SIFAT FISIK DAN MEKANIK KAYU SAMA-SAMA (*Pouteria firma*)
(Physical and Mechanical Properties of Sama-sama (*Pouteria firma*) Wood)

Oleh/By:

Mody Lempang, M. Asdar dan Hajar¹

ABSTRACT

*This research was carried out to examine physical and mechanical properties of sama-sama (*Pouteria firma*) wood, which consisted of moisture content, specific gravity, shrinkage, static bending strength, tension, compression, shearing, and impact resistance. Wood sample were collected from natural production forest growing in Kalukku, Mamuju District, South Sulawesi. Laboratory tests on physical and mechanical properties were accomplished following the Japan Industrial Standard (JIS).*

*Results of the tests gave the following figures: green moisture content was 113,8%, air dry specific gravity 0,60 and tangensial shrinkage from green to air dry condition 4,63%. Mechanical tests revealed: ultimate bending strength 551,99 kg/cm², tension parallel to grain 408,85 kg/cm², compression parallel to grain 230,13 kg/cm², compression perpendicular to grain 127,11 kg/cm², shear parallel to grain 64,40 kg/cm² and impact resistance 7,67 kg/cm². Considering the physical and mechanical characteristic, *Pouteria firma* could be classified into strength class III to IV, and hence suitable for light construction material, moulding, veneer, and pallet.*

Keywords: Sama-sama wood, physical, mechanical, uses.

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi sifat fisik dan mekanik kayu sama-sama (*Pouteria firma*). Sifat fisik dan mekanik kayu sampel yang diidentifikasi terdiri dari kadar air, berat jenis, penyusutan, keteguhan lentur, keteguhan tekan, keteguhan geser, dan keteguhan pukul. Kayu contoh uji diambil dari hutan produksi alam di Kalukku Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengujian sifat fisik dan mekanik kayu dilaksanakan mengikuti Standar Industri Jepang (JIS).

¹ Peneliti pada Balai Litbang Kelutanan Sulawesi, Makasar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu sama-sama mengandung kadar air basah rata-rata 113,84%, berat jenis kering udara 0,60 dan penyusutan tangensial dari basah ke kering udara 4,63%. Kayu sama-sama memiliki keteguhan lentur mutlak rata-rata 551,99 kg/cm², keteguhan tarik sejajar serat 408,85, keteguhan tekan sejajar serat 230,13 kg/cm², keteguhan tekan tegak lurus serat 127,11 kg/cm², keteguhan geser sejajar serat 64,40 kg/cm² dan keteguhan pukul 7,67 kg/cm². Kayu sama-sama dapat digolongkan ke dalam kayu kelas kuat III sampai IV dan berdasarkan sifat fisik dan mekaniknya, kayu tersebut cocok digunakan untuk bahan bangunan, moulding, vinir dan pallet.

Kata kunci: Kayu sama-sama, fisis, mekanis, kegunaan.

I. PENDAHULUAN

Sekitar sepertiga luas permukaan lahan dunia tertutup oleh hutan yang mengandung persediaan pertumbuhan total kayu sekitar 300.000 juta m³, di mana 2.600 juta m³ di antaranya ditebang setiap tahun atau setara dengan kira-kira 1.300 juta ton kayu (Steinlin, 1979 *dalam* Fengel dan Wegener, 1995). Selama abad ini konsumsi kayu dunia naik sangat tajam, dan diramalkan hingga periode tahun 2000 kebutuhan kayu akan terus naik dengan cepat. Perkiraan kebutuhan kayu bulat total dunia dalam tahun 2000 sangat bervariasi antara 3.800 dan 6.200 juta m³ (Fengel dan Wegener, 1995). Perkiraan menunjukkan bahwa permintaan kayu bulat industri akan menjadi dua kali lipat, untuk kayu pulp hampir tiga kali lipat selama 20 tahun terakhir dari abad ini. Penggunaan kayu bakar yang relatif besar (1.500 juta m³ pada tahun 1979) diperkirakan akan naik sedikit selama periode tersebut. Angka-angka tersebut diimbangi oleh riap pertumbuhan tahunan 7.000 hingga 9.000 juta m³ (FAO, 1966 *dalam* Fengel dan Wegener, 1995). Namun demikian, dalam tahun 2000 diperkirakan akan terjadi penurunan yang tajam dalam cadangan pertumbuhan sekitar 23% dari luas permukaan lahan bumi. Ini merupakan penurunan kayu rata-rata dunia 31%, di negara-negara berkembang penurunan rata-rata 40% (Barney, 1980 *dalam* Fengel dan Wegener, 1995). Pada tahun 1995 produksi kayu bulat Indonesia hanya sekitar 25 juta m³ sedangkan kebutuhan kayu bulat oleh industri lebih dari 35 juta m³. Angka-angka tersebut menunjukkan bahwa masih cukup besar defisit bahan baku kayu untuk industri, sehingga peningkatan produksi kayu bulat masih diperlukan.

