

KAJIAN PEMANFAATAN LIMBAH PADAT SUMUR MINYAK LAPANGAN KAWENGAN MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK DENGAN CARA DI EKSTRAKSI

Semy Sinay¹⁾, Erdila Indriani²⁾, Noce N Tetelepta³⁾

^{1,3)}Prodi Teknik Produksi Migas, Politeknik Negeri Ambon

²⁾Teknik Produksi PEM Akamigas Cepu

semy03sinay@gmail.com, amaliawhd@gmail.com, nc.lepta@gmail.com

ABSTRAC

In oil and gas industry activities, the oil and gas processing process will produce waste, one of which is oil solid waste, which is waste that comes from the production and processing process of petroleum in the oil field because it is one of the supports for the Cepu refinery which has several old wells that are still actively producing to this day, thus the use of waste oil is very necessary. With the amount of TPH obtained from waste oil which is 48.10%, there is potential to be extracted. The method used is a simple heating method to separate hydrocarbons from waste solids. After the extraction test was carried out and associated with the results of the oil composition test, the saturated composition was obtained 48.84%, aromatic 23.59%, resin 25.91% and asphaltene 1.66% where this composition has an influence on the results of the hydrocarbon extraction test from waste oil. With simple heating using an oven, the results obtained are not significant where the extracted oil hardens again. After heating, the light fraction of saturated oil is released while the heavy fraction, resin and aromatics, as well as impurities affect the hardening of the sample at room temperature.

Keywords: Solid Waste, Oil, Extraction

ABSTRAK

Dalam kegiatan industri minyak dan gas bumi, proses pengolahan migas akan menghasilkan limbah salah satunya ialah limbah padat minyak yaitu limbah yang berasal dari proses produksi dan pengolahan minyak bumi yang ada di lapangan minyak kawengan menjadi salah satu penunjang pada kilang cepu yang memiliki beberapa sumur tua yang masih aktif berproduksi hingga saat ini, dengan demikian sangat diperlukan pemanfaatan *waste oil*. Dengan jumlah TPH yang diperoleh dari *waste oil* yaitu 48.10%, maka ada potensi untuk diekstraksi. Metode yang dipakai adalah dengan metode pemanasan sederhana untuk memisahkan hidrokarbon dengan padatan limbah. Setelah dilakukan uji ekstraksi dan dikaitkan dengan hasil uji komposisi minyak, diperoleh komposisi *saturated* 48.84%, *aromatic* 23.59, *Resin* 25.91% dan *Asphaltene* 1.66% dimana komposisi ini memiliki pengaruh terhadap hasil uji ekstraksi hidrokarbon dari *waste oil*. Dengan pemanasan sederhana menggunakan oven, hasil yang didapatkan tidak signifikan dimana minyak yang diekstraksi kembali mengeras. Setelah dipanaskan, fraksi ringan minyak yang *saturated* terlepas sedangkan fraksi berat, resin dan aromatik, serta zat pengotor berpengaruh terhadap pengerasan sampel pada suhu ruangan.

Kata kunci: Limbah Padat, Minyak, Ekstraksi

PENDAHULUAN

Perusahaan Petroleum mewujudkan target cangih dan padat modal yang memerlukan teknologi maju dengan peralatan modern. Kegiatan eksplorasi, eksploitasi, produksi, industri pengolahan, serta penyimpanan hasil minyak dan gas bumi termasuk hal penting dalam industri migas. Terdapat limbah dalam proses pengolahan minyak dan gas dari hasil produksi yang dapat dijadikan sebagai suatu pemanfaatan yang dikenal dengan *waste oil*.

Lapangan minyak Kawengan menjadi salah satu penunjang pada kilang Cepu, yang mana memiliki beberapa sumur tua yang masih aktif berproduksi hingga saat ini. Hasil produksi minyak dari lapangan Kawengan telah meninggalkan sisa-sisa minyak yang disebut *waste oil*. Limbah minyak kotor dari eksplorasi produksi minyak yang digunakan dalam pemeliharaan dan pemrosesan fasilitas produksi dan penyimpanan. Lingkungan dapat terganggu akibat keberadaan *waste oil*, oleh karena itu, *oil* bekas

diekstraksi dan digunakan untuk mencegah terjadinya dampak negatif. Dengan menggunakan pelarut pelarut cair (solvent) sebagai agen pemisah, ekstraksi merupakan proses pemisah sebagai beberapa komponen dari suatu campuran yang homogen (Bima, 2020). Sebagaimana dinyatakan dalam PP RI No. 101 Pasal 1 Ayat 11 Tahun 2014 ‘Pembuangan’ mengacu pada limbah padat yang merupakan bagian dari limbah B3. Pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, atau penimbunan dikategorikan sebagai pengelolaan limbah B3.

