

Aplikasi Mobile Pengukuran Sudut Kontak Untuk Material Hidropobik Menggunakan Framework React Native

Metatia Intan Mauliana^{1)*}, Harjuna²⁾, Cindy Taurusta³⁾

¹*Program Studi Teknik Mesin¹⁾, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*

Program Studi Informatika^{2,3)}, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

metatialiana@umsida.ac.id^{1)}, harjuna@gmail.com²⁾, cindytaurusta@umsida.ac.id³⁾*

Abstrak

Sudut kontak merupakan parameter penting untuk mengetahui tingkat hidrosobisitas suatu material. Selain itu sudut kontak dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai energi permukaan, kekasaran, dan heterogenitas suatu material. Hidrosobisitas merupakan karakteristik material yang memiliki dampak signifikan terhadap implementasi material maju untuk mendukung inovasi teknologi terkini. Pengukuran sudut kontak yang presisi menjadi hal yang penting untuk mendapatkan nilai yang akurat. Namun Pengukuran sudut kontak secara manual masih banyak dijumpai dalam lingkup penelitian skala individu dan umum akibat alat dan akses yang terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk membuat aplikasi mobile yang dapat mengukur sudut kontak dengan lebih mudah dengan menggunakan bantuan software dengan bahasa pemrograman JavaScript dengan framework react native v.0.73.4 dan expo v.50.0.14 dengan menggunakan metode Agile. Metode yang digunakan dalam aplikasi pengukuran sudut kontak ini adalah pengukuran sudut kontak statis dengan sistem tetesan air menggunakan pendekatan fitting bentuk lingkaran. Hasil pengujian black box testing menunjukkan nilai yang signifikan 87.5% dengan sedikit masalah pada penyimpanan PDF mode pengambilan gambar melalui galeri. Selain itu aplikasi yang dihasilkan menampilkan fitur video dan indikator waktu yang belum ada di aplikasi yang telah ada. Sedangkan untuk hasil uji UAT sebesar 89% dimana hasil ini cukup dapat dijadikan acuan keberhasilan pembuatan aplikasi MyAngleMeter. Penelitian ini selanjutnya diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk memudahkan pengguna secara operasional, serta memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran manual.

Kata kunci: sudut kontak, aplikasi, hidropobik, material.

Abstract

[A Contact Angle Measurement Application For Hydrophobic Materials Using The React Native Framework] Contact angle is an important parameter for determining the hydrophobicity level of a material. In addition, the contact angle can provide information regarding surface energy, roughness, and heterogeneity of a material. Hydrophobicity is a material characteristic that significantly impacts the implementation of advanced materials to support current technological innovations. Precise contact angle measurement is essential to obtain accurate values. However, manual contact angle measurement is still commonly found in individual and general research settings due to limited equipment and access. This study aims to develop a mobile application that can measure contact angles more easily by utilizing software built with the JavaScript programming language using the React Native framework (v.0.73.4) and Expo (v.50.0.14), adopting the Agile methodology. The method used in this contact angle measurement application is static contact angle measurement using a water droplet system with a circular fitting approach. The results of black box testing showed a significant accuracy of 87.5%, with minor issues in PDF storage when using the image capture feature via the gallery. Furthermore, the developed application includes a video feature and a time indicator, which are not available in existing applications. The User Acceptance Testing (UAT) results reached 89%, indicating a relatively successful outcome for the development of the MyAngleMeter application. This research is expected to serve as one of the solutions to facilitate users operationally, while offering better accuracy compared to manual measurements.

Keywords: contact angle, application, hydrophobic, materials.

