



IMPLEMENTASI VISUAL BASIC 6.0 UNTUK PENGUKURAN SUDUT KONTAK MENGUNAKAN PENDEKATAN GEOMETRI DUA LINGKARAN

Gede Arya Wiguna¹, Yohanes Rasuliano Laberto Kelen²

^{1,2}Pendidikan Informatika, STKIP Citra Bina Nusantara, Kupang

Email : ¹arya_wiguna@mail.ugm.ac.id

Submission: 21-11-2017, Reviewed: 10-12-2017, Accepted: 14-02-2018

<https://doi.org/10.22216/jit.2018.v12i2.2067>

Abstract

The contact angle is an important parameter to know whether the surface of the object is hydrophobic or hydrophilic. Hydrophobic is a water-resistant property and has a contact angle between 90° - 150° , whereas the hydrophilic has a contact angle value of between 10° - 90° . The contact angle is also one of the determinants of a surface wetting. The measurement of contact angle based on digital image processing usually uses a circular shape, because it is assumed the droplets are perfectly circular. In practice liquid droplets are not always perfectly circular, therefore required the calculation contact angle according to the liquid droplet surface. The purpose of this research is build visual basic 6.0 implementation for measurement contact angle on the hydrophobic surface, hydrophilic as well as on the droplet is not perfect circle based on digital image processing. The implementation was made using a two-loop geometry approach by assuming that the liquid dripped on the test material is in the form of two overlapping circles. The results show that the built application is able to calculate the contact angle on the hydrophobic surface with a maximum difference of 2.4° and hydrophilic with a maximum difference of 1.85° and capable of measuring the contact angle on a perfectly circular droplet with a maximum difference of 2.59° against the default value. To obtain maximum results the digital image processing need to be improved so that the detection of wide spread and droplet height is more accurate.

Keyword : contact angle, circle geometri, visual basic

Abstrak

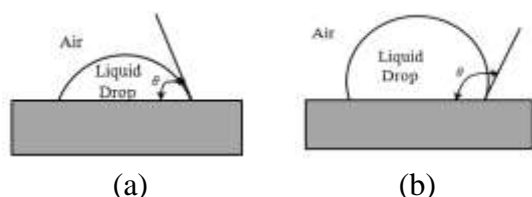
Sudut kontak merupakan parameter penting untuk mengetahui permukaan benda bersifat hidrofobik atau bersifat hidrofilik. Hidrofobik merupakan sifat anti-air dan memiliki sudut kontak antara 90° - 150° , sedangkan sifat hidrofilik memiliki nilai sudut kontak antara 10° - 90° . Sudut kontak juga merupakan salah satu faktor penentu pembasahan suatu permukaan. Pengukuran sudut kontak berbasis pengolahan citra digital biasanya menggunakan bentuk lingkaran, karena diasumsikan bahwa *droplet* berbentuk lingkaran sempurna. Pada prakteknya *droplet* cairan tidak selalu berbentuk lingkaran sempurna oleh karenanya diperlukan perhitungan sudut kontak sesuai dengan permukaan *droplet* cairan. Tujuan pada penelitian ini yaitu membangun implementasi *visual basic 6.0* untuk pengukuran sudut kontak pada permukaan yang bersifat hidrofobik, hidrofilik serta pada *droplet* tidak lingkaran sempurna berbasis pada pengolahan citra digital. Implementasi dibuat menggunakan pendekatan geometri dua lingkaran dengan mengasumsikan bahwa cairan yang diteteskan pada bahan uji berupa dua lingkaran yang saling tumpang tindih. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aplikasi yang dibangun mampu untuk menghitung sudut kontak pada permukaan hidrofobik dengan selisih maksimum $2,4^\circ$ dan hidrofilik dengan selisih maksimum $1,85^\circ$ serta mampu melakukan pengukuran sudut kontak pada *droplet* berbentuk tidak lingkaran sempurna dengan selisih maksimum $2,59^\circ$ terhadap nilai standar. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka pengolahan citra digital perlu ditingkatkan sehingga deteksi lebar sebaran dan tinggi *droplet* lebih akurat.

Kata Kunci : sudut kontak, geometri lingkaran, visual basic



PENDAHULUAN

Sudut kontak adalah sudut yang dibentuk antara bidang datar bahan uji dengan permukaan cairan yang ditetaskan ke bahan uji. Sudut ini sebagai salah parameter penting untuk mengetahui energi permukaan, hidrofobitas, kekasaran dan heterogenitas[1]. Dari pengukuran sudut kontak dapat diketahui permukaan bersifat hidrofobik atau bersifat hidrofilic. Sifat hidrofobik merupakan sifat anti air, sedangkan hidrofilic bersifat sebaliknya. Menurut Karthick & Maheshwar (2008)[2] permukaan yang bersifat hidrofobik memiliki sudut kontak antara 90° - 150° dan hidrofilik memiliki sudut kontak antara 10° - 90° . Sudut kontak pada permukaan hidrofilic dan hidrofobik[3] ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) hidrofilik, (b) hidrofobik

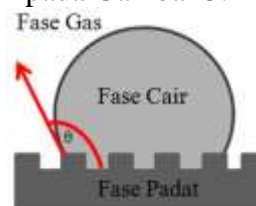
Selain untuk mengetahui sifat permukaan, sudut kontak juga erat kaitannya dengan pembasahan suatu permukaan. Terdapat 3 Model pembasahan suatu material yaitu Model Young, Model Wenzel dan Model Cassie-Baxter. Model Young mengasumsikan bahwa permukaan halus dan datar secara sempurna[4]. Ilustrasi model Young ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Model Young.

θ adalah sudut kontak yang dibentuk oleh γ_{GC} dan γ_{PC} yang masing-masing adalah Tegangan permukaan Gas-Cair, Tegangan permukaan Padat-Cair, sedangkan γ_{GP} adalah Tegangan permukaan Gas-Padat.

Pada model Wenzel kekasaran sangat mempengaruhi tingkat pembasahan permukaan. Semakin kasar suatu permukaan maka bidang kontak akan semakin kecil, namun sudut kontak akan semakin besar. Selain itu perubahan sudut kontak bergantung pada sifat permukaan itu sendiri. Pada permukaan hidrofobik, kekasaran akan mengakibatkan bertambahnya sudut kontak, sedangkan pada permukaan hidrofilik kekasaran membuat sudut kontak semakin menurun[5]. Ilustrasi Model Wenzel ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Model Wenzel

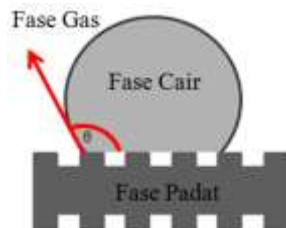
Pada model ini, terdapat faktor kekasaran yang tak berdimensi. Model Wenzel bergantung persamaan berikut: $\cos \theta_w = r \cdot \cos \theta$.(1) Dimana θ_w adalah sudut Wenzel.

Model Cassie-Baxter sering juga disebut dengan model kantung udara dan memiliki tingkat kebasahan heterogen. Keadaan ini terjadi karena adanya udara yang terjebak pada saat air ditetaskan ke permukaan. Pada Model Cassie-Baxter terdapat dua fase dalam aspek kebasahan, yaitu fase padat saat terjadi interaksi antara padat dengan cairan dan fase udara saat terjadi interaksi antara udara dan cairan. Ilustrasi model Cassie-Baxter ditunjukkan pada Gambar 4. Pada model Cassie-Baxter sudut kontak pada permukaan heterogen akan menurun



dengan meningkatnya bagian permukaan yang terbasahi f . Persamaan yang mempengaruhi model Cassie-Baxter sebagai berikut :

$\cos\theta_c = f \cdot \cos\theta + f - 1$. (2) Dimana θ_c adalah sudut Cassie-Baxter.



Gambar 4. Ilustrasi Model Cassie-Baxter

Metode pengukuran sudut kontak dapat di bagi menjadi 2 metode yaitu pengukuran sudut kontak statis dan pengukuran sudut kontak dinamis. Metode pengukuran sudut kontak statis terdiri dari metode *sessile drop* dan metode *captive bubble*. Sedangkan, pengukuran sudut kontak dinamis dilakukan menggunakan metode *Wilhelmy plate*.

Ada beberapa metode pengukuran sudut kontak diantaranya algoritma perpaduan antara fitting bentuk lingkaran dan fitting bentuk elips[6] dan *polynomial curve fitting*[7]. Pada beberapa software pengukuran sudut kontak biasanya menggunakan bentuk lingkaran. Bentuk lingkaran digunakan karena diasumsikan bahwa *droplet* cairan berbentuk lingkaran sempurna. Dari hasil bentuk lingkaran maka dapat ditentukan besar sudut kontak. Besar sudut kontak pada permukaan hidrofilik ($\theta < 90^\circ$) diperoleh dari persamaan berikut

$$\theta = 2 \cdot \arctan \frac{2h}{L} \quad (3)$$

dan pada permukaan hidrofobik ($\theta > 90^\circ$) diperoleh dari persamaa berikut

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

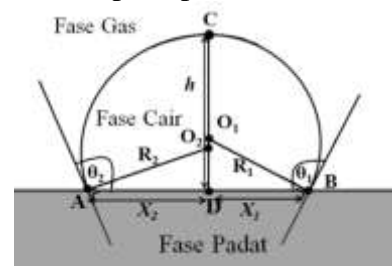
Dimana h adalah tinggi *droplet* dan L adalah lebar sebaran *droplet*. Pada prakteknya *droplet* tidak selalu berbentuk

lingkaran sempurna, oleh karenanya diperlukan perhitungan sesuai dengan bentuk permukaan *droplet*.

Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan implementasi *visual basic 6.0* untuk mengukur sudut kontak pada sifat hidrofobik dan sifat hidrofilikserta pada *droplet* tidak lingkaran sempurna berbasis pada pengolahan citra digital. Pengembangan dibuat menggunakan pendekatan geometri dua lingkaran dengan mengasumsikan bahwa cairan yang diteteskan pada bahan uji diasumsikan dua lingkaran yang saling tumpang tindih. Titik tengah diambil sebagai titik tertinggi dari *droplet*. Hal ini memungkinkan sudut kontak dapat dihitung pada kedua belah bagian *droplet*. Pada kasus *droplet* berbentuk lingkaran maka besar sudut disebelah kiri dan kanan adalah sama.

Algoritma Geometri Dua lingkaran

Pada pendekatan geometri dua lingkaran, diasumsikan bahwa *droplet* cairan terbentuk dari dua lingkaran yang saling tumpang tindih. Gambar 5 adalah skema geometri dua lingkaran *droplet* cairan pada permukaan hidrofobik.



Gambar 5. Skema geometri lingkaran pada permukaan permukaan hidrofobik

R_1 dan R_2 adalah jari-jari masing-masing lingkaran dan O_1 pusat lingkaran pertama, O_2 pusat lingkaran kedua. Sudut kontak bagian kanan adalah dihitung menggunakan persamaan berikut



$$\theta_1 = 90^\circ + \arccos \frac{X_1}{R_1} \quad (5) \quad \text{Sedangkan}$$

kontak di bagian kirimenggunakan persamaan berikut

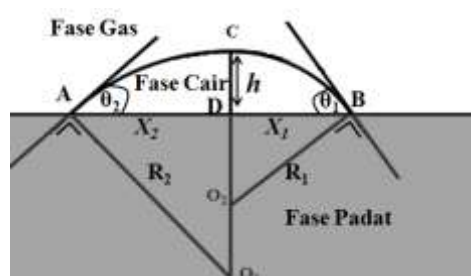
$$\theta_2 = 90^\circ + \arccos \frac{X_2}{R_2} \quad (6)$$

jari-jari dari masing-masing lingkaran diperoleh dari

$$R_1 = \frac{X_1^2 + h^2}{2h} \quad (7)$$

$$R_2 = \frac{X_2^2 + h^2}{2h} \quad (8)$$

Skema geometri dua lingkaran pada permukaan hidrofilik di tunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema geometri lingkaran pada permukaan permukaan hidrofilik

Pada prinsipnya sama seperti mencari sudut kontak pada permukaan hidrofobik, namun besarnya sudut kontak pada bagian kanan menggunakan persamaan berikut

$$\theta_1 = 90^\circ - \arccos \frac{X_1}{R_1} \quad (9)$$

Sedangkan kontak di bagian kiri menggunakan persamaan berikut

$$\theta_2 = 90^\circ - \arccos \frac{X_2}{R_2} \quad (10)$$

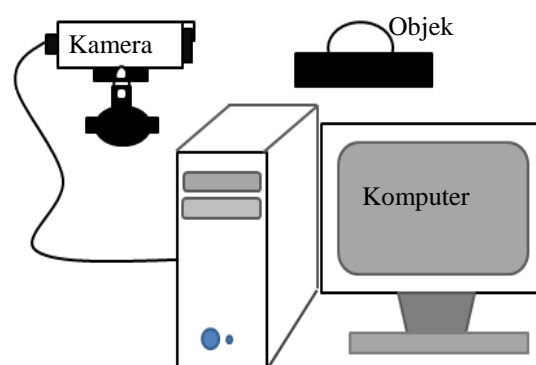
METODE PENELITIAN

Pengukuran sudut kontak pada penelitian ini dilakukan secara statis menggunakan metode *sessile drop* berbasis pengolahan citra digital. Pengukuran metode *sessile drop* dilakukan dengan meneteskan cairan pada permukaan material. Sudut kontak (θ)

diukur antara permukaan material dengan tangen permukaan cairan.

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daun pepaya untuk bahan yang bersifat hidrofobik dan kertas *hvs* sebagai bahan yang bersifat hidrofilik. Peralatan yang digunakan yaitu jarum suntik ukuran 5 mm untuk meneteskan *droplet*, kamera *cmosOV9712 720 P Modul* yang digandeng dengan perangkat lunak *Mikroskop_Timelaps* untuk menangkap gambar serta komputer untuk menyimpan gambar. Skema percobaan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema eksperimen pengukuran sudut kontak

Prosedur penelitian

1. Proses pengambilan gambar

Proses pengambilan gambar dilakukan menggunakan kamera *cmosOV9712 P Modul* dengan ukuran citra 320 x 180 piksel yang digandeng dengan seperangkat komputer serta software penangkap gambar *Mikroskop_Timelaps*. Adapun jarak antara kamera dan obyek yaitu 10 cm, agar diperoleh citra yang lebih baik. Hasil gambar yang diperoleh kemudian disimpan pada drive komputer dalam format *.bmp* dan selanjutnya dilakukan pengolahan citra.



2. Proses Cropping

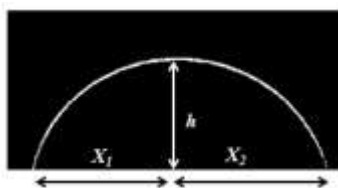
Proses ini merupakan proses pertama pengolahan citra yang bertujuan untuk menentukan *Region of Interest* (ROI) yang diinginkan.

3. Deteksi Tepi

Deteksi tepi ini berfungsi untuk menghasilkan tepian. Contoh penggunaan deteksi tepi yaitu untuk mendeteksi penyakit kulit. Pada penelitian ini deteksi tepi digunakan untuk menggambarkan tepian *droplet* cairan. Proses ini untuk mempermudah menentukan tinggi *droplet* dan lebar sebaran *droplet* seperti pada pendeteksian penyakit kulit[8]. Tinggi *droplet* dan lebar sebaran *droplet* menentukan apakah sudut kontak memiliki sudut diatas 90° atau dibawah 90°

4. Perhitungan sudut kontak

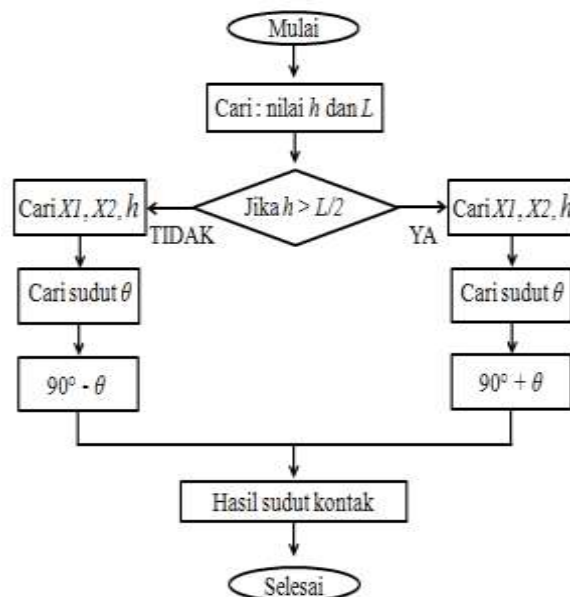
Perhitungan sudut kontak diawali proses identifikasi lebar sebaran *droplet* dan tinggi *droplet* pada citra hasil deteksi tepi. Proses identifikasi dimulai dengan X_1 , X_{2n} dan h seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses identifikasi posisi X_1 , X_2 , dan h pada citra deteksi tepi

Alur algoritma pengukuran sudut kontak menggunakan pendekatan geometri dua lingkaran ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar 9. Alur algoritma pengukuran sudut kontak menggunakan pendekatan geometri dua lingkaran



Microsoft Visual Basic 6.0

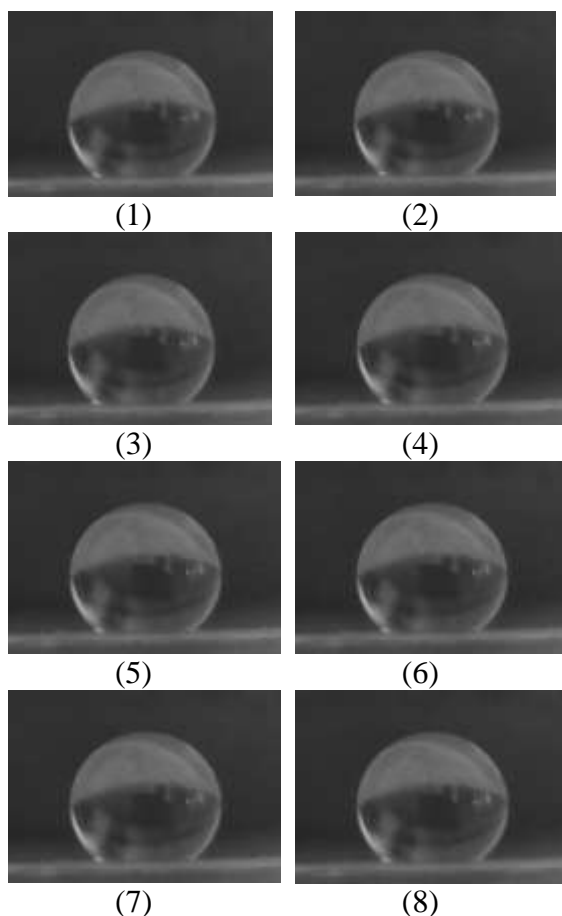
Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak visual basic 6.0 yang merupakan salah satu *development tools* dalam membangun aplikasi dalam lingkungan *windows*. Pada aplikasinya, *visual basic* menggunakan pendekatan *visual* pada perancangan user *interface* dalam bentuk *form* dengan dialek bahasa *Basic*. *Visual basic* adalah bahasa pemrograman yang memiliki fasilitas *Object Oriented Programming* (OOP). Aplikasi ini menyediakan obyek-obyek yang sangat kuat, *powerfull*, dan mudah digunakan dalam mendesain suatu aplikasi program.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian program dilakukan pada permukaan hidrofob yaitu menggunakan permukaan daun pepaya, sedangkan permukaan hidrophilik menggunakan kertas HVS. Ukuran dari resolusi citra yang digunakan 320 x 180 piksel. Pengukuran sudut kontak pada permukaan hidrofobik dilakukan sebanyak 8 kali. Sebagai pembandingan dilakukan pengukuran



menggunakan metode lingkaran. Gambar *droplet* pada permukaan hidrofobik di tunjukkan pada Gambar 10. Sebelum dilakukan perhitungan nilai sudut kontak, pada citra terlebih dahulu dilakukan pengolahan citra digital berupa peningkatan kontras citra. Hal ini untuk mempertegas antara citra obyek dan latar.



Gambar 10. Droplet pada permukaan hidrofobik

Proses pengolahan citra berikutnya yaitu cropping untuk menentukan daerah sudut yang di cari sudut kontak. Selanjutnya dilakukan proses deteksi tepi dan kemudian dihitung sudut kontak. Dari gambar 10, bentuk *droplet* cenderung sama. Hal ini menunjukkan bahwa *droplet* pada permukaan hidrofobik cenderung stabil dan tidak berubah.

Hasil pengukuran sudut kontak dari Gambar 10. di tunjukkan pada Tabel

1. Pada sudut standar, nilai sudut dihitung menggunakan software *Image J*. Sudut kontak menggunakan bentuk lingkaran dihitung menggunakan persamaan 3 dan 4. Pada metode geometri dua lingkaran (metode yang diusulkan) diperoleh sudut sebelah kiri dan sudut pada sebelah kanan. Pada tabel, terdapat nilai sudut kontak yang sama antara sebelah kiri dan sebelah kanan. Hal ini berarti bahwa *droplet* cairan berbentuk lingkaran.

Tabel 1. Pengukuran sudut kontak pada permukaan Hidrofobik

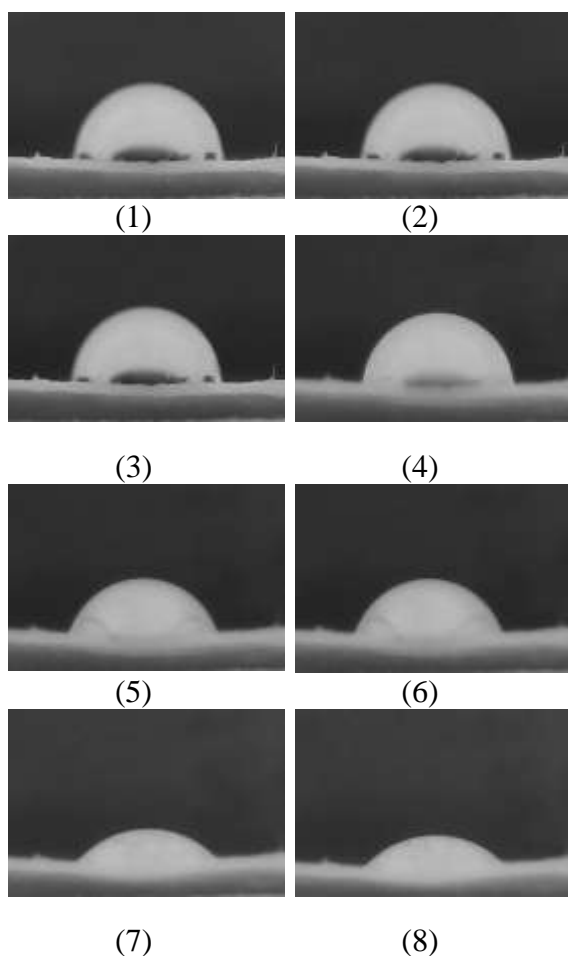
No Citra	Sudut Standar (°)	Bentuk Lingkaran (°)	Geometri Dua Lingkaran (°)	
			Kiri	Kanan
			Hasil pengukuran sudut kontak	
1.	136,60	138,09	135,80	135,19
2.	136,60	138,05	134,83	135,44
3.	136,50	138,09	134,58	134,58
4.	136,39	137,86	134,32	133,71
5.	135,88	137,12	133,97	133,97
6.	135,56	136,84	133,45	133,45
7.	134,71	136,44	133,71	133,71
8.	134,22	136,29	132,58	131,97

Dari Tabel 1. Nilai sudut kontak masing-masing citra mengalami penurunan, walaupun dalam gambar terlihat sama. Pengukuran sudut kontak menggunakan metode bentuk lingkaran diperoleh hasil yang lebih besar dari hasil sudut standar. Sedangkan hasil pengukuran menggunakan geometri dua lingkaran diperoleh nilai sudut kontak yang lebih kecil dari sudut kontak standar. Selisih maksimum antara sudut kontak standar dengan metode bentuk lingkaran yaitu 2,07°. Sedangkan selisih maksimum sudut standar dengan sudut rata-rata geometri dua lingkaran yaitu 2,4°. Dari hasil ini menunjukkan bahwa baik metode lingkaran dan geometri dua lingkaran memiliki selisih maksimum yang cukup kecil, yang berarti bahwa metode ini masih baik untuk digunakan



untuk pengukuran sudut kontak pada permukaan hidrofobik.

Gambar *droplet* pada permukaan hidrofilik di tunjukbar pada Gambar 11. Dari Gambar 11.diketahui bahwaterdapat perubahan bentuk *droplet* cairan pada permukaan hidrofilik. Lebar sebarandroplet dan tingginya semakin kecil,hal ini juga berakibat bahwa nilai sudut kontaknya samkin kecil dan menunjukkan adanya penyerapan oleh HVS. Pada penelitianAnggriawan& Kurniawan, tahun 2015[9]diketauisemakin kecil sudut kontak akan diperoleh diameter *droplet* yang semakin besar (lebar sebaran *droplet* juga semakin besar).



Gambar 11. Droplet pada permukaan hidrofilik

Hasil pengukuran sudut kontak pada permukaan hidrofilik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran sudut kontak pada permukaan hidrofilik

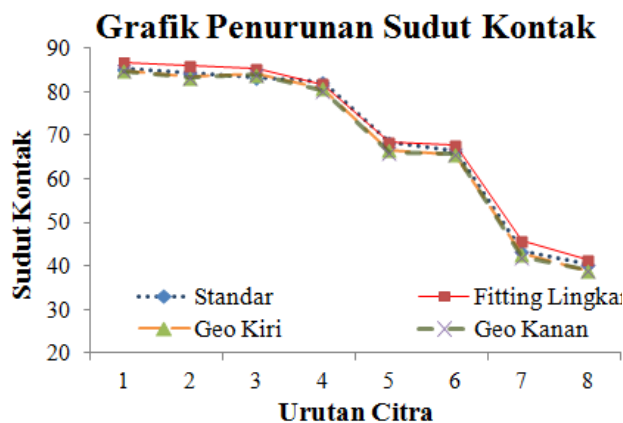
No citra	Hasil pengukuran sudut kontak			
	Sudut Standar (°)	Bentuk Lingkaran (°)	Geometri Dua Lingkaran (°)	
			Kiri	Kanan
1.	85.24	86.79	84.86	84.86
2.	84.35	86.06	83.40	83.40
3.	83.32	85.27	84.09	84.09
4.	82.44	81.74	80.94	80.25
5.	68.60	68.33	66.68	66.02
6.	66.40	67.68	65.66	65.66
7.	43.38	45.72	42.74	42.17
8.	40.28	41.36	38.86	38.86

Pada tabel nilai sudut kontak masing-masing metode mengalami penurunan. Selisih maksimum antara sudut kontak standar dengan metode lingkaran yaitu $2,34^\circ$, sedangkan selisih maksimum antara sudut kontak standar dengan geometri dua lingkaran yaitu $1,85^\circ$. Selesih sudut antara sudut standar dengan metode geometri dua lingkaran dapat diakibatkan proses pengolahan citra deteksi tepi sehingga berakibat pada deteksi titik citra baik X_1 , X_2 dan h yang kurang maksimal. Untuk memperoleh hasil yang maksimal perlu dilakukan peningkatan proses pengolahan citra sehingga deteksi titik citra X_1 , X_2 dan h menjadi maksimal.

Hasil penurunan sudut kontak pada masing-masing metode dapat dilihat pada Gambar 12. Dari grafikdapat di lihat bahwa metode bentuk lingkaran dan metode geometri dua lingkaran mendekati grafik sudut kontak standar terlihat dari nilai selisih maksimum antar metode dengan sudut standar. Hal ini menunjukkan bahwa baik metode bentuk lingkaran dan metode yang diusulkan



cukup baik untuk menghitung penurunan sudut kontak pada permukaan hidrofilik.



Gambar 12. Grafik penurunan sudut kontak

Droplet tidak Lingkaran Sempurna

Pengukuran sudut kontak terkadang menemui bentuk *droplet* yang tidak lingkaran sempurna seperti ditunjukkan pada gambar 13. Bentuk ini akan mempunyai sudut kontak yang berbeda antara sebelah kiri dan sebelah kanan.



Gambar 13. Droplet yang tidak lingkaran sempurna

Hasil pengukuran sudut kontak dari Gambar 13. tunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan sudut kontak dari Gambar 13.

Sudut Standar (°)		Bentuk Lingkaran (°)	Geometri DuaLingkaran (°)	
Kiri	Kanan		Kiri	Kanan
60,71	65,73	60,54	58,53	63,04

Dari tabel 3 terlihat bahwa nilai sudut kontak standar yang diperoleh yaitu

sebelah kiri $60,709^\circ$ dan bagian kanan $65,726^\circ$ dengan beda sudut $5,017^\circ$. Pada hasil bentuk lingkaran diperoleh nilai $60,538$ ini hampir sama dengan sudut sebelah kiri. Namun jika dibandingkan dengan sudut sebelah kanan maka perbedaanya sebesar $5,19^\circ$. Hasil yang diperoleh dari geometri dua lingkaran yaitu sebelah kiri $58,534^\circ$ dan sebelah kanan $63,044^\circ$ dengan beda $4,51^\circ$. Selisih dengan sudut standar yaitu $2,18^\circ$ pada sudut kiri dan $2,59^\circ$ pada sudut kanan. Ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu melakukan pengukuran pada kedua sisi dengan selisih maksimum $2,59^\circ$ sehingga metode geometri dua lingkaran dimungkinkan untuk digunakan pada berbagai bentuk *droplet*.

SIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi yang dibangun menggunakan *visual basic 6.0* mampu melakukan pengukuran sudut kontak pada permukaan hidrofobik dan hidrofilik dengan selisih maksimum $2,4^\circ$ pada permukaan hidrofobik dan $1,85^\circ$ pada permukaan hidrofilik. Dari aplikasi yang dibuat juga mampu melakukan pengukuran sudut kontak pada *droplet* dengan bentuk tidak lingkaran sempurna dengan hasil yang cukup baik dengan selisih maksimum $2,59^\circ$. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka perlu dilakukan perbaikan dalam proses pengolahan citra digital sehingga deteksi tinggi *droplet* dan lebar sebaran *droplet* menjadi lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih di tujukan kepada seluruh staf IT STKIP Citra Bina Nusantara dalam memberikan masukan dan membantu menyelesaikan algoritma pemrograman, dan Laboran Laboratorium Farmasi STIKES Citra Husada Mandiri Kupang dalam memfasilitasi sarana dan prasarana penunjang.



DAFTAR PUSTAKA

- A. F. Irawati and M. Zainuri, "Pengaruh Temperatur Perlakuan Panas Pada Lapisan Hydrophobic Komposit PDMS / SiO₂," *J. SAINS DAN SENI ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2016.
- B. Karthick and R. Maheshwari, "Lotus-inspired nanotechnology applications," *Resonance*, vol. 13, no. 12, pp. 1141–1145, 2008.
- D. J. C. Gomes, N. C. De Souza, and J. R. Silva, "Using a monocular optical microscope to assemble a wetting contact angle analyser," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 46, no. 9, pp. 3623–3627, 2013.
- E. Fernando and Rico, "PROTOTYPE CONTENT BASED IMAGE RETRIEVAL UNTUK DETEKSI PENYAKIT KULIT DENGAN METODE EDGE DETECTION (Studi Kasus : Klinik Penyakit Kulit RSUD. Mataher Jambi-Indonesia)," *J. IPTEKS Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 214–223, 2015.
- H. Tavana, C. N. C. Lam, K. Grundke, P. Friedel, D. Y. Kwok, M. L. Hair, and A. W. Neumann, "Contact angle measurements with liquids consisting of bulky molecules," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 279, no. 2, pp. 493–502, 2004.
- I. G. Wenten, N. F. Himma, S. Anisah, and N. Prasetya, *Membran Superhidrofobik : Pembuatan, Karakterisasi, dan Aplikasi*. Bandung: Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung, 2015.
- W. Anggriawan and F. Kurniawan, "Fabrikasi Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel untuk Mengetahui Sifat Polaritas Suatu Bahan," vol. 4, no. 1, pp. 1–4, 2015.
- W. H. Mitrakusuma, S. Kamal, R. Rustandi, and H. Pembahasan, "Penentuan Sudut Kontak dengan Pengolahan Citra (Determining Contact Angle Using Image Processing)," *Proceeding Semin. Nas. Thermofluid VI Yogyakarta, 29 April 2014*, no. April, pp. 186–190, 2014.
- Z. N. Xu, "A static contact angle algorithm for silicone rubber aging experiments," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 28, no. 1, pp. 491–498, 2013.