



LPMGB JURNAL

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI

ISSN : 2089-3396

e-ISSN : 2598-0300



VOL. 59 NO. 2 AGUSTUS 2025

TERAKREDITASI RISTEK DIKTI
NO.177/E/KPT/2024

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI

Volume 59, No. 2, Agustus 2025

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi adalah media untuk penyebarluasan informasi kegiatan penelitian, pengembangan, perekayasa teknologi dan pengkajian di bidang minyak dan gas bumi.

Penanggung Jawab	: Ir. Mustafid Gunawan, M.E. (Perencanaan dan Kebijakan Publik, Indonesia)
Pemimpin Redaksi	: Prof. Dr. Ir. Bambang Widarsono, M.Sc. (Teknik Perminyakan, Indonesia)
Wakil Pemimpin Redaksi	: Basuki, S.Kom., M.S.E. (Ekonomi, Indonesia) Dr. Setyo Widodo (Teknik Kimia, Indonesia)
Redaktur Pelaksana	: Purwo Subagiyo, S.E. (Ekonomi, Indonesia)
Dewan Redaksi	: 1. Prof. Dr. Maizar Rahman (Teknik Kimia, Indonesia) 2. Dr. Mudjito (Geologi Perminyakan, Indonesia) 3. Prof. M. Udiharto (Biologi, Indonesia) 4. Dr. Adiwari (Teknik Proses Separasi, Indonesia) 5. Dr. Oberlin Sidjabat (Teknik Kimia dan katalis, Indonesia)
Redaktur Harian	: Nurhadi Setiawan, A.Md. (LEMIGAS, Indonesia)
Editor Bahasa	: 1. Ferry Imanuddin Sadikin, S.T., M.E. (Teknik Elektro, LIPI-Indonesia) 2. Windy Permata Luvian, S.I.P. (LEMIGAS, Indonesia)
Desain Tata Letak dan OJS	: Andry Hidayat, S.Kom. (LEMIGAS, Indonesia)
OJS Administrator Web	: Yasdi Pramesti S.Kom. (LEMIGAS, Indonesia)
Sirkulasi	: Wulandari Dianningtyas, S.E., M.A.B. (LEMIGAS, Indonesia)
Fotografer	: Dicky Christian Fransiscus, S.Sos. (LEMIGAS, Indonesia)
Penerbit	: LEMIGAS
Pencetak	: Grafika LEMIGAS.

Alamat Redaksi

LEMIGAS Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230. Tromol Pos: 6022/ KBYB-Jakarta 12230, INDONESIA, STT: No. 119/SK/DITJEN PPG/STT/1976, Telepon: 62-21-7394422 - ext. 1222, 1274, Faks: 62 - 21 - 7246150, E-mail: jurnal.lemigas.esdm.go.id; Website: www.journal.lemigas.esdm.go.id

Majalah Lembaran Publikasi LEMIGAS (LPL) diterbitkan sejak tahun 1970 yang telah berganti nama menjadi Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi (LPMGB), terbit 3 kali setahun pada bulan April, Agustus dan Desember. Redaksi menerima Karya Tulis Ilmiah tentang hasil-hasil Penelitian, yang erat hubungannya dengan Penelitian Minyak dan Gas Bumi.

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI

Volume 59, No. 2, Agustus 2025

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi adalah media untuk penyebarluasan informasi kegiatan penelitian, pengembangan, perekayasa teknologi dan pengkajian di bidang minyak dan gas bumi.

- Redaksi Ahli** : 1. Dr. Junita Trivianti Musu (Geologi, Indonesia)
2. Dr. Humbang (Geofisika, Indonesia)
3. Christina Ani Setyaningsih, Ph.D. (Palinologi dan Perubahan Lingkungan, Indonesia)
4. Dr. Riesta Anggarini (Teknik Mesin, Indonesia)
5. Dr. Rachmi Kartini (Teknik Perminyakan, Indonesia)
6. Dr. Cut Nanda (Bioproses, Indonesia)
7. Dr. Usman, M.Eng. (Teknik Perminyakan, Indonesia)
8. Dr. Tri Muji Susantoro (Geodesi and Geomatik, Indonesia)
9. Himawanto, S.T., M.Hum. (Ilmu Perpustakaan, Indonesia)

