

KETELITIAN KALIPER TAC DAN SPIEGEL RELASKOP UNTUK PENGUKURAN DIAMETER POHON DI WILAYAH KAMPUS ULM BANJARBARU

Accuracy of TAC Caliper and Spiegel Relaskop for Tree Diameter Measurement in ULM Banjarbaru Campus Area

Rizky Izzatie Rossana¹, Suyanto^{1*}, dan Udiansyah¹

¹ Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Measurements of tree diameter have been carried out a lot of research directly, namely using measuring tape or diameter tape with n how to measure its circumference. So far, the two measuring instruments, namely TAC calipers (Two Arms Caliper) and Spiegel Relaskop Bitterlich are often used but we do not know about the accuracy information of the two measuring instruments. Therefore, research is needed on these two tools. The purpose of this study was to analyze the accuracy of using diameter measuring instruments in the form of TAC calipers and relascope spiegels (Spiegel Relaskop Bitterlich) on tree circumference measuring devices (K) using measuring tape in measuring tree diameters. The research was conducted by taking tree data directly in the field. Data collection was carried out by purposive sampling based on the diameter structure of trees in the field. The results of data analysis and interpretation both quantitatively and qualitatively can be used as tools for policies and decisions to answer the accuracy of the tools used in research data. The conclusion obtained from the results of research on the accuracy of TAC calipers and relascope spiegels for measuring tree diameters in the ULM Banjarbaru campus area is from the tools studied based on the efficiency index value, it is concluded that TAC caliper measuring instruments have a better level of accuracy and efficiency than relascope spiegel measuring instruments, namely on TAC caliper measuring instruments of 2.25 cmdt and on relascope spiegel measuring instruments of 20.92 cmdt.

Keywords: Two arms calipers; Spiegel relaskop; Tree diameter;

ABSTRAK. Pengukuran tentang diameter pohon sudah banyak sekali dilakukan penelitian secara langsung yaitu menggunakan pita ukur atau pita diameter dengan cara mengukur kelilingnya. Selama ini kedua alat ukur, yaitu kaliper TAC (*Two Arms Caliper*) dan spiegel relaskop (*Spiegel Relaskop Bitterlich*) ini sering digunakan namun kita belum mengetahui mengenai informasi ketelitian dari kedua alat ukur tersebut. Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian tentang kedua alat ini. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menganalisis ketelitian penggunaan alat ukur diameter berupa kaliper TAC dan spiegel relaskop terhadap alat pengukur keliling pohon (K) menggunakan pita ukur pada pengukuran diameter pohon. Penelitian dilakukan dengan mengambil data pohon secara langsung di lapangan. Pengambilan data dilakukan secara purposive sampling berdasarkan struktur diameter pohon di lapangan. Hasil analisis dan interpretasi data baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif dapat dijadikan sebagai alat untuk kebijakan dan keputusan untuk menjawab keakuratan alat yang digunakan dalam data penelitian. Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ketelitian kaliper TAC dan spiegel relaskop untuk pengukuran diameter pohon di wilayah kampus ULM banjarbaru ialah dari alat yang diteliti berdasarkan nilai indeks efisiensi disimpulkan bahwa alat ukur kaliper TAC memiliki tingkat ketelitian dan tingkat efisiensi yang lebih bagus dibandingkan alat ukur spiegel relaskop yaitu pada alat ukur kaliper TAC sebesar 2,25 cmdt dan pada alat ukur spiegel relaskop sebesar 20,92 cmdt.

Kata Kunci: Kaliper TAC, Spiegel relaskop; Diameter pohon

Penulis untuk korespondensi, surel: suyanto@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Pengukuran diameter merupakan hal yang paling penting dilakukan dalam menduga potensi suatu tegakan ataupun suatu komunitas tertentu. Diameter batang adalah dimensi pohon yang paling mudah diperoleh atau diukur terutama pada pohon bagian bawah. Tetapi oleh karena bentuk batang yang pada umumnya semakin mengecil ke ujung atas (taper), maka dari sebuah pohon dapat diperoleh nilai diameter batang sesuai banyaknya titik dari pangkal batang hingga ke ujung batang. Oleh karena itulah perlu ditetapkan letak pengukuran diameter batang yang akan menjadi ciri karakteristik sebuah pohon.

