

UJI COBA REKAYASA ALAT UKUR DIAMETER POHON DI HUTAN ALAM (*Tree Diameter Measurement Device Trial Test at Natural Forest*)

Wesman Endom & Soenarno

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610 Telp. (0251) 8633378; Fax. (0251) 8633413.
E-mail: endomwesman@gmail.com

Diterima 9 Mei 2017, direvisi 13 November 2017, disetujui 5 Maret 2018

ABSTRACT

Tree diameter measurement device 'weslyano' trial test was conducted in 2016 at natural forest, Central Kalimantan. This paper evaluates five main components of the measurement device: roller measurement, telescopic stick, frame shaft, lid-scale meter, scale-meter and its locker. Result on single and double measurements showed that weslyano had an accuracy of 0.98–0.99 with an efficiency level of 1–4 times faster than the phi-band measurement. Validated results indicated that weslyano was highly correlated with phi-band measurement for single ($r = 0.978$) and double ($r = 0.982$) measurements. There is no significant differences between single and double measurements. The study indicates that weslyano could be used for phi-band measurement substitute. The device was more practice, cheaper and more effective to be used mainly for forest inventory in natural forests which contain large stem diameter (≥ 50 – 100) and high position of buttress, (≥ 1.8 m) with high accuracy, efficient and low cost.

Keywords: Diameter, measurement device, weslyano, natural forest, inventory

ABSTRAK

Uji coba alat ukur diameter pohon 'weslyano' telah dilakukan pada tahun 2016. Tujuan penelitian untuk mengevaluasi lima komponen alat ukur, yaitu roda ukur dan dudukannya, tongkat ukur teleskopik, dudukan as, lempeng penutup skala, bilah skala ukur, dan pengunci dudukan bilah skala ukur. Hasil evaluasi menunjukkan nilai bobot akurasi weslyano berkisar antara 0,98–0,99 dengan nilai bobot efisiensinya antara 1–4 kali lebih cepat dibandingkan pengukuran dengan pita ukur. Hasil validasi weslyano menunjukkan nilai keeratan hubungan tinggi terhadap pita ukur untuk satu kali pengukuran ($r = 0,978$) maupun untuk dua kali pengukuran ($r = 0,982$). Tidak ada perbedaan signifikan antara pengukuran weslyano dengan satu atau dua kali pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur weslyano dapat dipakai sebagai alternatif pengganti pita ukur dan sangat berguna bagi kegiatan inventarisasi hutan yang masih memiliki pohon berdiameter cukup besar (≥ 50 – 100 cm) dan berbanir tinggi ($\geq 1,8$ m) dengan akurasi cukup tinggi, efisien, dan biaya murah.

Kata kunci: Diameter, alat ukur, weslyano, hutan alam, inventarisasi

I. PENDAHULUAN

Pengukuran diameter pohon dapat dilakukan dengan berbagai alat antara lain *phi-band*, garpu pohon, dan pita keliling (Ryan, 2015). Untuk pohon tanpa banir, pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 1,3 meter di atas tanah atau kurang lebih setinggi dada, sedangkan pada pohon berbanir dilakukan 5–10 cm di atas banir. Untuk memperoleh data diameter tanpa kulit (dtk), sekalipun informasi ini lebih penting daripada diameter dengan kulit (ddk), namun pengukuran ini biasanya memerlukan lebih banyak waktu dan relatif mahal dengan kemungkinan kesalahan yang lebih besar jika dilakukan pada saat pohon berdiri (Li & Weiskittel, 2011).

Penelitian terkait dengan pengukuran diameter pohon telah cukup banyak dilakukan sebagaimana dilaporkan oleh Weaver et al. (2015) bahwa instrumen dendrometer telah dipakai pada berbagai penelitian. Weaver et al. (2015) juga menyebutkan bahwa hasil perbandingan diameter yang diukur langsung dengan kaliper dan pita ukur, dalam beberapa hal tertentu penggunaannya tidak ada masalah, namun untuk kayu bulat yang dijual di pasar, volume kayunya dihitung dengan menggunakan metode optimalisasi algoritma hasil dari pembagian batang, dengan asumsi umumnya sebagai volume kayu bersih tanpa kulit (Siswanto, 2010).

Pengukuran diameter pohon dapat juga dilakukan menggunakan *wood land stick* atau biasa disebut *Biltmore stick* atau *cruiser stick*. Alat ini lebih murah, lebih cepat dan lebih mudah digunakan dibandingkan *diameter tapes*, namun ketelitiannya tidak sebaik *diameter tapes* (Zobrist, 2009). Kendati demikian, penggunaan alat yang berbeda dapat menghasilkan pengukuran yang berbeda, dimana perbedaannya bisa nyata, kurang nyata atau tidak nyata. Karena data yang digunakan adalah untuk keperluan pengukuran potensi hutan (*forest sampling*), maka hendaknya dipilih alat yang ekonomis sehingga rasional untuk digunakan (Weaver et al., 2015).

Dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P41/Menhut-II/2014 tentang penatausahaan hasil hutan kayu yang berasal dari hutan alam, khususnya terkait dengan pasal 3 ayat (2),

pemberian label *ID barcode* pada tegakan hasil ITSP harus dilaporkan secara elektronik dalam Sistem Informasi Penatausahaan Hasil Hutan (SIPUH-*on line*). Dengan dasar tersebut, maka peran inventarisasi tegakan sebelum penebangan (ITSP) menjadi suatu keniscayaan (Kementerian Kehutanan, 2015).

Selama ini, alat ukur diameter pohon yang digunakan adalah pita ukur (*phi-band*). Pemakaian alat ini di lapangan menuntut cara pengukuran yang hati-hati dan teliti karena kesulitan yang dihadapi khususnya untuk pohon berdiameter besar ($\varnothing \geq 50$ cm) dan berbanir tinggi ($\geq 1,8$ m), sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lama (Endom & Soenarno, 2016). Selain itu, pengukuran dengan pita ukur tidak sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa diameter adalah hasil pembagian keliling dengan phi ($\pi = 3,14$) hal ini disebabkan oleh adanya pembulatan hasil perhitungan diameter pada setiap bontos kayu bulat contoh (Cohen, Manion, & Morrison, 2011). Pengukuran diameter pohon dengan *phi-band* juga tidak dapat dilakukan hanya oleh satu orang, bahkan pada kondisi pohon dan topografi yang ekstrim diperlukan lebih dari dua orang (Endom & Soenarno, 2016).

Menindaklanjuti regulasi di atas, pada tahun 2016 telah dilakukan uji coba penyempurnaan alat ukur diameter pohon ‘wesvano’. Alat ini dibuat dalam bentuk penjepit yang diberi skala dengan perbandingan 1:5, terbuat dari bahan alumunim berukuran diameter 1” dan bisa diperpendek. Kelebihan alat tersebut yaitu ringan dan mudah dalam pemakaian. Tujuan penelitian ini mengevaluasi lima komponen utama alat pengukur diameter pohon, yaitu roda ukur dan dudukannya, tongkat ukur teleskopik,udukan as, lempeng penutup skala, bilah skala ukur, dan pengunciudukan bilah skala ukur. Uji coba dilakukan di salah satu perusahaan hutan alam di Provinsi Kalimantan Tengah.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi uji coba penyempurnaan alat ukur diameter pohon dilakukan di areal kawasan konservasi internal pada bagian hutan areal kerja

tebangan tahun 2016, PT. Central Kalimantan Abadi (PT. CKA). Waktu kegiatan dilakukan pada bulan Oktober 2016.

B. Bahan dan Alat

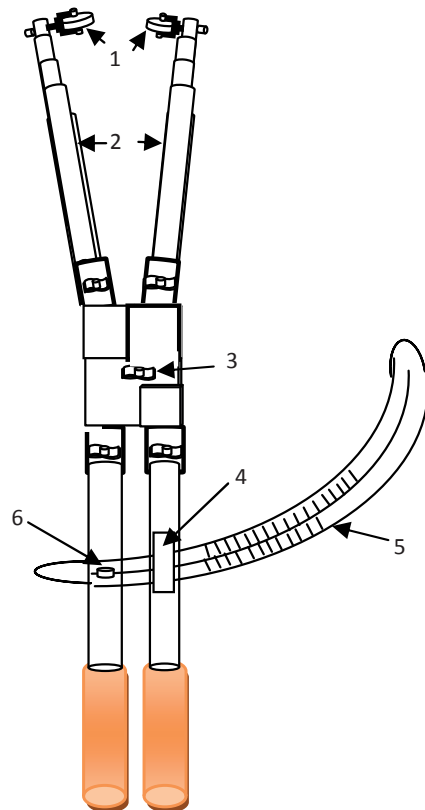
Bahan yang digunakan untuk pembuatan alat ukur diameter pohon “wesyano” antara lain pipa aluminium kosong dan pipa aluminium isi berbagai ukuran, pipa besi untuk rumah tongkat aluminium, plat aluminium untuk pembuatan skala, tongsis, mur dan baut, kawat las, ampelas, gerinda potong dan penghalus, serta bor besi. Bahan lainnya kapur atau cat, spidol, plastik untuk pelabelan, dan formulir pencatatan (*tally sheet*). Alat yang digunakan dalam uji coba ini adalah diameter pita, purwarupa wesyan yang diperbaiki (wesyano), jam henti (*stop watch*) untuk mengukur waktu, alat pengukur lereng (*clino meter*), kompas dan kamera digital untuk dokumentasi.

