

**HUBUNGAN ANTARA MODULUS ELASTISITAS DAN NANO  
STRUKTUR KAYU AKASIA (*Acacia mangium* Willd)  
DARI BERBAGAI DIAMETER**

**OLEH :  
JUSMA SUSANTI  
M 111 15 038**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2019**



## HALAMAN PENGESAHAN

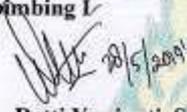
Judul Skripsi : Hubungan antara Modulus Elastisitas dan Nano struktur  
Kayu Akasia (*Acacia mangium*) dari Berbagai Diameter  
Nama Mahasiswa : Jusma Susanti  
Stambuk : M 111 15 038

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Kehutanan  
pada  
Program Studi Kehutanan  
Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin

Menyetujui :

### Komisi Pembimbing

Pembimbing I

  
Dr. A. Detti Yuniarti, S.Hut., M.P.  
NIP. 197006061995122 2 001

Pembimbing II

  
Dr. Suhasman, S.Hut., M.Si  
NIP. 19690402200003 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan  
Departemen Kehutanan  
Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin

  
Dr. Forest. Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si  
NIP. 19790831 200812 1 002

Tanggal Lulus : Mei 2019



## ABSTRAK

### **Jusma Susanti (M111 15 038). Hubungan Antara Modulus Elastisitas Dengan Nano Struktur Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd) Pada Berbagai Diameter di Bawah Bimbingan A. Detti Yuniarti dan Suhasman**

Modulus elastisitas (MOE) merupakan salah satu penentu sifat kayu dalam hal ini kekakuan kayu. Modulus elastisitas dipengaruhi oleh berat jenis kayu. Namun beberapa peneliti menemukan bahwa bukan hanya berat jenis yang memengaruhi sifat MOE pada kayu namun nano struktur pada kayu juga memengaruhi sifat mekanika kayu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara nano struktur meliputi MFA, lebar dan panjang kristalit, dan derajat kristalinitas pada berbagai diameter kayu akasia. Sampel yang digunakan yaitu kayu berdiameter 17 cm (D3), 25 cm (D2), dan 35 cm (D1). Sampel diambil pada ketinggian 10-15 cm (bebas banir) sepanjang 50 cm. Sampel dipotong secara *quarter sawn*. Pengukuran MOE menggunakan standar ASTM D143-94 (2005). Bagian kayu yang tidak mengalami kerusakan pada saat pengamatan MOE dijadikan sebagai sampel berat jenis dan nano struktur (ukuran serbuk 40-60 mesh).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa MFA, lebar dan panjang kristalinitas berkorelasi negatif terhadap MOE, jika MFA mengalami penurunan maka, MOE meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya. Sementara, untuk derajat kristalinitas memiliki korelasi positif yang berpengaruh kuat pada MOE dimana pada D3 setiap penambahan derajat kristalinitas maka MOE mengalami peningkatan. Namun, pada D1 dan D2 tidak terjadi perubahan yang signifikan. Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, MOE juga dipengaruhi oleh derajat kristalinitas.

**Kata kunci : MOE, MFA, Panjang dan Lebar Kristalit, Derajat Kristalinitas, kayu akasia**



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi sebagai syarat untuk menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Hubungan antara Modulus Elastisitas dan Nano Struktur Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd) dari Berbagai Diameter”.

