

Pengembangan Sistem Alat Ukur Sudut Kontak dengan Metode *Optical Contact Angle*

Esti Prihatini¹, Rohmat Ismail², Istie Sekartining Rahayu¹, Egy Dia Saputri¹

¹ Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

² Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

Corresponding Author: esti@apps.ipb.ac.id

Received: 26th September 2022; Revised: 27th May 2023; Accepted: 27th October 2023;
Available online: 14th January 2024; Published regularly: January 2024

Abstract

This research aims to develop a contact angle measuring system which is one of the methods for determining the surface characteristics of wood materials. The analysis data produced by this prototype tool system is in the form of a digital image in the form of a video and then cut at multiples of 10 seconds with GOM Player software. The contact angle of each image piece is then measured using the Image J application and the contact angle value data is taken at the 100th, 200th and 300th seconds with 7 repetitions, then the %RSD value is calculated to determine the level of precision. The results of contact angle data processing statistically show a good level of precision. This can be seen from the measurement results of the contact angle of the finishing liquid on mahogany wood, namely $(46,379 \pm 1,728)^\circ$ with an RSD value of 3,73% at the 100 second shooting time, $(45,335 \pm 1,930)^\circ$ with an RSD value of 4,26% at the 200 second shooting time and $(44,198 \pm 1,170)^\circ$ with an RSD value of 2,65% at the 300 second shooting time. Precision contact angle measurement is important for the accuracy of determining material characteristics such as wettability, hydrophobicity, and surface tension as well as its application in education and research.

Keywords: contact angle, hydrophobicity, wettability, method development, digital image

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem alat pengukur sudut kontak yang merupakan salah satu metode penentuan karakteristik permukaan material kayu. Data analisis yang dihasilkan oleh sistem alat yang sudah purwa rupa ini, berupa citra digital berbentuk video lalu dipotong pada kelipatan 10 detik dengan perangkat lunak GOM Player. Sudut kontak dari setiap potongan gambar tersebut kemudian diukur dengan menggunakan aplikasi Image J dan diambil data nilai sudut kontak pada detik ke 100, 200 dan 300 dengan 7 kali ulangan, lalu nilai %RSD dihitung untuk menentukan tingkat kepresisiannya. Hasil pengolahan data sudut kontak secara statistik menunjukkan tingkat presisi yang baik. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengukuran sudut kontak cairan finishing pada kayu mahoni yaitu $(46,379 \pm 1,728)^\circ$ dengan nilai RSD sebesar 3,73% pada waktu pengambilan gambar 100 detik, $(45,335 \pm 1,930)^\circ$ dengan nilai RSD sebesar 4,26% pada waktu pengambilan gambar 200 detik dan $(44,198 \pm 1,170)^\circ$ dengan nilai RSD sebesar 2,65 % pada waktu pengambilan gambar 300 detik. Pengukuran sudut kontak yang presisi menjadi hal penting untuk akurasi penentuan karakteristik material yaitu tingkat keterbasahan, hidrofobisitas, dan tegangan permukaan serta aplikasinya di bidang pendidikan dan penelitian..

Kata Kunci: sudut kontak, hidrofobisitas, keterbasahan, pengembangan metode, citra digital

PENDAHULUAN

Pengukuran sudut kontak merupakan salah satu metode yang terus dikembangkan untuk menentukan karakteristik permukaan material dan kemampuan interaksi antara permukaan yang

mempunyai perbedaan sifat mekanis, fisik, kimiawi, dan biologis. Dari hasil pengukuran sudut kontak tersebut akan memperoleh informasi data seperti energi permukaan, hidrofilitas, kekasaran dan heterogenitas permukaan (Tavana et al., 2004). Aplikasi penentuan karakteristik permukaan material ini sangat luas dan digunakan di berbagai bidang ilmu pengetahuan, baik aplikasi di dunia pendidikan maupun di berbagai bidang industri. Pengukuran sudut kontak yang presisi menjadi hal yang penting untuk mendapatkan nilai yang akurat terhadap penentuan karakteristik material, yang selanjutnya data tersebut akan diaplikasikan untuk pengembangan kualitas pada proses berikutnya di berbagai bidang. Dalam bidang industri kayu, Sucipto et al., (2018) menyatakan pentingnya pengukuran sudut kontak untuk mengetahui tingkat keterbasahan dan tegangan permukaan kayu. Keterbasahan kayu berpengaruh pada tegangan permukaan yang berakibat pada pengembangan struktur kayu untuk melepaskan gugus hidroksi yang bersifat polar. Hal tersebut akan berakibat mengembangnya cairan atau polimer perekat yang diaplikasikan pada kayu. Pemilihan perekat cair sangat tergantung dari keakuratan penentuan tegangan permukaan dari hasil pengukuran sudut kontak. Selain itu, menurut Anggriawan dan Kurniawan (2015) menyatakan bahwa pengukuran sudut kontak merupakan salah satu metode yang tepat untuk digunakan mempelajari dan mengembangkan tentang pembasahan atau keterbasahan. Terdapat 3 fenomena yang bisa diamati pada saat kayu dibasahi oleh cairan yaitu tegangan permukaan antara kayu dan tetesan cairan, menyebarnya tetesan cairan pada kayu dan penetrasi cairan kedalam kayu (Cahyono et al., 2017).