C. Pengembangan dan Modifikasi

Penyempurnaan tahap awal alat ukur diameter untuk purwarupa wesyano dilakukan dengan menggunakan material berupa bahan yang

mengandung baja lebih banyak, bahan dengan sistem tarik tekan berupa tiang foto dari plastik atau baja ringan, dan tongkat ukur dengan bahan aluminium yang berurutan besarnya, yang diperkuat penahan tarik tekan. Dengan tambahan bahan lainnya, yang ternyata setelah terpasang sebagai alat ukur dirasakan cukup berat menyebabkan aplikasinya di lapangan cepat melelahkan. Dari percobaan itu diketahui bahan dari aluminium dan tongsis buatan pabrik paling baik dan ringan. Selain itu, penentu titik ukur diganti dengan sistem roda yang bisa berputar (Gambar 1). Beberapa perbaikan yang perlu dilakukan agar alat ukur diameter pohon berfungsi lebih baik adalah:

1. Modifikasi skala ukur, agar dapat dilipat dan dikunci sehingga mudah dalam penyimpanan dan saat dibawa,
2. Perubahan as putar untuk kemudahan dan keluwesan pergerakan tongkat,
3. Modifikasi kekuatan saat ditarik dan ditekan untuk memperpendek dan memperpanjang tongkat ukur,
4. Penambahan skala ukur agar jangkauan pengukuran diameter lebih besar dibanding pada alat ukur wesyan.



Keterangan (*Remarks*):

1. Titik ukur berupa roda dan dudukannya (*Measurement point and its frame*)
2. Tongkat ukur teleskopik (*Telescopic stick measurement*)
3. Dudukan as (*Home base stick*)
4. Lempeng penutup skala (*Cover of scale plate*)
5. Bilah skala ukur (*Scale meter*)
6. Pengunci dudukan bilah skala ukur (*Lock of frame scale meter*)

Gambar 1. Skema alat ukur diameter Wesyano
Figure 1. Wesyano tree diameter device scheme

D. Validasi Alat

Validasi dilakukan pada sejumlah pohon dengan melakukan pengukuran diameter pohon, menggunakan alat ukur weslyano, selanjutnya sebagai kontrol dilakukan pengukuran keliling pohon dengan pita diameter sebagai kontrol. Pengukuran dilakukan pada kelas diameter 20 cm ke atas. Dalam kegiatan ini pengukuran dilakukan oleh dua tim, sehingga jumlah contoh yang diukur antara tim pertama dan kedua tidak sama jumlahnya.

E. Analisis dan Pengolahan Data

Perhitungan volume batang menggunakan rumus empiris Brereton (SNI 7533.2, 2011) seperti yang disajikan pada Persamaan 1. Perhitungan akurasi hasil pengukuran diameter digunakan rumus pada Persamaan 2, dan perhitungan efisiensi kerja digunakan rumus pada Persamaan 3 (Endom & Soenarno, 2016).

$$VL = \frac{1}{4} \pi \frac{1}{2}(Dp + Du)^2 \times P \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan (*Remarks*): VL = Volume (m³); Dp = Diameter pangkal (cm); Du = Diameter ujung (cm); P = Panjang (m); π = Konstanta (3,14)

$$A_d = \frac{D_{ws}}{D_{pb}} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan (*Remarks*): A_d = Akurasi alat weslyano; D_{ws} = Diameter pohon dengan alat weslyano (cm); D_{pb} = Diameter pohon dengan alat *phi-band* (cm)

$$E_d = \frac{T_{ws}}{T_{pb}} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan (*Remarks*): E_d = Efisiensi waktu pengukuran; T_{ws} = Waktu pengukuran diameter pohon dengan alat Weslyano (detik); D_{pb} = Waktu pengukuran diameter pohon dengan alat *phi-band* (detik)

Hasil pengukuran dikelompokkan menurut kelas diameter yakni 20–49 cm, 50–79 cm, dan kelompok diameter ≥ 80 cm. Untuk mengetahui tingkat keerratan reliabilitas antara pengukuran konvensional dengan weslyano dilakukan analisis regresi korelasi, baik terhadap akurasi

maupun efisiensi menggunakan program SPSS versi 13.0 *for* Windows. Selanjutnya untuk mengetahui nilai yang bisa mewakili kondisi alat atas penggunaannya di lapangan, dilakukan penghitungan pembobotan, baik terhadap aspek akurasi maupun efisiensi dengan perhitungan seperti pada Persamaan 4 dan 5.

$$\text{Bobot akurasi} = \frac{\text{Rata-rata akurasi masing-masing kelas} \times n \text{ masing}^2 \text{ contoh}}{(\%) \sum \text{contoh kelas diameter}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Bobot efisiensi} = \frac{\text{Rata-rata efisiensi masing-masing kelas} \times n \text{ masing}^2 \text{ contoh}}{(\%) \sum \text{contoh kelas diameter}} \dots\dots\dots(5)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Status dan Kondisi Perusahaan

PT. Central Kalimantan Abadi berada di wilayah Seruyan, Kalimantan Tengah. Perusahaan ini mendapatkan persetujuan perpanjangan usaha berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No SK.10/Kpts/II/2000 tanggal 27 November 2000. Wilayah kerja PT. CKA di Provinsi Kalimantan Tengah seluas ±40.650 ha dengan jangka waktu usaha 20 tahun, terhitung sejak tanggal 27 November 2000–26 November 2020. Etat luas yang diberikan berbasis hasil Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) periode tahun 2011–2020 dengan luas tebangan maksimum 11.660 ha/10 tahun atau rata-rata 1.160 ha/tahun. Etat volume maksimum sebesar 482.300 m³/10 tahun atau rata-rata 48.230 m³/tahun.

