

Perbandingan Tinggi Pohon Menggunakan Alat HAGAMATER, TREE-H, dan SUUNTO CLINOMETER (Studi di RPH Kokap, BDH Kulon Progo, KPH Yogyakarta)

Arief Gunawan^{*}), Tatik Suhartati, Sugeng Wahyudiono

Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, INSTIPER Yogyakarta

*Email Korespondensi : ariefg0987@gmail.com

Pengukuran tinggi pohon yang menggunakan metode trigonometri memiliki tingkat kesulitan dan efisiensi waktu yang berbeda-beda tergantung pada alat yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengukuran serta efisiensi waktu dari tiga alat ukur tinggi pohon yang berbasis trigonometri, yaitu Hagameter, Tree-H, dan Suunto Clinometer, pada tegakan jati genjah (GN) di Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Yogyakarta. Pengukuran dilakukan di Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Kokap, Kulon Progo, dengan menggunakan metode systematic sampling pada dua petak ukur. Sampel yang diambil terdiri dari pohon dengan rentang umur antara 20 hingga 21 tahun. Intensitas sampling ditentukan sebesar 1% dengan memperhatikan keseragaman tegakan serta efisiensi waktu, biaya, dan tenaga. Setiap plot berbentuk lingkaran dengan luas 0,04 ha, memiliki jari-jari 11,28 meter, dan jarak antar plot adalah 200 meter. Sebanyak 6 plot diambil, yang terdiri dari 1 plot di petak 5 dan 5 plot di petak 6. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam hasil pengukuran tinggi pohon antara ketiga alat tersebut. Rata-rata tinggi pohon yang diukur menggunakan Hagameter adalah 19,13 m dari total 114,80 m, sementara Tree-H mencatat 18,99 m dari total 113,97 m, dan Suunto Clinometer sebesar 18,75 m dengan total 112,49 m. Dalam hal efisiensi waktu, Hagameter memiliki waktu pengukuran tercepat dengan rata-rata 44,74 detik, diikuti oleh Tree-H dengan 45,65 detik, dan Suunto Clinometer dengan 47,02 detik. Walaupun hasil pengukuran tinggi pohon tidak menunjukkan perbedaan signifikan, Tree-H direkomendasikan sebagai pilihan yang lebih praktis karena berbasis digital, tersedia gratis, dan lebih mudah digunakan di lapangan; penggunaan Tree-H disarankan dengan perangkat pendingin (cooler) untuk mencegah penurunan kinerja smartphone akibat paparan panas matahari.

Kata Kunci efisiensi waktu, jati genjah, perbandingan alat ukur.

PENDAHULUAN

Pengukuran tinggi pohon merupakan aktivitas penting untuk memahami atau memperkirakan potensi suatu tegakan atau komunitas tertentu (Hardjanto et al., 2013). Berdasarkan Murniyati & Jufrianto (2017), tinggi pohon didefinisikan sebagai jarak terpendek antara titik tertinggi pada pohon atau titik lainnya dengan proyeksinya di permukaan tanah yang datar. Sementara itu, panjang pohon merujuk pada jarak antara dua titik yang diukur, baik secara lurus maupun melengkung, ketika pohon dalam posisi rebah. Tinggi pohon menjadi salah satu karakteristik penting dalam memperkirakan volume individu pohon dari permukaan tanah. Pengukuran tinggi pohon juga dapat dilakukan pada ketinggian tertentu pada batang, terutama untuk tujuan estimasi volume pada pohon yang masih berdiri. (Faldiansyah, 2016).

Pengukuran tinggi pohon dengan berbagai alat dapat menghasilkan hasil yang bervariasi, karena setiap alat memiliki kelebihan dan keterbatasan dalam penggunaannya. Dalam pengelolaan hutan jati, salah satu alat yang digunakan adalah Hagameter. Selain itu, tinggi pohon juga dapat diukur menggunakan alat pengukur kemiringan seperti Suunto Clinometer. Saat ini, telah tersedia aplikasi berbasis smartphone seperti Tree-H yang juga dapat digunakan untuk mengukur tinggi pohon. Ketiga alat ini bekerja dengan prinsip dasar yang sama, yaitu trigonometri, yang membutuhkan dua variabel utama: jarak antara pohon dan titik pengamatan serta sudut kemiringan..

