

## Pembuatan Green-Solvent Dari Limbah Kulit Nanas dan Pemanfaatannya Sebagai Wax Inhibitor

Muhammad Khairul Afdhol, Novia Rita, Fiki Hidayat, Tomi Erfando

Departement Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik,  
Universitas Islam Riau Jalan Kaharuddin Nasution Km. 11 No. 113,

Perhentian Marpoyan Pekanbaru 28284, Indonesia

### Artikel Info:

Naskah Diterima:  
20 Juni 2022

Diterima setelah  
perbaikan:  
13 Oktober 2022

Disetujui terbit:  
29 Agustus 2022

### Kata Kunci:

Wax

Selulosa

Green Solvent

Pour Point

### ABSTRAK

Wax cenderung mengkristal pada kondisi suhu yang rendah, yang mengakibatkan minyak bumi sulit untuk mengalir. Sehingga kondisi ini akan mempengaruhi proses transportasi di pipa aliran. Solvent merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi Wax. Pelarut yang digunakan sebagai Wax inhibitor adalah Green Solvent. Green Solvent berasal dari limbah kulit Nanas memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang merupakan sumber utama dari produksi Green Solvent. Proses limbah kulit Nanas menjadi produk Green Solvent dilakukan dengan proses pretreatment, hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Pengaruh variasi konsentrasi asam yang digunakan didapatkan gula reduksi yang terus meningkat. Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan *Saccharomyces* dan penambahan inokulan Urea. Selanjutnya, proses destilasi dilakukan untuk mendapatkan green solvent. Proses Destilasi menghasilkan  $\pm 20$  mL solvent dari 300 mL sampel hasil dari fermentasi. Kadar etanol tertinggi yang hasil pada Green Solvent mengandung 18% kadar alkohol. Green Solvent yang dihasilkan diaplikasikan sebagai pelarut pada minyak bumi. Hasil pencampuran dapat menurunkan pour point sebesar 3°C. ditambahkan additive xylene dapat meningkatkan penurunan pour point menjadi 11oC. Dapat disimpulkan bahwasannya Green Solvent memiliki potensi yang baik dalam mengatasi permasalahan pengendapan pada minyak bumi.

### ABSTRACT

*Wax tends to crystallize at low-temperature conditions, which makes it difficult for petroleum to flow. So that this condition will affect the transportation process in the flow pipe. A solvent is one of the techniques used to treat wax. The solvent used as a wax inhibitor is Green Solvent. Green Solvent comes from pineapple peel waste containing cellulose and hemicellulose, which are the main sources of Green Solvent production. The process of pineapple peel waste into Green Solvent products is carried out by pretreatment, hydrolysis, fermentation, and distillation processes. The effect of variations in the concentration of acid used for the production of reducing sugars continues to increase. The fermentation process was carried out using *Saccharomyces* and the addition of Urea inoculants. Next, the distillation process is carried out to obtain the green solvent. The distillation process produces  $\pm 20$  mL of solvent from 300 mL of fermented samples. The highest ethanol content produced in Green Solvent contains 18% alcohol content. The resulting Green Solvent is applied as a solvent in petroleum. The result of mixing can reduce the pour point by 3°C. Adding xylene additives can increase the drop in pour point to 11oC. It can be said that Green Solvent has good potential to overcome the problem of competition in petroleum.*

© LPMGB - 2022

Korespondensi:

E-mail: [fafdhol@eng.uir.ac.id](mailto:fafdhol@eng.uir.ac.id) (Muhammad Khairul Afdhol)

## PENDAHULUAN

Minyak bumi terbagi menjadi empat fasa yaitu liquid, uap, *Wax* dan asphalt (Xue dkk., 2019). Minyak bumi mengandung *Wax* dengan persentase *Wax paraffin* yang dapat naik sebanyak setengah dari kandungan minyak bumi. Kandungan *Wax* pada minyak bumi cenderung mengkristal sehingga mengakibatkan minyak bumi sulit untuk bergerak (Admiral dkk., 2016). *Wax* merupakan zat yang terjadi secara alami pada *Minyak Bumi* yang dapat menyebabkan masalah (Bai & Bai, 2018). Sehingga, *Wax* merupakan salah satu tantangan utama dalam produksi dan transportasi pada pipa minyak mentah (Alves dkk., 2019). *Wax* akan mengkristal pada kondisi suhu yang rendah dari dinding pipa. Kristalisasi ketebalan yang tinggi akan mengganggu kegiatan produksi minyak (Afdhol dkk., 2019; Alnaimat & Ziauddin, 2019).