Produsen alat ukur sudut kontak selalu mengembangkan produknya dengan teknologi tinggi, akan tetapi biaya maupun harga alat ukur yang dipasarkan tentu saja juga sangat tinggi sesuai dengan kualitas dan fitur yang ditanamkan dalam instrumen tersebut, sebagai contoh beberapa produsen besar instrumen alat ukur sudut kontak, seperti: *KRÜSS gmbh*, *Ramé-Hart Instrument co.*, *Dyne Technology*, dan *LSM Group*. Pengukuran sudut kontak secara manual masih dijumpai untuk penelitian di skala laboratorium pada institusi pendidikan. Oleh sebab itu perlu adanya pengembangan metode untuk menciptakan alat ukur sederhana, mudah digunakan, biaya rendah, dan dengan tetap menjaga tingkat kepresisian maupun keakurasian alat ukur dengan teknologi yang tersedia pada saat ini. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk membuat alat pengukur sudut kontak sederhana dengan biaya terjangkau tetapi tetap dapat tervalidasi data hasil pengukurannya. Teknologi dibidang pengolahan citra digital mendukung dan memungkinkan dikembangkannya sebuah sistem alat ukur sudut kontak yang terintegrasi mulai dari pengambilan citra dari obyek yang diukur, pengaturan parameter, pengolahan citra, dan sampai penyajian data dari hasil pengukuran.

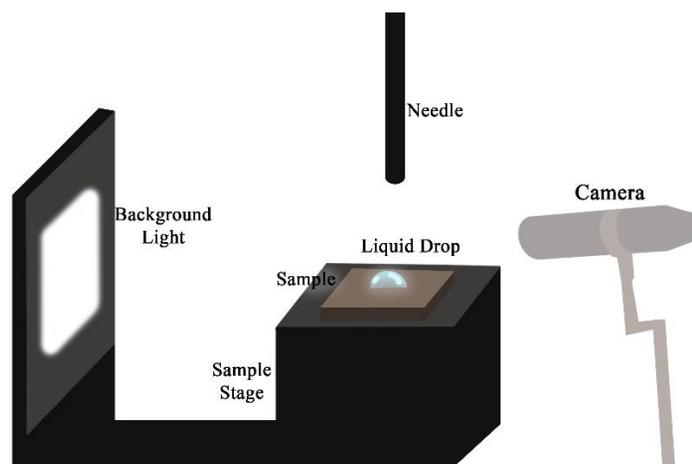
BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu mahoni (*Swietenia mahagoni (L.) Jacq*) sebagai sampel uji. Larutan yang diujikan adalah bahan *finishing* (vernisi) larut air. Perangkat keras dirancang dengan memanfaatkan material kayu sebagai badan alat, *syringe dropper* sebagai tempat sekaligus alat penetes material uji, USB mikroskop, termohigrometer, citra berupa foto maupun video yang diambil dengan menggunakan bantuan USB mikroskop, perangkat lunak *Image J* dan *Gom Player*.