- Mitra Bestari** : 1. Prof. Dr. Bambang Widarsono, M.Sc. (Teknik Perminyakan, Indonesia)
2. Prof. Dr. Maizar Rahman (Teknik Kimia, Indonesia)
3. Prof. Dr. Istadi, S.T., M.T. (Teknik Kimia, Indonesia)
4. Dr. Mudjito (Geologi Perminyakan, Indonesia)
5. Prof. M. Udiharto (Biologi Indonesia)
6. Dr. Adiwir (Teknik Proses Saparasi, Indonesia)
7. Dr. Oberlin Sidjabat (Teknik Kimia dan Katalis, Indonesia)
8. Dr. Usman, M.Eng. (Teknik Perminyakan, Indonesia)
9. Dr. Eko Budi Lelono (Ahli Panilogi, Indonesia)
10. Prof. Dr. Septorarno Siregar (Teknik Perminyakan, Indonesia)
11. Prof. Dr. R.P. Koesoemadinata (Teknik Geologi, Indonesia)
12. Prof. Dr. M. Kholil (Pengelolaan Lingkungan Hidup, Indonesia)
13. Prof. Renanto, Ph.D. (Teknik Kimia, Indonesia)
14. Prof. Pudji Permadi, Ph.D. (Teknik Reservoir, Indonesia)
15. Bagas Pujilaksono, Ph.D. (Teknik Fisika, Indonesia)
16. Dr. Dedy Kristanto, M.Sc., Ph.D. (Teknik Perminyakan, Indonesia)
17. John G. Kaldi, M.Sc., Ph.D. (Geologi/Petrofisika, Australia)

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi diterbitkan oleh LEMIGAS. **Penanggung Jawab** : Ir. Mustafid Gunawan, M.E., **Wakil Pemimpin Redaksi** : Dr. Setyo Widodo.

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI

Volume 59, No. 2, Agustus 2025

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi adalah media untuk penyebarluasan informasi kegiatan penelitian, pengembangan, perekayasa teknologi dan pengkajian di bidang minyak dan gas bumi.

18. Dr. Robert John Morley (Palinologi dan Stratigrafi, Australia)
19. Dr. Ulrike Schacht (Kimia Geo Kelautan, Australia)
20. Dr. Ing. KRT. Nur Suhascaryo (Teknik Perminyakan, Indonesia)
21. Dr. Ing. Suhendra (Teknik Perminyakan, Indonesia)
22. Dr. Eng. Utomo Pratama Iskandar, M. Eng. (Teknik Perminyakan, Indonesia)
23. Dr. Junita Trivianty Musu (Teknik Perminyakan, Indonesia)
24. Dr. Hyundon Shin (Teknik Perminyakan, Korea Selatan)
24. Dr. Noor Cahyo D. Aryanto (Geologi Eksplorasi dan Petrologi Geokimia, Indonesia)
26. Dr. Valentina Alvarez (Palinologi dan Lingkungan, Chili)
27. Prof. Ryozo Noguchi (Analisa Sistem Energi, Jepang)
28. Dr. Maman Hermana (Teknik Geofisika, Indonesia)
29. Dr. Luky Hendraningrat (Teknik Perminyakan, Indonesia)
30. Dr. Mont. Anda Lucia (Teknik Kimia, Indonesia)
30. Cahyo Setyo Wibowo (Teknik Mesin, Indonesia)
32. Dr. Setyo Wibowo (Teknik Kimia, Indonesia)
33. Dr. Muh. Kurniawan (Teknik Kimia, Indonesia)
34. Dr. Nofrizal (Teknik Kimia, Indonesia)
34. Riesta Anggarani (Teknik Mesin, Indonesia)
35. Dr. Tri Mudji Susantoro (Geodesi and Geomatik, Indonesia)
36. Dr. Tito Wijayanto (Teknik Kimia, Indonesia)
37. Prof. Dr. Ing. Markus Lehner (Teknik Kimia, Austria)
37. Christina Ani Setyaningsih, Ph. D (Palinologi dan Perubahan Lingkungan, Indonesia)
40. Dr. Edy Wijarnako (Teknik Geofisika, Indonesia)
41. Dr. Rachmi Kartini (Teknik Perminyakan, Indonesia)
42. Dr. Nuning Vita Hidayati, M. Si. (Biodegradasi dan Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi, Indonesia)

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi diterbitkan oleh LEMIGAS. **Penanggung Jawab** : Ir. Mustafid Gunawan, M.E., **Wakil Pemimpin Redaksi** : Dr. Setyo Widodo.