Kawasan hutan kelola PT. CKA terbagi atas Hutan Produksi Terbatas (HPT) seluas 5.473 ha yang meliputi hutan bekas tebangan 4.548 ha, non hutan 60 ha dan tertutup awan 865 ha. Pada Kawasan Hutan Produksi (HPK), luasannya 31.070 ha terbagi atas hutan bekas tebangan 29.899 ha, non hutan 750 ha, dan tertutup awan

421 ha. Potensi tegakan seluruh jenis untuk pohon berdiameter >40 m sebesar 53,81 m³/ha dengan kerapatan 18,72 pohon/ha. Jenis yang boleh ditebang umumnya adalah meranti dengan kerapatan 14,65 pohon/ha.

B. Konstruksi Alat Wesyano

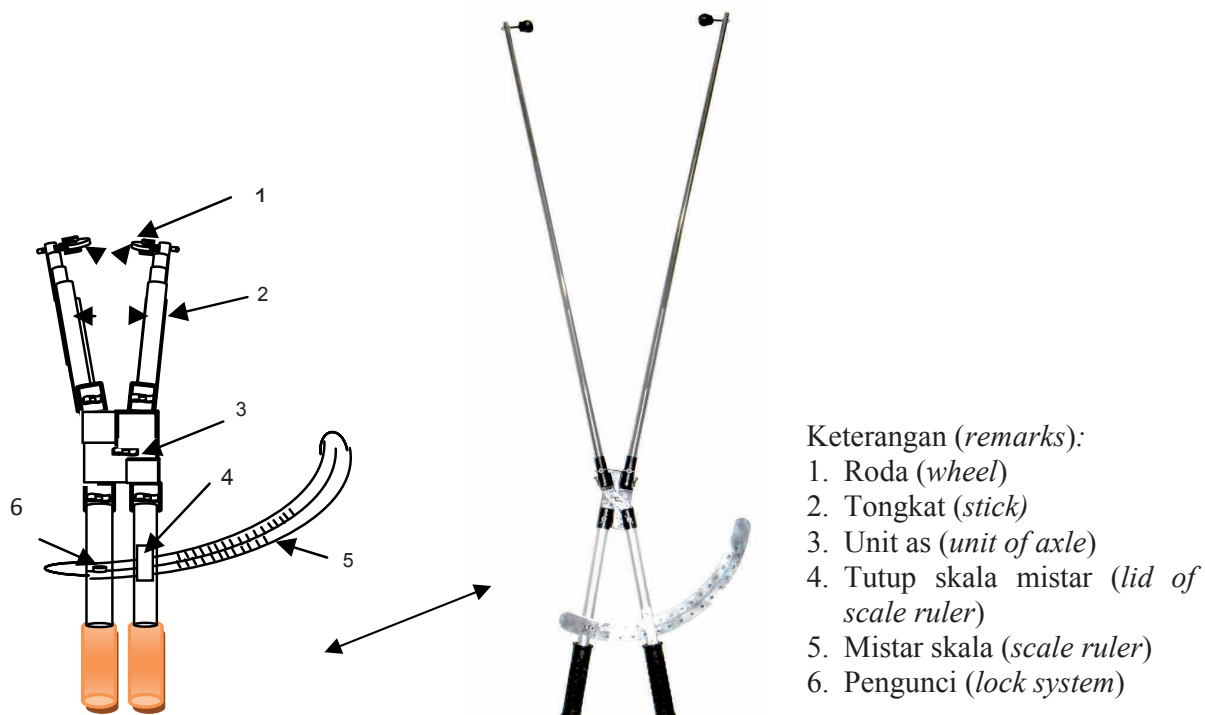
Alat ukur diameter pohon wesyano yang dikembangkan merupakan perbaikan dan pengembangan dari alat ukur diameter pohon sebelumnya yaitu wesyan. Pada wesyan, tongkat ukur alat masih kaku (*rigid*) sehingga tidak bisa diperpendek atau diperpanjang. Akibatnya, ketika harus berpindah tempat pengukuran, dirasakan kekurangnyamanan saat membawa alat tersebut yang terkadang mengait pada tanaman liana, atau cabang tumbuhan yang hidup di hutan sehingga menghambat kegiatan perjalanan lapangan. Oleh karena itu, alat ukur wesyan perlu diperbaiki sehingga teknis alat bisa diperpendek atau diperpanjang. Secara skematis, prototipe alat ukur ini dapat dilihat pada Gambar 2.

C. Hasil Uji Coba Aplikasi

Hasil uji coba pengukuran terkait dengan akurasi dan efisiensi Wesyano menunjukkan bahwa cara pengukuran yang dilakukan dengan alat yang sama pada sekali dan dua kali pengukuran diperoleh hasil yang sama. Hasil uji t berpasangan dan Anova disajikan pada Tabel 1.