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Sari & Ariyanto (2018), pengukuran tinggi pohon menggunakan clinometer membutuhkan waktu rata-rata 0,68 menit per pohon, sedangkan penggunaan hagameter dengan meteran memakan waktu 1,18 menit, dan hagameter dengan papan skala membutuhkan 0,88 menit per pohon. Ventolo et al., (2021), menjelaskan bahwa tingkat kesalahan pengukuran menggunakan hagameter dan clinometer rata-rata sebesar 2,87%, dengan variasi kalibrasi alat yang dapat berfluktuasi positif atau negatif sebesar 2,87%. Clinometer dianggap lebih ekonomis jika hagameter tidak tersedia. Sementara itu, Pratama et al., (2023), melakukan penelitian dengan menggunakan alat yang berbeda, yaitu Smart Measure dan Vertex. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Smart Measure mampu mengukur tinggi pohon 7,35 menit lebih cepat dibandingkan Vertex.

Hingga saat ini, belum ada penelitian yang membandingkan hasil pengukuran tinggi pohon menggunakan Hagameter, Tree-H, dan Suunto Clinometer. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian yang membahas perbedaan hasil pengukuran dari ketiga alat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan rata-rata tinggi pohon serta mengetahui perbandingan waktu yang dibutuhkan dalam pengukuran menggunakan Hagameter, Tree-H, dan Suunto Clinometer..

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada tegakan Jati Genjah (GN) di petak 5 yang berusia 21 tahun dengan luas 4 hektar, serta di petak 6 yang berusia 20 tahun dengan luas 19 hektar. Lokasi penelitian berada di RPH Kokap, BDH Kulon Progo, KPH Yogyakarta. Penelitian ini berlangsung dari bulan September hingga November 2024.

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode systematic sampling yang dimulai dengan pemilihan acak untuk plot pertama, kemudian plot-plot berikutnya dipilih sesuai jarak antar plot. Intensitas sampling yang digunakan adalah 1%. Plot yang digunakan berbentuk lingkaran dengan luas 0,04 hektar dan jarak antar plot sejauh 200 meter.

Setiap pohon dalam plot diukur tinggi total pohon menggunakan Tree-H, hagameter, dan suunto clinometer. Analisis data perbandingan rata-rata tinggi pohon dan perbandingan waktu untuk mengukur menggunakan analisis varians Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan menganggap ketiga alat sebagai perlakuan. Jika terdapat perbedaan yang nyata pada rata tinggi dilakukan uji *Least Significant Difference* (LSD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran tinggi pohon dengan ketiga alat ukur dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam tabel tersebut, terlihat bahwa Petak 5 yang berumur 20 tahun memiliki 1 plot dengan jumlah 18 pohon, sedangkan Petak 6 yang berumur 21 tahun terdiri dari 5 plot dengan total 92 pohon.

Hasil pengukuran di setiap petak menunjukkan bahwa nilai standar deviasi cenderung seragam, baik saat menggunakan Hagameter, Tree-H, maupun Suunto Clinometer. Pada petak 6 yang berumur 21 tahun, plot 4 memiliki standar deviasi yang lebih rendah dibandingkan plot lainnya, yang menunjukkan bahwa tinggi pohon di plot tersebut lebih seragam. Hal ini disebabkan oleh kondisi lahan di plot 4 yang lebih datar, sehingga distribusi cahaya matahari menjadi lebih merata dibandingkan plot lainnya yang memiliki kemiringan lebih curam.