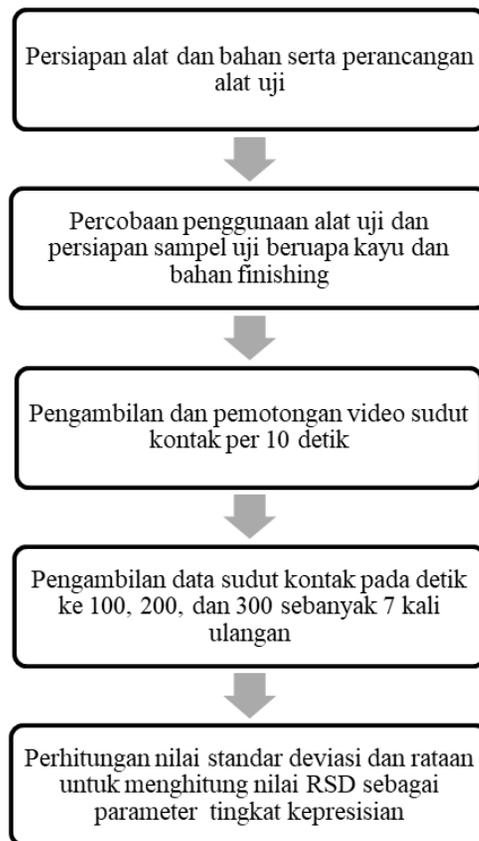
Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan perancangan alat uji yang terdiri dari badan alat, perekam gambar, dan tempat larutan yang akan diujikan (gambar 1). Pengujian alat dan pengambilan data dilakukan dengan pengukuran sudut kontak antara larutan dan permukaan kayu. Terdapat beberapa alat pengukur sudut kontak yang digunakan dengan metode pengukuran yang berbeda-beda. Pada penelitian ini dikarenakan bahan yang digunakan yaitu kayu yang merupakan zat padat, oleh karena itu salah satu metode yang digunakan adalah *captive bubble method*. Dalam metode ini pengukuran sudut kontak dengan membentuk tetesan sessile atau disebut *sessile drop method* (Gardner, 2006; Qin et al., 2014). Metode *sessile drop* sering digunakan untuk membuat pengukuran langsung dari sudut kontak untuk menentukan pembasahan preferensial dari suatu padatan oleh minyak dan air.



Gambar 1. Skema alat pengukuran sudut kontak

Pengukuran sudut kontak diawali dengan sampel kayu ditempatkan pada meja alat lalu ditetaskan larutan menggunakan *syringe dropper*. Hasil penetesan direkam dengan bantuan USB mikroskop yang langsung tersambung pada layar monitor selama 3 menit. Selanjutnya masing-masing video hasil perekaman dipotong kelipatan 10 detik dengan perangkat lunak *GOM Player*. Sudut kontak dari setiap potongan gambar tersebut kemudian diukur dengan menggunakan aplikasi *Image J* dan diambil data nilai sudut kontak pada detik ke 100, 200 dan 300 dengan jumlah ulangan sebanyak 7 kali, lalu ditentukan nilai %RSD untuk menentukan tingkat kepresisiannya. Berikut ini disajikan bagan alir yang menggambarkan secara garis besar prosedur penelitiannya (gambar 2).



Gambar 2. Bagan alir penelitian

HASIL PENELITIAN

Perakitan Alat Pengukur Sudut Kontak

Pada pengerjaan awal dilakukan perakitan dengan menggunakan bahan kayu sebagai badan alat untuk menyusun bentuk alat, *USB microscope* sebagai alat perekam data digital baik berupa foto maupun video saat cairan uji ditetaskan pada media kayu untuk diukur sudut kontakannya, lampu led berbentuk kotak sebagai sumber cahaya untuk memperjelas hasil pengamatan dengan *USB Microscope* serta *termohygrometer* sebagai perangkat tambahan pada alat sebagai pengukur suhu dan kelembaban udara lingkungan sekitar saat alat digunakan untuk analisis sudut kontak (gambar 3). Penelitian yang berfokus pada perakitan alat pengukuran sudut kontak ini, sudah mampu menghasilkan sistem alat yang sudah berupa purwa rupa dengan tingkat presisi pengukuran yang baik (gambar 4).