1. PENDAHULUAN

Ilmu bahan mengalami pengembangan pesat dalam dekade terakhir. Berbagai penelitian mengenai sintesis material maju yang memiliki karakteristik unggulan telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah karakteristik suatu material yang memiliki afinitas khusus terhadap air. Hidrofilik adalah sifat bahan yang menyebar dan memaksimalkan kontak dengan air sedangkan hidrofobik adalah sifat bahan yang secara alami menolak air. Sifat-sifat material tersebut dapat menyebabkan dampak yang signifikan terhadap kinerja pembangkit listrik, elektronik, transportasi, desalinasi, dan berbagai teknologi lainnya. Salah satu cara mengetahui karakteristik material tersebut merupakan hidrofobik atau tidak adalah dengan menentukan besar sudut kontak. Sudut kontak memberikan informasi mengenai energi permukaan, kekasaran dan keheterogenan permukaan. Selain itu sudut kontak juga merupakan ukuran dari suatu permukaan terkontaminasi [1]. Jika suatu cairan diteteskan di atas permukaan material padat, maka cairan akan tersebar membentuk lapisan tipis atau akan mengalami penyebarannya terbatas dan diskrit berbentuk tetesan pada suatu permukaan. Bentuk tetesan tersebut tergantung pada sifat permukaan dari bahan. Sudut kontak (θ) adalah Kuantitas ukur pembasahan dari suatu permukaan yaitu sudut yang terjadi antara permukaan zat padat dan garis singgung cairan. Terdapat tiga jenis model yang mampu menganalisa tingkat kebasahan suatu material, yaitu Model Young, Model Wenzel, dan Model Cassie-Baxter. Model Young mengasumsikan bahwa permukaan ideal, homogen, halus dan datar secara sempurna [2] yang menyeimbangkan tiga gaya antarmuka pada garis kontak padat-uap, padat-cair, dan uap-cair. Persamaan Young memprediksi sudut kontak kesetimbangan intrinsik, yang berkaitan dengan tegangan permukaan antara ketiga fase [3]. Faktanya, kekasaran permukaan merupakan parameter penting yang mengontrol sudut kontak dan keterbasahan [4]. Namun, tingkat kebasahan pada suatu material sangatlah kompleks karena dipengaruhi oleh faktor kekasaran dan sifat kimianya, sehingga sudut kontak tidak bisa diasumsikan dengan model Young yang mengasumsikan air menetes pada permukaan yang halus dan datar secara sempurna. Model Wenzel menjelaskan mengenai kebasahan yang homogen dimana air akan memenuhi setiap lekukan permukaan kasar dan terjadi kontak antara air dan permukaan solid. Besar area kontak akan semakin berkurang seiring dengan bertambah kasarnya permukaan dan sudut kontak akan bertambah. Namun, hal ini bergantung pada sifat asli permukaan itu sendiri. Oleh karena itu, salah satu ciri khas dari model Wenzel adalah asumsi hydrophobic yang disebabkan adanya kekasaran, sehingga didapati adanya faktor r "ratio kekasaran" pada model ini [5]. Meskipun cara pembasahan Wenzel memberikan wawasan yang berguna dalam studi pembasahan, validitas model ini masih diperdebatkan [6] [7] [8]. Selanjutnya, untuk Model Cassie-Baxter

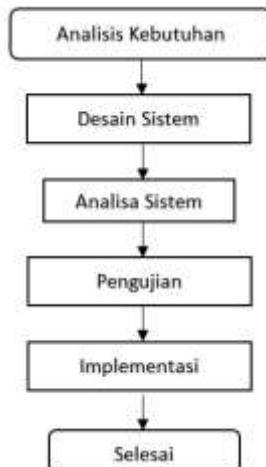
sering disebut dengan model kantung udara dan memiliki tingkat kebasahan yang heterogen. Keadaan ini menjelaskan adanya udara yang terjebak pada saat air diteteskan ke permukaan. Diasumsikan terdapat dua fase dalam aspek kebasahan Cassie-Baxter, yaitu fase solid (fase1) dimana terjadi interaksi antara solid dengan liquid dan fase udara (fase2) dimana terjadi interaksi antara udara dan liquid. Dalam teori Cassie-Baxter, tetesan cairan berada pada antarmuka heterogen dan menjembatani fitur struktural atas permukaan kasar sehingga tetesan berada di atas sementara alur ditempati oleh bahan lain seperti udara. Pada permukaan padat Cassie-Baxter yang terperangkap udara, air berada pada benda padat dan udara untuk menciptakan antarmuka komposit cair-udara dan padat-cair [9]. Pengujian sifat hidropobik suatu material dilakukan dengan menghitung sudut kontak air terhadap material tersebut. Semakin tinggi sudut kontak air maka semakin tinggi tingkat hidrofobisitas lapisan. Sudut kontak air dipengaruhi oleh tingkat kekasaran permukaan, kain dengan sudut kontak air tinggi memiliki kekasaran yang tinggi. Hidrofobisitas yang tinggi memungkinkan air untuk segera berguling dengan mudah dan mengambil kotoran yang menempel. Selain itu terdapat juga faktor gaya kohesif dan tegangan permukaan. Pemukaan antar muka permukaan antarmuka padat-cair dan padat-uap ketegangan sedikit meningkat karena peningkatan luas permukaan kasar [10]. Oleh karena itu, sudut kontak yang lebih besar dibuat untuk menyeimbangkan peningkatan tegangan permukaan.