Tabel 1. Hasil Ukuran Tinggi Menggunakan Hagameter, Tree-H, dan Suunto Clinometer

Umur	PU	Jumlah Pohon	Min (m)	Maks (m)	Rata-rata (m)	Standa Deviasi (m)
Hagameter						
20	1	18	18	21	19,3500	0,7763
	1	15	18	22	19,8266	1,1410
21	2	20	17,8	21,5	18,8150	1,0022
	3	21	18	21,5	19,1523	0,9780
	4	17	18	20,8	19,1352	0,9558
	5	19	16,5	20,3	18,5631	0,9802
Tree-H						
20	1	18	18,1	20,43	19,2761	0,8142
	1	15	18,1	22,13	19,4666	1,2073
21	2	20	17,36	20,94	18,5435	1,1133
	3	21	18,1	21,43	19,16	1,0046
	4	17	18,1	20,36	19,0929	0,8574
	5	19	17,36	20,8	18,4242	0,9833
Suunto Clinometer						
20	1	18	18	20	19,1666	0,7738
	1	15	18	21	19,2266	0,9938
21	2	20	17	21	18,1800	1,1180
	3	21	17,4	21	18,8476	0,9526
	4	17	18	20	18,9882	0,7663
	5	19	17	21	18,0842	1,0610

Pada Tabel 2, disajikan rata-rata tinggi setiap plot yang diukur menggunakan Hagameter, Tree-H dan Suunto Clinometer. Rata-rata tinggi pohon diukur menggunakan Hagameter sebesar 19,1343 m, Tree-H 18,9952 m, dan Suunto Clinometer 18,7489 m. Perbedaan ini menunjukkan adanya variasi dalam hasil pengukuran yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kerja masing-masing alat. Standar deviasi yang dihasilkan menunjukkan tingkat variasi data, di mana Suunto Clinometer memiliki nilai standar deviasi tertinggi (0,4970), yang mengindikasikan hasil pengukuran yang lebih tersebar dibandingkan dengan Tree-H (0,4172) dan Hagameter (0,4467). Secara keseluruhan, meskipun terdapat perbedaan dalam rata-rata tinggi yang diperoleh dari masing-masing alat, nilai-nilai tersebut masih berada dalam kisaran yang relatif dekat, yang menunjukkan bahwa ketiga alat ini dapat digunakan untuk pengukuran tinggi pohon dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Namun, pemilihan alat yang paling sesuai dapat disesuaikan dengan kebutuhan penelitian dan preferensi dalam hal akurasi serta kemudahan penggunaan.

Tabel 2. Tinggi Pohon

Plot	Rata-rata Tinggi Pohon		
	Hagameter (m)	Tree-H (m)	Suunto Clinometer (m)
1	19,3500	19,2761	19,1666
2	19,8266	19,4666	19,2266
3	18,815	18,5435	18,1800
4	19,1523	19,1676	18,8476
5	19,1352	19,0929	18,9882
6	18,5263	18,4242	18,0842
Jumlah	114,8057	113,9710	112,4938
Rata-rata	19,1343	18,9952	18,7489
Standar Deviasi	0,4467	0,4172	0,4970

Tabel 3. Analisis Varians Tinggi Total

Sumber Variasi Kuadrat	Diameter bebas	Jumlah Tengah	Kuadrat hitung	F table	
				0,05	0,01
Perlakuan	0,45703	2	3,68232		
NS	0,2285	1,1044	8		6,358
Error/Galat	3,1036	15	0,2069		
Total	3,5606	17			