Atas dasar itu ditetapkan pengukuran diameter secara langsung melalui pengukuran keliling batang pohon (K) pada garis setinggi dada atau dbh (diameter at breast height) dengan tinggi 1,3 m atau 130 cm sebagai standar pengukuran diameter batang. Meskipun demikian, di lapangan sering dijumpai anomali kondisi bentuk batang pohon, diantaranya yaitu bentuk batangnya terlalu besar, batangnya berbanir atau karena letaknya yang cukup jauh, sehingga sulit di ambil datanya.

Guna memperoleh data pengukuran, ragam jenis dan cara penggunaan alat merupakan faktor penentu utama yang mempengaruhi dari kenyataan atau keaslian data yang akan diperoleh. Semakin bagus alat yang dipergunakan maka semakin baik pula hasil pengukuran yang akan didapat. Demikian pula halnya dengan kemampuan pengamat dalam pengukuran, semakin baik dalam penggunaan suatu alat maka semakin baik pula data yang dikumpulkan.

Pengukuran tentang diameter pohon sudah banyak sekali dilakukan penelitian secara langsung yaitu menggunakan pita ukur atau pita diameter dengan cara mengukur kelilingnya. Berbagai alat ukur diameter pohon telah diciptakan manusia misalnya *Spiegel Relascop Bitterlich*), kaliper TAC, dan sebagainya dengan harapan alat tersebut memiliki banyak kemudahan baik dalam pemakaian atau kesalahan yang dihasilkan memiliki nilai yang sekecil mungkin. Namun harapan ini sering tidak terpenuhi,

mengingat batang pohon yang tidak selalu berbentuk silindris, pohon berbanir, ukuran pohon yang terlalu besar, dan lain sebagainya sehingga untuk mengatasinya digunakan alat ukur kaliper TAC dan *Spiegel Relascop Bitterlich*).

Kedua alat tersebut sama-sama tidak mampu mengukur keliling batang pohon (K) secara langsung, sehingga hasil pengukuran kaliper TAC dan *Spiegel Relascop Bitterlich* diduga mengandung kesalahan bila dibandingkan dengan hasil pengukuran (K) menggunakan pita ukur diameter. Selama ini kedua alat ukur, yaitu kaliper TAC dan *Spiegel Relascop Bitterlich* ini sering digunakan namun kita belum mengetahui mengenai informasi ketelitian dari kedua alat ukur tersebut. Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian tentang kedua alat ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kampus Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Penelitian ini dilakukan kurang lebih selama 5 bulan yang meliputi tahap persiapan, pengambilan data, pengolahan data, analisis data, dan penyusunan laporan penelitian.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: kaliper TAC, *Spiegel Relascop Bitterlich*), pita ukur atau pita diameter, GPS (*Global Positioning System*), meteran, peta lokasi penelitian dan stopwatch. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: baterai alkaline, *tallysheet*.

Objek yang diamati dalam penelitian ini adalah semua pohon yang berdiameter 20 cm atau lebih dari berbagai jenis yang tumbuh di dalam wilayah Kampus Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

Prosedur Penelitian

1. Survei Pendahuluan

Tujuan dilakukannya survei pendahuluan adalah untuk mengetahui gambaran struktur tegakan pohon-pohon di dalam wilayah Kampus ULM Banjarbaru berdasarkan sebaran diameternya.

Tabel 1. Struktur Tegakan Pohon-Pohon di Wilayah ULM Banjarbaru Berdasarkan Sebaran Diameternya.