Media kayu yang digunakan yaitu kayu mahoni dan cairan yang digunakan adalah cairan finishing. Kayu mahoni dipilih karena sifatnya yang tidak mudah menyerap air sehingga sangat cocok untuk pengambilan data sudut kontak dengan durasi pengamatan yang panjang. Cairan finishing dipilih karena aplikasinya yang sangat luas dalam berbagai jenis kayu sebagai komoditas utama hasil hutan. Menurut Tsoumis (1991), sifat keterbasahan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berhubungan dengan cairan uji (tegangan permukaan, suhu, kekentalan, densitas) dan kayu (kerapatan, porositas, ekstraktif dan kekasaran permukaan). Maka dari itu, cairan finishing diukur densitasnya. Berdasarkan nilai densitasnya dapat pula digunakan untuk mengetahui volume dari cairan finishing yang ditetaskan pada

media kayu. Nilai densitasnya yaitu sebesar 1,01 g/mL, maka dengan nilai densitas ini dapat ditentukan volume yang ditetaskan berdasarkan bobot cairan yang ditetaskan pada media kayu. Nilai bobot cairannya yaitu 0,0085 gram maka volumenya 0,0084 mL atau 8,4 μ L.



(a)



(b)

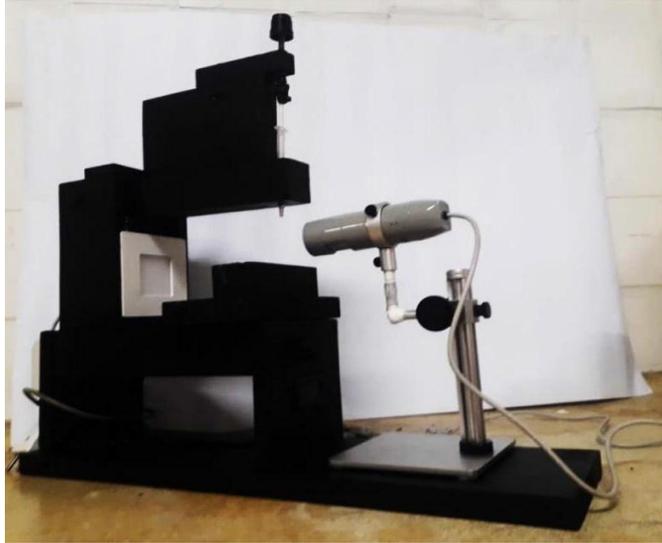


(c)



(d)

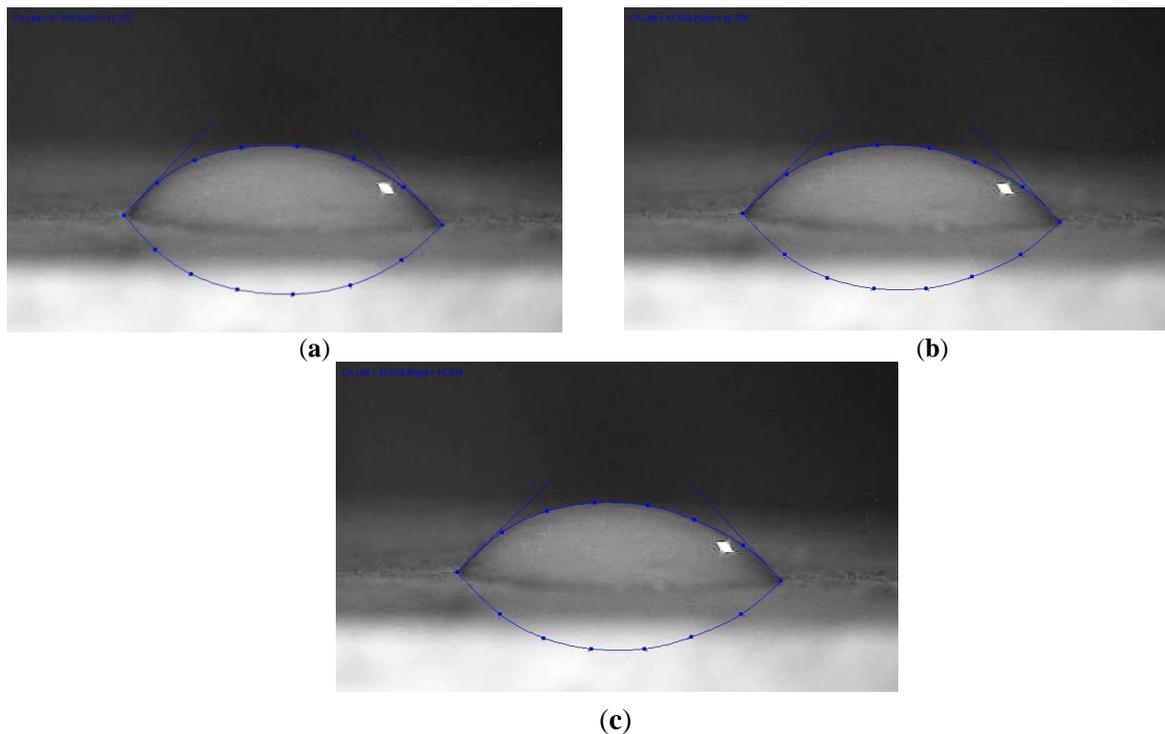
Gambar 3. Komponen yang digunakan untuk perakitan alat (a) Lampu LED (b) Thermohygrometer (c) USB Microscope (d) Badan alat dari kayu



