

Muhammad Akhlis Rizza, dkk. Pemanfaatan sifat *Wettability* Minyak Nabati untuk meningkatkan *Cleanability* pada kasus *Fouling*

Pemanfaatan sifat *Wettability* Minyak Nabati untuk meningkatkan *Cleanability* pada kasus *Fouling*

¹Muhammad Akhlis Rizza, ²ING Wardana ²Nurkholis H ²Widya Wijayanti

¹Politeknik Negeri Malang, Jl Sukarno Hatta, Malang

²Universitas Brawijaya, Jl. MT Haryono, Malang

Email: akhlisrizza@gmail.com

Abstrak: *Fouling* menjadi permasalahan pada proses produksi di suatu industri, terutama industri yang memiliki proses perpindahan panas. *Fouling* dapat mengurangi perpindahan panas yang terjadi. Oleh karena itu terjadinya *fouling* harus diatasi dengan *cleaning* yang cepat. Untuk mempercepat proses *cleaning*, terutama pada *fouling* dengan material droplet minyak nabati dapat dilakukan dengan memanfaatkan sifat *wettability*. Sifat *wettability* dapat diatur dengan mengatur temperatur pada droplet. Tujuan analisis ini adalah mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh pada *wettability*, sehingga dapat dipakai untuk memudahkan proses *cleaning*. Berdasarkan analisis, diperoleh kesimpulan bahwa *wettability* dipengaruhi oleh temperatur minyak nabati serta kerataan permukaan *substrate*-nya.

Kata Kunci: *fouling*, *wettability*, *cleanability*, minyak nabati

1. PENDAHULUAN

Kotoran/polutan akibat terjadinya *fouling* pada proses di industri menjadi masalah yang serius, khususnya pada industri yang memiliki proses perpindahan panas. Deposit yang terbentuk pada peralatan bermula dari adhesi antar lapisan pada kotoran, serta kohesi dengan peralatan tersebut. Terjadinya adhesi dan kohesi menyebabkan polutan sulit dibersihkan. (Fryer, Robbins, & Asteriadou, 2011)

Polutan yang terbentuk harus segera dibersihkan, khususnya pada industri yang memerlukan *food grade process*. Alasan diperlukannya *cleaning* dengan segera ialah :

- Penurunan kinerja alat akibat kotoran
- Kemungkinan kerusakan produk akibat tumbuhnya mikroba pada alat
- Pada *change over product*, kemungkinan terjadi pencemaran pada proses yang baru

Penelitian mengenai *cleanability* pada pengolahan makanan telah dilakukan dengan material pembentuk deposit kotoran berupa *whay protein*, *sweetened condensed milk* dan *caramel*. Sedangkan *substratenya* digunakan *stainless steel* dan *fluoro coated glass*. (Goode, Bowen, Akhtar, Robbins, & Fryer, 2013). Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa jenis material dan temperatur yang dipakai berhubungan dengan adhesi dan *cleanability*.

Menurut (Amin, Mohammad, Markom, & Peng, 2010), penelitian mengenai *fouling* sebagian besar ditujukan kepada cairan yang sifatnya menutup bagian yang luas, misalnya

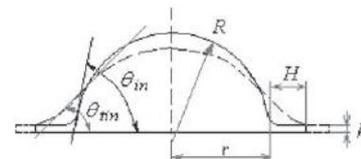
lapisan kotoran akibat makanan. Sedangkan *fouling* akibat *small substances* seperti droplet *fatty acid* belum banyak diteliti.

Salah satu penelitian mengenai *droplet* minyak nabati berkaitan dengan *cleanability* pada alat pengolahan makanan dilakukan oleh (Ashokkumar, Adler-Nissen, & Møller, 2012). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *olive oil* dan berbagai macam *substrate*, diperoleh nilai $\cos \theta$ (sudut kontak) pada droplet identik dengan *cleanability*. Penelitian selanjutnya membuktikan bahwa nilai $\cos \theta$ juga berkorelasi dengan kekasaran permukaan *substrate* serta temperatur ruangan.

2. DASAR TEORI & METODE

Analisis ini merupakan kajian awal mengenai kemampubersihan *fouling* (*cleanability*) droplet minyak nabati dengan metode mengatur temperatur pada droplet minyak nabati.