Masalah *Wax* akan mengakibatkan kerugian ekonomi yang besar pada industri minyak (Yang dkk., 2019). Pelarut merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi *Wax* (Yao dkk., 2018). Solvent yang dapat dijadikan *Wax* inhibitor adalah *Green Solvent* yang berasal dari campuran *bioethanol* (Afdhol, Hidayat, Abdurrahman, Husna, dkk., 2020). Proses pemanfaatan biomassa sudah banyak digunakan dan dimanfaatkan (Khalid dkk., 2020; Lestari dkk., 2020; Yuliusman dkk., 2017; Yuliusman, Afdhol, & Sanal, 2018; Yuliusman, Afdhol, Sanal, dkk., 2018), pembuatan *Green Solvent* dari bahan baku yang mengandung selulosa sangat kompleks sehingga melibatkan beberapa proses yaitu *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi (Koutev Nanssou dkk., 2016).

Limbah pertanian (biomassa) merupakan sumber yang kaya akan gula yang dapat difermentasikan menjadi substrat yang baik untuk produksi *Green Solvent* (Afdhol, Erfando, dkk., 2020; Moodley & Gueguim Kana, 2019). Limbah Nanas merupakan bahan baku potensial dalam produksi *Green Solvent* berbahan bioetanol karena memiliki kandungan gula sederhana dan kompleks seperti selulosa dan hemiselulosa (Seguí & Fito Maupoey, 2017).

Produksi Nanas pada tahun 2019 di Indonesia mencapai 1,39 juta ton, termasuk dalam penghasil Nanas terbesar ketiga untuk wilayah Asia Tenggara dengan kontribusi sebesar 23% (Widowati, 2019). Produksi yang tinggi akan mempengaruhi kontribusi limbah yang dihasilkan. Dalam meminimalisir

tingkat kontribusi limbah yang dihasilkan maka limbah dari produksi Nanas dapat digunakan sebagai *green solvent* berbahan bioetanol (Afdhol, Hidayat, Abdurrahman, Husna, dkk., 2020).

Penelitian pembuatan *Green Solvent* dilakukan di laboratorium dengan menggunakan bahan utama ialah limbah kulit Nanas yang di olah sebagai pelarut untuk menghambat *Wax paraffin*. Pemanfaatan *Green Solvent* sebagai penghambat kristalisasi *Waxy paraffin* sebagai akibat dari interaksi reaksi *like dissolve like*, dimana kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh masing-masing kepolaran antara zat pelarut dengan zat yang terlarut (Dzakwan & Priyanto, 2019; Fadly dkk., 2022).

Selain itu, peningkatan keselamatan operasi pipa juga dapat dilakukan dengan cara menambahkan inhibitor seperti *Pour Point Depressant (PPD)* (Yang dkk., 2019). Untuk menambah keefektifan *Green Solvent* dalam menurunkan pour point terhadap *Wax* perlu penambahan solvent komersil yang disebut dengan *Pour Point Depressant (PPD)*. Salah satu solvent yang memiliki efektifitas yang baik dalam menurunkan pour point terhadap *Wax* adalah *xylene* (Theyab & Diaz, 2016). *Green* pelarut dan *xylene* merupakan pelarut yang digunakan untuk menghambat terjadinya deposisi *Wax paraffin*. Hasil dari penambahan *Pour Point Depressant (PPD)* dengan produksi *Green Solvent* di harapkan dapat bermanfaat menurunkan *pour point* pada *Wax paraffin*.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pembuatan *Green Solvent* yang berasal dari limbah kulit Nanas yang akan digunakan sebagai pelarut dalam menangani permasalahan pengendapan *Wax* pada minyak bumi (Afdhol, Hidayat, Abdurrahman, Lubis, dkk., 2020). Selain itu menambahkan additive *xylene* untuk menambah efektifitas kelarutan terhadap pengendapan *Wax*.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kulit Nanas, hal ini disebabkan oleh banyaknya limbah kulit Nanas yang dihasilkan di daerah penelitian ini dilakukan, kemudian bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini berupa asam klorida, inokulan *saccharomyces*. Metode yang telah dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

## A. Pretreatment

Bahan baku berupa kulit Nanas sebanyak 300 gr diberikan perlakuan fisik meliputi pencucian, pengeringan di dalam oven dan pengecilan ukuran kulit Nanas dengan menggunakan blender.