Hasil uji coba dari sejumlah pohon contoh berdiameter 20 cm sampai dengan 80 cm ke atas menunjukkan baik akurasi maupun efisiensi tidak berbeda nyata antara pengukuran diameter menggunakan Wesyano, yang ditunjukkan oleh nilai t yang kedua nilai hitungannya lebih kecil dibanding t tabel. Sementara itu, karena sebaran diameter pohonnya bervariasi dengan jumlah contoh ukur tidak berimbang (pohon berdiameter besar sangat sedikit sementara pada kedua kelas diameter lainnya cukup banyak), maka dilakukan pembobotan.

Perhitungan nilai bobot akurasi setelah pembobotan (NSP) diperoleh sebesar 0,98 untuk yang dilakukan dengan satu kali pengukuran,



Gambar 2. Alat ukur wesyano saat tongkatnya diperpendek (kiri) dan ketika tongkat dipasang penuh (kanan)

Figure 2. Tree diameter gauge of wesyano in short stick position (left) and longest set-up (right)

sedangkan dengan dua kali pengukuran diperoleh nilai bobot sebesar 0,99. Untuk efisiensi, nilai NSP dengan satu kali pengukuran diperoleh sebesar 272, sementara dengan dua kali pengukuran diperoleh 198. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa untuk efisiensi, satu kali pengukuran sudah terbukti valid.

Umar (2003) melaporkan bahwa ketepatan pengujian suatu alat merupakan hal penting agar bisa diperoleh kualitas data yang baik. Hal ini sangat vital mengingat proses pengumpulan data seringkali menuntut pembiayaan, waktu dan tenaga yang besar, sehingga tidak akan berguna bila alat pengukur yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian tidak memiliki validitas dan reabilitas yang tinggi. Mahardika (2013) menyebutkan uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu pengukuran. Validitas berasal dari kata *validity* yang berarti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurannya. Validitas berhubungan dengan suatu peubah pengukur terhadap apa yang seharusnya diukur (Umar, 2003; Febryanto & Ramadan, 2016).

Terkait dengan hasil pengukuran pada uji coba ini, dari uji validitas terlihat bahwa penggunaan alat weslyano menunjukkan efisiensi pengukuran pohon berdiameter besar (diameter > 80 cm) bisa mencapai empat kalinya karena makin besar diameter pohon makin besar efisiensi

penggunaan alat ukur weslyano dibanding *phi-band*. Hasil perhitungan juga memperlihatkan korelasi pada satu kali maupun dua kali pengukuran nilainya cukup tinggi (Lampiran 1 dan 3). Hasil analisis varian antara alat ukur weslyano dengan alat ukur *phi-band* juga tidak nyata, yang artinya reliabilitasnya sama. Hasil anova antara weslyano dengan *phi-band* dengan satu kali dan dua kali pengukuran disajikan pada Lampiran 2 dan 4. Kendati demikian, beberapa pengukuran masih dimungkinkan berbeda dengan pengukuran pita ukur diameter. Hal ini kemungkinan disebabkan antara lain oleh beberapa hal berikut (Mangili, 2016):

1. Batang pohon tidak silindris atau terjadi benjolan sehingga pengukuran menjadi bertambah besar.
2. Terdapat banir cukup tinggi dan besar sehingga pengukuran menjadi bertambah sulit dan menghasilkan ukuran agak jauh berbeda.
3. Pada saat pengukuran terdapat liana atau kotoran yang menghalangi pengukuran dengan baik.
4. Saat pengukuran posisi kedua roda tidak betul-betul mendatar, artinya posisi ukur agak sedikit miring sehingga menyebabkan adanya penambahan ukuran atau sebaliknya pengurangan diameter. Juga demikian halnya pada pengukuran dengan *phi-band*, karena kesulitan saat memasangkan lingkaran mendatar dengan baik.

Tabel 1. Hasil uji t berpasangan untuk akurasi dan efisiensi alat ukur diameter weslyano dengan teknik satu dan dua kali pengukuran

Table 1. Paired t tests results on accuracy and efficiency of weslyano tree diameter gauge on single and double measurements

Perbedaan pasangan (Paired Differences)	Statistik (Statistic)						Nyata dua sisi (Sign. two sides)	
	Rata-rata (Mean)	St. deviasi (Deviation std.)	Simpangan baku nilai tengah (Error Mean std.)	Selang perbedaan kepercayaan 95% (95% Confidence Interval of the Difference)		t		df
				Terendah (Lower)	Tertinggi (Upper)			
Pasangan 1 (Paired 1) Akurasi 1 - Akurasi 2 <i>Accurate 1- Accurate 2</i>	0,79	7,57	0,87	- 1,65	1,81	0,09	75	0,928
Pasangan 2 (Paired 2) Efisiensi 1- Efisiensi 2 <i>Efficiency 1- Efficiency 2</i>	51,34	139,82	16,04	-83,29	-19,39	-3,20	75	0,002

Menurut Widodo (2006) dalam teori skor (nilai-nilai) klasikal murni, validitas dapat dinyatakan sebagai sejauh mana skor perolehan mendekati besar skor murni. Skor tampak tidak akan sama dengan skor murni kecuali alat ukur tersebut mempunyai validitas yang sempurna. Saat skor perolehan semakin mendekati skor murni, maka semakin tinggi validitasnya, dan sebaliknya semakin rendah validitas maka semakin besar perbedaan skor perolehan dan skor murni.