PENGANTAR

Pembaca yang Budiman,

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi (LPMGB) adalah majalah berbahasa Indonesia yang dikelola oleh Balai Pengujian Migas LEMIGAS dalam menyebarluaskan informasi kegiatan penelitian, pengembangan teknologi, studi kasus, dan pengujian laboratorium di industri migas yang diterbitkan 3 (tiga) volume setiap tahun.

Awal diterbitkan LPMGB pada tahun 1970 yang dahulunya bernama Lembaran Publikasi LEMIGAS (LPL). Sejak tahun 2004 Jurnal LPL berganti nama menjadi Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi (LPMGB). Sedangkan pada tahun 2023, Jurnal LPMGB tengah melakukan reakreditasi kembali pada sistem Research and Technology DIKTI Science and Technology Index (SINTA)

Kali ini Lembaran Publikasi Minyak dan Gas bumi menerbitkan Volume 59 Edisi Agustus Tahun 2024. Pada Edisi ini membahas 5 topik naskah ilmiah yang telah melalui review Redaksi Ahli dan Mitra Bestari Jurnal LEMIGAS yang berpengalaman dan kompeten di bidangnya.

Dewan Redaksi dan Redaksi menyampaikan terima kasih kepada para Mitra Bestari, Redaksi Ahli dan Penulis yang telah berkontribusi pada Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Edisi pertama ini.

Jakarta, Agustus 2025

Dewan Redaksi

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI

Volume 59, No. 2, Agustus 2025

DAFTAR ISI

PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
LEMBAR ABSTRAK	ix-xiv
Potensi Mineral Silika Pulau Rupa sebagai <i>Proppant</i> Alami Berdasarkan Kriteria API 19C. Novrianti, Rezi Indra, Dike Fitriansyah Putra, dan M. Ridha Fikri.	1 - 10
Analisis Pengaruh Temperatur, pH dan Laju Alir Terhadap Pembentukan <i>Scale</i> . Mawar Natasya Marbun, Nijusiho Manik, dan Abdul Gafar Karim	11 - 20
Perbandingan Metode GC-FID dan FTIR-ATR Untuk Penentuan Kadar Biodiesel Dalam Biosolar. Handajaya Rusli, Annisa Efendi, dan Sylvia Ayu Bethari.	21 - 28
Pengaruh Pemakaian <i>Demulsifier</i> A Dan B Terhadap <i>Crude Oil</i> Lapangan Kb Dengan Metode <i>Bottle Test</i> Erik Indra Putra.	29 - 36
Evaluasi <i>Primary Cementing</i> pada <i>One Phase Well</i> Pada Sumur Gelagah 01 Lapangan Tunjuk KRT. Nur Suhascaryo, I Komang Nik Bhasika Kumara, dan Anton Budi Prasetyo.	37 - 47

LEMBAR ABSTRAK

ISSN : 2089-3396

e-ISSN : 2598-0300

Terbit: April 2025

Kata Kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembaran Abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya.

Novrianti¹, Rezi Indra¹, Dike Fitriansyah Putra¹, dan M. Ridha Fikri^{1,2}, (¹Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Jalan Kaharuddin Nst No 113 Pekanbaru, Riau, 28284, Indonesia. ²Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10, Lb, Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat, 40132, Indonesia.); Email: novrianti@eng.uir.ac.id.

Potensi Mineral Silika Pulau Rupert sebagai Proppant Alami Berdasarkan Kriteria API 19C.

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Vol. 59, No. 2, Agustus 2025, hal. 1-10.