Gambar 4. Purwa rupa alat pengukur sudut kontak

Hasil Analisis dan Pengolahan Data

Pengambilan data digital berupa gambar dilakukan sebanyak tujuh kali pada waktu 100 detik, 200 detik dan 300 detik. Jumlah pengambilan data ini bertujuan untuk mengikuti kaidah pengolahan data statistik untuk menentukan nilai standar deviasi relatif yang menggambarkan tingkat kepresisian suatu hasil pengukuran. Pemilihan waktu pengambilan gambar didasarkan pada kecenderungan nilai sudut kontak yang lebih konsisten setelah melakukan pengamatan pada citra digital berupa video. Setelah itu, citra gambar tetesan cairan dianalisis nilai sudut kontaknya dengan perangkat lunak *Image J* (gambar 5).



Gambar 5. Hasil pengambilan gambar dan pengukuran sudut kontak (a) waktu 100 detik (b) waktu 200 detik (c) waktu 300 detik

Tabel 1 Data nilai sudut kontak pada media kayu mahoni dengan cairan finishing

Ulangan Pengukuran	Nilai Sudut Kontak (derajat)		
	100 detik	200 detik	300 detik
1	46,106	46,369	42,984
2	45,830	43,878	42,759
3	47,383	46,367	44,740
4	43,026	41,841	45,639
5	48,291	46,844	45,615
6	47,657	47,174	43,741
7	46,360	44,872	43,907
Rataan	46,379	45,335	44,198
SD	1,728	1,930	1,170
%RSD	3,73	4,26	2,65

Hasil pengukuran sudut kontak cairan finishing pada kayu mahoni yaitu $(46,379 \pm 1,728)^{\circ}$ dengan nilai RSD sebesar 3,73% pada waktu pengambilan gambar 100 detik, $(45,335 \pm 1,930)^{\circ}$ dengan nilai RSD sebesar 4,26% pada waktu pengambilan gambar 200 detik dan $(44,198 \pm 1,170)^{\circ}$ dengan nilai RSD sebesar 2,65 % pada waktu pengambilan gambar 300 detik (tabel 1). Data hasil pengukuran sudut kontak tersebut menunjukkan bahwa sistem alat pengukur sudut kontak yang telah berupa purwa rupa dapat menghasilkan data dengan tingkat kepresisian yang sangat baik karena menurut Eurachem (2014), spesifikasi pengukuran dengan tingkat kepresisian yang sangat baik dengan memiliki nilai persentase standar deviasi relatif (RSD) kurang dari 5%. Keterbasahan kayu dipengaruhi oleh besarnya sudut kontak antara cairan dan permukaan kayu. Kubiak et al. (2010) dalam penelitiannya di bidang material industri menyimpulkan bahwa tingkat keterbasahan permukaan material dipengaruhi oleh tingkat kehalusan permukaan material tersebut. Hal ini dapat digunakan dan diaplikasikan dalam praktek yang berhubungan dengan interaksi permukaan dan cairan, misalnya pelumasan yang lebih baik untuk mengurangi gesekan dan keausan material. Pengaruh kekasaran permukaan juga diteliti terhadap hasil pengukuran sudut kontak. Korelasi yang baik antara percobaan pengukuran sudut kontak dan prediksi yang dimodelkan telah ditemukan pada setiap material yang diteliti.