Ucapan terima kasih terkhusus dengan penuh kerendahan hati penulis ucapkan kepada Ibu **Dr. Andi Detti Yuniarti, S.Hut., M.P** dan Bapak **Dr. Suhasman, S.Hut., M.Si.**, selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah mengarahkan dan membantu penulis mulai penentuan judul hingga selesainya skripsi ini. Bapak **Dr. H.A.Mujetahid M., S.Hut. M.P .**, Bapak **Dr. Ir. Beta Putranto, M.Sc.**, selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran-saran guna penyempurnaan skripsi ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Bapak **Prof. Dr. Yusran, S.Hut., M.Si** selaku Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Ibu **Dr. Risma Illa Maulany, S.Hut., M.Si., Ph.D** selaku Pembantu Dekan I Fakultas Kehutanan, Bapak **Dr. Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si** selaku Ketua Jurusan Fakultas, Ibu **Dr. Siti Halima Larekang, MP** selaku Ketua jurusan Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan.
2. Bapak **Amri**, kak **Bhakti Jayadi, S.Hut**, Kak **Heru Arisandi, S.T**, dan Kak **Nurul Muhlisah Mompewa, S.Hut., M.Hut.**, yang telah bersedia membantu penulis selama melaksanakan penelitian di Laboratorium Penggergajian dan Laboratorium Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan.
3. Teman-teman tercinta **Ayo Sarjana (Sifat Dasar 2015)**, Varietas Rimbawan Intelektual unhas (**VIRBIUS 15**), **Keluarga Mahasiswa Islam (Gamis) kahutanan Unhas, Teman- teman Resimen Mahasiswa 701**, yang telah kebersamai selama tiga tahun Sembilan bulan dan memberikan motivasi da penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

bat-sahabat tercinta **Indah Lestari Syardianti, S.S., Syahraeni, Nur h, Suraida S. Hut, Rahma, Salmia** yang telah bersedia mendengarkan



curahan hati serta memberi motivasi dan saran selama penulis kuliah di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

5. Teman seperjuangan **Ulfa Islamiyah, S.Hut, Nurjannatul Ma'wah, Amelia, Miftahul Jannah** serta teman-teman **KKN Pitue Squad** atas kerjasama, waktu dan semangat yang kalian berikan.
6. Kepada **Beasiswa Bidikmisi** yang telah membantu penulis dari awal semester hingga penulis menyelesaikan tugas akhir. Kepada Ikatan Keluarga Besar Mahasiswa Bidikmisi (**IKAB Unhas 2015**), yang selama ini telah memberi inovasi, inspirasi, dan motivasi, serta kebersamaan selama penulis kuliah di Unhas
7. Terima kasih atas dukungan dan do'a teman-teman, dukungan dan do'a secret friend yang belum sempat penulis sebutkan namanya dalam skripsi ini demi menjaga kemurnian niat.

Rasa hormat dan terima kasih yang sedalam-dalamnya penulis persembahkan kepada kedua orang tua penulis, Alm. Ayahanda **Muh. Jufri** dan Ibu **Nur Aeni**, juga kepada kakak **Nirma Yani, Nismayanti, Yasfar Jufri**, serta kedua kakak Ipar **Ismail dan Haeruddin** yang senantiasa mendoakan dan memberikan perhatian, kasih sayang, nasehat dan semangat kepada penulis. Terkhusus kepada kedua keponakan tercinta **Wahyu Miraldi** dan **Naura Fauzhara Ismail**. Kepada orang tua dan keluarga di Makassar yang telah kebersamaian dan bersedia memberi dukungan moril dan bantuan materil, Bule **Ikha dan om Ulli**, adik **Ali, Lisa**, dan juga **Dina**. Semoga dihari esok penulis kelak menjadi anak yang membanggakan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini, masih banyak terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan khususnya kepada penulis sendiri.

Makassar, 28 Mei 2019



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	2
ABSTRAK.....	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR TABEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR GAMBAR.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I. PENDAHULUAN.....	8
1.1 Latar Belakang.....	8
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Pengenalan Jenis Pohon.....	10
2.2 Modulus Elastisitas.....	10
2.3 Nano Struktur.....	11
2.3.1 Sudut Mikrofibril.....	11
2.3.2. Dimensi Kristalit Selulosa dan Derajat Kristalinitas.....	12
III. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Persiapan Sampel Uji.....	14
3.3.2 Pengujian MOE.....	15
3.3.3 Analisis Nano Struktur.....	16