Pengukuran sudut kontak dalam menentukan tingkat sifat hidrofobik suatu material sangat luas digunakan baik dibidang pendidikan, kesehatan maupun industri. Sudut kontak dapat dijadikan sebagai salah satu parameter penting untuk mengetahui energi permukaan, hidrofobisitas, kekasaran dan heterogenitas. Sehingga pengukuran sudut kontak yang presisi menjadi hal yang penting untuk mendapatkan nilai yang akurat terhadap penentuan karakteristik material. Namun Pengukuran sudut kontak secara manual masih banyak dijumpai untuk penelitian di skala individu maupun laboratorium pada institusi pendidikan. Keterbatasan alat pengujian, waktu, dan biaya serta laboratorium uji yang akurat menjadi masalah tersendiri bagi peneliti perorangan pada bidang material. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibuat rancang bangun aplikasi mobile untuk memudahkan dalam mengukur sudut kontak secara sederhana dengan menggunakan smartphone. Penelitian pembuatan aplikasi untuk menentukan karakteristik material seperti pengukuran sudut kontak serupa cukup banyak dilakukan. Jenis pemrograman yang sering digunakan dalam pembuatan aplikasi tersebut adalah software berbasis visual delphi [1] [11], Visual basic 6 [12], Microsoft Visual Studio 2013 berbasis C# dengan tambahan library dari EMGU CV untuk pengolahan citra digital [13] dan beberapa jenis aplikasi program lainnya. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini perangkat lunak yang

akan digunakan adalah software dengan bahasa pemrograman JavaScript dengan framework react native v.0.73.4 dan expo v.50.0.1, dimana bentuk aplikasi yang akan dibuat adalah aplikasi *mobile* yang diharapkan dapat memudahkan pengguna secara oprasional, tidak memerlukan banyak biaya dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran manual.

2. BAHAN DAN METODE

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancang bangun aplikasi pengukuran sudut kontak untuk mengetahui sifat hidropobik dan hidrofilik suatu material. Pada penelitian ini dirancang aplikasi mobile menggunakan framework react native v.0.73.4 dan expo v.50.0.1 dengan bahasa pemrograman JavaScript yang diharapkan dapat memudahkan pengukuran sudut kontak secara mandiri. Metode penelitian yang digunakan diuraikan menjadi beberapa bagian seperti yang ditunjukkan pada Diagram blok sistem pada Gambar 1. berikut,



Gambar 1. Sistematika Alur Metode Penelitian

Uraian dari setiap tahap metode penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

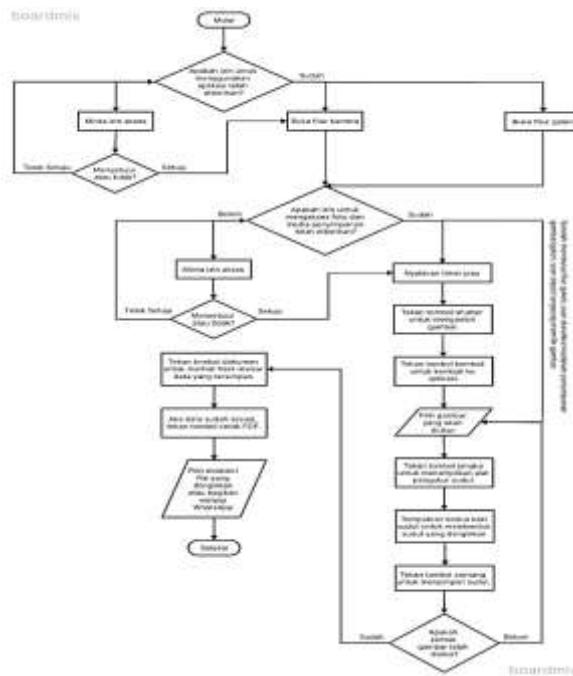
Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan akan ditentukan kebutuhan Fungsional dan non fungsional. Kebutuhan Fungsional merujuk pada fasilitas dan aktivitas yang diperlukan dan dilakukan oleh sistem secara umum. Sedangkan untuk kebutuhan non fungsional menggambarkan batasan dan karakteristik layanan atau fungsi yang disediakan oleh sistem. Aspek kebutuhan non-fungsional ini mencakup hardware dan software yang digunakan;