Manukyan (2013) dalam desertasinya meneliti tingkat keterbasahan permukaan pada kondisi permukaan yang sangat kasar untuk kepentingan pencetakan, coating, cooling, dan aplikasi lainnya. Penelitian yang dilakukan adalah membandingkan hasil pengukuran sudut kontak dengan menggunakan pengolahan citra dan dengan metode goniometer. Hal ini dilakukan karena proses pengukuran sudut kontak masih dilakukan secara manual, sehingga perlu dicoba metode yang lain untuk mempermudah proses pengukuran. Menurut Shi dan Gardner (2001) menyatakan bahwa perubahan sudut kontak yang terjadi berdasarkan perubahan waktu yang menunjukkan kemampuan keterbasahan suatu material. Menurut Yuan & Lee (2013) keterbasahan kayu dapat diperoleh dengan mengukur sudut kontak antara cairan dan permukaan kayu. Sudut kontak lebih kecil dari 90° menunjukkan keterbasahan yang tinggi dimana cairan membasahi permukaan dengan baik. Sudut kontak yang lebih besar dari 90° menunjukkan keterbasahan yang rendah dimana cairan tidak membasahi permukaan dengan baik. Berdasarkan data hasil pengukuran sudut kontak pada tabel 1, dapat dijelaskan pula bahwa kayu mahoni memiliki sifat keterbasahan yang tinggi terhadap cairan finishing karena memiliki nilai sudut kontak lebih kecil dari 90° .

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil pengukuran sudut kontak cairan finishing pada kayu mahoni yaitu $(46,379 \pm 1,728)^\circ$ dengan nilai RSD sebesar 3,73% pada waktu pengambilan gambar 100 detik, $(45,335 \pm 1,930)^\circ$ dengan nilai RSD sebesar 4,26% pada waktu pengambilan gambar 200 detik dan $(44,198 \pm 1,170)^\circ$ dengan nilai RSD sebesar 2,65 % pada waktu pengambilan gambar 300 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa alat pengukur sudut kontak yang sudah berupa purwa rupa ini memiliki presisi yang sangat baik dan dapat digunakan untuk kegiatan praktikum maupun penelitian.

Saran

Penelitian ini harus melakukan uji profisiensi dengan melakukan pengukuran sudut kontak pada media dan jenis cairan yang sama menggunakan alat tervalidasi. Selain itu, perlu dilakukan pengujian pada jenis kayu, cairan, analisis yang mengerjakan dan lingkungan yang berbeda untuk melengkapai data parameter validasi alat ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Teknologi Peningkatan Mutu Kayu, Departemen Hasil Hutan FAHUTANLING serta Direktorat Sumberdaya Manusia IPB University atas dukungannya untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Angriawan W, Kurniawan F. 2015. Fabrikasi alat ukur sudut kontak dual channel untuk mengetahui sifat polaritas suatu bahan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(1): 2337-3520.
- Cahyono TD, Wahyudi I, Priadi T, Febrianto F, Ohorella S. 2017. Sudut kontak dan keterbasahan dinamis kayu samama pada berbagai pengerjaan kayu. *Jurnal Teknik Sipil*. 24(3): 209-215
- Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0.
- Gardner, D.J., 2006, Adhesion mechanisms of durable wood adhesive bonds, Characterization of the cellulosic cell wall, 254-265.
- Kubiak K.J, Wilson M.C.T., Mathia T.G, & Carval P. 2010. Wettability versus roughness of engineering surfaces, *Wear Journal*, vol. 271, pp. 523–528.
- Manukyan, S. 2013. Fundamental investigation of forced wetting on structured surfaces. [Disertasi]. Darmstad : Technische Universitaet Darmstad.
- Qin, Z., Gao, Q., Zhang, S., Li, J., 2014, Surface Free Energy and Dynamic Wettability of Differently Machined Poplar Woods, *BioResources*, 9(2):3088-3103.
- Shi, S.Q., Gardner, D.J., 2001, Dynamic adhesive wettability of wood, *Wood and Fiber Science*, 33(1):58-68.
- Sucipto T, Hartono R, Dwianto W. 2018. Determination of wood wettability properties of oil palm trunk, *Shorea* sp and *Parasarianthes falcataria* by contact angle method. *IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science*, 122, 12141.
- Tavana, H., Lam, C.N.C., Grundke, K., Friedel, P., Kwok, D.Y., Hair, M.L., dan Neumann, A.W. 2004. Contact angle measurements with liquids consisting of bulky molecules. *Journal of Colloid and Interface Science*, 279: 493-502.

- Tsoumis G. 1991. *Science and technology of wood: Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Yuan Y, Lee TR. 2013. Contact angle and wetting properties. *Surface Sci Techniques* 3-34.