Menurut pengecekan R. Destina tahun 2008 menunjukkan bahwa pemilihan produksi EP migas untuk pengelolaan limbah B3 umumnya lebih bergantung pada volume limbah relatif kecil biasanya dikirim langsung ke fasilitas yang menangani limbah komersial *off-site*, sedangkan penanganan *on-site* dilakukan terhadap *waste* yang volumenya cukup banyak. Lebih lanjut, R Destina menggaris bawahi bahwa proses yang diatur dalam PP 18/1999 dan PP 85/1999 tidak dapat dilaksanakan dengan baik pada tingkat identifikasi limbah berbahaya. Saat ini, penilaian karakter satu-satunya langkah yang digunakan untuk mengidentifikasi limbah B3 dari kegiatan migas EP guna menentukan toksisitas dan bahayanya.

Produksi *waste oil* pada lapangan Kawengan dalam setahun sekitar 105.768 m³. Sehingga perlu dilakukan pemanfaatan *waste oil* dengan menggunakan metode ekstraksi sebagai acuan untuk pemisahan *crude oil* dari padatan agar *waste oil* yang berdampak buruk tidak menimbulkan masalah terhadap lingkungan serta dapat menambah perolehan tambahan minyak seperti Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 18 Pasal 5 Tahun 2009. Oleh sebab itu penulis ingin sekali melakukan penelitian **“KAJIAN PEMANFAATAN LIMBAH PADAT SUMUR MINYAK LAPANGAN KAWENGAN MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK DENGAN CARA DIEKSTRAKSI”** sebagai penulisan skripsi saya.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan limbah padat sumur minyak, seperti yang terdapat di Lapangan Kawengan, merupakan upaya penting dalam mendukung keberlanjutan industri migas. Limbah padat, yang sering disebut sebagai *waste oil*, mengandung senyawa seperti saturates, aromatics, resin, dan asfaltena yang berpotensi bernilai ekonomis jika dikelola dengan tepat. Ekstraksi *waste oil* melalui pemanasan menggunakan oven merupakan salah satu metode yang efektif untuk memisahkan komponen minyak dari material padat. Dalam praktik ini, regulasi seperti Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.56/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2015 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah B3 sangat penting untuk memastikan proses tersebut memenuhi standar lingkungan dan keselamatan.

Dampak positif dari metode ini adalah mengurangi limbah yang dibuang, meminimalkan risiko pencemaran lingkungan, serta meningkatkan perolehan minyak tambahan. Namun, perhatian khusus perlu diberikan pada potensi dampak negatif, seperti emisi dan sisa material yang harus dikelola sesuai dengan regulasi pembuangan limbah yang berlaku.

METODOLOGI

Tempat Dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini direncanakan selama 2 bulan dan Tempat Penelitian pada PPSDM Migas CEPU

Sumber Data

- Data sekunder ialah data yang diperoleh dari berbagai literatur.

Adapun penulisan menggunakan beberapa tahapan dalam penyusunan metode penelitian:

1. Pendahuluan

Penulis terlebih dahulu berbicara dengan pembimbing lapangan tentang judul penelitian yang akan dilakukan.

2. Studi Literature

Pada tahap ini peneliti melakukan pengumpulan dari berbagai macam sumber informasi baik itu buku-buku penunjang maupun jurnal yang berdasarkan topik studi yang diambil. Ini

guna sebagai bentuk untuk menambah pengetahuan dan wawasan bagi peneliti yang berdasarkan referensi yang valid.