Desain Sistem dan Analisis Sistem,

Pada tahap ini data dari analisis kebutuhan digunakan sebagai dasar dimana selanjutnya diproses dan didesain struktur data, representasi antarmuka, arsitektur, dan prosedur pengkodean. Analisa sistem, desain sistem diterjemahkan menjadi sistem melalui bahasa pemrograman JavaScript dan framwork react native

v.0.73.4 dan expo v.50.0.1 yang selanjutnya disebut juga dengan pengkodean. Untuk Flowchart alur algoritma pengukuran sudut kontak pada aplikasi mobile ditunjukkan pada Gambar.2 berikut,



Gambar 2. Flowcart Alur Algoritma Pengukuran Sudut Kontak pada Aplikasi Mobile

Pengujian Aplikasi

Tahapan ini melibatkan pengujian menyeluruh terhadap sistem untuk mengidentifikasi kemungkinan kesalahan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai yang diharapkan. Untuk melakukan pengujian ini, penulis menerapkan metode black box testing dan pengujian kuisioner. Metode black box testing digunakan untuk menguji fungsionalitas sistem secara independen, sedangkan pengujian kuisioner digunakan untuk mengumpulkan umpan balik dari pengguna terkait tampilan, kenyamanan fitur dan kemudahan instalasi aplikasi.

Implementasi, ditahapan ini akan dilakukan pengujian pengukuran sudut kontak dengan menggunakan model tetesan air atau droplet pada material hidrofobik.

Beberapa model numerik telah diusulkan dan diterapkan untuk mempelajari keterbasahan suatu permukaan, interaksi pembasahan pada tiga fase (yaitu antarmuka padat-cair-uap) dan mekanisme penyebaran tetesan. Misalnya, Sikalo dkk. [14] menggunakan metode Volume Cairan (VOF) untuk mempelajari pengaruh tetesan pada permukaan datar. Sementara itu, Grewal dkk. [15] menggunakan Metode Level Set (LSM) untuk menunjukkan bahwa topografi bersama dengan kimia permukaan dan parameter geometris mengontrol kinerja pembasahan permukaan berpola. Chamakos dkk. [16] mencoba mengatasi kondisi batas garis kontak dari dinamika penyebaran pada substrat

bertekstur dengan menggunakan pendekatan tingkat kontinum. Juga, Yagub dkk. [17] menggunakan model kisi Boltzmann (LBM) Shan dan Chen (SC) [18] untuk menyoroti kekuatan dan kelemahan model SC dalam deskripsi perubahan sudut kontak tetesan yang diamati pada permukaan nano/berstruktur mikro. Terdapat tiga analisis model dalam mengukur tingkat kebasahan suatu material, yaitu Model Young, Model Wenzel, dan Model Cassie-Baxter. Ketiga Model tersebut mempengaruhi metode dalam menentukan besar sudut kontak sehingga dalam dalam pengukuran sudut kontak antara tetes air dan permukaan material uji, terdapat beberapa metode yang sering digunakan: a) pertama dengan mengukur sudut kontak θ langsung dengan menggambar garis singgung pada titik, b) kedua dengan mengukur tinggi tetesan (h) dan diameter dasar dari tetesan (d) selanjutnya sudut kontak (θ) dapat dihitung dengan rumus : $\theta = 2 \operatorname{tg}^{-1} (2h/d)$, c) ketiga dengan mengukur sudut θ_1 dan θ_2 . Dan selanjutnya sudut (θ) dapat dihitung dengan cara menjumlahkannya ($\theta = \theta_1 + \theta_2$). Pada aplikasi yang akan dibuat metode pengukuran sudut kontak yang digunakan adalah metode dengan menggunakan algoritma fitting berbentuk lingkaran yang sering diimplementasikan dalam beberapa software yang telah ada. Metode ini umum digunakan karena diasumsikan bahwa bentuk droplet cairan adalah lingkaran sempurna, dari bentuk lingkaran tersebut nantinya dapat ditentukan besar sudut kontaknya. Pada material hidrofilik ($\theta < 90^\circ$) digunakan persamaan sudut kontak berikut,