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi kelayakan mineral silika dari Pulau Rupert, Riau, sebagai kandidat proppant alami untuk aplikasi hydraulic fracturing, berdasarkan spesifikasi API RP19C. Pengujian melibatkan tiga sampel, yaitu mineral silika Pulau Rupert tanpa modifikasi, mineral silika Pulau Rupert coated resin 5 %, dan mineral silika Pulau Rupert coated resin 10 %. Karakteristik utama yang diuji meliputi roundness dan sphericity, bulk density, turbidity, acid solubility, dan crush resistance. Hasil penelitian menunjukkan bahwa roundness dan sphericity meningkat secara signifikan dengan coated resin, di mana sampel coated 10 % mencapai nilai 0,7 dan memenuhi batas minimum API (>0,6). Semua sampel memiliki nilai bulk density di atas standar minimum API (>1,5 gr/cc), yakni masing-masing 1,53 gr/cc, 1,58 gr/cc, dan 1,60 gr/cc. Nilai turbidity semua sampel juga tergolong rendah, berada pada rentang 20–38 NTU, jauh di bawah batas maksimum 250 NTU. Acid solubility menurun seiring peningkatan fraksi resin, dari 2,8%

(tanpa coating) menjadi 2 % dan 1,2 %, memenuhi ambang batas <3 % sesuai API. Pada uji crush resistance seluruh sampel menunjukkan tingkat kerusakan yang dapat diterima, yaitu 6,7 % pada 2000 psi untuk mineral silika pulau Rupert, serta 9 % dan 8 % pada 6000 psi untuk resin coated mineral silia Pulau Rupert, dengan batas maksimum <10 %.

Kata kunci: *proppant, silica, rupert, api 19c, epoxy.*

ABSTRACT

This study evaluates the suitability of silica sand from Rupert Island, Indonesia, as a natural proppant candidate for hydraulic fracturing applications, based on API RP19C specifications. The investigation involved three samples: unmodified silica sand, 5 % resin-coated sand, and 10 % resin-coated sand. Key properties assessed include roundness and sphericity, bulk density, turbidity, acid solubility, and crush resistance. The results show a significant improvement in roundness and sphericity with resin coating, with the 10 % coated sample reaching a value of 0.7—meeting the API minimum requirement of >0.6. All samples exhibited bulk density values exceeding the API minimum of 1.5 g/cc, specifically 1.53 g/cc, 1.58 g/cc, and 1.60 g/cc, respectively. Turbidity values were also low, ranging from 20 to 38 NTU, well below the API limit of 250 NTU. Acid solubility decreased with increasing resin fraction, from 2.8 % (uncoated) to 2 % and 1.2 %, all within the acceptable API limit of <3 %. In the crush resistance test using 40/70 mesh, all samples demonstrated acceptable levels of particle degradation: 6.7% at 2000 psi for uncoated sand, and 9 % and 8 % at 6000 psi for resin-coated samples—each remaining below the API maximum of 10 %.

Keywords: *proppant, silica, rupert, api 19c, epoxy.*

LEMBAR ABSTRAK

Mawar Natasya Marbun, Nijusiho Manik, dan Abdul Gafar Karim (Teknik Perminyakan Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Jl. Kesatrian Km. 8, Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur 76127.); E-mail: mawarnatasyamarbun@gmail.com.

Analisis Pengaruh Temperatur, pH dan Laju Alir Terhadap Pembentukan Scale

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Vol. 59, No. 2, Agustus 2025, hal. 11-20.

ABSTRAK

Sumur LMN-47 memiliki potensi pembentukan scale paling banyak dibanding dengan sumur lain yang ada di lapangan X dengan nilai Scale Indeks paling tinggi yaitu 1,39. Kondisi sumur ini juga berbeda karena pembentukan scale yang hanya terjadi pada tubing perforatannya dibanding sumur lainnya yang pembentukan scalenya di semua rangkaian pompa. Mekanisme pembentukan scale berkaitan erat dengan kandungan yang ada pada air formasi dan dipengaruhi oleh parameter temperature, pH, dan laju alir. Sehingga perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui pembentukan scale dengan parameter temperature, pH, dan laju alir yang sesuai dengan kondisi aktual pada sumur melalui alat scale simulator. Dari simulasi pada alat scale simulator yang di rancang dengan laju alir 15,2279 liter/menit, pH 7,99 dan suhu 56,29 °C di dapatkan scale karbonat (CaCO_3) yang terbentuk sebanyak 6,14 gram. Hasil analisis yang dilakukan membuktikan bahwa semakin tinggi temperature akan mempercepat laju pertumbuhan scale karbonat (CaCO_3), semakin pH bersifat basa maka scale juga akan semakin cepat bertumbuh demikian juga dengan laju alir yang berbanding lurus dengan temperature dan pH.