3. Pengumpulan Data

Selanjutnya peneliti melakukan pengumpulan data sesuai yang diperlukan dalam proses penyusunan nproposol skripsi. Pengumpulan data ini dilakukan dengan berdiskusi dan meminta berbagai data yang diperlukan dari pembimbing lapangan. Data yang diambil sebagai penunjang awal untuk melakukan Kajian Pemanfaatan *Waste Oil* sebagai berikut

- Data Uji Karakteristik
- Data Uji Komposisi Sampel
- Data Uji Laboratorium

4. Tahapan Pengolahan

Penlis akan melakukan kajian Pemanfaatan Minyak terhadap tahap pengolahan data, ekstraksi kemudian melakukan pemanasan menggunakan oven, sehingga data-data yang dipakai yaitu:

❖ Data Uji Karakteristik:

- Jenis Limbah
- Bahan Padatan
- Karakteristik Minyak Hasil Ekstraksi

❖ Data Uji Komposisi Sampel:

- Komposisi Hidrokarbon
- Kandungan Logam
- Ukuran Partikel
- Kandungan Pelarut atau Zat Kimia
- Fraksi Limbah Padat
- *Oil Composition Data*

❖ Data Uji Laboratorium:

- Ekstraksi Pelarut
- Pengujian Efisiensi Ekstraksi
- Uji Pengaruh Waktu dan Suhu Pemanasan Terhadap Struktur Limbah

PEMBAHASAN

Kajian pemanfaatan limbah padat sumur minyak dari Lapangan Kawengan bertujuan untuk meningkatkan perolehan minyak melalui ekstraksi dengan pemanasan oven. Pemanasan ini bertujuan untuk melelehkan komponen-komponen dalam limbah sehingga dapat diekstraksi dan dimanfaatkan. Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa proses ini tidak memberikan dampak signifikan terhadap perolehan minyak. Dalam penelitian ini, limbah padat sumur minyak dianalisis untuk mengetahui komposisi kimianya. Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah tersebut terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut: *saturate* sebesar 48,84%, *aromatic* 23,59%, resin 25,91%, dan asphalten 1,66%. Meskipun pemanasan oven menyebabkan pelelehan pada limbah padat, proses tersebut tidak menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam perolehan minyak. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pemanasan oven dapat merubah bentuk fisik limbah, namun tidak cukup efektif dalam meningkatkan jumlah minyak yang dapat diperoleh. Selain itu, komposisi limbah yang dominan terdiri dari *saturate* dan resin mungkin mempengaruhi efektivitas proses ekstraksi tersebut. Dengan demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan metode ekstraksi atau mencoba teknik lain yang lebih efisien dalam memanfaatkan limbah padat sumur minyak untuk meningkatkan perolehan minyak.

Deskripsi Hasil Penelitian



Gambar 4. 1 Pengambilan Sampel Limbah Padat

menganalisis komposisi dan potensi dampak terhadap lingkungan. Prosesnya melibatkan pemilihan lokasi strategis, serta penggunaan alat khusus untuk menghindari kontaminasi, langkah ini krusial untuk pengelolaan limbah padat yang efektif untuk mematuhi regulasi lingkungan demi menjaga keberlanjutan ekosistem sekitar. Dengan menggunakan metode ekstraksi untuk memisahkan komponen berbahaya dari limbah, dengan menggunakan bahan *solven* yang dapat membantu memisahkan residu padat dengan alat oven yang dipanaskan, dan fraksi yang dihasilkan untuk mendaur ulang limbah minyak dengan cara yang sederhana.

Dalam melakukan pengujian kandungan logam menggunakan metode EPA 9071 B pada gambar 4.2 untuk mengetahui presentase kandungan minyak (*total petroleum hidrokarbon*) dan alat XRF serta AAS untuk mendefinisikan jenis logam dan jumlah logam yang terkandung. Berdasarkan pengujian didapatkan informasi bahwa TPH sebanyak 48.10% dan kandungan logam yang paling tinggi adalah Barium yaitu, sebanyak 2.2532 mg/L dan logam lainnya dengan jumlah yang relative kecil berupa tembaga 0.0187 mg/L, timbal 0.3832 mg/L dan seng 0.1357 mg/L

Identitas	Penetapan	Hasil	Satuan	Metoda
453/23 (2023011174) Sludge	Sludge			
	TPH	48,10	%	EPA 9071 B
	TCLP			
	Ba	2,2531	mg/L	AAS
	Cd	Nil	mg/L	AAS
	Cr	Nil	mg/L	XRF
	Cu	0,0187	mg/L	AAS
	Pb	0,3832	mg/L	AAS
	Mo	Nil	mg/L	AAS
	Ni	Nil	mg/L	AAS
	Ag	Nil	mg/L	AAS
	Zn	0,1357	mg/L	AAS