## B. Hidrolisis

Hidrolisis dilakukan dengan perbandingan 1:1 antara katalisator dengan sampel kulit Nanas. Hasil dari *pretreatment* berupa sampel kulit Nanas yang telah di tamabahkan akuades. Sampel kulit nanas di masukan kedalam *beaker glass* 500 mL sebanyak 150 mL. Kemudian menambahkan katalisator berupa asam klorida (HCL) sebanyak 150 mL. Konsentrasi asam klorida sebayak 1 M, 2 M, 3 M, 4 M, dan 5M untuk melihat kondisi kadar gula reduksi yang di dihasilkan. Sampel kemudian di aduk dengan menggunakan stirer hingga homogen. Selanjutnya melakukan proses hidrolisis pada suhu 100°C selama 3 jam.

## C. Fermentasi

Sampel hasil hidrolisis didinginkan. Kemudian dilakukan pengukuran pH sampel untuk menjaga kondisi ragi agar tetap hidup. pH diatur pada rentang 4-5 dengan menambahkan sejumlah larutan NaOH. Lalu menambah *Saccharomyces* sebanyak 0,015gr/mL pada sampel hidrolisat. Kemudian menambahkan Urea sebanyak 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, dan 5 gr pada masing-masing sampel hidrolisat. Hidrolisat yang berisi sampel kemudian di fermentasi secara anaerob. Lama fermentasi di lakukan selama 72 jam.

## D. Distilasi

Hasil fermentasi kemudia dipurifikasi menggunakan proses distilasi. Sampel hasil fermentasi dimasukan kedalam labu destilat yang telah dirangkai dengan kondensor. Temperatur ditilasi harus di jaga 78°C untuk menghasilkan *Green Solvent*. *Green Solvent* yang di dapatkan kemudian di ukur kadar alkohol yang di dihasilkan. Pengukuran kadar etanol dengan menggunakan alkoholmeter dan *Gas Chromatografy*.

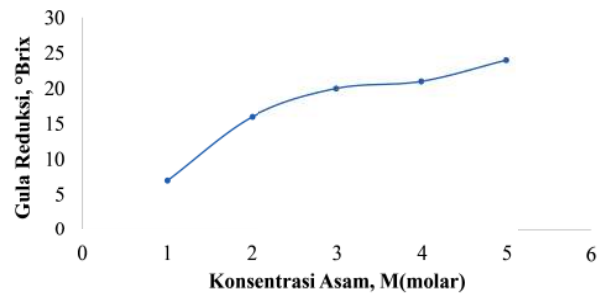
## E. Pengujian Pour Poin

Pour poin akan diukur pada masing-masing sampel, kemudian akan dilakukan pencampuran dengan solven yang sudah di gunakan pada lapangan minyak bumi, dan akan dilakukan perbandingan penurunan pour poin masing-masing.

## HASIL DAN DISKUSI

### A. Pengaruh variasi konsentrasi asam klorida terhadap kadar gula reduksi.t

Variasi konsentrasi katalis asam yang di pakai dalam penelitian ini adalah dari 1M, 2M, 3M, 4M dan 5M dengan menggunakan suhu 100°C terhadap sampel kulit Nanas pada perbandingan 1:1 (kulit Nanas : asam).