No.	Data Kelas Diameter	Jumlah Pohon
1.	Kelas 20 – 25 cm	45 pohon
2.	Kelas 26 – 30 cm	54 pohon
3.	Kelas 31 – 35 cm	44 pohon
4.	Kelas 36 – 40 cm	43 pohon
5.	Kelas 41 – 45 cm	32 pohon
6.	Kelas 46 – 50 cm	26 pohon
7.	Kelas ≥ 50 cm	59 pohon

2. Pengambilan Data

Penelitian dilakukan dengan mengambil data pohon secara langsung di lapangan. Pengambilan data dilakukan secara *purposive sampling* berdasarkan struktur diameter pohon di lapangan (Tabel 1). Pohon contoh harus dapat

menggambarkan kondisi tegakan secara keseluruhan sehingga pertimbangan yang digunakan dalam penentuan pohon contoh yakni keterwakilan dari tegakan. Keterwakilan ini ditunjukkan dari beberapa parameter yakni ketersebaran dimensi tegakan dan kondisi tempat tumbuhnya (Subedi and Sharmasa, 2012).

Pertimbangan yang digunakan dalam penentuan pohon contoh antara lain pohon sehat, tidak cacat dan bebas dari gangguan pertumbuhan (Subedi and Sharmasa, 2012). Menetapkan jumlah pohon contoh untuk diukur diameternya yaitu sebanyak 50 pohon yang mewakili kelas diameter, kemudian mendistribusikannya secara proporsional sesuai dengan distribusi diameter tegakan yang ada, yaitu dengan membuat sebaran jumlah sampel pohon seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Pohon Contoh Pada Tiap Kelas Diameter

No	Kelas Diameter	Jumlah	Persentase (%)	Alokasi Sampel (Ni/N) X 50
1	20-25	45	15	7
2	26-30	54	18	9
3	31-35	44	15	7
4	36-40	43	14	7
5	41-45	32	11	5
6	46-50	26	9	4
7	≥ 50	59	19	11
	Total	303	100	50

Berdasarkan Tabel 2 maka dilakukan pengukuran terhadap 50 pohon sampel yang dipilih secara *purposive sampling*.

Pengumpulan Data

Parameter yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan berupa data pengukuran diameter, waktu (lamanya pengukuran diameter), jenis pohon, dan koordinat. Data sekunder berfungsi sebagai data pendukung pada penelitian ini yaitu diperoleh dengan melakukan studi literatur, laporan atau informasi yang bersangkutan untuk kelengkapan data pada penelitian ini, serta pemetaan sebaran diameter berdasarkan kelas diameter.

Pohon sampel yang terpilih diukur pada

garis setinggi atau titik pada batang pohon yang sama untuk diukur secara bergantian menggunakan 3 jenis alat, yaitu pita ukur sebagai kontrol, kaliper TAC dan spiegel relaskop. Hasil pengukuran masing-masing dicatat pada *tallysheet*.

a) Pengukuran dengan Alat Pita Ukur

Bentuk fisik pita ukur berupa pita yang mempunyai skala (satuan ukur). Satuan ukur yang digunakan adalah cm dengan satuan ukur terkecil dalam mm.

Rumus yang digunakan untuk alat ini ialah:

$$D = \frac{K}{\pi}$$

Keterangan:

- D = diameter (cm)
- K = keliling pohon (cm)
- π = 3,14159

b) Pengukuran dengan Kaliper TAC

Pengukuran diameter dilakukan sebanyak 3 kali pada posisi yang berbeda tetapi pada garis tinggi pada batang pohon yang sama. Diameter pohon dapat dibaca langsung sampai 1 angka di belakang koma, kemudian hasilnya dirata — ratakan sebagai nilai diameter pohon.

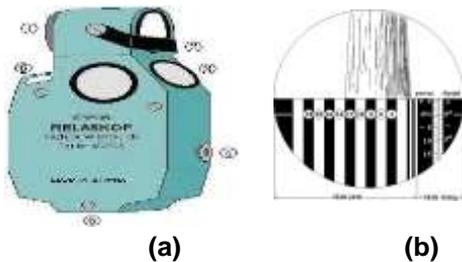
Rumus:

$$D = (D1 + D2 + D3 + \dots + Dn) / n$$

Keterangan:

- D = diameter pohon (cm)
- D1 = hasil pengukuran pertama
- D2 = hasil pengukuran kedua
- D3 = hasil pengukuran ketiga
- Dn = hasil pengukuran ke-n

c) Pengukuran dengan Spiegel Relaskop



Gambar 1. Spiegel Relaskop dengan Celah Pandang

Keterangan:

1. Celah Pandang (Pembidik)
2. Peneduh
3. Jendela goyangan
4. Tombol penghenti
5. Lubang tempat kaki-tiga (bagian bawah)
6. Tempat gantungan

Spiegel relaskop merupakan alat optik berfungsi ganda, yaitu sebagai pengukur sudut dan juga berfungsi sebagai pengukur kelengkapan. Bentuk Spiegel relaskop yang pernah diproduksi oleh Austria seperti pada gambar (a) dan dalam celah pandang terlihat jalur-jalur tegak berwarna hitam putih seperti gambar (b). Rumus yang digunakan untuk diameter alat spiegel relaskop ialah:

$$D = \frac{(nF \times 4) + nQ}{2} \times R$$

Keterangan:

- D= diameter setinggi dada/dsd (cm)
- nF= banyaknya 1 bar penuh (sebaiknya 6 bar atau lebih)
- nQ= banyaknya 1/4 bar (sisa penuh; bisa tidak penuh)
- R= jarak datar (m) 4 dan
- 2 = ketetapan

Analisis Data

Hasil analisis dan interpretasi data baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif dapat dijadikan sebagai alat untuk kebijakan dan keputusan untuk menjawab keakuratan alat yang digunakan dalam data penelitian. Adapun data hasil penelitian berupa data kuantitatif, data ini diperoleh dari hasil data primer yang diambil langsung dari data hasil pengukuran di lapangan yang kemudian dari data tersebut akan dianalisis berdasarkan seberapa besar tingkat kesalahan atau ketelitian terhadap pita ukur.

Menurut Arun Goel (2011), untuk menghitung tingkat kesalahan dapat digunakan rumus dari kesalahan akar kuadrat rata-rata atau biasa disebut *Root Mean Square Error (RMSE)* yang merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n}$$

Keterangan:

- n = banyaknya pohon sampel per kelas
- Y = nilai diameter (dsd) hasil pengukuran alat pita ukur
- Yi = nilai diameter (dsd) hasil pengukuran alat Kaliper TAC atau Spiegel

Perbandingan dari kedua alat manakah yang lebih baik tingkat kesalahannya yaitu dengan membandingkan kedua nilai RMSE, yaitu alat yang terbaik kesalahannya adalah alat yang mempunyai RMSE lebih kecil, artinya alat tersebut ketelitiannya lebih tinggi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

Indeks efisiensi = (RMSE) x waktu

Semakin kecil hasil dari indeks efisiensi suatu alat maka membuktikan bahwa alat tersebut yang lebih baik digunakan, begitu pula sebaliknya. Indeks efisiensi ini digunakan untuk menghitung data per kelas diameter atau untuk seluruh pohon sampel.

Mangkurat Banjarbaru, menunjukkan adanya variasi berdasarkan kelas diameternya. Data pohon secara keseluruhan yang terdapat di wilayah Kampus Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru diambil 50 pohon sampel yang mewakili dari semua kelas diameter pohon. Rekapitulasi rata-rata pengukuran diameter dan waktu berdasarkan kelas diameternya dapat dilihat pada Tabel 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Diameter dengan Menggunakan Alat Ukur Kaliper TAC (Two Arms Caliper) dan Alat Spiegel Relaskop

Hasil penelitian yang dilakukan di wilayah Kampus Universitas Lambung

Tabel 3. Rekapitulasi Rata-Rata Pengukuran Diameter Pohon dan Waktu berdasarkan Kelas Diameternya