Untuk mendukung peningkatan penyediaan kayu, perlu diketahui sifat-sifat dasar kayu dari jenis-jenis pohon yang kurang dikenal atau belum banyak dimanfaatkan, baik yang berasal dari hutan alam, hutan rakyat, maupun jenis-jenis pohon perkebunan yang selama ini masih belum dimanfaatkan sekalipun memiliki potensi cukup untuk digunakan sebagai suplemen dalam usaha memenuhi kekurangan bahan baku industri.

Untuk memperoleh pengertian yang lebih baik tentang teknologi yang ada dan pengembangan lebih lanjut dari proses baru, penelitian dasar tentang sifat fisik dan mekanik kayu khususnya pada kelompok kayu kurang dimanfaatkan masih penting dilakukan. Ketepatan pemilihan dan penggunaan jenis kayu untuk sesuatu tujuan pemakaian memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat dasar kayu yang bersangkutan. Oleh karena kecocokan kayu untuk kegunaan akhir ditentukan oleh sifat dasar kayu, di antaranya berat jenis, kekuatan kayu dan stabilitas dimensi.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan melakukan pengukuran/pengujian dan menyajikan data tentang sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanik kayu yang sama,

menetapkan kelas kuat kayu berdasarkan sifat fisik dan mekaniknya dan memperkirakan penggunaan jenis kayu tersebut berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2003. Contoh uji yang digunakan dari 3 pohon sama-sama (*Pouteria firma*) yang diambil dari hutan produksi alam di Kalukku, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengujian sifat fisik kayu dilaksanakan di laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Sulawesi di Makassar, sementara pengujian sifat mekanik dilaksanakan di laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

B. Bahan dan Alat

Bahan kayu yang digunakan sebagai contoh uji adalah jenis sama-sama (*Pouteria firma*), sementara bahan pembantu penelitian yang digunakan antara lain parafin, vaselin, silica gel dan aquades. Alat-alat yang digunakan terdiri dari: *chain saw*, *woodworking machine*, *cross cut saw*, *sander*, meteran, gelas ukur, *electric balance*, *digital calipper*, *universal testing machine*, oven, *desicator*, statif dan gelas ukur.

C. Rancangan Penelitian

Pengujian sifat fisik kayu sampel meliputi kadar air, berat jenis dan penyusutan. Sementara pengujian sifat mekanik kayu meliputi keteguhan lentur statik, keteguhan tarik sejajar serat, keteguhan tekan sejajar serat, keteguhan tekan tegak lurus serat, keteguhan geser, dan keteguhan pukul. Bentuk, dimensi contoh uji dan cara pengujian sifat fisik dan mekanik kayu dilakukan berdasarkan JIS (Japan Industrial Standard) dalam Ginoga (1974). Untuk pengujian sifat fisik mengikuti JIS Z 2101 – Z 2103 dan sifat mekanik mengikuti JIS Z 2111 – Z 2117.