3.4 Analisis Data .....	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Pengujian Sifat Fisik Dan Mekanis Kayu Akasia .....	18
4.2 Pengukuran Nano Struktur Kayu Akasia .....	18
4.3 Hubungan antara MOE dengan Berat Jenis dan Nano Struktur pada Kayu Akasia.....	20
V. PENUTUP.....	24
5.1 Kesimpulan .....	24
5.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA .....	25
LAMPIRAN.....	21



# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu pilihan sebagai bahan utama konstruksi. Kayu memiliki karakteristik yang berbeda jika dibandingkan dengan baja dan beton. Kayu memiliki nilai dekoratif yang khas, ringan dan kuat serta mudah dalam pengolahan, juga memiliki daya hantar listrik yang rendah. Hal tersebut yang membuat kayu tetap menjadi pilihan sebagai bahan baku konstruksi bangunan (Barnett dan Jeronimidis, 2003).

Kayu dalam penggunaannya sebagai bahan baku konstruksi tentunya memiliki karakter khusus. Sehingga tidak semua jenis kayu dapat digunakan karena kayu sebagai bahan konstruksi ditentukan oleh sifat mekanis kayu. Penentuan sifat mekanis kayu salah satunya dengan mengetahui MOE (*Modulus of Elasticity*) yang menggambarkan tingkat kekakuan kayu.

MOE dipengaruhi oleh berat jenis serta kerapatan kayu (Panshin dan de Zeeuw, 1980 ; Bowyer, dkk. 2003; Guller, 2007). Seiring berjalannya waktu, serta perkembangan teknologi yang semakin maju, penelitian lainnya mengidentifikasi bahwa ternyata bukan hanya berat jenis dan kerapatan yang memengaruhi kekakuan kayu, akan tetapi juga dipengaruhi oleh struktur anatomi kayu khususnya MFA (*Microfibril Angle*) atau sudut mikrofibril (Tze, dkk., 2007; Lachenburch, dkk., 2011). Menurut (Tze, dkk., 2007), MFA dan MOE berkorelasi negatif yang artinya semakin kecil MFA maka nilai MOE semakin meningkat, begitupun sebaliknya.

Penelitian lainnya menunjukkan bahwa selain MFA, beberapa penelitian terkait nano struktur dan hubungannya dengan MOE juga sudah diteliti. Menurut Yunianti (2012); Hein, dkk. (2013); Malik (2016); Rasyid (2016), MOE dipengaruhi oleh MFA dan dimensi kristalit serta derajat kristalinitas yang menunjukkan bahwa, derajat kristalinitas berbanding lurus dengan MOE. Nano struktur yaitu pengamatan struktur anatomi pada level nano ( $10^{-9}$ ) meliputi

kristalit selulosa (lebar dan panjang kristalit) serta persentase kristalinitas. Penelitian terkait nano struktur kayu telah dilakukan oleh Gifari (2017), yang menunjukkan bahwa diameter pohon berkorelasi negatif terhadap MOE dan



dimensi kristalit, namun memiliki toleransi positif terhadap derajat kristalinitas. Pada penelitian tersebut menggunakan kayu berjenis kayu daun jarum, yang memiliki perbedaan struktur anatomi dari kayu daun lebar. Kayu akasia adalah jenis kayu daun lebar yang cepat tumbuh (*fast growing species*) dan merupakan salah satu jenis kayu komersial yang sering digunakan sebagai bahan bangunan maupun sebagai bahan baku untuk mebel dan vinir. Selain itu, menurut Hidayat (2012), kayu cepat tumbuh memiliki kekuatan yang rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Tabet and Fauziah (2013), yaitu melihat hubungan antara MFA dengan umur pohon akasia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi umur pohon memengaruhi MFA. Semakin bertambah umur pohon maka semakin kecil nilai MFA. Dugaan lainnya, umur dan diameter pohon yang memengaruhi perkembangan sel khususnya panjang serat yang memengaruhi MFA. Panjang serat dan MFA memiliki hubungan negatif. Makin panjang serat makin kecil nilai MFA. Demikian halnya dengan MOE, kecenderungan meningkat dengan menurunnya panjang serat dan tebal dinding sel (Basri dan Wahyudi, 2013; Sukowati, 2013; Syahro, 2015). Selain MFA, diduga umur pohon juga memengaruhi nano struktur dinding sel. Penelitian yang telah dilakukan oleh Gifari (2017), menunjukkan bahwa diameter pohon berkorelasi negatif terhadap MOE dan dimensi kristalit, namun memiliki toleransi positif terhadap derajat kristalinitas. Namun kayu pada penelitian tersebut menggunakan kayu berjenis kayu daun jarum, yang memiliki perbedaan struktur anatomi dari kayu daun lebar. Oleh karena itu, penelitian terkait hubungan antara diameter pohon yang berasal dari kelompok kayu daun lebar dianggap perlu. Kayu daun lebar salah satunya adalah kayu akasia.