Keterangan: NS = *Non Significant*

Tabel 4 menyajikan data rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengukur tinggi pohon di setiap plot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengukuran menggunakan Hagameter adalah 44,7367 detik per pohon, Tree-H 45,6489 detik per pohon, dan Suunto Clinometer 47,0219 detik per pohon. Dengan demikian, Hagameter lebih cepat 0,9122 detik dibandingkan Tree-H dan 2,2852 detik lebih cepat dibandingkan Suunto Clinometer. Hal ini menunjukkan bahwa Hagameter merupakan alat dengan waktu pengukuran tercepat. Sementara itu, Suunto Clinometer menjadi alat dengan waktu pengukuran paling lama, yang disebabkan oleh keterbatasan sudut pandang pada jendela pembacaan, sehingga sering kali perlu penyesuaian posisi untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Tree-H memiliki standar deviasi sebesar (2,2974 detik), yang menunjukkan bahwa variasi waktu pengukuran dengan alat ini lebih besar dibandingkan dengan Hagameter (1,7998 detik) dan Suunto Clinometer (2,0341 detik). Hal ini mengindikasikan bahwa waktu pengukuran dengan Tree-H memiliki variasi paling tinggi, sementara Hagameter memiliki variasi waktu pengukuran yang paling konsisten.

Perbandingan waktu pengukuran dianalisis menggunakan analisis varians, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai F hitung sebesar 1,8819, sedangkan F tabel masing-masing sebesar 3,6823 dan 6,3588. Karena F hitung < F tabel, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam waktu pengukuran antara Hagameter, aplikasi Tree-H, dan Suunto Clinometer.

Waktu pengukuran ini meliputi tiga tahap, yaitu: pertama, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai area pengukuran; kedua, waktu untuk menentukan jarak ke pohon; dan ketiga, waktu untuk mengukur serta membaca tinggi pohon (Bozic et al., 2005).

Tabel 4. Waktu Mengukur

Plot	Total Waktu Pengukuran (detik/pohon)		
	Hagameter	Tree-H	Suunto Clinometer
1	47,3928	49,1589	50,3350
2	44,0433	44,8713	45,9767
3	43,4690	44,3135	45,6130
4	44,3210	45,1505	46,3990
5	46,4471	47,5482	48,6671
6	42,7474	42,8511	45,1405
Jumlah	268,4205	273,8935	282,1313
Rata-Rata	44,7367	45,6489	47,0219
Standar Deviasi	1,7998	2,2974	2,0341

Tabel 5. Analisis Varians

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Diameter bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F table	
					0.05	0.01
Perlakuan	15,8778	2	7,9389	1,8819	3,6823	6,3588
Error/Galat	63,2782	15	4,2185	NS		
Total	79,1560	17				

Keterangan: NS= *Non Significant*

Pengukuran tinggi pohon di setiap petak memiliki tantangan tersendiri yang dipengaruhi oleh kondisi tajuk dan topografi lahan. Pada petak 5 (umur 20 tahun), yang terdiri dari 1 plot dengan kondisi tajuk yang rimbun serta topografi sedikit bergelombang, terdapat beberapa kendala dalam proses pengukuran. Tajuk yang rimbun dapat menghalangi pandangan ke bagian puncak pohon, sehingga menyulitkan penggunaan alat ukur. Selain itu, meskipun topografi tidak terlalu ekstrem, kontur tanah yang sedikit bergelombang dapat memengaruhi kestabilan alat dan akurasi pengukuran.

Sementara itu, petak 6 (umur 21 tahun) yang terdiri dari 5 plot dengan kondisi tajuk yang rimbun serta topografi berbukit menghadirkan tantangan yang lebih besar. Tajuk yang lebat menghambat visibilitas terhadap titik ujung pohon, yang dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan alat ukur. Selain itu, medan berbukit membuat akses menuju titik pengukuran lebih sulit dan meningkatkan risiko ketidakstabilan saat melakukan pengukuran. Namun, terdapat beberapa aspek yang