$$\theta = 2 \cdot \arctan \frac{2h}{L} \quad (1)$$

Sedangkan pada permukaan hidrofobik ($\theta > 90^\circ$) digunakan persamaan,

$$\theta = 90^\circ + 2 \cdot \arccos \frac{4Lh}{4h^2 + L^2} \quad (2)$$

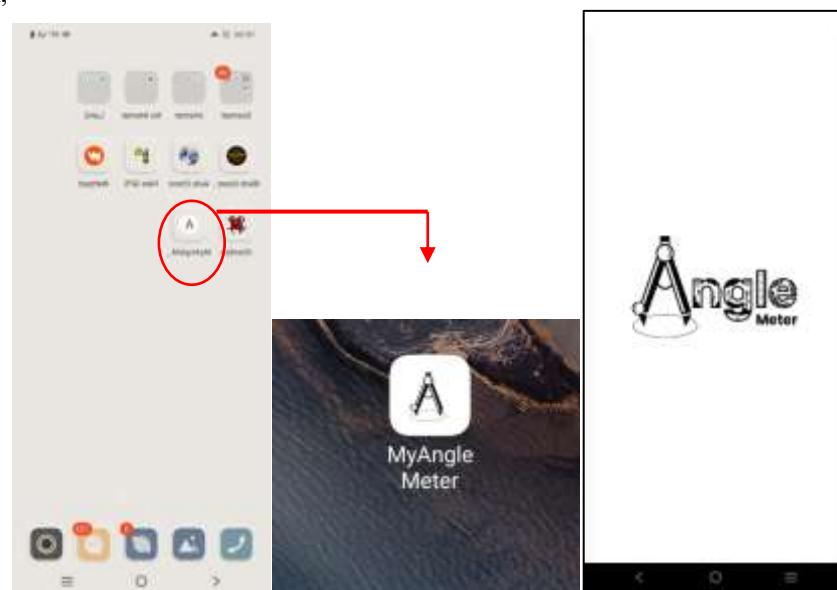
Dimana h merupakan tinggi droplet dan L adalah lebar sebaran droplet.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

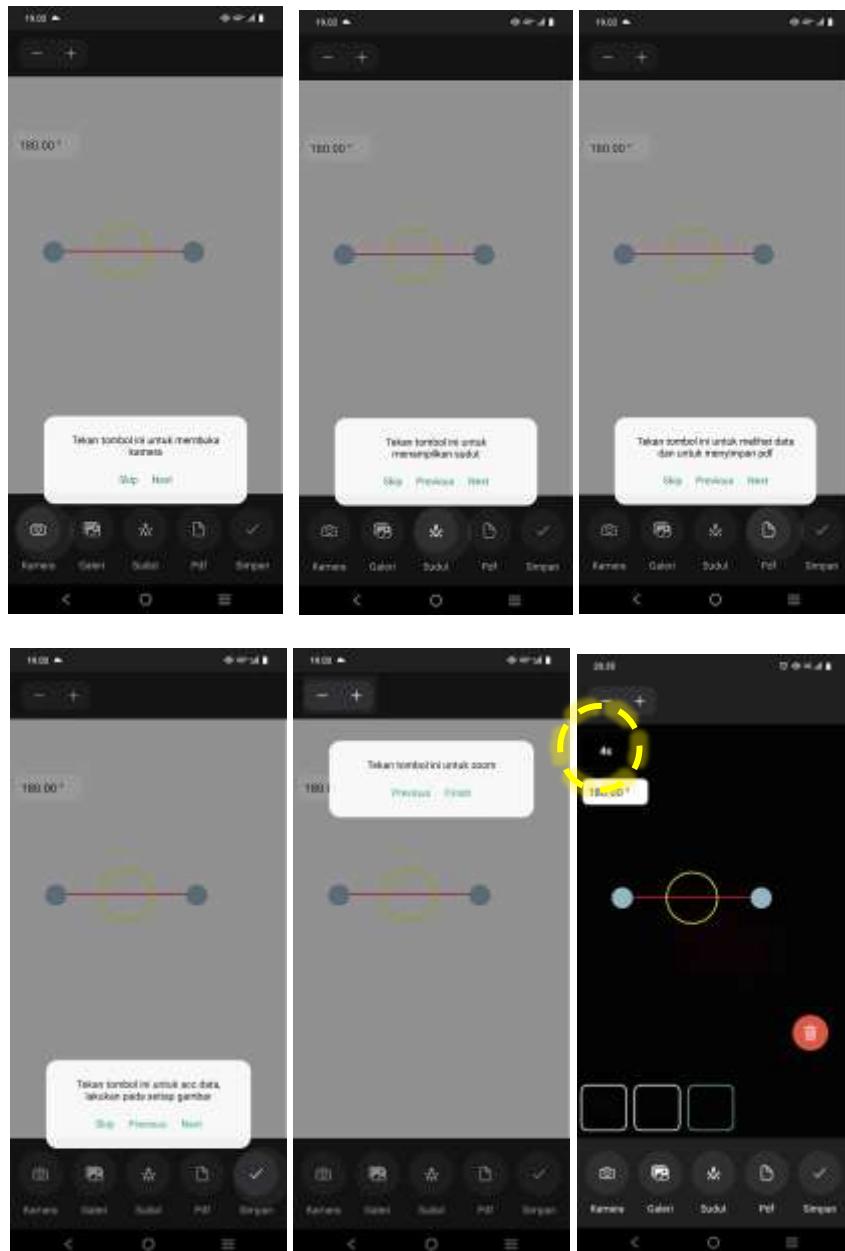
Program aplikasi pengukuran sudut kontak menggunakan software dengan bahasa pemrograman JavaScript dengan framework react native v.0.73.4 dan expo v.50.0.1 telah berhasil dibuat. Pada aplikasi yang telah dibuat akan dilakukan pengujian black box testing untuk sistem dan pengujian User Acceptance Testing (UAT) untuk pengguna aplikasi MyAngleMeter.

3.1 Tampilan Aplikasi

Pada tampilan awal aplikasi sudut kontak terdapat halaman splash screen. Splash screen adalah tampilan pertama yang muncul ketika aplikasi dijalankan, setelah beberapa detik splash screen berpindah ke Halaman fitur utama (home screen) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada saat memulai aplikasi pertama kali akan muncul info petunjuk pada masing-masing button icon seperti pada Gambar 4, hal ini diperuntukkan agar memudahkan pengguna untuk mengetahui fitur-fitur button icon diawal penggunaan. Halaman fitur utama berisi beberapa fitur button. Pada bagian bawah terdapat tombol button untuk mengakses kamera secara langsung baik untuk penggunaan kamera ataupun video, button dengan icon galeri untuk menampilkan pengukuran sudut, dan button simpan untuk menyimpan hasil data pengukuran sudut. Bagian atas terdapat button zoom in-zoom out untuk memperbesar atau memperkecil gambar.



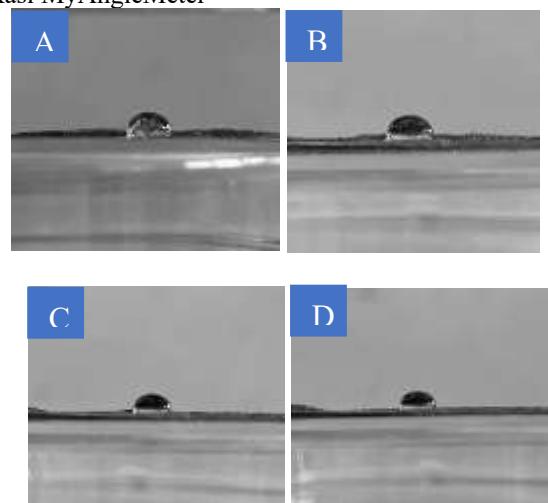
Gambar 3. Splash screen Aplikasi MyAngleMeter



Gambar 4. Home Fitur Aplikasi MyAngleMeter

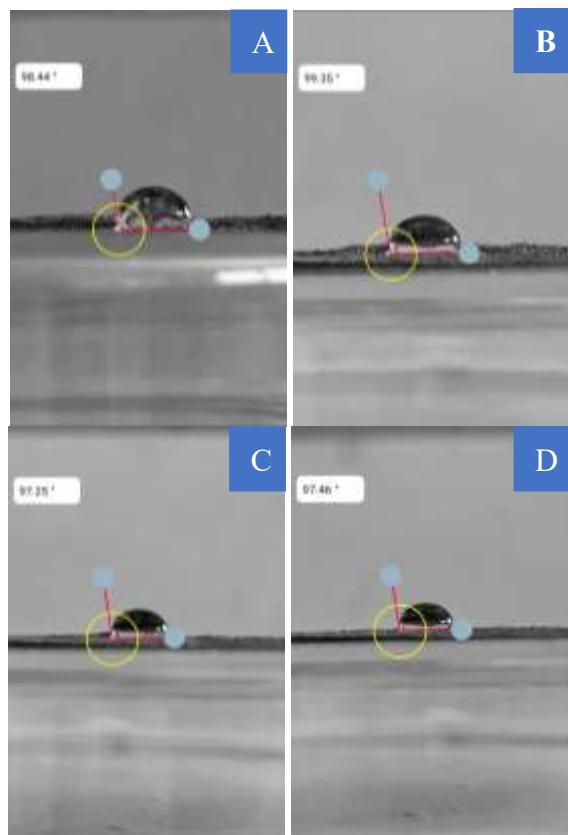
3.2 Pengujian

Uji coba pemakaian aplikasi dilakukan dengan menggunakan sampel material uji dengan sifat hidrofobik sebagai alas, dimana pengukuran sudut kontak dilakukan sebanyak 4 kali dengan menggunakan kamera dengan resolusi 12 MP wide angle dengan aperture f/1.6 dan sensor Ultrawide dengan bukaan lensa f/2.4 dan bidang pandang 120 derajat. Bentuk droplet yang diperoleh untuk pengujian dapat dilihat pada Gambar.5 berikut,



Gambar 5. Droplet untuk Pengujian Aplikasi

Berdasarkan perhitungan sudut kontak menggunakan aplikasi dapat ditentukan nilai sudut kontak pada masing-masing sampel. Hasil sudut kontak dapat diamati pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Nilai Sudut Kontak yang Terukur pada Aplikasi

Setelah penentuan pengukuran sudut telah sesuai diberikan fitur simpan dan selanjutnya pengguna dapat menekan button “PDF” untuk mencetak hasilnya. Hasil fitur cetak dokumen yang dapat dilihat pada Gambar 7. Aplikasi MyAngleMeter yang dikembangkan ditambahkan fitur perekam video untuk menambah detail pengujian droplet terhadap waktu yang tidak dimiliki di aplikasi-aplikasi pengukuran sudut kontak sebelumnya. Fitur ini membantu peneliti untuk menambahkan faktor serapan material terhadap droplet apabila menambahkan variabel waktu didalamnya.

No	Detik	Sudut	Gambar
1	- Detik	98.43971846568334 °	
1	- Detik	99.3505309651022 °	
1	- Detik	97.24905211263899 °	
1	- Detik	97.46194571371753 °	

Gambar 7. Hasil Nilai Sudut Kontak yang Terukur pada Aplikasi

Pengujian selanjutnya adalah uji black box testing kepada orang ahli. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi telah bekerja dengan baik. Hasil dari pengujian black box testing menunjukkan persentase 87.5% dengan butir pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel.1 . Hasil keberhasilan keseluruhan fitur button berfungsi dengan baik meskipun terdapat waktu loading yang berbeda tergantung dengan spesifikasi mobile phone yang digunakan. Selain itu, terdapat batasan pada fitur aplikasi dimana penyimpanan PDF untuk banyak sampel hanya bisa dilakukan jika menggunakan fitur kamera dari *mobile phone* secara langsung.

Tabel 1. Hasil Pengujian Black Box Testing

ITEM UJI	SKENARIO PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL UJI
HOME FITUR	Petunjuk Informasi Button fitur	Informasi muncul pada saat awal pemakaian Aplikasi setelah dilakukan instalasi	✓
	Mengambil Foto melalui Kamera	Foto dapat diambil dan dibaca sistem	✓
	Mengambil Foto melalui Galeri	Fitur foto pada galeri pada mobile phone dapat diakses	✓
	Mengambil video dan menggunakan fitur indikator waktu	Pengambilan video dapat dilakukan dan perhitungan waktu otomatis dimulai.	✓
	Mengambil beberapa foto dan melakukan perhitungan sudut.	Perhitungan dapat dilakukan	✓
PENYIMPANAN DATA UKUR	Menekan button zoom in dan zoom out	Gambar dapat di perbesar dan diperkecil sesuai kebutuhan.	✓
	Memunculkan fitur sudut	Fitur sudut muncul saat button ditekan.	✓
	Menyimpan hasil pengukuran sudut melalui hasil gambar kamera	Hasil pengukuran melalui pengambilan gambar kamera tersimpan	✓
	Menyimpan hasil pengukuran sudut melalui hasil gambar galeri	Hasil pengukuran melalui pengambilan gambar galeri tersimpan	✓
	Menyimpan data ukur pada menu simpan	Data ukur tersimpan dan muncul dalam format tabel PDF.	✓

Tahap pengujian kedua yakni pengujian UAT. Hasil dari pengujian UAT pada 10 orang responden menunjukkan persentase tampilan, kenyamanan fitur dan kemudahan instalasi dari polling kuisioner sebesar 89% dimana hasil ini dapat dijadikan acuan keberhasilan pembuatan aplikasi MyAngleMeter.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi pengukuran sudut kontak "MyAngleMeter" berbasis android menggunakan software dengan bahasa pemrograman JavaScript dengan framework react native v.0.73.4 dan expo v.50.0.1. Pengujian pengukuran dari 4 sampel uji menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat melakukan pengukuran sudut dengan tingkat akurasi bergantung pada pengguna, pengambilan angle foto atau video, kualitas kamera dan ketepatan penempatan garis sudut yang dilakukan pengguna. Hasil pengujian black box testing menunjukkan nilai yang signifikan 87.5% sedangkan untuk hasil uji UAT sebesar 89% dimana hasil ini cukup dapat dijadikan acuan keberhasilan pembuatan aplikasi MyAngleMeter. Aplikasi mobile ini diharapkan dapat memudahkan pengguna secara operasional tidak memerlukan banyak biaya dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran manual.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. T and Herlinda, "Penentuan Sifat Hidrofobik dan Hidrofilik Bahan dengan Metode Sudut
- [2] A. F. Irawati and M. Zainuri, "Pengaruh Temperatur Perlakuan Panas Pada Lapisan Hydrophobic Komposit PDMS/SiO₂ dengan Fasa Silika Kristobalit," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 1-5, 2016.
- [3] I. S. Omeje and T. E. Itina, "Numerical study of the wetting dynamics of droplet on laser textured surfaces: Beyond classical Wenzel and Cassie-Baxter model," *Applied Surface Science Advances*, vol. 9, pp. 1-8, 2022.
- [4] R. N. Wenzel, "Surface Roughness and Contact Angle," *The Journal of Physical and Colloid Chemistry*, vol. 53, no. 9, pp. 1466-1467, 1949.
- [5] T. Ning, W. Xu and S. Lu, "Fabrication of superhydrophobic surfaces on zinc substrates and their application as effective corrosion barriers," *Applied Surface Science*, vol. 258, no. 4, pp. 1359-1365, 2011.
- [6] X.-S. Wang, Z.-B. Yang, J. Chen and X.-B. Fan, "Derivation of the Wenzel Equation for Contact Angles of Cylindrical Nano-Droplets on Rough Substrates," *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, vol. 13, no. 1, pp. 374-377, 2016.
- [7] N. S. a. J. A. W. Elliott, "Gibbsian Thermodynamics of Wenzel Wetting (Was Wenzel Wrong Revisited)," *Langmuir*, vol. 36, no. 1, pp. 435-446, 2020.
- [8] A. Malijevský, "Does surface roughness amplify wetting?," *The Journal of Chemical Physics*, vol. 141, p. 184703, 2014.

- [9] E. E. Ubuo, I. A. Udoetok, A. T. Tyowua and I. O. Ekwere, "The Direct Cause of Amplified Wettability: Roughness or Surface Chemistry?," *Journal of Composites Science*, vol. 5, no. 213, pp. 1-9, 2021.
- [10] K. N. Fadhila, Maharani and D. Kartika, "Preparation and Characterization of Chitosan-ZnO as Hydrophobic Agent in Cotton Fabric," *UNESA Journal of Chemistry*, pp. 69-76, 2022.
- [11] A. H. Wardani and M. Zainuri, "Pengaruh Variasi Massa SiO₂ Terhadap Sudut Kontak dan Transparansi Pada Lapisan Hydrophobic," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 59-65, 2018.
- [12] G. A. Wiguna and Y. R. L. Kelen, "IMPLEMENTASI VISUAL BASIC 6.0 UNTUK PENGUKURAN SUDUT KONTAK MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMETRI DUA LINGKARAN," *JURNAL IPTEK TERAPAN: Research of Applied Science and Education*, vol. 12, no. 2, pp. 107-115, 2018.
- [13] A. Nugroho, "Pengembangan Sistem Alat Ukur Sudut Kontak Tetesan Menggunakan Webcam dengan Pengolahan Citra digital," Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2016.
- [14] Š. Šikalo, H.-D. Wilhelm, I. V. Roisman, S. Jakirlić and C. Tropea, "Dynamic contact angle of spreading droplets: Experiments and simulations," *Physics of Fluids*, vol. 17, no. 6, p. 062103, 2005.
- [15] H. Grewal, I.-J. Cho, J.-E. Oh and E.-S. Yoon, "Effect of topography on the wetting of nanoscale patterns: experimental and modeling studies," *Nanoscale*, vol. 6, no. 24, pp. 15321-15332, 2014.
- [16] C. N.T, K. M.E, B. A.G and P. A.G, "Droplet Spreading on Rough Surfaces: tackling the contact line boundary condition," *Phisics Fluids*, vol. 28, no. 2, p. 022105, 2016.
- [17] A. Yagub, H. Farhat, S. Kondaraju and T. Singh, "A lattice Boltzmann Model for Substrates with Regulary Structured Surface Roughness," *Journal of Computational Physics*, vol. 301, pp. 402-414, 2015.
- [18] X. Shan and H. Chen, "Lattice Boltzmann model for Simulating Flows with Multiple Phases and Components," *Phys Rev*, vol. 47, pp. 1815-1819, 1993.