Bentuk droplet secara terinci ialah sebagai berikut:



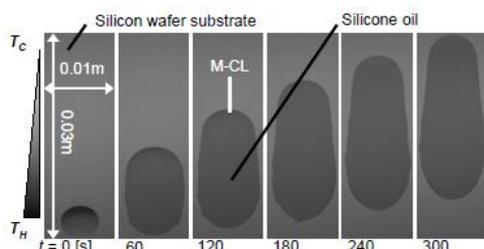
Gambar 1: bentuk droplet

Sumber : (Bormashenko, Whyman, & Pogreb, 2009)

Sudut kontak θ , R , r akan diteliti korelasinya dengan *wettability* dan *cleanability*

Muhammad Akhlis Rizza, dkk. Pemanfaatan sifat *Wettability* Minyak Nabati untuk meningkatkan *Cleanability* pada kasus *Fouling*

Penelitian mengenai pengaruh temperature terhadap bentuk droplet yang dilakukan dengan memberi temperature bervariasi pada *droplet silicone oil* dengan *substrate silicon wafer*. (Kizaki, Konisho, & Ueno, 2007) Hasil yang diperoleh adalah adanya pergerakan dari droplet ketika diberikan suhu yang berbeda pada *substrate*



Gambar 2 : Pengaruh Temperature Terhadap Droplet

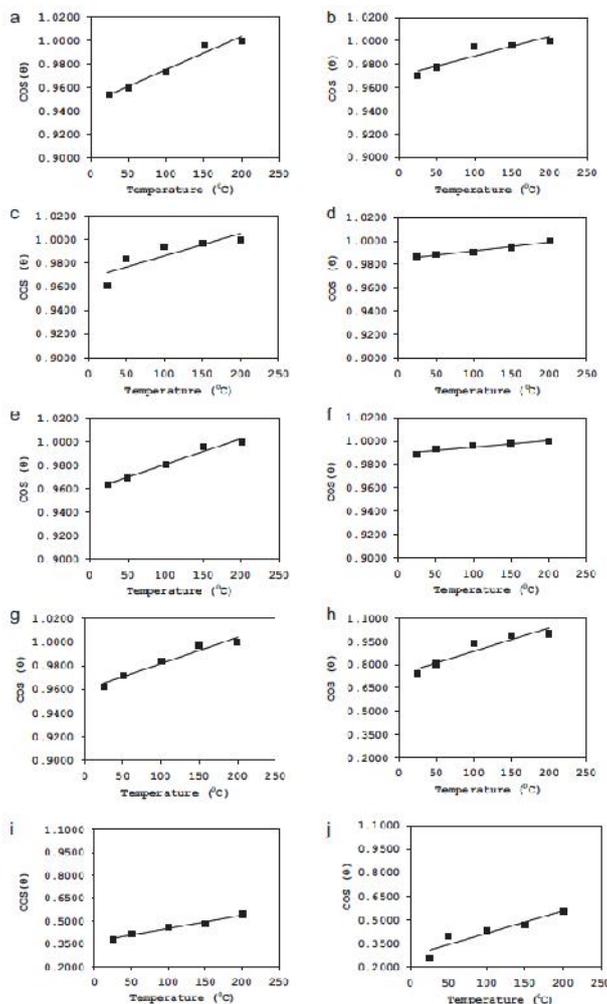
Sumber : (Kizaki, Konisho, & Ueno, 2007)

Hubungan antara temperatur, permukaan substrate dan sudut kontak telah diteliti oleh (Ashokkumar, Adler-Nissen, & Møller, 2012). Hasilnya ditampilkan pada gambar 3 berikut.

Pada gambar 3 nampak bahwa dengan peningkatan temperatur nilai cos semakin meningkat. Yang berarti semakin tinggi temperatur, sudut kontak akan semakin rendah.

Dari gambar 3 juga nampak bahwa substrate (kondisi permukaan) juga berpengaruh pada sudut kontak yang terjadi.

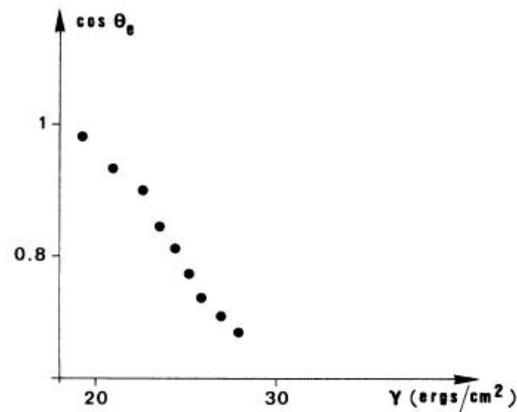
Sementara itu penelitian oleh (de-Gennes, 1985) menatakan bahwa terdapat hubungan antara tegangan permukaan pada droplet dengan sudut kontak yang terbentuk. Semakin tinggi tegangan permukaan akan menyebabkan nilai cos menurun, yang artinya adalah terjadi kenaikan sudut kontak.



