                      | 0-10                 | 3 | 2.85          | b  | ± 0.16 | 0.88                    | 32.69                 | a | ± 12.31 |
| 2                      | 10-20                | 3 | 2.29          | a  | ± 0.34 | 0.63                    | 21.34                 | a | ± 5.29  |
| 3                      | 20-30                | 3 | 2.03          | a  | ± 0.11 | 1.33                    | 39.07                 | a | ± 7.16  |
| Tegakan Hutan Puspa    |                      |   |               |    |        |                         |                       |   |         |
| No                     | Kedalaman Tanah (cm) | N | C-Organik (%) |    |        | BV (g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon Tanah (ton/ha) |   |         |
|                        |                      |   | mean±SD       |    |        |                         | mean±SD               |   |         |
| 1                      | 0-10                 | 3 | 9.53          | b  | ± 1.99 | 1.00                    | 64.03                 | a | ± 16.32 |
| 2                      | 10-20                | 3 | 5.09          | a  | ± 1.45 | 1.27                    | 78.09                 | a | ± 42.62 |
| 3                      | 20-30                | 3 | 4.98          | a  | ± 0.22 | 1.09                    | 56.83                 | a | ± 10.81 |
| Tegakan Hutan Campuran |                      |   |               |    |        |                         |                       |   |         |
| No                     | Kedalaman Tanah (cm) | N | C-Organik (%) |    |        | BV (g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon Tanah (ton/ha) |   |         |
|                        |                      |   | mean±SD       |    |        |                         | mean±SD               |   |         |
| 1                      | 0-10                 | 3 | 7.62          | b  | ± 0.11 | 0.80                    | 60.57                 | a | ± 53.34 |
| 2                      | 10-20                | 3 | 6.33          | ab | ± 0.36 | 1.05                    | 66.73                 | a | ± 29.43 |
| 3                      | 20-30                | 3 | 4.89          | a  | ± 1.29 | 0.79                    | 40.14                 | a | ± 22.17 |
| Tegalan                |                      |   |               |    |        |                         |                       |   |         |
| No                     | Kedalaman Tanah (cm) | N | C-Organik (%) |    |        | BV (g/cm <sup>3</sup> ) | Karbon Tanah (ton/ha) |   |         |
|                        |                      |   | mean±SD       |    |        |                         | mean±SD               |   |         |
| 1                      | 0-10                 | 3 | 2.12          | a  | ± 0.71 | 0.88                    | 18.46                 | a | ± 5.78  |
| 2                      | 10-20                | 3 | 1.79          | a  | ± 0.32 | 0.70                    | 12.67                 | a | ± 5.02  |
| 3                      | 20-30                | 3 | 1.78          | a  | ± 0.51 | 1.00                    | 17.63                 | a | ± 6.63  |

Keterangan : angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%; BV= Bobot Volume; SD=Standar Deviasi

Hasil penelitian Amolikondori *et al.* (2022) di hutan Hyrcanian (beriklim *temperate*), menunjukkan stok SOC, N-total, dan P tanah pada kedalaman 0-20 cm berkorelasi negatif dengan liat (*clay*) dan berkorelasi positif dengan BD (*bulk density*), pasir (*sand*), N-total dan C-Organik tanah. Stok SOC dan P keduanya masing-masing juga berhubungan positif dengan mikroba tanah C (*soil microbial-C*) dan mikroba tanah P (*soil microbial-P*).

## Kesimpulan dan Saran

Tegakan hutan TNG-Merbabu mempunyai INP (Indeks Nilai Penting) tertinggi pada tegakan puspa (238,91%), diikuti pinus (230,53%), akasia (227,59%), bintamin (158,99%) dan campuran (124,33%). Pada setiap tegakan kandungan C-organik tanah mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan kedalaman tanah (0-10, 10-20, 20-30 cm), C-Organik tanah (kedalaman 0-10 cm) tertinggi pada tegakan puspa (9,53%), diikuti campuran (7.62%), bintamin (3,70%), akasia (3,32%) dan terendah pinus (2,85%), serta tegakan (2,12%).

Berdasarkan hasil penelitian ini tanaman puspa dapat disarankan/direkomendasikan sebagai jenis tanaman penghijauan (reboisasi hutan) yang baik karena mempunyai nilai Indeks Nilai Penting (Nilai Penting Jenis) tinggi, serta mampu memberikan karbon tanah yang tinggi kedalam profil tanah.

## Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Sebelas Maret Surakarta, yang telah memberikan dana penelitian PNBPU-UNS Skim PU-UNS Tahun Anggaran 2020; demikian juga untuk semua peneliti, staf Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS, serta LPPM UNS Surakarta yang telah membantu terlaksananya kegiatan penelitian.