Gambar 4. 2 Hasil Analisa Komposisi Kandungan Logam Limbah Padat Minyak

Pada Gambar 4.3 merupakan hasil uji komposisi mineral menggunakan X-ray diffraction dengan diffractometer Rigaku 9 kw dengan setting generator di 100 ma dan 40 kv. Hasilnya memberikan informasi bahwa limbah padat minyak sebanyak 49% merupakan material karbonat dan 51% lainnya merupakan akumulasi dari mineral quartz, plagioclase, chromite dan geothinite. Maka tidak adanya material mineral clay yang mengindikasikan bahwa limbah padat ini murni campuran minyak dan sediment yang sangat homogen, bukan dari faktor adanya mineral clay tersebut. Hasil pengujian tersebut tidak hanya digunakan untuk memahami tingkat kontaminasi limbah minyak tetapi juga untuk memutuskan tindakan pengolahan atau pemulihan yang di perlukan serta memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku di lingkungan dari potensi dampak negatif limbah minyak

NO.	SAMPLE ID	CLAY MINERALS (%)					CARBONATE MINERALS (%)		OTHER MINERALS (%)					TOTAL (%)			REMARK		
		Smectite	Illite-smectite	Illite	Kaolinite	Chlorite	Calcite	Dolomite	Siderite	Quartz	Potash feldspar	Plagioclase	Chromite	Goethite	Pyrite	Clay		Carbonate	Other
1	PEM AKAMIGAS	-	-	-	-	-	14.00	-	35.00	5.00	-	10.00	18.00	18.00	-	0.00	49.00	51.00	

Gambar 4. 3 Hasil Uji Komposisi Mineral Menggunakan X-Ray

Berdasarkan hasil laboratorium, hasil karakteristik minyak Kawengan dapat disimpulkan jenis minyak *Paraffinic* dengan kandungan *Wax* yang cukup tinggi. Nilai API sebesar 36⁰. API memasukan Kawengan dalam kategori minyak sedang. *Waste oil* yang dihasilkan merupakan 48,10% minyak ringan dan 51.9% lainnya adalah waste oil padatan dan zat pengotor lainnya. Sehingga dengan karakteristik waste oil ini dapat dilakukan pengujian lanjut dengan cara diekstrasi untuk memperoleh minyak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

OIL COMPOSITION DATA						
No	Sample	Sample Type	Saturate	Aromatic	Resin	Asphalten
			WT %			
1	K2	Crude Oil	48.84	23.59	25.91	1.66
Remarks Sat : Saturate Fraction Aro : Aromatic Fraction Resin : Non Polar Fraction Asphalten : Non Polar Fraction						

Gambar 4. 4 Data Komposisi Waste Oil

Gambar 4.4 merupakan hasil data komposisi limbah minyak pada laboratorium dengan komposisi Saturate 48.84%, Aromatic 23.59%, Resin 25.91%, Asphalten 1.66%. *Saturated hydrocarbons* merupakan hidrokarbon yang jenuh dengan hidrogen. Hidrokarbon jenuh ini umumnya tidak volatil karena ikatannya yang stabil akan tetapi volatilitasnya bergantung pada ukuran molekulnya. Hidrokarbon yang terdapat pada limbah ini memiliki derajat API yang tinggi yaitu 36° API dengan demikian termasuk pada minyak ringan atau *light crude oil* dengan jumlah gas terlarut yang tinggi. Hal ini memungkinkan gas pada *crude oil* ini untuk terbebas pada suhu ruangan.

Aromatic hydrocarbons merupakan komposisi hidrokarbon yang tidak jenuh dan memiliki cincin benzena satu atau lebih, dimana banyaknya cincin benzena ini mempengaruhi berat dari molekulnya. Selain itu, titik didih dari *aromatic hydrocarbons* lebih tinggi sehingga mengurangi volatilitasnya. Resin adalah campuran hidrokarbon dengan berat molekul tinggi dan dibandingkan dengan aromatik, resin lebih berat dan polar dari aromatik sehingga mengurangi volatilitas dari *crude oil*. *Asphaltenes* merupakan komposisi yang paling berat pada hidrokarbon namun dengan jumlah 1.66%, tidak memiliki signifikansi terhadap sampel. Dengan demikian, ketiga komposisi kimia ini dapat mempengaruhi viskositas dan densitas dari *crude oil* berdasarkan banyaknya konsentrasi yang terkandung pada sampel.