Gambar 3: Hubungan sudut kontak, temperatur dan substrate

Sumber: (Ashokkumar, Adler-Nissen, & Møller, 2012)

Muhammad Akhlis Rizza, dkk. Pemanfaatan sifat *Wettability* Minyak Nabati untuk meningkatkan *Cleanability* pada kasus *Fouling*

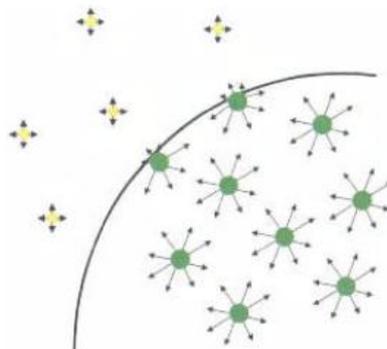


Gambar 4: Hubungan antara sudut kontak dan tegangan permukaan
Sumber : (de-Gennes, 1985)

3. PEMBAHASAN

Terbentuknya droplet akan diikuti oleh terbentuknya tegangan permukaan. Tegangan permukaan terjadi akibat Pada interaksi pada interface antara *liquid* dan *gas*, *liquid* umumnya akan berinteraksi dengan 4 sampai 12 molekul (tergantung jenis molekulnya). Sedangkan pada permukaan (*interface*), molekul akan berinteraksi dengan setengah dari jumlah tadi. Molekul akan berinteraksi dengan molekul gas juga,

tetapi karena densitas yang rendah dari gas, maka interaksi dengan gas akan sangat kecil dibandingkan dengan liquid. Ketidaksamaan interaksi ini akan mengakibatkan munculnya *excess of surface energy* yang secara fisika disebut tegangan permukaan. Tegangan permukaan memiliki satuan J/m^2 atau lebih praktis satuan yang dipakai ialah N/m . Tegangan permukaan dapat disebut sebagai energi kohesivitas molekul.



Gambar 5: Skema molekul pada *interface liquid-gas*
Sumber : (Berthier & Brakke, 2012)

Jika energi kohesive molekul dilambangkan dengan U dan karakteristik dimensi molekular dilambangkan dengan d dan dimensi luasan molekular 2 , maka tegangan permukaan akan bernilai:

$$= U/ d^2$$

Hubungan di atas akan menunjukkan bahwa tegangan permukaan akan meningkat jika energi kohevsivitas tinggi dan luasan molekular yang kecil.

Hal serupa terjadi pada *interface liquid-solid*. Molekul pada *liquid* kontak dengan molekul material solid. Tarik menarik pada interaksi liquid-solid dengan ikatan van der Waals. Jika tarik menarik cukup kuat, maka dikatakan terjadi *negative surface energy* dan pada material solid terjadi *wetting* atau proses *hydrophilic/lyophilic*. Sebaliknya, jika gaya tarik menariknya lemah, maka dikatakan terjadi

Muhammad Akhlis Rizza, dkk. Pemanfaatan sifat *Wettability* Minyak Nabati untuk meningkatkan *Cleanability* pada kasus *Fouling*

positive surface energy dan terjadi proses *nonwetting* atau proses *hydropobic/lyophobic*.

Surface tension yang terjadi pada permukaan sangat bergantung pada gaya tarik

menarik. Maka *surface tension* akan meningkat jika *molecular size* menurun.

Berikut beberapa hasil penelitian mengenai *surface tension*.

Tabel 1. Surface tension dan thermal koefisien

liquid	γ_0	α
Acetone	25.2	0.112
Benzene	28.9	-0.129
Benzylbenzoate	45.95	-0.107
Bromoform	41.5	-0.131
Chloroform	27.5	-0.1295
Cyclohexane	24.95	-0.121
Cyclohexanol	34.4	-0.097
Decalin	31.5	-0.103
Dichloroethane	33.3	-0.143
Dichloromethane	26.5	-0.128
Ethanol	22.1	-0.0832
Ethylbenzene	29.2	-0.109
Ethylene-Glycol	47.7	-0.089
Isopropanol	23.0	-0.079
Iodobenzene	39.7	-0.112
Glycerol	64.0	-0.060
Mercury	425.4	-0.205
Methanol	22.7	-0.077
Nitrobenzene	43.9	-0.118
Perfluorooctane	14.0	-0.090
Polyethylen-glycol	43.5	-0.117
PDMS	19.0	-0.036
Pyrrrol	36.0	-0.110
Toluene	28.4	-0.119
Water	72.8	-0.1514

Sumber : (Berthier & Brakke, 2012)

Faktor-faktor yang mempengaruhi Sudut θ , r , R , H , pada droplet dijelaskan sebagai berikut:

1. Molekul hydrocarbon mempengaruhi viskositas dan tegangan permukaan. Susunan molekul hydrokarbon akan berpengaruh pada viskositas. Kontak permukaan yang terjadi pada hydrocarbon akan mempengaruhi intermolecular forces. Semakin banyak kontak permukaan pada molekul akan meningkatkan intermolecular forces. Percabangan pada hidrokarbon juga berpengaruh pada viskositas. Pada molekul hydrocarbon yang bercabang, kemungkinan terjadi kontak permukaan akan lebih besar.