Kata Kunci: scale CaCO_3 , alat simulator, temperatur, pH, laju alir.

ABSTRACT

The LMN-47 well has the highest potential for scale formation compared to other wells in Field X, with the highest Scale Index value of 1.39. This well is also unique because scale formation occurs only on the tubing perforation, whereas in other

wells, scale forms throughout the entire pump string. The mechanism of scale formation is closely related to the composition of formation water and is influenced by temperature, pH, and flow rate parameters. Therefore, testing is required to determine scale formation under temperature, pH, and flow rate conditions that match the actual well conditions using a scale simulator tool. From the simulation conducted with a flow rate of 15.2279 liters/minute, pH of 7.99, and temperature of 56.29 °C, 6.14 grams of carbonate scale (CaCO_3) were formed. The analysis results show that the higher the temperature, the faster the growth rate of carbonate scale (CaCO_3). Similarly, the more alkaline the pH, the faster the scale growth, and the flow rate is directly proportional to temperature and pH.

Keywords: CaCO_3 scale, Simulator Tool, Temperature, pH, Flow Rate.

Handajaya Rusli¹, Annisa Efendi¹, dan Sylvia Ayu Bethari^{1,2}. (¹Analytical Chemistry Research Group, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha No. 10 Bandung, 40132, Indonesia. ²Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”, Jl. Ciledug Raya No.Kavling 109, Kebayoran Lama, Indonesia.) Email: handajaya@itb.ac.id.

Perbandingan Metode GC-FID dan FTIR-ATR Untuk Penentuan Kadar Biodiesel Dalam Biosolar

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Vol. 59, No. 2, Agustus 2025, hal. 21-28.

ABSTRAK

Biodiesel di Indonesia umumnya berasal dari ester metil asam lemak yang diproduksi dari minyak sawit. Biodiesel telah digunakan sebagai bahan baku dalam produksi biosolar. Saat ini, Indonesia menerapkan B40 yang berarti dalam biosolar terkandung 40 %(v/v) biodiesel. Kandungan biodiesel dapat dianalisa menggunakan Nuclear Magnetic Resonance (NMR), Kromatografi Gas (GC), dan spektroskopi Fourier Transform Infra

LEMBAR ABSTRAK

Merah (FTIR). Saat ini peralatan komersial untuk menentukan komposisi biosolar menggunakan prinsip FTIR. Pada penelitian telah dilakukan pengukuran biodiesel dalam biosolar menggunakan metode FTIR-ATR dan GC-FID. Penelitian dilakukan menggunakan masing-masing dua jenis biodiesel dan dua jenis minyak solar yang dikombinasikan menghasilkan empat variasi berbeda. Penentuan kadar biodiesel dengan metode FTIR-ATR dilakukan berdasarkan luas serapan gugus karbonil (C=O) di 1742 cm^{-1} yang berasal dari biodiesel. Data yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan FTIR-ATR diolah menjadi tiga set bilangan gelombang, yaitu 1692 – 1800 cm^{-1} , 1700 – 1800 cm^{-1} , 1670 – 1851 cm^{-1} sesuai standar ASTM D7371-14(2022) dan rentang 1726 - 1776 cm^{-1} . Analisis menggunakan metode GC-FID dilakukan dengan menggunakan metil heksadekanoat sebagai puncak acuan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa analisis menggunakan GC-FID memberikan linearitas dan akurasi lebih baik pada rentang kadar 1 – 50 % (v/v) biodiesel dalam biosolar.

Kata Kunci: biodiesel, biosolar, FTIR, kromatografi gas.

ABSTRACT

The main source of biodiesel in Indonesia is fatty acid methyl esters (FAME), which are made from palm oil. It is frequently utilized as a blending ingredient in biodiesel-diesel fuel blends, also known as biosolar. Indonesia policy mandated B40 that is biosolar must contain 40% (v/v) biodiesel. The biodiesel content in such blends can be analyzed using several instrumental techniques, including Nuclear Magnetic Resonance (NMR), Gas Chromatography (GC), and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. Among these, commercial instruments for biosolar analysis most commonly rely on FTIR principles. In this study, biodiesel concentration in biosolar is quantified using two analytical methods: FTIR-ATR and GC-FID. The experiment employs two types of biodiesels and two types of diesel fuel, combined to produce four distinct blend variations. FTIR-ATR analysis is based on the absorbance area of the carbonyl (C=O) functional group at 1742 cm^{-1} , which is characteristic of biodiesel.