Kelas Diameter	Diameter Rata-rata Pita Ukur(cm)	Diameter Rata-rata Kaliper TAC (cm)	Diameter Rata-rata Spiegel relaskop (cm)	Waktu Rata-rata Pita Ukur (s)	Waktu Rata-rata Kaliper TAC (s)	Waktu Rata-rata Spiegel relaskop (s)
Kelas 20 - 25 cm	22,74	22,95	23,75	7,42	5,76	10,06
Kelas 26 - 30 cm	28,8	29,03	30	9,11	6,14	12,68
Kelas 31 - 35 cm	33,43	33,66	34,58	8,71	6,38	13,23
Kelas 36 - 40 cm	38,62	38,90	39,94	7,57	6,76	15,19
Kelas 41 - 45 cm	43,43	43,73	44,83	8,00	7,26	14,72
Kelas 46 - 50 cm	48,56	48,91	49,89	5,25	5,5	14,65
Kelas diatas 50 cm	67,77	68,15	69,47	7,09	8,06	15,24

Berdasarkan data dari Tabel 3. menunjukkan bahwa diameter yang diperoleh dengan menggunakan pita ukur yang dijadikan sebagai nilai kontrol tidak memiliki nilai yang jauh berbeda dengan saat menggunakan alat ukur kaliper TAC dan saat menggunakan alat ukur spiegel relaskop yaitu pada alat spiegel relaskop memiliki rata-rata diameter terbesar terdapat pada kelas diatas 50 cm sebesar 69,47 cm dan rata-rata diameter terkecil terdapat pada kelas 20-25 cm sebesar 23,75 cm. Alat ukur kaliper TAC memiliki rata-rata diameter terbesar terdapat pada kelas diatas 50 cm sebesar 68,15 cm dan rata-rata diameter terkecil terdapat pada kelas 20-25 cm sebesar 22,95 cm, sedangkan untuk rata-rata diameter

terbesar dari pengukuran dengan pita ukur terdapat pada kelas diatas 50 cm sebesar 67,77 cm dan untuk rata-rata diameter terkecil terdapat pada kelas 20- 25 cm sebesar 22,74 cm.

Secara keseluruhan hasil pengukuran diameter menggunakan kaliper TAC dan spiegel relaskop selalu lebih besar daripada hasil pengukuran diameter menggunakan pita ukur. Jika alat kaliper TAC dan spiegel relaskop digunakan akan berdampak pada hasil dugaan nilai luas bidang dasar dan nilai volume menjadi lebih dari nilai yang sebenarnya (*over estimate*). Hal ini perlu kemudian dicari kesalahan alat ukur kaliper TAC dan spiegel relaskop agar dapat digunakan untuk kalibrasi. Data Tabel 3 menunjukkan adanya kecenderungan

berbanding lurus, semakin besar diameter pohon semakin besar perbedaannya, sekaligus menunjukkan gambaran besarnya kesalahan. Pertumbuhan diameter pohon merupakan salah satu faktor penting yang dapat dikontrol pertumbuhannya. Data yang diperoleh dari diameter pohon pada tiap kelasnya memiliki nilai yang bervariasi dengan sebaran yang tidak merata pada lokasi penelitian.

Makna lain yang dapat diperoleh dari Tabel 3 adalah penggunaan waktu pada saat pengukuran di tiap pohon yang berbeda ukuran memiliki waktu yang cukup berbeda signifikan, pada alat ukur Kaliper TAC ini memiliki nilai waktu yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan pengukuran waktu yang didapat pada alat pita ukur. Hal ini disebabkan karena pada saat pengambilan data diameter menggunakan alat kaliper TAC penggunaan alatnya cukup cepat dilakukan yaitu hanya meletakkan kedua lengan kaliper TAC pada diameter setinggi dada dan pembacaan skala langsung mendapatkan diameternya sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran cukup singkat dibandingkan pada saat pengukuran dengan pita ukur.

Sebaliknya, hasil yang didapat pada pengukuran dengan alat spiegel relaskop memiliki nilai waktu yang relatif lebih besar

dibandingkan nilai waktu pada pengukuran dengan pita ukur. Hal ini disebabkan oleh lamanya proses pengambilan data diameter pada alat spiegel relaskop karena alat itu sendiri memerlukan jarak untuk memperoleh pembacaan skala yang tepat. Selain itu, alat spiegel juga memerlukan cahaya yang cukup terang agar bisa membaca skalanya. Hal itu lah yang menyebabkan pada saat pengukuran diameter dengan alat spiegel relaskop membutuhkan waktu yang cukup lama.