memudahkan proses pengukuran. Pada petak 5, meskipun terdapat kesulitan dari tajuk yang rimbun, pengukuran tetap dapat dilakukan dengan menyesuaikan sudut pandang atau memilih lokasi pengukuran yang lebih strategis (Stereńczak et al., 2019) Sementara itu, pada petak 6, penggunaan alat ukur seperti Hagameter, Tree-H, dan Suunto Clinometer memungkinkan penyesuaian dalam pengukuran, sehingga membantu mengurangi keterbatasan akibat kondisi medan dan meningkatkan ketepatan hasil (Widyorini et al., 2019). Secara keseluruhan, pengukuran di petak 6 cukup sulit dibandingkan petak 5 karena jumlah plot yang lebih banyak serta medan berbukit yang lebih sulit diakses. Oleh karena itu, strategi dalam pemilihan titik pengukuran, penggunaan alat yang sesuai, serta metode adaptasi terhadap kondisi lapangan menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengukuran tinggi pohon (Larjavaara & Muller, 2013). Selama pengukuran, alat ukur Hagameter, Tree-H, dan Suunto Clinometer memiliki kesulitan dan kemudahan masing-masing dalam pengukuran tinggi pohon. Hagameter dikenal dengan akurasi yang tinggi, tetapi pengukur harus memiliki keterampilan khusus dalam membaca sudut agar hasilnya tepat (Masihaji et al., 2024). Kesulitan lainnya adalah puncak pohon yang tertutup tajuk lebat, yang dapat menghambat pembacaan sudut dengan benar, serta medan yang tidak rata, yang dapat memengaruhi kestabilan saat melakukan pengukuran. Namun, alat ini memiliki beberapa kemudahan, seperti tidak memerlukan daya listrik, tetap dapat digunakan dalam berbagai kondisi cahaya, dan mudah dibawa ke lokasi pengukuran.

Sementara itu, Tree-H, yang berbasis aplikasi smartphone, menghadirkan kemudahan dalam penggunaan dan proses pengukuran yang lebih cepat. Namun, alat ini sangat bergantung pada kualitas sensor kamera dan pencahayaan, sehingga dapat mengurangi keakuratan jika kondisi cahaya tidak mendukung. Selain itu, aplikasi ini memerlukan daya baterai yang cukup, sehingga pengguna harus memastikan smartphone tetap memiliki daya selama pengukuran. Kesulitan lain dalam penggunaan Tree-H adalah potensi terjadinya lag, terutama saat smartphone mengalami peningkatan suhu akibat paparan sinar matahari langsung. Lag ini dapat menyebabkan keterlambatan dalam respons aplikasi, sehingga berpotensi mempengaruhi ketepatan pembacaan tinggi pohon.

Di sisi lain, Suunto Clinometer memiliki cara penggunaan yang lebih sederhana dan tidak memerlukan baterai, sehingga cocok untuk berbagai kondisi lapangan. Namun, alat ini lebih bergantung pada ketepatan pembacaan skala kemiringan oleh pengguna, yang dapat menyebabkan perbedaan hasil jika tidak dilakukan dengan benar (Nirmalasari et al., 2024). Selain itu, medan berbukit juga bisa menjadi tantangan, karena pengguna perlu menyesuaikan posisi agar mendapatkan sudut yang tepat.

Berdasarkan hasil pengukuran, hagameter merupakan alat yang paling cepat waktu pengukurannya, diikuti Tree-H dan Suunto Clinometer yang paling lama. Namun, ketiga alat tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan baik dalam hasil pengukuran tinggi maupun waktu pengukuran. Sehingga Tree-H direkomendasikan sebagai alat untuk mengukur tinggi pohon, dimana aplikasi ini tersedia secara gratis di Google Play Store, mudah digunakan, lebih praktis. Namun, jika pengukuran menggunakan Tree-H, disarankan untuk membawa perangkat pendingin (cooler) untuk smartphone. Hal ini dikarenakan paparan panas akibat terik matahari dapat menyebabkan smartphone mengalami penurunan kinerja atau lag.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dinyatakan bahwa:

1. tinggi pohon yang diukur menggunakan Hagameter adalah 19,1 m, sedangkan Tree-H adalah 18,9 m, dan Suunto Clinometer adalah 18,7 m, yang menunjukkan hasil berbeda namun tidak signifikan.
2. waktu untuk pengukuran menggunakan Hagameter adalah 44,7367 detik, Tree- H 45,6489 detik, dan Suunto Clinometer 47,0219 detik yang menunjukkan hasil berbeda namun tidak signifikan.