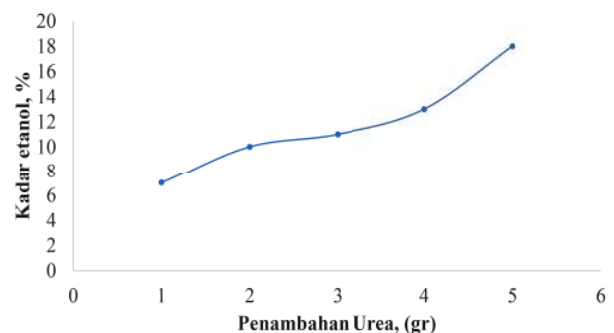


Gambar 1

Hasil gula reduksi dengan variasi konsentrasi asam

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwasannya penambahan konsetrasi pada sampel kulit Nanas dengan menggunakan Asam Klorida (HCl) dapat meningkat jumlah kadar gula reduksi. Kosentrasi Asam Klorida (HCl) sebanyak 5M memiliki nilai kadar gula reduksi tertinggi sebesar 24°Brix. Sedangkan pada konsentrasi 1M, 2M, 3M dan 4M masing-masing memiliki gula reduksi sebesar 6°Brix, 16 °Brix, 20°Brix dan 21°Brix. Hasil yang diperoleh sesuai dengan pernyataan Mariskian M at.al, (2016), bahwa semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai pada proses hidrolisis maka semakin cepat reaksi hidrolisis terjadi sehingga glukosa yang dihasilkan juga bertambah (Mastuti & Setyawardhani, 2010).

### B. Pengaruh Fermentasi Kulit Nanas Terhadap Kadar Bioethanol



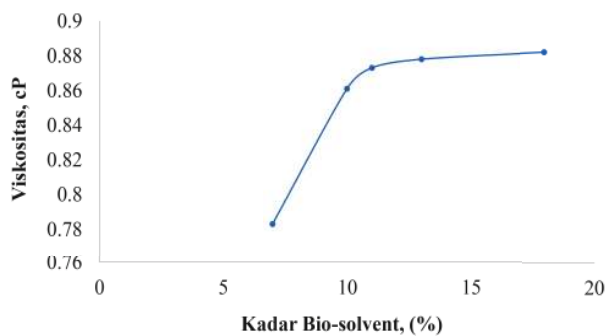
Gambar 2

Hasil kadar Green Solvent berdasarkan variasi jumlah urea.

Pembuatan *Green Solvent* pada dasarnya dilakukan melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan proses perubahan glukosa menjadi etanol yang dilakukan secara anaerob. Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan ragi *Saccharomyces* untuk mengubah atau memfermentasikan glukosa menjadi *Green Solvent* berbahan bioethanol. Proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces* memiliki kemampuan yang baik dalam mengkonversikan glukosa (Birgitta Narindri & Muhammad Nur Cahyanto, 2016).

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwasannya kadar *Green Solvent* yang di hasilkan meningkat sejalan dengan ditambahkannya nutrisi urea yang diberikan. Penambahan nutrisi urea sebanyak 1 gr, 2 gr, 3 gr, dan 4 gr masing-masing menghasilkan kadar *Green Solvent* sebanyak 7%, 10%, 11% dan 13%. Kadar tertinggi dari proses fermentasi terdapat pada penambahan nutrisi urea sebanyak 5 gr pada sampel. Pada penambahan urea sebanyak 5 gr didapatkan kadar *Green Solvent* sebesar 18%. Penambahan urea memiliki pengaruh yang baik terhadap kadar etanol yang di hasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Isnan dkk., (2018) bahwasannya peningkatan kadar etanol dikarenakan penambahan nutrient urea dibandingkan dengan tanpa menggunakan urea.

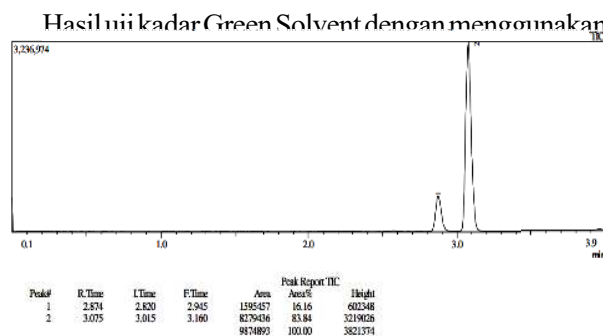
### C. Viskositas Solvent



Gambar 3  
Grafik kadar *Green Solvent* terhadap viskositas

Berdasarkan kadar *Green Solvent* yang didapatkan dapat di lihat pada gambar 3 bahwasannya viskositas pada kadar 15% memiliki viskositas tertinggi dibandingkan yang lainnya. Hasil viskositas pada masing-masing kadar *Green Solvent* adalah 0,783cP, 0,861cP, 0,873cP, 0,878cP dan 0,882cP. Pengaruh kadar etanol terhadap viskositas berbanding lurus, hal ini sesuai dengan berdasarkan penelitian yang dilakukna bahwasannya peningkatan viskositas terus bertambah seiring dengan peningkatan kadar *Green Solvent* (Tira dkk., 2018).