## 1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis hubungan nano struktur kayu akasia dengan MOE pada berbagai diameter batang. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu sumber informasi ilmiah terkait nano struktur sebagai referensi baru mengenai kekuatan kayu dalam pemanfaatan kayu, khususnya *fast growing species*.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengenalan Jenis Pohon

Kayu akasia termasuk ke dalam family Fabaceae. Pohon akasia memiliki diameter batang 30-60 cm dengan tinggi pohon mencapai 25-30 m. Kayu akasia memiliki kayu teras berwarna coklat pucat ataupun berwarna coklat pekat, sehingga dengan mudah dibedakan antara gubal dan teras. Untuk kayu gubal sendiri berwarna putih jerami, sementara kayunya memiliki tekstur yang halus sampai agak kasar. Memiliki serat yang lurus hingga terpadu. Untuk kekerasan, kayu ini tergolong agak keras dan agak mengkilap (Pandit dan Kurniawan, 2008). Menurut Yuniarti (1999), kayu akasia memiliki panjang serat rata-rata 0,982 mm, rata-rata diameter serat 18,685 mm, serta memiliki rata-rata tebal dinding sel sebesar 3,356 mm. Sifat fisik kayu akasia yaitu memiliki kandungan kadar air 16,81 %, serta kerapatan 0,789 g/cm dan berat jenis rata-rata 0,397, sehingga kayu akasia tergolong kayu berkerapatan sedang. Kayu akasia, memiliki rata-rata MOE yaitu 942,23 kg/cm<sup>2</sup> dan tergolong kelas kuat II-III berdasarkan penggolongan (Ginoga, 1997).

### 2.2 Modulus Elastisitas

*Modulus of Elasticity* (MOE) atau kekuatan lentur adalah suatu nilai konstan. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas sedangkan regangan adalah perubahan panjang per unit panjang bahan (Bowyer, dkk., 2003). Besarnya defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi pembebanan, panjang dan ukuran balok serta MOE itu sendiri. Semakin tinggi MOE maka semakin berkurang defleksi pada beban tertentu, serta semakin tahan terhadap perubahan bentuk kayu (Barnett and Jeronimindis, 2003).

Secara umum MOE dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, kadar air, berat jenis, cacat pada kayu, dan lamanya pembebanan. Kadar air akan berubah

dan kayu berada pada kondisi di bawah titik jenuh serat. Jika kadar air mengalami penurunan maka nilai MOE akan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan adanya perubahan yang terjadi dalam dinding sel yang semakin



memadat serta mikrofibril yang terdapat dalam dinding saling berdekatan, dan gaya tarik antar molekul selulosa semakin kuat (Widiati, 2003).

Menurut Andersson, dkk., (2000), mikrofibril yang terdapat di dinding sel berpengaruh pada sifat mekanis kayu. Rozyk, dkk., (2011) menemukan bahwa, bukan hanya berat jenis dan kerapatan yang memengaruhi MOE, akan tetapi *Microfibril Angel* (MFA) dan dimensi kristal juga berpengaruh terhadap MOE kayu. MFA dan MOE berkorelasi negatif yang artinya semakin kecil MFA maka nilai MOE semakin meningkat, begitupun sebaliknya (Tze, dkk., 2007; Larchembruch, dkk., 2011). Panjang serat dan tebal dinding sel memengaruhi MFA. MFA cenderung meningkat seiring dengan menurunnya panjang serat dan tebal dinding sel (Basri dan Wahyudi, 2013; Sukowati, 2013; Syahro, 2015).