B. Saran

Sebaiknya pohon yang diukur memiliki perbedaan umur yang signifikan sehingga memiliki perbedaan tinggi yang signifikan pula

DAFTAR PUSTAKA

- Bozic, M., Cavlovi, J., Luki, N., Teslak, K., & Kos, D. (2005). *Efficiency Of Ultrasonic Vertex III Hypsometer Compared To The Most Commonly Used Hypsometers In Croatian Forestry. Croatian Journal of Forest Engineering*, 26(2), 91–99.
- Faldiansyah, V. (2016). Laporan Inventarisasi Hutan : Pengukuran Tinggi Pohon. 4(1), 1–23.
- Hardjanto, H., Kurniadi, E., Nugroho, B., & Sumardjo, S. (2013). Kelembagaan Kemitraan Pengelolaan Hutan Rakyat di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(3), 161–171. <https://doi.org/10.20886/jpht.2013.10.3.161-171>
- Larjavaara, M., & Muller-Landau, H. C. (2013). *Measuring Tree Height: A Quantitative Comparison Of Two Common Field Methods In A Moist Tropical Forest. Methods In Ecology And Evolution*, 4(9), 793–801. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12071>
- Masihaji, R. La, Salatalohy, A., & Nurhikmah. (2024). Komposisi , Struktur , dan Pola Distribusi Vegetasi Sekitar Telaga Nita Kelurahan Sulamadaha Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate. *Journal Forest Island*, 2(3), 11–24.
- Murniyati, A., & Jufrianto. (2017). Pengukuran Tinggi, Diameter Dan Volume Tanaman Jati (*Tectona grandis* Linn F.) Umur 7 Tahun Di Areal PT. United Tractors, Tbk Kelurahan Loa Bakung Kecamatan Sungai Kunjang Kota Samarinda. *Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kampus Gunung Panjang, Jl. Samratulangi, Samarinda, Indonesia*.
- Nirmalasari, Sihab, M. A., Cheren, A., Dinillah, R., Aidah, R. S., & Azrai, P. (2024). Pengukuran Tinggi Pohon Menggunakan Klinometer Di Taman Margasatwa Ragunan Bagian Utara. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(1), 39–46. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i1.3894>
- Pratama, R. A., Suhartati, T., & Sushardi. (2023). Perbandingan Penggunaan Alat Ukur Tinggi Vertex Dan Smart Measure Pada *Acacia crassicarpa* Umur 18 Bulan. *Agroforetech*.
- Rakhmah Sari, D., & Ariyanto. (2018). Analisis Waktu Kerja Pengukuran Tinggi Pohon Menggunakan Klinometer dan Hagameter. *Ulin – J Hut Trop*, 2(2), 79–84.
- Stereńczak, K., Mielcarek, M., Wertz, B., Bronisz, K., Zajączkowski, G., Jagodziński, A. M., Ochał, W., & Skorupski, M. (2019). *Factors influencing the accuracy of ground-based tree-height measurements for major European tree species. Journal of Environmental Management*, 231, 1284–1292. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.100>
- Ventolo, Y., Nugroho, Y., & Suyanto. (2021). Perbedaan Hasil Pengukuran Tinggi Pohon Menggunakan Alat Ukur Berupa Hagameter Dan Clinometer *Differences of Tree Height Measurement Results Using A Hagameter and Clinometer Measurement Tool. In Jurnal Sylva Scientiae* (Vol. 04, Issue 6).
- Widyorini, R., Syahri, I., & Dewi, G. K. (2019). Sifat Papan Partikel Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) dan Bambu Wulung (*Gigantochloa atroviolacea*) dengan Perlakuan Ekstraksi. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 13(1), 195–209.