### D. Karakterisasi Hasil Gas Chromatography



Gambar 4  
Hasil Gas Chromatography *Green Solvent* Kulit Nanas

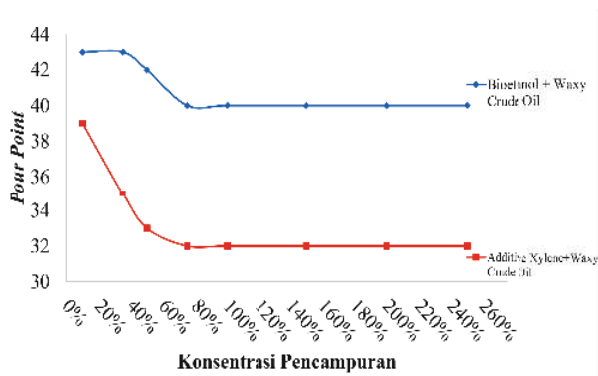
GC didapatkan kadar *Green Solvent* sebesar 16,45%. Kadar *Green Solvent* yang didapatkan berasal dari pembacaan gas chromatography *Green Solvent* pada Gambar 4. Berdasarkan perbandingan antara spektrum GC maka dapat di lihat bahwasanya senyawa dari *Green Solvent* kulit Nanas seperti yang tertera pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1  
Kandungan Senyawa *Green Solvent*

No. Peak	Waktu Retensi	Nama Senyawa	Rumus Molekul	Area %
1	2,874	Metanol	CH <sub>3</sub> OH	16,16
2	3,075	Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	83,84

### E. Pengaruh Hasil Pencampuran *Green Solvent* dan Additive Xylene dengan Waxy Minyak Bumi

Pencampuran pelarut menggunakan *Green Solvent* dilakukan berdasarkan kadar tertinggi dari hasil pengujian yang telah dilakukan dari proses distilasi. Kadar optimum *Green Solvent* didapat pada kadar 16,46% yang di hasilkan dari konsentrasi asam 5M pada temperatur 100°C pada proses hidrolisis dan sebanyak 0,015 g/mL *saccharomyces* dan ditambahkan nutrisi berupa urea sebanyak 5gr pada proses fermentasi. Gambar 5 adalah contoh penurunan *Pour Point* yang di hasilkan dari pencampuran *Green Solvent* dengan *Waxy Minyak Bumi*.



Gambar 5  
Grafik hasil pengujian pour point

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwasannya, pengujian *pour point* yang dilakukan dengan menggunakan *Green Solvent* dengan kadar 16% memiliki kemampuan dalam menurunkan *pour point*. Titik optimum yang didapatkan dari hasil pencampuran menggunakan *Green Solvent* 16% dapat menurunkan *pour point* dari 43°C menjadi 40°C pada konsentrasi 75%. Sedangkan titik pertama kali *Green Solvent* dapat menurunkan *pour point* terjadi pada konsentrasi 50% sebanyak 2°C menjadi 41°C. Penambahan konsentrasi pada *Green Solvent* setelah didapatkan titik optimum tidak mengalami perubahan nilai *pour point*. Nilai *pour point* masih tetap konstan dan tidak mengalami penurunan kembali.

Sedangkan pada penggunaan *additive xylene* terhadap *Waxy Minyak Bumi* juga dapat dilihat pada gambar 5 penurunan *pour point* yang di dapatkan. Pencampuran pada konsentrasi 10% dapat menurunkan *pour point* 4°C menjadi 39°C. Penurunan terus terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi yang diberikan. Titik optimum pada penurunan *pour point* di dapatkan pada konsentrasi 75% dengan penurunan *pour point* sebesar 11°C menjadi 32°C. Akan tetapi, penurunan *pour point* tidak lagi menurun seiring dengan penambahan konsentrasi sebanyak 100% dan seterusnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan pada penelitian Fang dkk., (2012), bahwasannya penambahan dosage PPD pada *Waxy Minyak Bumi* memiliki titik optimum terhadap penurunan *Pour Point* yang di hasilkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kulit Nanas dapat di konversikan menjadi solvent berupa *Green Solvent* dengan kadar sebesar 16.46%; Properties *Green Solvent* yang telah dibuat di dapatkan nilai Viskositas sebesar 0,882cP;

Penggunaan *Green Solvent* dapat menurunkan Wax Minyak Bumi dengan kadar 16,45% dapat menurunkan 3°C pada konsentrasi 75%. Aditif *xylene* dengan konsentrasi 10% sudah dapat menurunkan *pour point* sebesar 4°C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat -Universitas Islam Riau atas izin dan dukungan untuk studi ini sesuai dengan nomor kontrak 140/KONTRAK/P-PT/DPPM-UIR/07-2022 sehingga penulisan jurnal ini bisa diselesaikan.