Hasil pengujian validitas alat antara *phi-band* dan weslyano menunjukkan bahwa nilai r maupun R^2 pada dua kali pengukuran sedikit lebih tinggi, yang artinya dua kali pengukuran memberikan hasil yang lebih teliti. Namun, karena antara metode satu kali pengukuran dan dua kali pengukuran menggunakan weslyano hasilnya tidak berbeda nyata, maka untuk efisiensi, pengukuran diameter menggunakan weslyano cukup sekali saja, kecuali untuk pohon-pohon yang memiliki bentuk yang tidak normal secara ekstrim, misalnya benjol. Di sisi lain, dibanding dengan alat ukur diameter weslyan, weslyano jauh lebih praktis disamping juga lebih tinggi akurasinya. Untuk membuat model pendugaan volume pohon yang baik dapat diperoleh berdasarkan hasil pengukuran diameter batang tertentu, dengan persamaan yang mempunyai simpangan agregat (SA) kurang dari 1% dan simpangan rata-rata (SR) kurang dari 10%; SA dan SR seperti disajikan dalam rumus yang digunakan dalam Bustomi dan Yulianti (2014).

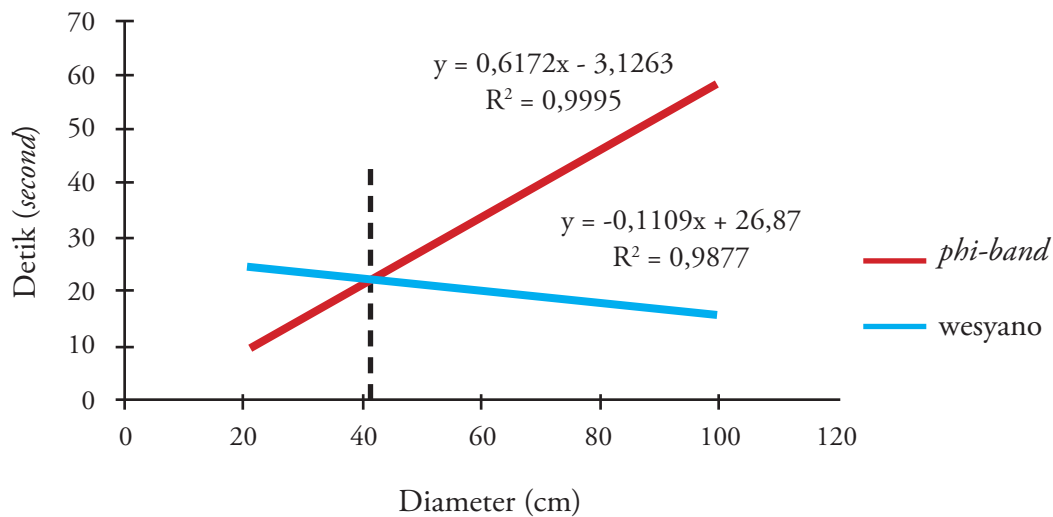
Pernyataan ini mengungkapkan bahwa batas toleransi yang dapat digunakan untuk menduga besarnya volume pohon masih dapat dikategorikan cukup baik bila simpangan rata-rata kurang dari 10%. Bila ditelaah lebih lanjut di dalam aplikasinya, maka terkait dengan pengelolaan hutan alam dapat dikatakan bahwa bila terjadi atau ada perbedaan antara hasil LHC dengan LHP, maka perbedaan tersebut tidak bisa ditoleransi bila besarnya lebih dari 10%.

Hasil analisis dari studi yang dilakukan selanjutnya memperlihatkan alat cukup tinggi akurasinya dengan efisiensi 1–4 kali lebih cepat, tergantung diameter pohon. Hal ini menunjukkan bahwa alat weslyano dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pita ukur diameter pohon (*phi-band*), terutama di hutan alam karena masih

banyak memiliki pohon berdiameter cukup besar (50–100 cm). Akurasi alat weslyan berkisar antara 0–4% dengan rata-rata 2% dibandingkan dengan *phi-band* (Endom & Sugilar, 2014). Dari cara penerapan dan penggunaannya di lapangan setelah dilakukan perbaikan, alat ukur diameter pohon weslyano jauh lebih nyaman, praktis dan cukup tinggi akurasinya dibanding weslyan. Oleh karena itu mengingat penghitungan potensi hutan alam sangat terkait dengan sistem *daring* yang dimulai pada tahun 2017 ini, maka untuk menghindari kesalahan penghitungan yang bisa menjadi risiko pada pembiayaan PSDH dan DR, perlu dilakukan perbaikan pengukuran potensi pada saat di awal yakni saat dilakukannya kegiatan inventarisasi hutan. Dengan demikian, risiko kesalahan perhitungan untuk penetapan jatah tebangan yang besar dapat diminimalisir.