Kesalahan Akar Rata-rata Kuadrat (RMSE)

Ukuran kesalahan prediksi pada suatu model *time series* biasa disebut dengan *Root mean square error* (RMSE). RMSE adalah akar kuadrat dari rata-rata kesalahan prediksi antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya (Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. 2017). Salah satu kelebihan dari RMSE ialah bahwa metrik ini memberikan gambaran tentang seberapa besar kesalahan prediksi model dalam satuan asli dari variabel yang diukur. Hasil dari perhitungan RMSE menggunakan rumus dari Arun Goel (2011). Berdasarkan dari data yang telah diolah berikut rekapitulasi hasil rata-rata perhitungan RMSE dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Perhitungan RMSE

Kelas Diameter	RMSE Kaliper TAC (cm)	RMSE Spiegel Relaskop (cm)
Kelas 20 – 25 cm	0,23	1,16
Kelas 26 – 30 cm	0,27	1,29
Kelas 31 – 35 cm	0,28	1,49
Kelas 36 – 40 cm	0,30	1,50
Kelas 41 – 45 cm	0,32	1,56
Kelas 46 – 50 cm	0,37	1,65
Kelas diatas 50 cm	0,41	1,83
Jumlah	2,19	10,47
Rata-rata	0,31	1,50

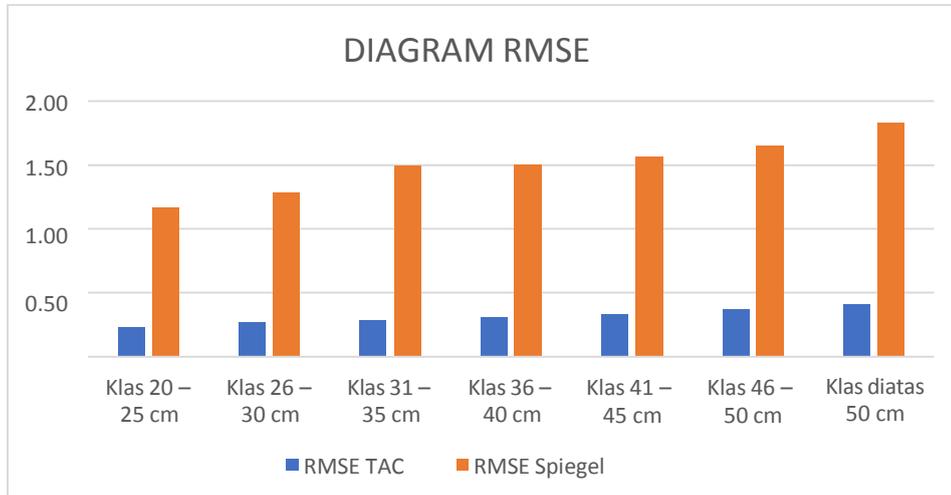
Nilai kesalahan yang terbaik itu ialah nilai kesalahan yang mendekati nol (0), artinya terhadap nilai kontrol yaitu diameter yang dianggap benar hasil pengukuran pita ukur. Pita ukur digunakan sebagai alat ukur kontrol karena pita ukur mampu untuk meniadakan pengaruh bentuk pohon yang tidak teratur atau tidak silindris, sehingga bisa langsung diketahui nilai diameternya

secara teliti. Berdasarkan pada penelitian Maryudi *et al.* (2010) menyimpulkan bahwa pita ukur dapat digunakan sebagai alat kontrol yang akurat dan presisi dalam mengukur diameter pohon pada ketinggian dada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pita ukur memberikan tingkat akurasi yang sama dengan penggunaan kalkulator diameter, namun penggunaan

pita ukur memberikan hasil yang lebih presisi. Oleh karena itu, bisa dilihat dari Tabel 5 bahwa hasil yang mendekati nol

(0) atau hasil yang lebih teliti ialah hasil

RMSE pada alat ukur Kaliper TAC. Berikut bentuk diagram dari hasil rekapitulasi perhitungan RMSE dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Perhitungan RMSE