2. *Surface tension*, yang dipengaruhi oleh Ikatan antara molekul liquid dan dipengaruhi oleh temperatur.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Chumpitaz, Coutinho, & Meirelles, 1999), terbukti bahwa temperatur berpengaruh pada tegangan permukaan. Hubungan antara temperatur dan tegangan permukaan ialah :

$$\gamma = \gamma_0 (1 - T/T_C)^n$$

ialah *surface tension* (dyne/cm)

T ialah temperatur (K)

T_C ialah temperatur kritis

γ_0 dan n ialah parameter untuk *fitting* antara data eksperimen ke temperatur

3. Ikatan Van der Waals pada bidang batas fase liquid-solid-gas

Ikatan Van der Waals pada bidang batas sangat berpengaruh pada bentuk droplet. Bidang batas ketiga fase tersebut disebut *macroscopic contact line* (MCL).

Pada bidang ini, terjadi perubahan tekanan pada droplet. Pada droplet memperoleh tekanan yang cukup besar dari droplet sendiri. Sedangkan pada bidang batas, tekanan oleh udara lebih besar daripada tekanan oleh dropletnya (karena bidang batas terdiri dari lapisan tipis).

Sudut θ , r , R , H , pada droplet mempengaruhi *Wettability*. Bagian bawah droplet akan mengalami tarik menarik dengan substrate. Sehingga bentuk droplet akan berpengaruh terhadap *wettability*,

4. SIMPULAN,

Gaya antar molekul memiliki peran dalam menentukan sifat fisik dari suatu molekul salah satunya adalah tegangan permukaan. Tegangan permukaan adalah terjadinya gaya tarik menarik antar molekul di permukaan fluida. Molekul di dalam fluida akan mengalami gaya tarik menarik ke segala arah, tetapi pada permukaan fluida, gaya tarik menarik tidak seimbang, sehingga molekul dipermukaan memiliki kecenderungan tertarik oleh molekul yang di dalam.

Besarnya tegangan permukaan adalah gaya per unit panjang permukaan cairan pada batas cair sehingga menyebabkan lapisan permukaan seperti lembaran yang elastis. Besar kecilnya tegangan permukaan suatu molekul, dipengaruhi oleh berat molekul, struktur molekul, temperatur, jumlah dan posisi ikatan rangkap karbon.

Sudut θ , r , R , H , pada droplet pada minyak nabati akan dipengaruhi oleh temperatur, viskositas, dan tegangan permukaan. Sehingga temperatur, viskositas, dan tegangan permukaan akan mempengaruhi *wettability* dan *cleanability*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amin, I. N., Mohammad, A. W., Markom, M., & Peng, L. C. (2010). Effects of palm oil-based fatty acids on fouling of ultrafiltration membranes during the clarification of glycerin-rich solution. *Journal of Food Engineering*, 264–272.
- Ashokkumar, S., Adler-Nissen, J., & Møller, P. (2012). Factors affecting the wettability of different surface materials with vegetable oil at high temperatures and its relation to cleanability. *Applied Surface Science*, 86–94.
- Berthier, J., & Brakke, K. A. (2012). *The Physics of Microdroplet*. Massachusetts: Scrivener Publishing.
- Bormashenko, E., Bormashenko, Y., Whyman, G., Pogreb, R., Musin, A., Jager, R., et al. (2008). Contact Angle Hysteresis on Polymer Substrates Established with Various Experimental Techniques, Its Interpretation, and Quantitative Characterization. *Langmuir*, 4020-4025.
- Chumpitaz, L. D., Coutinho, L. F., & Meirelles, A. J. (1999). Surface Tension of Fatty Acids and Triglycerides. *JAOCs*, 379-382.
- de-Gennes, P. (1985). Wetting : Statics and Dynamics. *Reviews of Modern Physics*, 827-861.
- Fryer, P. J., Robbins, P. T., & Asteriadou, K. (2011). Current knowledge in hygienic design: can we minimize fouling and speed cleaning? *Procedia Food Science*, 1753 – 1760.
- Goode, J. K., Bowen, J. J., Akhtar, N., Robbins, P., & Fryer, P. (2013). The effect of temperature on adhesion forces between surfaces and model foods containing whey protein and sugar. *Journal of Food Engineering*, 371–379.
- Kizaki, Y., Konisho, T., & Ueno, I. (2007). Precursor Film Ahead Droplet on Solid with Temperature Gradient. *Microgravity sci. technol.*, 106-108.