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan rancangan percobaan tersarang dalam pola acak lengkap dengan dua faktor dan lima kali ulangan. Faktor utama (A) adalah pohon yang digunakan sebagai sampel dan terdiri dari tiga taraf, yaitu: pohon pertama (a1), pohon kedua (a2) dan pohon ketiga (a3). Faktor kedua (B) sebagai faktor tersarang adalah posisi ketinggian dalam batang terdiri dari tiga taraf, yaitu: pangkal batang (b1), tengah batang (b2) dan ujung batang (b3). Dengan demikian terdapat 9 satuan percobaan dan setiap satuan percobaan diulang lima kali.

D. Parameter yang Diamati

Dalam pelaksanaan penelitian ini pengujian dilakukan terhadap parameter volume, berat, dimensi dan tegangan-tegangan pada contoh-contoh uji. Pengujian sifat fisik kayu sampel meliputi kadar air, berat jenis dan penyusutan. Pengujian sifat mekanik kayu meliputi parameter keteguhan lentur statik, tarik sejajar serat, tekan sejajar serat, tekan tegak lurus serat, geser, dan keteguhan pukul.

E. Analisis Data

Dalam pengolahan data, hasil pengujian sifat kayu, satuannya dinyatakan berdasarkan parameter yang diuji. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ditabulasi dan kemudian dianalisis dengan menggunakan model analisis dua faktor dengan pola tersarang. Menurut Sudjana (1989), model matematis dari desain eksperimen tersarang adalah:

$$Y_{ijk} = u + A_i + B_{j(i)} + Ek_{(ij)}$$

di mana:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada pohon ke-i posisi ketinggian batang ke-j untuk ulangan ke-k

u = Rata-rata umum hasil pengamatan

A_i = Efek taraf ke-i faktor A (pohon)

$B_{j(i)}$ = Efek taraf ke-j faktor B (posisi ketinggian batang) dalam pohon (A) ke-i

$Ek_{(ij)}$ = Kekeliruan karena ulangan ke-k faktor B_j yang ada dalam faktor A_i.

Apabila uji F menunjukkan, bahwa perlakuan (posisi ketinggian dalam pohon) berpengaruh nyata dalam parameter yang diamati, maka nilai rata-rata pengukuran pada setiap perlakuan akan dibandingkan dengan menggunakan uji beda nyata jujur (Gasperz, 1989). Formula uji BNJ ini adalah:

$$W = Q(p, fe) SY$$

di mana:

W = nilai BNJ (nilai banding)

Q = nilai tabel Turkey

p = jumlah perlakuan

fe = derajat bebas galat

SY = simpangan baku beda nilai tengah $(KTG/r)^{1/2}$

KTG = kuadrat tengah galat

r = ulangan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisik Kayu

Kayu sama-sama memiliki kayu gubal berwarna coklat kekuning-kuningan sedang kayu terasnya berwarna coklat tua sampai hitam dengan garis-garis hitam yang tidak beraturan, berserat lurus dan bertekstur agak halus, agak licin dan mengkilap. Kayu yang diteliti memiliki kayu gubal yang lebar dengan proporsi kayu teras hanya mencapai sekitar 33%. Pengukuran sifat fisik kayu sama-sama dilakukan baik pada kondisi basah, kering udara, ataupun kering tanur. Nilai rata-rata hasil pengukuran sifat fisik kayu sama-sama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata sifat fisis kayu sama-sama (*Pouteria firma*)**Table 1. Average of physical properties of sama-sama (*Pouteria firma*) wood**

No.	Sifat fisik (Physical properties)	Satuan (Unit)	Rata-rata (Mean)
1.	Kadar air basah (Green moisture content)	%	113,844
2.	Kadar air kering udara (Air dry moisture content)	%	15,475
3.	Berat jenis nominal basah (Nominal green specific gravity)	-	0,561
4.	Berat jenis kering udara (Air dry specific gravity)	-	0,602
5.	Berat jenis kering tanur (Oven dry specific gravity)	-	0,641
6.	Penyusutan dari keadaan basah ke kering udara (Shrinkage from green to air dry)		
	- Arah radial (Radial direction)	%	2,732
	- Arah tangensial (Tangensial direction)	%	4,625
7.	Penyusutan dari keadaan kering udara ke kering tanur (Shrinkage from air dry to oven dry)		
	- Arah radial (Radial direction)	%	2,513
	- Arah tangensial (Tangensial direction)	%	3,402