Berdasarkan dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa perbedaan antara hasil perhitungan dengan menggunakan alat ukur kaliper TAC memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan alat ukur spiegel relaskop. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan rumus perhitungan diameter antara alat ukur kaliper TAC dan alat ukur spiegel relaskop. Selain itu, pengukuran dengan alat ukur kaliper TAC (*Two arms caliper*) menggunakan sistem pengukuran langsung pada diameter pohon, sedangkan

untuk pengukuran dengan alat ukur spiegel relaskop dilakukan dengan cara mengukur tidak langsung pada pohon atau dilakukan menggunakan prinsip trigonometri untuk menghitung diameter pohon berdasarkan sudut pandang dan jarak dari pohon.

Indeks Efisiensi

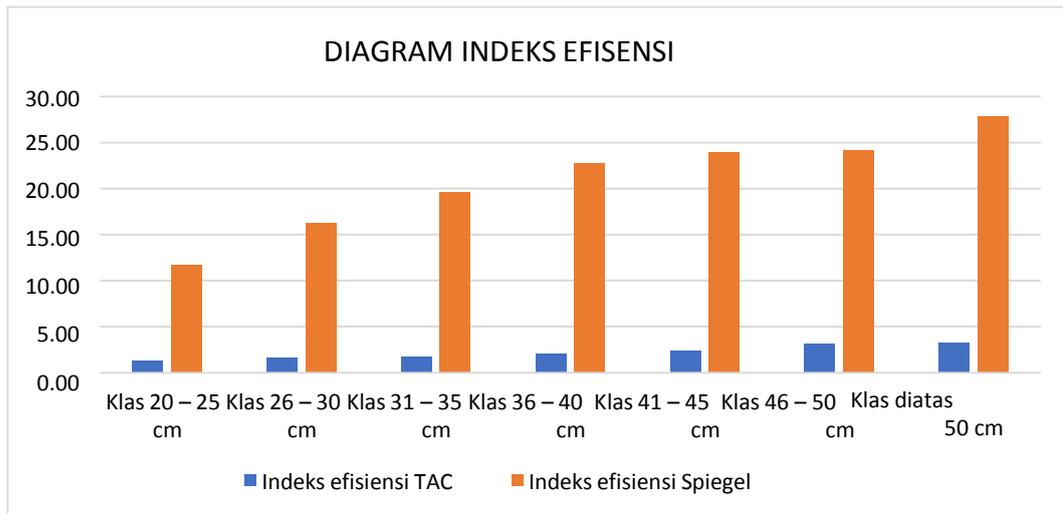
Berdasarkan dari data yang telah diolah berikut rekapitulasi hasil perhitungan indeks efisiensi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Indeks Efisiensi

Kelas Diameter	Indeks Efisiensi Kaliper TAC (cmdt)	Indeks Efisiensi Spiegel Relaskop (cmdt)
Kelas 20 – 25 cm	1,33	11,71
Kelas 26 – 30 cm	1,67	16,31
Kelas 31 – 35 cm	1,78	19,68
Kelas 36 – 40 cm	2,06	22,77
Kelas 41 – 45 cm	2,36	23,99
Kelas 46 – 50 cm	3,23	24,15
Kelas diatas 50cm	3,32	27,86
Jumlah	15,74	146,47
Rata-rata	2,25	20,92

Secara umum dilihat dari hasil perhitungan indeks efisiensi pada alat ukur kaliper TAC memiliki nilai yang lebih kecil daripada indeks efisiensi pada alat ukur spiegel relaskop dengan rata-rata indeks efisiensi sebesar 2,25 cmdt pada alat ukur kaliper TAC dan rata-rata indeks efisiensi sebesar 20,92 cmdt pada alat ukur spiegel relaskop. Dapat disimpulkan bahwa indeks efisiensi yang paling akurat ialah pada

pengukuran diameter dengan menggunakan alat ukur kaliper TAC karena memiliki nilai yang terkecil daripada menggunakan alat ukur spiegel relaskop didasarkan oleh penggunaan RMSE dan waktu penggunaan alat pada saat penelitian. Berikut bentuk diagram dari hasil rekapitulasi perhitungan RMSE dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Perhitungan Indeks Efisiensi