Hasil studi menunjukkan bahwa weslyano dapat diaplikasikan pada kegiatan inventarisasi hutan secara akurat, efektif, dan efisien. Untuk melihat lebih jelas bagaimana dalam penerapannya, bisa dilihat dari prediksi atas penggunaan alat tersebut khususnya dari sisi efisiensinya. Hasil studi penggunaan waktu alat ukur diameter *phi-band* diperoleh persamaan regresi $Y = 26,706 - 0,109 X$ dengan $r = 0,995$; sedangkan untuk waktu pengukuran diameter pohon menggunakan Weslyano diperoleh persamaan $Y = -0,138 + 0,606 X$, dimana $X =$ diameter pohon, dengan $r = 0,987$. Prediksi waktu yang diperlukan untuk kedua cara tersebut disajikan pada gambaran dugaan penggunaan waktu antara weslyano dengan pita ukur *phi-band* dalam pengukuran diameter pohon di lapangan disajikan pada Gambar 3.

Gambaran dugaan efisiensi waktu memperlihatkan kecenderungan makin besar diameter, makin lama pengukuran menggunakan *phi-band*, sebaliknya dengan weslyano semakin cepat, dan ini terlihat lebih jelas pada Gambar 3. Pada gambar ini tampak bagaimana dalam aplikasi di lapangan, terdapat kecenderungan pada alat ukur *phi-band* semakin besar diameter makin banyak waktu diperlukan, sementara pada alat ukur weslyano yang terjadi sebaliknya. Namun terdapat catatan bahwa meskipun skala ukur weslyano dibuat hingga 150 cm, namun dalam pemakaiannya masih terbatas hingga maksimum 100 cm. Permasalahannya pada diameter pohon



Gambar 3. Waktu pengukuran diameter pohon menggunakan *phiband* dengan *weslyano*
Figure 3. Time consumption of tree diameter measurements using *phi band* and *weslyano*

di atas 100 cm, pengukuran tongkat ukur agak terhalang oleh batang, sehingga titik ukur tidak akan dapat mencapai titik tengah diameter batang. Meskipun demikian, dari kedua regresi di atas dapat dilihat ada titik temu pada sekitar diameter 40 cm, sehingga kesimpulan yang dapat diambil bahwa efektifitas terbaik alat weslyano adalah untuk pengukuran diameter batang mulai diameter 40 cm hingga maksimum 100 cm.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Nilai bobot akurasi alat setelah pembobotan (NSP) pada uji coba penyempurnaan alat ukur diameter weslyano menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata antara satu kali atau dua kali pengukuran. Untuk efisiensi, nilai bobot pengukuran dengan weslyano diperoleh 1–4 kali lebih cepat (tergantung besar diameter pohon) dibanding pengukuran menggunakan pita ukur. Berdasarkan hasil studi ini alat ukur weslyano dapat digunakan sebagai pengganti pita ukur (*phi-band*) dalam kegiatan pengukuran tegakan di hutan alam dengan tingkat efektivitas tinggi terutama saat melakukan pengukuran batang pohon berdiameter besar. Validitas dan efektivitas tertinggi diperoleh pada kisaran diameter 40 cm hingga maksimum 100 cm.

B. Saran

Alat ukur weslyano dapat direkomendasikan untuk kegiatan inventarisasi di hutan alam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Central Kalimantan Abadi yang telah memberi izin pelaksanaan penelitian dan para staf yang ikut membantu pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bustomi, S., & Yulianti, M. (2014). Model penduga volume pohon weru (*Albizia procera* (Roxb.) Benth.) di Kabupaten Majalengka - Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 11(1), 21–30.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education. Research methods in education* (6th Ed.). London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Endom, W., & Soenarno. (2016). Penyempurnaan alat ukur diameter pohon. *Rencana Penelitian dan Pengembangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Endom, W., & Sugilar, Y. (2017). Apa itu weslyan?. *Brosur*. Puslitbang Hasil Hutan, Bogor.