Hasil pengujian sifat fisik seperti pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air basah kayu sama-sama rata-rata 113,844%, sedangkan kadar air kering udara rata-rata 15,475%. Berat jenis nominal basah kayu rata-rata 0,561 sementara berat jenis kering udara rata-rata 0,602 dan berat jenis kering tanur rata-rata 0,641. Berdasarkan klasifikasi kayu menurut Dumanauw (1982), maka kayu tersebut termasuk kayu kelas agak berat (Bj antara 0,60 – 0,75). Berdasarkan klasifikasi kelas kuat kayu Indonesia oleh Den Berger (1923) dalam Darwo (1994), kayu sama-sama tergolong kayu kelas kuat II (Bj antara 0,60 – 0,90). Kayu sama-sama tergolong kayu agak berat dengan penyusutan dari keadaan basah ke kering udara rata-rata 2,732% (Radial) dan 4,625% (Tangensial). Sementara penyusutan dari keadaan kering udara ke kering tanur rata-rata 2,513% (Radial) dan 3,402% (Tangensial) dan ini menunjukkan bahwa kayu sama-sama memiliki nilai penyusutan sangat tinggi. Perbandingan penyusutan tangensial dan radial (T/R) kayu sama-sama sebesar 1,62 menunjukkan bahwa kayu tersebut memiliki kestabilan dimensi yang rendah.

Analisis keragaman terhadap hasil pengujian menunjukkan bahwa, posisi ketinggian dalam batang berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kadar air basah, kadar air kering udara, berat jenis nominal basah, berat jenis kering udara, berat jenis kering tanur, penyusutan basah ke kering udara pada arah radial, dan penyusutan basah ke kering tanur pada arah radial. Posisi ketinggian dalam batang berpengaruh tidak nyata terhadap nilai kadar air kering udara, penyusutan basah ke kering udara pada arah radial, penyusutan kering udara ke kering tanur pada arah radial. Selanjutnya untuk mengetahui pada posisi mana saja dalam batang nilai-nilai sifat fisik kayu berbeda nyata, maka dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ) terhadap nilai rata-rata sifat fisik kayu yang berbeda nyata. Rekapitulasi

hasil uji BNJ pengaruh posisi ketinggian dalam batang terhadap nilai sifat fisik kayu sama-sama disajikan dalam Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil uji BNJ (Beda Nyata Jujur) sifat fisik kayu sama-sama (*Pouteria firma*) pada perbagai ketinggian dalam batang
Table 2. Rekapitulation on HSD (Honestly Significant Difference) test result of physical properties of sama-sama (*Pouteria firma*) on various height position in the trunk

No.	Sifat fisik (Physical properties)	Satuan (Unit)	Ketinggian dalam batang (Height position in the trunk)		
			Pangkal (Bottom)	Tengah (Middle)	Ujung (Top)
1.	Kadar air basah (Green moisture content)	%	102,668	114,638	124,227
2.	Kadar air kering udara (Air dry moisture content)	%	<u>15,222</u>	<u>15,385</u>	<u>15,819</u>
3.	Berat jenis nominal basah (Nominal green specific gravity)	-	<u>0,590</u>	<u>0,565</u>	0,528
4.	Berat jenis kering udara (Air dry specific gravity)	-	<u>0,631</u>	<u>0,608</u>	0,567
5.	Berat jenis kering tanur (Oven dry specific gravity)	-	<u>0,672</u>	<u>0,647</u>	0,606
6.	Penyusutan dari keadaan basah ke kering udara (Shrinkage from green to air dry)				
	- Arah radial (Radial direction)	%	2,838	2,790	2,570
	- Arah tangensial (Tangensial direction)	%	<u>5,109</u>	<u>4,718</u>	4,049
7.	Penyusutan dari kering udara ke kering tanur (Shrinkage from air dry to oven dry)				
	- Arah radial (Radial direction)	%	2,642	2,577	2,320
	- Arah tangensial (Tangensial direction)	%	<u>3,716</u>	<u>3,404</u>	3,086

Keterangan (Remark): Nilai-nilai yang diberi garis bawah berbeda tidak nyata (*Values in the row with underlines are not significantly different*)

B. Sifat Mekanik Kayu

Pengujian sifat mekanik kayu sama-sama yang dilakukan pada kayu dalam kondisi kering udara diperoleh data nilai rata-rata hasil pengujian seperti disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan nilai keteguhan lentur pada batas patah (551,985 kg/cm²) dan keteguhan tekan sejajar serat 230,132 kg/cm² kayu sama-sama tergolong kelas kuat III - IV.