## 2.3 Nano Struktur

Nano struktur merupakan pengamatan bagian struktur kayu dengan mikroskopis elektron pada tingkat mikroskopis (level nano) dimana susunan fibril dalam dinding sel terdapat mikrofibril. Nano struktur meliputi MFA, kristalinitas selulosa, dan kristanilitas (Booker and Sell, 1998).

### 2.3.1 Sudut Mikrofibril

Mikrofibril adalah pengelompokan rantai selulosa kaku yang analog dengan batang penguat baja di beton bertulang yang merupakan kumpulan benang selulosa yang tersusun rapi dengan ikatan  $\beta$  (1-4) (Hori, dkk., 2003). Mikrofibril merupakan komponen terkecil dalam struktur dinding sel yang terdiri dari kelompok molekul selulosa yang diselimuti oleh lembaran-lembaran hemiselulosa serta memiliki diameter 3-4 nm. MFA merupakan arah kemiringan selulosa pada dinding sel sekunder dengan sumbu panjang serat (Barnet dan Jeronimendis, 2003; Barnet dan Bonham, 2004). Nilai MFA pada dinding sel kayu normal pada lapisan S1 sebesar 50-70°, S2 5-30 ° dan lapisan S3  $\pm$  70 ° (Wiedenhof dan Miller, 2005). MFA pada lapisan S2 merupakan salah satu penentu utama dari sifat mekanis kayu solid (Tabet dan Aziz, 2010).

Menurut Andersson, dkk., (2000), adanya mikrofibril dalam dinding sel mempengaruhi sifat mekanis sebuah kayu. Nilai MOE dan MOR meningkat saat



nilai MFA rendah (Tze, dkk., 2007; Lachemburch, dkk., 2011). Sementara berdasarkan penelitian selanjutnya, MOE cenderung meningkat dengan menurunnya panjang serat dan tebal dinding sel (Basri dan Wahyudi, 2013; Sukowati, 2013; Syahro 2015).

### **2.3.2. Dimensi Kristalit Selulosa dan Derajat Kristalinitas**

Dinding sel tumbuhan berkayu terdiri dari molekul-molekul selulosa yang saling berikatan dan membentuk mikrofibril. Mikrofibril yang terbentuk terdiri dari daerah amorf dan daerah kristalin. Daerah amorf merupakan daerah yang mudah ditembus oleh air, sementara daerah kristalin merupakan daerah yang tersusun rapi sehingga air tidak mudah masuk. Kristalin mikrofibril dapat dipecahkan dengan perlakuan kimia menjadi unit lebih kecil yang disebut kristalit (Winandy and Rowell, 2005; Sanusi 2010). Menurut Winandy and Rowel (2005), bukan hanya struktur makroskopis kayu yang memengaruhi sifat mekanis kayu, melainkan juga dipengaruhi oleh struktur mikroskopis hingga ke tingkat molekuler kayu. Ketiga level struktur kayu tersebut mengalami perubahan saat diberi beban. Pada struktur makroskopis kayu, terjadi perubahan bentuk sel, seperti pada kayu awal dan kayu akhir, jari-jari, serat maupun pada jaringan pembuluh. Namun jika dilihat dari struktur mikroskopis, mikrofibril akan terjadi perubahan bentuk serta kerusakan. Sedangkan pada tingkat molekuler, juga terjadi kerusakan, pergeseran, dan perubahan bentuk, pada ikatan hidrogen serta polimer selulosa.

Daerah kristalin memiliki dimensi 2-4 nm, berdiameter antara 2,5-3,6 nm dan panjang 30 nm bentuk agak persegi dan dipisahkan oleh hemiselulosa. Pada bagian kristalin terdapat ikatan hidrogen yang membuat selulosa tidak mudah dilalui oleh cairan (Andersson, 2006).