## DAFTAR ISTILAH

Simbol	Defenisi
PPD	<i>Pour Point Depressant</i>
NaOH	Natrium Hidroksida
CH <sub>3</sub> OH	Metanol
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Etanol
HCL	Asam Klorida

## KEPUSTAKAAN

- Admiral, A., Abdullah, M. K., & Ariffin, A. (2016). Evaluation of Emulsified Acrylate Polymer and its Pour Point Depressant Performance. *Procedia Chemistry*, 19, 319–326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.018>
- Afdhol, M. K., Abdurrahman, M., Hidayat, F., Chong, F. K., & Mohd Zaid, H. F. M. (2019). Review of Solvents Based on Bio-mass for Mitigation of Wax Paraffin in Indonesian Oilfield. *Applied Sciences*, 9(24), 5499. <https://doi.org/10.3390/app9245499>
- Afdhol, M. K., Erfando, T., Hidayat, F., Hasibuan, R., Hasibuan, M. Y., & Siregar, C. P. (2020). Application of Pineapple Skin Waste as a Source of Biosolvent for Use as Wax Inhibitor. *Journal of Earth Energy Engineering*, 9(2 SE-EOR, Reservoir and Production Engineering), 102–111. <https://doi.org/10.25299/jeee.2020.3922>

- Afdhol, M. K., Hidayat, F., Abdurrahman, M., Husna, U. Z., Sari, N. P., & Wijaya, R. K.** (2020). A Laboratory Scale Synthesis of Ethanol from Agricultural Waste as Bio-based Solvent for Waxy-Paraffinic Minyak Bumi Mitigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 854(1), 12017.
- Afdhol, M. K., Hidayat, F., Abdurrahman, M., Lubis, H. Z., Wijaya, R. K., & Sari, N. P.** (2020). Utilization of Agricultural Waste to Be Bioethanol Sources as a Solvent on Paraffin Wax Minyak Bumi Issues. *ICoSET 2019*, 315–321. <https://doi.org/10.5220/0009366903150321>
- Alnaimat, F., & Ziauddin, M.** (2019). Wax deposition and prediction in petroleum pipelines. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 106385. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106385>
- Alves, B. F., Pereira, P. H. R., Nunes, R. de C. P., & Lucas, E. F.** (2019). Influence of solvent solubility parameter on the performance of EVA copolymers as pour point modifiers of Waxy model-systems. *Fuel*, 258, 116196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116196>
- Bai, Y., & Bai, Q.** (2018). *Subsea Engineering Handbook*. Elsevier Science.
- Birgitta Narindri, Muhammad Nur Cahyanto, R. M.** (2016). Produksi Green Solvent Daun Sorghum (*Sorghum bicolor* L.Moench). *Journal of Biota*, 1(1), 44–50. <https://doi.org/10.24002/biota.v1i1.712>
- Dzakwan, M., & Priyanto, W.** (2019). Peningkatan kelarutan fisetin dengan teknik ko-solvensi. *Jurnal Ilmiah*, 8(2), 5–9.
- Fadly, F., Afdhol, M. K., Hidayat, F., Yuliusman, Y., Nordin, R. M., Hasibuan, R., & Hakim, F. M.** (2022). Formulation of Bioethanol From Pineapple Skin Waste and Applied as Wax Inhibitors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1034(1), 12026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1034/1/012026>
- Fang, L., Zhang, X., Ma, J., & Zhang, B.** (2012). Investigation into a Pour Point Depressant for Shengli Minyak Bumi. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51(36), 11605–11612. <https://doi.org/10.1021/ie301018r>
- Isnan, H., Aditya, M., Praputri, D. E., Si, M., & Sundari, I. E.** (2018). Pengaruh Konsentrasi Katalis Hidrolisis dan Jenis Nutrient Mikroba dalam Pembuatan Green Solvent dari Tepung Umbi Singkong Karet (*Manihot Glaziovii* Muell ).
- Khalid, I., Lestari, F. A., Afdhol, M. K., & Hidayat, F.** (2020). Potensi Biopolimer Dari Ekstraksi Nanoselulosa Daun Kapas Sebagai Agen Peningkatan Viskositas Pada Injeksi Polimer. *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 9(4), 146–153. <https://doi.org/10.25105/petro.v9i4.8162>
- Kouteu Nanssou, P. A., Jiokap Nono, Y., & Kapseu, C.** (2016). Pretreatment of cassava stems and peelings by thermohydrolysis to enhance hydrolysis yield of cellulose in bioethanol production process. *Renewable Energy*, 97, 252–265. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.050>
- Lestari, F. A., Afdhol, M. K., Fiki, H., & Tomi, E.** (2020). Biopolimer dari Bahan Organik sebagai Biopolimer pada Metode EOR. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 54(3), 149–157. <https://doi.org/10.29017/lpmgb.54.3.568>
- Mariskian M. Sadimo, Irwan Said, K. M.** (2016). Pembuatan Green Solvent Dari pati Umbi Talas (*Colocasia Esculenta* [L] Schott) Melalui Hidrolisis asan dan Fermentasi. *Akademika Kimia*, 5(May), 79–84.
- Mastuti, E., & Setyawardhani, D. A.** (2010). Pengaruh variasi temperatur dan konsentrasi katalis pada kinetika reaksi hidrolisis tepung kulit ketela pohon. *Ekuilibrium*, 9(1), 23–27.