Tabel 3. Rata-rata sifat mekanik kayu sama-sama (*Pouteria firma*)
Table 3. Average of mechanical properties of sama-sama (*Pouteria firma*)

No.	Sifat mekanik (<i>Mechanical properties</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Rata-rata (<i>Mean</i>)
1.	Keteguhan lentur statik (<i>Static bending strength</i>)		
	- Tegangan serat pada batas proporsi (<i>Fiber stress at proportional limit</i>)	kg/cm ²	483,996
	- Keteguhan lentur pada batas patah (<i>Ultimate bending strength</i>)	kg/cm ²	551,985
2.	Keteguhan tarik sejajar serat (<i>Tension parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	408,849
3.	Keteguhan tekan sejajar serat (<i>Compression parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	230,132
4.	Keteguhan tekan tegak lurus serat (<i>Share perpendicular to the grain</i>)	kg/cm ²	127,113
5.	Keteguhan geser sejajar serat (<i>Shear parallel to the grain</i>)	kg/cm ²	64,396
6.	Keteguhan pukul (<i>Impact resistance</i>)	kgm/cm ²	7,670

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa posisi ketinggian dalam batang berpengaruh sangat nyata terhadap nilai semua sifat mekanik kayu yang diuji, kecuali terhadap nilai keteguhan tekan sejajar serat. Selanjutnya untuk mengetahui pada posisi mana saja dalam batang nilai-nilai sifat mekanik kayu tersebut berbeda nyata, maka dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ) terhadap nilai rata-rata sifat mekanik kayu yang berbeda nyata. Rekapitulasi hasil uji BNJ pengaruh posisi ketinggian dalam batang terhadap nilai sifat mekanik kayu sama-sama disajikan dalam Tabel 4.

C. Kegunaan Kayu

Ditinjau dari kelas kuat kayu sama-sama yang tergolong dalam kelas kuat III - IV, maka kayu ini dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan yang tidak bersentuhan langsung dengan kelembaban tinggi dan tidak menerima beban yang berat (kaso, reng, dinding, lis). Di samping sebagai bahan konstruksi, kayu sama-sama berserat lurus dan bertekstur agak halus, agak licin dan mengkilap, kayu ini cocok digunakan sebagai bahan baku untuk produk moulding dan vinir.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil uji BNJ sifat mekanik kayu sama-sama (*Pouteria firma*) pada berbagai ketinggian dalam batang
Table 4. Rekapitulation on HSD test results of mechanical properties of sama-sama (*Pouteria firma*) at various hight posision in the trunk

No.	Sifat mekanik (<i>Mechanical properties</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Ketinggian dalam batang (<i>Heigh position in the trunk</i>)		
			Pangkal (<i>Bottom</i>)	Tengah (<i>Middle</i>)	Ujung (<i>Top</i>)
1.	Keteguhan lentur statik (<i>Static bending strength</i>)				
	- Tegangan serat pada batas proporsi (<i>Fiber stress at proportional limit</i>)	kg/cm ²	530,952	488,065	432,972
	- Keteguhan lentur pada batas patah (<i>Ultimate bending strength</i>)	kg/cm ²	603,447	564,053	488,457
2.	Keteguhan tarik sejajar serat (<i>Tension parallel to grain</i>)	kg/cm ²	467,467	408,555	350,527
3.	Keteguhan tekan sejajar serat (<i>Compression parallel to grain</i>)	kg/cm ²	251,321	226,950	212,127
4.	Keteguhan tekan tegak lurus serat (<i>Compression perpendicular to grain</i>)	kg/cm ²	142,261	128,638	110,440
5.	Keteguhan geser sejajar serat (<i>Shear parallel to grain</i>)	kg/cm ²	81,830	61,343	50,017
6.	Keteguhan pukul (<i>Impact resistance</i>)	kgm/cm ²	8,670	7,410	6,930