- Febryanto, A. R., & Ramadan, R. (2016). Laporan praktikum pengolahan dan analisis data statistik menggunakan SPSS. Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- Kementerian Kehutanan. (2014). Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.41/Menhut-II/2014 tentang penatausahaan hasil hutan kayu yang berasal dari hutan alam. Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Kementerian Kehutanan. (2015). Penatausahaan hasil hutan kayu dari hutan alam. Direktorat Jenderal Pengusahaan Hutan. Jakarta.
- Li, R., & Weiskittel, A. R. (2011). Estimating and predicting bark thickness for seven conifer species in the Acadian Region of North America using a mixed-effects modeling approach: Comparison of model forms and subsampling strategies. *European Journal of Forest Research*, 130(2), 219–233. doi: 10.1007/s10342-010-0423-y.
- Mahardika, G.A. (2013). Uji validitas dan reliabilitas. Diakses dari <http://statistikpendidikan.com> pada 23 September 2017.
- Mangili, N. (2016). Laporan lengkap praktikum. Universitas Hasanudin, Makassar.
- Ryan, K. (2015). Mengenal alat ukur diameter dan tinggi pohon. *Laporan praktikum Biometrika Hutan*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Siswanto, H. (2010). Kajian input dan output penyaradan pada pengusahaan hutan di Kalimantan Timur. *Eksis*, 6(2), 1491–1500.
- Standar Nasional Indonesia (SNI-7533.2). (2011). *Kayu bundar jenis jati—Bagian 3 : Pengukuran dan tabel isi*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Umar, H. (2003). *Metode riset bisnis: Panduan mahasiswa untuk melaksanakan riset dilengkapi contoh proposal dan hasil riset bidang manajemen dan akuntansi*. (Edisi kedua). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Weaver, S. A., Ucar, Z., Bettinger, P., Merry, K., Faw, K., & Cieszewski, C. J. (2015). Assessing the accuracy of tree diameter measurements collected at a distance. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36(1), 73–84.
- Widodo, P. B. (2006). Reliabilitas dan validasi konstruksi skala konsep diri untuk mahasiswa Indonesia. *Jurnal Psikologi Universitas Diponegoro*, 3(1), 1-9. doi: 10.14710/jpu.3.1.1%20-%209.
- Zobrist, K. W. (2009). *Lesson 6 : Measuring trees*. Dalam *virtual cruiser vest*. Washington: Washington State University Extension.

Lampiran 1. Hasil analisis validasi *phi-band* dengan weslyano satu kali ukur
Appendix 1. Validation analysis of *phi-band* and weslyano by single measurement

Model	R	R ²	R ² yang diatur (Adjusted R square)	Std. kesalahan duga-an (Std. error of the estimate)	Perubahan R ² (R square change)	Perubahan nilai (Statistics changes)				
						Perubahan nilai F (F Change)	Derajat bebas 1 (df1)	Derajat bebas 2 (df2)	Sig. perubahan nilai (Sig. F change)	Durbin-Watson
1	0,978(a)	0,957	0,957	4,89373	0,957	1658,828	1	74	0,000	1,452

a Penduga (Predictors): (Constant), weslyano

Lampiran 2. Analisis varian antara alat ukur weslyano dengan *phi-band* dengan satu kali pengukuran
Appendix 2. Variance analysis of *phi-band* and weslyano by single measurement

ANOVA(b)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	39726,581	1	39726,581	1658,828	0,000(a)
Residual	1772,195	74	23,949		
Total	41498,776	75			

a Penduga (Predictors): (Constant), weslyano

Lampiran 3. Hasil analisis validasi *phi band* dan Weslyano pada dua kali pengukuran
Appendix 3. Validation analysis of *phi-band* and Weslyano by double measurement

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	0,982(a)	0,964	0,964	3,89303	0,964	2001,085	1	74	0,000	0,962

a Penduga (Predictors): (Constant), weslyano

Lampiran 4. Analisis varian antara alat ukur weslyano dan *phi-band* dengan dua kali pengukuran
Appendix 4. Variance analysis of *phi-band* and Weslyano by double measurement

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	30327,885	1	30327,885	2001,085	0,000(a)
Residual	1121,523	74	15,156		
Total	31449,408	75			

Lampiran 5. Hasil uji validitas alat ukur *phi-band* dengan Weslyano
Appendix 5. Validity test of *phi-band* to weslyano

		Phi-band	Wesy1	Wesy2
Phiband	Pearson Correlation	1	0,909(**)	0,982(**)
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000
	N	76	76	76
Wesy1	Pearson Correlation	0,909(**)	1	0,925(**)
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000
	N	76	76	76
Wesy2	Pearson Correlation	0,982(**)	0,925(**)	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	
	N	76	76	76

** Korelasi sangat nyata pada selang kepercayaan 99% (Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)).

Lampiran 6. Pengukuran diameter pohon menggunakan weslyano dan *phi-band*
Appendix 6. Tree diameter measurement using weslyano and *phi-band*



Keterangan (Remarks):

- A & B. Pengukuran diameter pohon cukup besar dan berbanir tinggi dengan *phi-band* dilakukan oleh dua orang dibantu orang ketiga (*Measurement of big diameter tree using phi-band by two operators and helped by the third man*)
- C. Pengukuran diameter pohon cukup besar dan berbanir tinggi dengan *phi-band* dilakukan oleh dua orang (*Diameter measurement of big tree using phi-band by two operators*)
- D. Weslyano digunakan sebagai alat bantu penempatan *phi-band* pada pengukuran diameter pohon (*weslyano is used as an aid on locating phi-band for measuring tree diameter*)
- E. Pengukuran diameter pohon cukup besar berbanir tinggi dengan mudah dilakukan dengan weslyano (*Measurement of big tree diameter with high buttress is easily to be done using weslyano*)