The FTIR data are processed using three spectral ranges: 1692–1800 cm^{-1} , 1700–1800 cm^{-1} , 1670 – 1851 cm^{-1} those specified in ASTM D7371-14(2022) and 1726–1776 cm^{-1} . For GC-FID analysis, methyl hexadecanoate is used as the reference peak. The results shows that GC-FID provided superior linearity and accuracy across a concentration range of 1–50% (v/v) biodiesel in biosolar.

Keywords: biodiesel, biodiesel, FTIR, gas chromatography

Erik Indra Putra, (Laboratorium Pertamina Hulu Rokan Minas, Minas Jaya, Kecamatan Minas, Kabupaten Siak, Riau 28685, Indonesia.); E-mail: erick.indraputra19052013@gmail.com.

Pengaruh Pemakaian Demulsifier A Dan B Terhadap Crude Oil Lapangan Kb Dengan Metode Bottle Test

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Vol. 59, No. 2, Agustus 2025, hal. 29-36.

ABSTRAK

Emulsi air dalam minyak mentah merupakan tantangan utama dalam proses produksi minyak bumi, terutama pada Lapangan KB yang memiliki karakteristik emulsi stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pengaruh pemakaian dua jenis demulsifier, yaitu demulsifier A dan demulsifier B terhadap crude oil Lapangan KB, dalam menurunkan kadar air dan sedimen (S&W) pada fluida produksi menggunakan metode bottle test. Pengujian dilakukan dengan variasi konsentrasi (0, 200, 300, dan 400 ppm), serta analisis parameter water drop, kualitas air, dan antarmuka minyak-air. Hasil menunjukkan bahwa demulsifier A memiliki efektivitas lebih tinggi dibandingkan demulsifier B, dengan efisiensi demulsifikasi mencapai >95% pada konsentrasi 200 ppm dan penurunan nilai S&W hingga 0.4%. Penambahan dosis hingga 400 ppm hanya meningkatkan efisiensi sekitar 4–5%, namun dengan biaya kimia yang meningkat signifikan. Jika ditinjau segi analisa kualitatif, demulsifier A juga menunjukkan respons yang lebih baik terhadap peningkatan dosis dan menghasilkan antarmuka yang lebih stabil, menjadikannya pilihan yang lebih tepat untuk aplikasi demulsifikasi pada crude oil dengan emulsi stabil.

LEMBAR ABSTRAK

Kata Kunci: demulsifier, emulsi, uji botol, endapan dan air.

ABSTRACT

Water emulsion in crude oil is a major challenge in the petroleum production process, especially in the KB Field which has stable emulsion characteristics. This study aims to evaluate the effectiveness of the use of two types of demulsifiers, namely demulsifier A and demulsifier B on crude oil from the KB Field, in reducing water and sediment (S&W) content in production fluids using the bottle test method. Tests were carried out with various concentrations (0, 200, 300, and 400 ppm), as well as analysis of water drop parameters, water quality, and oil-water interfaces. The results showed that Demulsifier A had a higher effectiveness than Demulsifier B, with demulsification efficiency reaching >95% at a concentration of 200 ppm and a decrease in S&W values of up to 0.4%. Increasing the dosage to 400 ppm only increased efficiency by around 4–5%, but with a significant increase in chemical costs. From a qualitative analysis perspective, demulsifier A also showed a better response to increased dosage and produced a more stable interface, making it a more appropriate choice for demulsification applications in crude oil with stable emulsions.

Keywords: demulsifier, emulsi, bottle test, sediment and water.

KRT. Nur Suhascaryo¹, I Komang Nik Bhasika Kumara² dan Anton Budi Prasetyo³, (¹Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi UPN “Veteran” Yogyakarta, Ngropoh, Condong Catur, Depok, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta 55281, Indonesia. ²Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi UPN “Veteran” Yogyakarta, Ngropoh, Condong Catur, Depok, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta 55281, Indonesia. ³PT. Pertamina, Grha Pertamina, Jl. Medan Merdeka Timur No.11-13 Jakarta 10110 Indonesia.); Email: nur.suhascaryo@upnyk.ac.id

Evaluasi Primary Cementing pada One Phase Well pada Sumur Gelagah 01 Lapangan Tunjuk .