Ekstraksi yang dilakukan menggunakan prosedur pemanasan sederhana dimana limbah padat minyak ini dipanaskan untuk memisahkan total hidrokarbon sebesar 48.10% pada sampel *waste oil*. Setelah dipanaskan, didapatkan hasil dimana minyaknya terpisah dari sampel limbah namun kembali lagi mengeras seperti kondisi awalnya pada suhu ruangan. Hal ini dikaitkan dengan komposisi dari *crude oil* yang didapatkan pada sampel, dimana terkandung sebesar 48.84% *saturated oil* dan sebesar 49.5% kandungan aromatik dan resin serta 1.66% kandungan aspal. Dengan besar kandungan *saturated oil* dan besarnya derajat API dari sampel yaitu 36° yang banyak mengandung fraksi ringan, disimpulkan bahwasanya sebagian dari fraksi ringan tersebut yaitu gas terlarut telah terbebas dari sampel, meninggalkan padatan yang terdiri dari fraksi berat serta zat pengotor atau impurities yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Komposisi aromatik dan resin juga berpengaruh pada hasil ekstraksi yang dilakukan dimana keberadaan kedua komposisi ini memberikan pengaruh terhadap viskositas serta volatilitas sampel. Interaksi antara kedua komposisi ini dengan zat pengotor pada sampel *waste oil* dapat menjelaskan hasil

dari uji ekstraksi yang dilakukan dimana aromatik ini meningkatkan viskositas dan resin dapat membentuk suatu jaringan dengan komponen lain yang mengakibatkan sampel *waste oil* yang dipanaskan kembali lagi mengeras pada suhu ruangan.

Dengan demikian, fraksi ringan pada 48.84% *saturated oil* terlepas dari padatan dan fraksi berat sampel sedangkan aromatik dan resin dengan jumlah yang lebih besar yaitu 49.5% bertanggung jawab terhadap pengerasan *crude oil* yang terjadi pada sampel di suhu ruangan.

Dari hasil uji ekstraksi tersebut, didapatkan bahwasanya hasil yang diperoleh tidak signifikan dengan pemanasan sederhana menggunakan oven dan diperlukan uji lanjutan dengan pertimbangan terhadap komposisi minyak serta zat pengotor yang terdapat pada sampel.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian *waste oil* yang telah dilakukan maka dapat mengambil kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil uji komposisi minyak yang diperoleh, dengan saturate, 48.84%, aromatic 23.59, Resin 25.91% dan Asphaltene 1.66% dimana komposisi ini memiliki pengaruh terhadap hasil uji ekstraksi hidrokarbon dari *waste oil*.
2. Metode ekstraksi dengan pemanasan sederhana menggunakan oven memberikan hasil yang tidak signifikan dimana minyak yang diekstraksi kembali mengeras. Setelah dipanaskan, fraksi ringan minyak yang *saturated* terlepas sedangkan fraksi berat, resin dan aromatik, serta zat pengotor berpengaruh terhadap pengerasan sampel pada suhu ruangan.

Diharapkan bagi peneliti selanjutnya yang akan meneliti terkait dengan inovasi pemanfaatan limbah padat sumur minyak di Lapangan Kawengan untuk meningkatkan produksi minyak dapat dilakukan dengan metode lain atau sesuai dengan karakteristik *waste oil*.