- Moodley, P., & Gueguim Kana, E. B.** (2019). Bioethanol production from sugarcane leaf waste: Effect of various optimized pre-treatments and fermentation conditions on process kinetics. *Biotechnology Reports*, 22, e00329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00329>
- Seguí, L. G., & Fito Maupoey, P.** (2017). An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.284>
- Theyab, M. A., & Diaz, P.** (2016). *Journal of Petroleum & Experimental Study on the Effect of Inhibitors on Wax Deposition*. 7(6). <https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000310>
- Tira, H. S., Mara, M., Zulfitri, Z., & Mir-manto, M.** (2018). Karakteristik fisik dan kimia Green Solvent dari jagung (*Zea mays* L). *Dinamika Teknik Mesin*, 8(2), 77–82. <https://doi.org/10.29303/dtm.v8i2.231>
- Widowati, H.** (2019). Indonesia Produsen Nanas Terbesar ke-9 di Dunia. *Databoks*, 1.
- Xue, J., Li, C., & He, Q.** (2019). Modeling of Wax and asphaltene precipitation in Minyak Bumi using four-phase equilibrium. *Fluid Phase Equilibria*, 497, 122–132. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fluid.2019.06.011>
- Yang, S., Li, C., Yang, F., Li, X., Sun, G., & Yao, B.** (2019). Effect of Polyethylene-Vinyl Acetate Pour Point Depressants on the Flow Behavior of Degassed Changqing Waxy Minyak Bumi before/after scCO<sub>2</sub> Extraction. *Energy & Fuels*, 33(6), 4931–4938. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00561>
- Yao, B., Li, C., Zhang, X., Yang, F., Sun, G., & Zhao, Y.** (2018). Performance improvement of the ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) pour point depressant by small dosage of the amino-functionalized polymethylsilsequioxane (PAMSQ) microsphere. *Fuel*, 220, 167–176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.01.032>
- Yuliusman, Afdhol, M. K., & Sanal, A.** (2018). Carbon monoxide and methane adsorption of Minyak Bumi refinery using activated carbon from palm shells as biosorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 316(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/316/1/012016>
- Yuliusman, Afdhol, M. K., Sanal, A., & Nasruddin.** (2018). CFD Modelling of Adsorption Behaviour in AGN Tank with Polyethylene Terephthalate Plastic Waste Based Activated Carbon. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 316(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/316/1/012015>
- Yuliusman, Nasruddin, Afdhol, M. K., Haris, F., Amiliana, R. A., Hanafi, A., & Ramadhan, I. T.** (2017). Production of activated carbon from coffee grounds using chemical and physical activation method. *Advanced Science Letters*, 23(6). <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8822>