Keterangan (*Remark*): Nilai-nilai yang diberi garis bawah berbeda tidak nyata (*Values in the row with underlines are not significantly different*)

IV. KESIMPULAN

1. Kayu sama-sama memiliki kayu gubal berwarna coklat kekuning-kuningan sedang kayu terasnya berwarna coklat tua sampai hitam dengan garis-garis hitam yang tidak beraturan, tekstur agak halus dan mengkilap. Kayu gubal tebal dengan proporsi kayu teras hanya mencapai sekitar 33%.
2. Kadar air kayu basah relatif berbeda pada berbagai ketinggian dalam batang. Kadar air kayu basah cukup tinggi, yaitu rata-rata 113,844% dan kadar air kering udara rata-rata 15,48%.
3. Berat jenis nominal basah, berat jenis kering udara dan berat jenis kering tanur relatif berbeda pada berbagai posisi ketinggian dalam batang. Berat jenis nominal basah rata-rata 0,561, berat jenis kering udara rata-rata 0,602 dan berat jenis kering tanur rata-rata 0,641.
4. Nilai penyusutan radial (basah ke kering udara dan dari kering udara ke kering tanur) relatif sama pada berbagai posisi ketinggian dalam batang. Nilai penyusutan radial dari basah ke kering udara rata-rata 2,73% dan dari kering udara ke kering tanur rata-rata

- 2,51%. Sementara nilai penyusutan tangensial (dari basah ke kering udara dan dari kering udara ke kering tanur) relatif berbeda pada berbagai ketinggian dalam batang. Nilai penyusutan tangensial dari basah ke kering udara rata-rata 4,63% dan dari kering udara ke kering tanur rata-rata 3,40%.
5. Posisi ketinggian dalam batang berpengaruh nyata terhadap keteguhan lentur pada batas proporsi, keteguhan lentur pada batas patah, keteguhan tarik sejajar serat, keteguhan tekan tegak lurus serat, keteguhan geser dan keteguhan pukul, kecuali terhadap keteguhan tekan sejajar serat. Nilai sifat-sifat mekanik tersebut cenderung menurun dari pangkal ke ujung batang.
 6. Bersarkan nilai berat jenis kering udara (0,602), keteguhan lentur pada batas patah (551,985 kg/cm²) dan keteguhan tekan sejajar serat (230,132 kg/cm²), sama-sama tergolong kayu kelas kuat III - IV.
 7. Kayu sama-sama merupakan kayu kelas kuat III - IV baik untuk pemakaian konstruksi yang hanya terbatas pada bagian-bagian yang tidak memikul beban berat (kaso, reng, dinding, lis dan plafon).

DAFTAR PUSTAKA

- Darwo. 1994. Sifat fisis, mekanis dan kelas kuat kelompok jenis kayu borneo berdasarkan contoh kecil bebas cacat. Buletin Penelitian Hasil Hutan 10 (2): 107 – 126. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Dumanau, J. 1982. Mengenal Kayu. Gramedia. Jakarta.
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Terjemahan Hardjono Sastrohamidjojo. Cetakan Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gasperz, V. 1989. Metode Rancangan Percobaan. Armico. Bandung.
- Ginoga, B. 1974. Pengujian Sifat Fisis dan Mekanik Kayu di Jepang. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Direktorat Jenderal Kehutanan Departemen Pertanian. Bogor.
- _____. 1982. Suatu Studi Mengenai Pengelompokan Sifat Mekanis Beberapa Jenis Kayu Indonesia. Tesis Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Karnasudirdja, S., K. Sofyan & R. Kusumodiwirjo. 1974. Pedoman Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Kayu. Publikasi Khusus No. 20. Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Sudjana. 1989. Desain dan Analisis Eksperimen. Edisi III. Penerbit Arsito. Bandung.