REFERENSI

- Afiuddin, Ahmad Erlan, and Arga Kurniawan Dwi. 2018. "Studi Perbaikan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 Sesuai Dengan Limbah Yang Dihasilkan Dan Peraturan Terbaru Di PT. X." *IPTEK Journal of Proceedings Series* 0(1):78–84. doi: 10.12962/j23546026.y2018i1.3350.
- Akhmad, R. et al. (2020). "Pengelolaan Limbah Padat Minyak Bumi dengan Metode Ekstraksi."
- API (American Petroleum Institute). (2020). API Standards for Oil and Gas Waste Management.
- Arifin, M., & Hartono, T. (2019). "Manajemen Limbah Padat dalam Industri Migas". *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 12(2), 145-152.
- Basel Convention Secretariat*. (2022). *Overview of Hazardous Waste Management Guidelines*.
- Damanhuri, E.; Adrismar (2001). Beberapa Karakteristik *Oil Sludge* Serta Alternatif Pemanfaatannya. *Journal of JTM*. Vol 8. No 3. 304 - 312.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. (2020). Pedoman Pengelolaan Limbah Migas. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Fatimah, Is, and Karna Wijaya. 2005. "Sintesis Tio₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi." *Teknoin* 10(4):257–67. doi: 10.20885/teknoin.vol10.iss4.art4.
- Haryanto, B. (2020). "Dampak Emisi Gas Rumah Kaca dari Limbah Industri". *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(1), 22-30.
- Ii, B. A. B., and Landasan Teori. 1933. "Institut Teknologi Nasional | 10." 10–17.
- ISO (International Organization for Standardization). (2015). ISO 14001: Environmental Management Systems.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2020). Regulasi Pengelolaan Limbah Migas. Jakarta.
- KLHK (2023). "Pedoman Pengelolaan Limbah B3 pada Industri Migas."
- Lestari, Sulistyani. 2008. "Implementasi Peraturan Menteri Esdm Nomor 1 Tahun 2008 Tentang Pedoman Pengusahaan Pertambangan Minyak Bumi Pada Sumur Tua Terhadap Pengelolaan Sumur Tua." e-ISSN:2988-4977

Lppm.Usb.Ac.Id (22):40–46.

- Nuzulia, Atina. 1967. “*済無*No Title No Title No Title.” *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. 5–24.
- Permana, H., & Santoso, B. (2022). Kajian Pemanfaatan Limbah Migas di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(3), 200-215.
- Prasetya, B.; Sudijono; Kasinoputro, P. (2006). Pemanfaatan Lumpur Minyak untuk Pembuatan Komposit Berserat Lignoselulosa. *Jurnal Tropical Wood Science & Technology*. Vol 4. No 1. 9 - 13.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.10 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah B3
- Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. 1999. Jakarta
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. P.74/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2019 tentang Limbah B3.
- Permana, A. & Santoso, B. (2022). Kajian Pengelolaan Limbah Migas di Indonesia. *Jurnal Teknologi Migas*.
- Purwanto, A. et al. (2021). "Pengelolaan Limbah Padat dengan Metode Pemanasan di Lapangan Minyak Kawengan."
- PT. Pertamina (2001). Pedoman Pengelolaan Limbah *Sludge* Minyak Pada Kegiatan Operasi Pertamina. Jakarta: Pertamina.
- Smith, J., & Doe, R. (2019). *Recycling of Solid Waste from Oil Fields: A Case Study*. *Journal of Environmental Engineering*, 123(4), 456-472.
- Sulistiyono, Suntoro, and M. Masykuri. 2012. “Kajian Dampak Tumpahan Minyak Dari Kegiatan Operasi Kilang Minyak Terhadap Kualitas Air Dan Tanah (Studi Kasus Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu).” *Jurnal Ekosains* 4(2):23–34.
- Susilawati, R., & Suryadi, T. (2020). "Pengelolaan Limbah Berbahaya pada Industri Minyak". *Jurnal Sumber Daya Alam*, 15(3), 289-298.
- Speight, J.G. (2011). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. CRC Press.
- Studi Kawengan. (2020). Analisis Pengelolaan Limbah Padat di Lapangan Kawengan.
- Syafruddin, Utami &. 2014. “Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.” *European Journal of Endocrinology* 171(6):727–35.
- Tissot, B.P., & Welte, D.H. (2012). *Petroleum Formation and Occurrence*. Springer-Verlag.
- Wang, X., et al. (2020). *Advanced Hydrocarbon Recovery Techniques from Solid Oil Waste*. *Energy and Fuels*, 34(7), 9856-9867.
- Zhang, H., et al. (2020). "Ultrasonic Extraction for Oil Recovery from Drilling Waste". *Energy Science Journal*, 25(4), 305-312.
- Zulkifliani, Zulkifliani. 2022. “Penanggulangan Tanah Terkontaminasi Oleh Limbah Minyak Dari Kilang/Unit Pengolahan Dengan ‘Bios Oil Removal’ Pada Skala Laboratorium (Tahap-I).” *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi* 38(3):30–33. doi: 10.29017/lpmgb.38.3.760.