## Daftar Pustaka

- Ayanaw Abunie, A., & Dalle, G. 2018. Woody Species Diversity, Structure, and Regeneration Status of Yemrehane Kirstos Church Forest of Lasta Woreda, North Wollo Zone, Amhara Region, Ethiopia. *International Journal of Forestry Research*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5302523>
- Amolikondori, A., K.A.Vajari, M. Feizian. 2022. Assessing soil organic carbon, N and P stocks and its relation to soil properties in artificial canopy gaps in a managed oriental beech (*Fagus orientalis* L.) forest. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 27 January 2022. <https://doi.org/10.1002/jpln.202100425>.
- Bruce J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal and K. Paustian. 1999. Carbon Sequestration in Soils. *Soil and Water Conservation*. J : 382-389.
- Baso, M. S. G., Hasanah, U., & Monde, A. 2014. Variabilitas Sifat Fisika Tanah Dan C-Organik Pada Lahan Hutan Dan Perkebunan Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *E-Journal Agrotekbis*, 2(6), 565–572.
- Cahyanto, T., D. Chairunnisa, & T. Sudjarwo. (2014). Analisis Vegetasi Pohon Hutan Alam Gunung Manglayang Kabupaten Bandung. *Jurnal Istek*, 8(2). <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402>

[dx.doi.org/10.1038/nature21059](https://dx.doi.org/10.1038/nature21059) <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127> <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577> <http://>

- Dlamini, P. P., Chivenge, A., Manson, V., & Chaplot, V. 2014. Land degradation impact on soil organic and nitrogen stocks of sub-tropical humid grassland in South Africa. *Geoderma* 235–236 (2014), 372–381. [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma).
- Endarwati, M. A., Sigitwicaksono, K., & Suprayogo, D. 2017. Hubungan Antara Kerapatan , Keragaman Vegetasi ,. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 4(2), 577–588.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan*. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia. 88 hal.
- Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C. A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R. I., Mellado-Vazquez, P. G., Malik, A. A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B. C., Trumbore, S. E., & Gleixner, G. 2015. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/ncommc7707>
- Marwah, S. 2008. Optimalisasi Pengelolaan Sistem Agroforestry Untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di DAS Konaweha Sulawesi Tenggara. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Masnang, Andi. 2011. Kajian Tingkat Erosi, Sekuestrasi Karbon dan Daya Simpan Air Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Sub-DAS Jenneberang Hulu. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Ma, H., H.B. Tecimen, F. Ma, S.Imran, R. Gao, Y. Yin, T. Raja, and J. Sun. 2022. Different responses of soil nitrogen to combined addition of labile carbon sources with fresh versus decomposed litter. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 20 January 2022. <https://doi.org/10.1002/jpln.202100303>.
- Rahayu, S., B. Lusiana & M. van Noordwijk. 2005. Aboveground Carbon Stock Assessment for Various Land Use Systems in Nunukan, East Kalimantan. *In: B. Lusiana, M. van Noordwijk & S. Rahayu. 2005. Carbon Stocks in Nunukan, East Kalimantan : A Spatial Monitoring and Modelling Approach*. Word Agroforestry Centre. Bogor.
- Roose, E.J., R. Lal, C. Feller, B. Barthes and B.A. Stewart. 2006. *Advances in Soil Science : Soil Erosion and Carbon Dynamics*. CRC Press. Taylor & Francis Group, LLC. 352 pp.
- Sari, T., Rafdinal, & Linda, R. 2017. *Hubungan Kerapatan Tanah, Karbon Organik Tanah dan Cadangan Karbon Organik Tanah Di Kawasan Agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh Sekadau Hulu Kalimantan*.
- Sedjo, R and B.Sohngen. 2012. *Carbon Sequestration in Forests and Soils*. Annual Review of Resource Economics (Annual Reviews). 4:127–144. doi:10.1146/annurev-resource-083110-115941.
- Siringoringo, H. H. 2013. Potensi Sekuestrasi Karbon Organik Tanah Pada Pembangunan Hutan Tanaman Acacia mangium Willd. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi*

*Alam*, 2013(2), 193–213. <https://doi.org/10.20886/jphka.2013.10.2.193-213>

Soerianegara, I dan A. Indrawan. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor.

Supriyo, H., Faridah, E., A, W. D., Figyantika, A., & F, A. K. 2009. Kandungan C-Organik dan N-Total pada Seresah dan Tanah pada 3 Tipe Fisiognomi (Studi Kasus di Wanagama I, Gunung Kidul, DIY). *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 9(1), 49–57.

Traorea, S, K. Ouattara, U. Ilstedt, M. Schmidt, A. Thiombiano, A. Malmer, and G. Nyberg . 2015. Effect of land degradation on carbon and nitrogen pools in two soil types of a semi-arid landscape in West Africa. *Geoderma*, 241–242 (2015), 330–338. [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma).