

Fabrikasi Alat Ukur Sudut Kontak *Dual Channel* untuk Mengetahui Sifat Polaritas Suatu Bahan

Wahyu Anggriawan dan Fredy Kurniawan
Jurusan Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: fredy@chem.its.ac.id

Abstrak— Pada penelitian ini telah dibuat alat ukur sudut kontak dengan modifikasi *dual channel*. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan mengukur nilai sudut kontak dan diameter tiga bahan padat (politetrafluoroetilen, polivinilklorida dan polimetilmetakrilat) dan bahan cair (akua demineralisasi, etanol dan toluen) yang masing-masing memiliki nilai momen dipol berbeda. Hasil pengujian kinerja alat menunjukkan nilai sudut kontak $118,783^\circ$ yang sesuai dengan rentang nilai standar alat ($108-125^\circ$) pada ASTM C813-90. Hasil pengukuran pada bahan air-PTFE ($\theta=118,783^\circ$, $D=0,260$ cm), air-PVC ($\theta=83,196^\circ$, $D=0,311$ cm), air-PMMA ($\theta=74,468^\circ$, $D=0,340$ cm), etanol-PTFE ($\theta=52,351^\circ$, $D=0,320$ cm) dan toluen-PTFE ($\theta=40,204^\circ$, $D=0,366$ cm) diperoleh nilai sudut kontak yang berbeda pada diameter yang berbeda. Nilai sudut kontak air pada PTFE paling tinggi dibandingkan dengan etanol dan toluen sesuai dengan besar nilai momen dipol yang dimiliki.

Kata Kunci— alat ukur sudut kontak dual channel; analisis sudut kontak; momen dipol; pembasaha; sifat polaritas.

I. PENDAHULUAN

SUDUT kontak merupakan sebuah parameter yang penting dalam aplikasi perkembangan ilmu koloid dan permukaan. Informasi yang diperoleh dari data sudut kontak adalah energi permukaan, hidrofobisitas, hidrofilitas, kekasaran permukaan dan heterogenitas permukaan [1]. Interaksi bahan yang terdapat pada fasa padat dan cair dalam pengukuran sudut kontak dapat digunakan sebagai dasar untuk mendeteksi polaritas suatu bahan. Polaritas pelarut menyajikan sebuah parameter yang penting dalam proses ekstraksi dan teknologi pemisahan kromatografi. Konsep polaritas juga bisa diaplikasikan dalam penelitian di bidang bahan padat seperti bahan kaca dan polimer [2].

Penelitian mengenai fenomena pembasahan suatu bahan telah dilakukan oleh banyak peneliti sejak 200 tahun yang lalu. Beragam tujuan mengenai fenomena pembasahan dengan tujuan untuk mendapatkan metode yang tepat dan akurat pada analisis pembasahan [3]. Penelitian di bidang pembasahan suatu bahan ini dimulai dari ketertarikan banyak peneliti pada fenomena yang terjadi pada tanaman teratai yang bersifat hidrofobik [4].

Pengukuran sudut kontak adalah salah satu metode yang tepat untuk digunakan mempelajari serta mengembangkan fenomena pembasahan. Metode ini lazim digunakan karena karakteristik pengukurannya yang bersifat tidak merusak bahan yang diuji dan tidak banyak merubah karakteristik kimia dan fisika bahan tersebut [5]. Beragam bidang penelitian dibidang pengukuran sudut kontak digunakan sebagai metode

acuan untuk mengetahui interaksi permukaan antar bahan yang diuji. Gallardo-Moreno dkk [6] dalam penelitiannya yang berkaitan dengan fenomena pembasahan pada permukaan koloni bakteri menjadikan air sebagai indikator universal, di mana air sebagai larutan yang akan diteteskan pada permukaan koloni bakteri yang dijadikan sebagai bahan padatan.

Pengukuran sudut kontak ini juga digunakan pada penelitian lain untuk mengetahui bagaimana interaksi polar dan nonpolar di dalam suspensi yang berkorelasi dengan perilaku antar muka dari larutan ionik. Restolho dkk [7] mengukur nilai tegangan permukaan dan sudut kontak lima bahan cair dengan polaritas berbeda pada tiga bahan padat dengan polaritas yang berbeda. Kontrol temperatur juga dilakukan pada penelitian tersebut yaitu dilakukan pada rentang temperatur 298-453 K. Penelitian yang dilakukan oleh Restolho dkk [7] tersebut mencoba mengkorelasikan antara nilai tegangan permukaan padatan dan cairan dengan nilai polaritasnya. Nilai tegangan permukaan diperoleh dari substitusi nilai sudut kontak pada persamaan Young. Diperoleh korelasi bahwa nilai sudut kontak berbanding lurus dengan nilai tegangan permukaan cairan.

Hasil perbandingan pengukuran sudut kontak oleh Restolho dkk [7] pada padatan yang berbeda dengan cairan yang sama menunjukkan perbedaan nilai sudut kontak yang berbeda sebagaimana hasil perolehan pengukuran yang dilakukan Batchelor dkk [8]. Berdasarkan penelitian tersebut, perilaku pembasahan cairan ionik pada permukaan hidrofobik dan hidrofilik memberikan sebuah pandangan baru pada polaritas larutan. Fenomena pembasahan yang terjadi pada batuan reservoir dengan adanya cairan minyak dan air juga dapat diamati menggunakan metode pengukuran sudut kontak seperti yang dilakukan oleh Standal dkk [9].

Di sisi lain penentuan nilai momen dipol dari senyawa dalam bentuk larutan yang diteliti oleh Wlodarska [10] dianalisis secara percobaan dan perhitungan teori. Nilai momen dipol dihitung berdasarkan kerangka persamaan *Onsager*. Model persamaan *Onsager* ini telah berhasil digunakan untuk menjelaskan karakteristik dielektrik pada beberapa senyawa lain seperti yang dilakukan oleh Dutkiewicz [11]. Selain itu pada penelitian lain juga disebutkan pengukuran momen dipol dapat diukur menggunakan persamaan *Guggenheim* [12]. Luasnya aplikasi pengukuran sudut kontak pada beragam bidang penelitian dibidang kimia mendorong dilakukannya penelitian ini.

Gomes dkk [13] telah melakukan penelitian mengenai pengukuran nilai sudut kontak menggunakan alat ukur sudut

kontak hasil rancangan mereka. Penggunaan mikroskop optis monokuler tersebut mampu mengamati nilai sudut kontak air pada permukaan politetrafluoroetilen dengan sudut kontak sebesar 151° . Nilai sudut kontak tersebut sangat berbeda dari standar internasional ASTM C813-90.

II. METODOLOGI

A. Peralatan dan Bahan Percobaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, oven, *ultrasonic cleaner*, *Microscope portable* untuk memperoleh gambar tetesan cairan. Analisis gambar tetesan cairan pada bahan padatan untuk memperoleh nilai sudut kontak dilakukan dengan metode tetesan cairan pada bahan padatan, menggunakan perangkat lunak *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* pada *plugin* (ImageJ, Open Source) hasil ciptaan Aurelien Stalder.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cairan pelarut dan padatan polimer. Bahan cair yang digunakan adalah akua demineralisasi, etanol dan toluen. Padatan polimer yang digunakan adalah politetrafluoroetilen (PTFE), polimetilmetakrilat (PMMA) dan polivinilklorida (PVC), masing-masing memiliki ketebalan 1 mm kecuali PTFE yang memiliki ketebalan 2 mm.

B. Pengukuran Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan teknik penetasan cairan pada permukaan lapisan padatan, menggunakan seperangkat alat pengukur sudut kontak hasil rancangan yang telah difabrikasi dan distandardisasi. Sebanyak 25 mikro liter cairan diletakkan pada *micro syringe* yang akan ditetaskan pada permukaan lapisan padatan pada bagian wadah cuplikan substrat padatan.

III. DISKUSI DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini ditampilkan dan dijelaskan hasil penelitian dan pembahasan dengan urutan desain dan pembuatan alat ukur sudut kontak *dual channel* dilanjutkan dengan pengujian fungsi alat menggunakan ASTM C813-90 sebagai standar acuan untuk mengetahui kualitas pengukuran yang dihasilkan oleh alat tersebut

A. Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel

Alat ukur sudut kontak *dual channel* berhasil dilakukan. Pengamatan tetesan cairan pada permukaan bahan padat dapat diamati dari dua sisi menggunakan dua kamera, sehingga disebut dengan *dual channel*. Pembuatan alat ukur sudut kontak *single channel* dengan memodifikasi mikroskop optis monokuler sudah pernah dilakukan oleh Gomes dkk [13]. Desain alat ukur sudut kontak pada penelitian tersebut masih menggunakan satu kamera untuk mengamati tetesan cairan pada padatan dari sisi depan. Bentuk tetesan yang tidak tepat membentuk lingkaran sempurna akan memberikan nilai sudut kontak yang berbeda dengan tetesan yang membentuk lingkaran sempurna. Alat ukur sudut kontak *dual channel* berhasil dibuat dan dapat mengamati bentuk tetesan dari sisi depan dan atas seperti pada gambar 1 dan 2.

Kualitas gambar tetesan yang dihasilkan dengan menggunakan kamera yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih bagus dan jelas dibandingkan dengan hasil rancangan alat ukur sudut kontak *single channel* menggunakan mikroskop optis monokuler sebagaimana yang dilakukan oleh Gomes dkk [13]. Dengan melakukan beberapa penyesuaian dengan *backlight* dan karakteristik warna padatan maka akan diperoleh gambar tetesan yang sangat bagus dan jelas.

B. Standarisasi Alat Ukur Sudut Kontak Dual Channel

Standarisasi alat yang telah dirangkai perlu dilakukan agar operator terbiasa dan cakap mengoperasikan alat ukur sudut kontak *dual channel*. Dilakukan pencucian pada permukaan bahan padatan dalam larutan deterjen berfungsi untuk menghilangkan pengotor yang masih terdapat di permukaan bahan padatan. Kandungan surfaktan di dalam deterjen mampu menghilangkan pengotor pada permukaan bahan padatan. Surfaktan mempunyai dua ujung kepala bersifat lipofilik dan hidrofilik. Bagian surfaktan yang bersifat lipofilik akan mengikat pengotor dalam bentuk minyak pada permukaan padatan. Sedangkan bagian surfaktan lainnya yang bersifat polar akan mengikat air. Dua bagian yang bersifat berbeda tersebut menyebabkan deterjen yang mengandung surfaktan mampu mempersatukan campuran yang mengandung air dan minyak. Interaksi tersebut mampu menurunkan tegangan permukaan air dan pengotor pada sistem yang mengakibatkan hilangnya pengotor dari permukaan padatan dan proses pencucian berlangsung dengan baik.

Dibilas bahan padatan dengan akua demineralisasi berguna untuk memastikan bahwa tidak ada larutan deterjen yang tertinggal pada permukaan padatan. Sehingga perlu dilakukan pembilasan permukaan padatan dengan akua demineralisasi. Permukaan padatan yang bersih dari pengotor akan menghasilkan hasil pengukuran sudut kontak yang akurat. Interaksi antarmuka yang terjadi harus benar-benar antara bahan padatan dengan pelarut dan tidak ada pengaruh bahan campuran lainnya yang tidak diinginkan. Adanya pengotor menyebabkan nilai sudut kontak yang dihasilkan kurang akurat.

Proses sonikasi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan partikel pengotor yang masih menempel pada permukaan padatan. Pemisahan partikel pengotor pada permukaan terjadi dengan cara memecah interaksi antarmolekul di permukaan. Pemecahan antarmolekul disebabkan dari pengaruh getaran mekanis hasil pengubahan sinyal listrik. Penyimpanan bahan padatan di dalam desikator pada temperatur ruang berguna untuk menjaga kondisi substrat padatan agar tetap kering. Permukaan padatan yang bersih dan kering mampu menghasilkan nilai pengukuran sudut kontak yang akurat.