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa perbedaan antara hasil perhitungan indeks efisiensi dengan menggunakan alat ukur kaliper TAC memiliki nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil perhitungan indeks efisiensi menggunakan alat ukur spiegel relaskop. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat ukur kaliper TAC lebih efisien daripada dengan penggunaan alat ukur spiegel relaskop pada lokasi yang diteliti. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan hasil perhitungan kesalahan rata-rata akar kuadrat diameter (RMSE) antara alat ukur kaliper TAC dan alat ukur spiegel relaskop di setiap kelas diameter serta pengaruh pada waktu penggunaan alat yang digunakan pada saat penelitian.

Penggunaan waktu pada tiap alat ukur memiliki pengaruh yang cukup kuat dalam indeks efisiensi, karena semakin cepat waktu penggunaan alat yang digunakan maka akan semakin efisien waktu yang digunakan dalam pengukuran diameter pohon, begitupun dengan sebaliknya. Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu

menurut Trincado *et al.* (2014), *two arms caliper* memberikan hasil pengukuran yang lebih konsisten dan lebih cepat dibandingkan dengan spiegel relaskop dalam pengukuran diameter pohon di hutan berbagai jenis. Hasil ini didasarkan pada pengukuran RMSE dan waktu yang dibutuhkan. Hasil serupa juga didapatkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Mauro *et al.* (2019), di mana penggunaan alat ukur kaliper TAC (*Two arms caliper*) lebih cepat dan lebih akurat dibandingkan dengan alat ukur spiegel relaskop dalam pengukuran diameter pohon.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ketelitian kaliper TAC dan spiegel relaskop untuk pengukuran diameter pohon di wilayah kampus ULM banjarbaru ialah dari alat yang diteliti berdasarkan nilai indeks efisiensi disimpulkan bahwa alat

ukur kaliper TAC memiliki tingkat ketelitian dan tingkat efisiensi yang lebih bagus dibandingkan alat ukur spiegel relaskop yaitu pada alat ukur kaliper TAC sebesar 2,25 cmdt dan pada alat ukur spiegel relaskop sebesar 20,92 cmdt.

measuring devices for measuring tree diameter in mixed-conifer stands. Western Journal of Applied Forestry, 29(1), 10-14.

Saran

Berdasarkan penelitian ini saran yang dapat dilakukan ialah alat ukur kaliper TAC dan alat ukur spiegel relaskop bisa dijadikan sebagai alat ukur alternatif selain penggunaan alat pita ukur untuk pengukuran diameter pohon. Apabila kondisi alam yang sulit dijangkau atau ada banir pada pohon, maka perlu dilakukan pengukuran secara tidak langsung atau pengukuran yang menggunakan jarak bisa menggunakan alat ukur kaliper TAC, karena alat ukur spiegel relaskop relatif kurang teliti. Tetapi, jika penggunaan alat ukur kaliper TAC tidak memungkinkan, maka bisa menggunakan alat ukur spiegel relaskop.

DAFTAR PUSTAKA

- Goel, A. 2011. *ANN-Based Approach for Predicting Rating Curve of an Indian River. International Scholarly Research Network ISRN Civil Engineering, Volume 2011, Article ID 291370, 4 pages doi:10.5402/2011/291370.*
- Maryudi, A., Purwanto, Y. A., & Darusman, D. (2010). Accuracy and Precision of Diameter at Breast Height Measurements Using Diameter Tape and Caliper in Tropical Rainforests of Sumatra, Indonesia. *Small-scale Forestry, 9(3), 353-362.*
- Mauro, F., Palombo, C., Frattegiani, M., & Chianucci, F. 2019. *Two-armss digital caliper versus Spiegel relaskop for tree diameter measurement in forest inventories. Annals of Silvicultural Research, 43(1), 1-6*
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. 2017. *Time series analysis and its applications: with R examples. Springer.*
- Trincado, G., Monleon, V. J., & Kruger, E. L. 2014. *Comparing dendrometer bands, calipers, and electronic distance*