Pengukuran nilai sudut kontak antara akua demineralisasi dan bahan padatan politetrafluoroetilen digunakan sebagai standarisasi alat ukur sudut kontak yang telah dibuat. Standarisasi ini bertujuan untuk membandingkan standar alat ukur sudut kontak *dual channel* yang telah dibuat dengan standar internasional. Penggunaan air sebagai bahan acuan untuk proses standarisasi alat karena bahannya yang relatif

aman dan mudah didapat sehingga proses standarisasi alat dapat dengan mudah dilakukan. Selain itu sifat bahan padatan yang sangat tidak suka dengan air juga menjadi alasan penggunaan air sebagai bahan acuan proses standarisasi alat. Penggunaan substrat padatan politetrafluoroetilen sebagai bahan acuan untuk standarisasi karena sifatnya yang sangat hidrofobik dan bersifat *inert* terhadap semua bahan kimia.



Gambar 1. Tampak depan tetesan cairan (akua demineralisasi) pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen.

Sifat hidrofobik yang dimiliki oleh politetrafluoroetilen memudahkan pengamatan dan penentuan nilai sudut kontak yang dihasilkan ketika ditetesi dengan cairan. Nilai sudut kontak yang dihasilkan oleh interaksi antara air dengan politetrafluoroetilen yang berada di daerah $108-125^\circ$ sangatlah berguna untuk memudahkan proses standarisasi. Interaksi antarmuka bahan cairan dan padatan akan sangat jelas terlihat karena masing-masing bahan mempertahankan tegangan permukaannya atau gaya adhesi yang tinggi oleh air dan politetrafluoroetilen.

Posisi kamera harus tepat dan tidak goyah ketika proses pengujian, karena berpengaruh pada kualitas gambar tetesan yang dihasilkan. Gambar tetesan akan cenderung buram ketika posisi kamera tidak kuat dan goyah.



Gambar 2. Tampak atas tetesan cairan (akua demineralisasi) pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen.

Menurut standar yang tercantum dalam ASTM C813-90 untuk melakukan standarisasi alat ukur sudut kontak, operator perlu melakukan pengukuran nilai sudut kontak air pada permukaan politetrafluoroetilen. Nilai sudut kontak air pada permukaan politetrafluoroetilen diperoleh sebesar $118,783^\circ$ dengan diameter sebesar 0,260 cm sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.1 dan 3.2. Nilai tersebut berada pada rentang $108-125^\circ$ yang menunjukkan bahwa perolehan nilai sudut kontak menggunakan alat yang telah dibuat pada penelitian ini sesuai dengan standar internasional [5].

C. Analisis Nilai Sudut Kontak Air pada Permukaan Lapisan Padatan Politetrafluoroetilen

Pengukuran nilai sudut kontak dilakukan pada air (akua demineralisasi) yang ditetaskan pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen. Nilai sudut kontak yang telah dianalisis sebanyak 3 kali pada setiap variasi diameter ditunjukkan pada tabel 1.

Nilai sudut kontak air pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen yang diperoleh menggunakan *Low Bond-Axisymmetric Drop Shape Analysis* menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap diameter.

Tabel 1.

Nilai pengukuran sudut kontak tetesan air pada permukaan lapisan padatan politetrafluoroetilen.

Diameter (cm)	Sudut Kontak ($^\circ$)		
	1	2	3
0,260	118,783	118,783	118,783
0,269	114,808	114,808	114,808
0,272	111,530	111,530	111,530
0,277	111,050	111,050	111,050
0,284	109,461	109,461	109,461

Perbedaan nilai sudut kontak yang diperoleh dari pengukuran bahan padat dan cair yang digunakan dipengaruhi oleh gaya Van der Waals masing-masing partikel. Gaya Van der Waals dapat terjadi antara partikel yang sama atau berbeda. Nilai momen dipol dari masing-masing bahan yang diuji menyebabkan adanya ikatan Van der Waals partikel-partikel bahan. Bahan yang mempunyai momen dipol paling kecil akan mempunyai gaya Van der Waals yang kecil juga.

Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa gaya Van der Waals yang merupakan gaya tarik-menarik listrik suatu bahan disebabkan adanya nilai momen dipol yang dimiliki oleh bahan tersebut. Ketika bahan cairan ditetaskan ke atas permukaan bahan padatan akan terjadi induksi momen antara bahan cair dengan bahan padat. Nilai momen dipol induksi ini berpengaruh pada sudut kontak yang dihasilkan.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan penelitian dan pengamatan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa alat ukur sudut kontak *dual channel* yang telah dibuat memiliki kemampuan pengukuran yang akurat sesuai standar internasional dengan rentang nilai sudut kontak ($108-125^\circ$) yang tercantum dalam ASTM C813-90. Modifikasi sisi pengamatan tetesan cairan dari sisi depan dan atas tetesan memberikan tambahan informasi mengenai bentuk tetesan cairan pada permukaan lapisan padatan. Nilai sudut kontak yang dihasilkan menunjukkan hasil yang berbeda pada masing-masing diameter tetesan dengan bahan yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dalam pengerjaan jurnal ini. Terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA ITS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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*, Vol. 279, hal. 493-502.
- [2] Ercelen, S., Klymchenko, A.S., Demchenko, A.P. (2002), "Ultrasensitive fluorescent probe for the hydrophobic range of solvent polarities", *Analytica Chimica Acta*, Vol. 464-2, hal 273-287.
- [3] Herminghaus, S., Brinkmann, M., dan Seeman, R., (2008), "Wetting and Dewetting of Complex Surface Geometries", *The Annual Review of Materials Research*, Vol. 38:101-21.

- [4] Barthlott, W., dan Neinhuis, C., (1997), "Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces", *Planta*, Vol. 202, hal 1-8.
- [5] ASTM Committee C 813-90 (2004), Standard Test Method for Hydrophobic Contamination on Glass by Contact Angle Measurement, ASTM International, West Conshohocken.
- [6] Gallardo-Moreno, A.M., Navarro-Perez, M.L., Vadillo-Rodriguez, V., Bruque, J.M., dan Gonzalez-Martin, M.L. (2011), "Insights into bacterial contact angles: Difficulties in defining hydrophobicity and surface Gibbs energy", *Journal of Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Vol. 88, hal. 373-380.
- [7] Restolho, J., Mata, J.L., dan Saramago, B. (2009), "On the interfacial behavior of ionic liquids: Surface tensions and contact angles", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 340, hal. 82-86.
- [8] Batchelor, T., Cunder, J., dan Fadeev, A.Y., (2009), "Wetting study of imidazolium ionic liquids", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 330, hal. 415-420.
- [9] Standal, S., Haavik, J., Blokhus, A.M., dan Skauge, A. (1999), "Effect of polar organic components on wettability as studied by adsorption and contact angles", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 24, hal. 131-144.
- [10] Wlodarska, M. (2014), "Dipole moment calculation in solution for some liquid crystalline molecules", *Journal of Molecular Structure*, Vol. 1059, hal. 44-50.
- [11] Dutkiewicz, M., dan Malecki, J., (1997), "Nonlinear dielectric effect (NDE) and molecular orbital study of the conformational equilibrium in 1,4-dimethoxybenzene in benzene solution", *Journal of Molecular Structure*, Vol. 416, hal. 105-111.
- [12] Fiaz, M., dan Beevers, M.S., (1996), "Temperature dependence of static dielectric permittivity and dipole moments of poly(*N*-vinylcarbazole)", *Polymer*, Vol. 37, hal. 755-760.
- [13] Gomes, D.J.C., Souza, N.C., dan Silva, J.R., (2013), "Using a monocular optical microscope to assemble a wetting contact angle analyser", *Measurement*, Vol. 46, hal 3623-3627.