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Vol. 58, No. 2, Agustus 2025, hal. 37-47.

ABSTRAK

Tujuan dari operasi penyemenan adalah untuk melekatkan casing pada dinding lubang sumur. Sumur “Gelagah 01” merupakan sumur minyak yang terletak di lapangan Tunjuk. Pada lapangan ini terletak pada cekungan Sumatera yang terdiri dari cekungan Palembang selatan. Penyemenan pada sumur “gelagah 01” dilakukan pada sumur one phase well merupakan metode pengeboran satu tahap (*one-section*) yang menggunakan *divertermode* dari permukaan hingga kedalaman target reservoir. Evaluasi penyemenan pada sumur “Gelagah 01” dengan metode penyemenan *poor boy* merupakan penyemenan yang sederhana tanpa menggunakan *top plug* dan *bottom plug* dilakukan pada casing *intermediate* 9 5/8 inch dan *single stage dual slurry* merupakan penyemenan yang diawali dengan *bottom plug* dilanjutkan dengan menginjeksikan *lead slurry*, *tail slurry*, *top plug* setelah itu dilanjutkan *displacement* agar mendorong semen agar sampai ke annulus dilakukan pada casing 7 inch . Evaluasi penyemenan yang diawali dengan perencanaan slurry yang meliputi perhitungan *volume slurry* dan *displacement*, perencanaan *additive* dan komposisi yang digunakan dan perencanaan *displacement* proses yang meliputi *placement duration* dan dilakukan analisa CBL (*cement bond log*) dan USIT (*ultra sonic imager tool*). Dengan hasil CBL dan USIT dapat mengetahui secara kuantitatif dan kualitatif kualitas melekatnya semen pada lubang sumur. Pada sumur gelagah 01 lapangan tunjuk terdapat problem seperti *microannulus*, *channeling* dan *freepipe* yang disarankan untuk melakukan *remedial cementing*.

Kata Kunci: *one phase well, penyemenan, evaluasi, single stage cementing.*

ABSTRACT

The purpose of cementing operations is to attach the casing to the wall of the wellbore. The “Gelagah 01” well is an oil well located in the Tunjuk field. This field is located in the Sumatra basin, which consists of the southern Palembang basin. Cementing in the “Gelagah 01” well was carried out in a one-phase well, which is a one-section drilling method that uses a diverter mode from the surface to the target reservoir

LEMBAR ABSTRAK

depth. The cementing evaluation at the “Gelagah 01” well using the poor boy cementing method is a simple cementing method without using a top plug and bottom plug, carried out on 9 5/8 inch intermediate casing and single stage dual slurry, which is a cementing method that begins with a bottom plug followed by injecting lead slurry, tail slurry, top plug, followed by displacement to push the cement into the annulus, performed on the 7-inch casing. Evaluation of cementing, beginning with slurry planning, which includes calculating slurry volume and displacement, planning additives and composition used, and planning displacement processes, which includes placement duration and analysis of CBL (cement bond log) and USIT (ultrasonic imaging tool). The CBL and USIT results can be used to determine the quantitative and qualitative quality of cement adhesion in the wellbore. In the 01 well in the Tunjuk field, there are problems such as microannulus, channeling, and freepipe, which require remedial cementing.

Keywords: one phase well, penyemenan, evaluasi, single stage cementing.



KEMENTERIAN ESDM
DIREKTORAT JENDERAL MIGAS
LEMIGAS

“ YOUR EXCELLENT PARTNER IN OIL AND GAS



LAYANAN PENGUJIAN TEKNIS BLU LEMIGAS

BBPMGB LEMIGAS Direktorat Jenderal Migas berdiri sejak 11 Juni 1965 memberikan pelayanan berupa pengujian teknis untuk mendukung kebijakan-kebijakan yang dikeluarkan oleh Pemerintah. Sejak 1 April 2015 status LEMIGAS adalah Badan Layanan Umum yang dapat melayani KKKS dengan mekanisme tender maupun swakelola.

LEMIGAS memiliki fasilitas berupa 60 Laboratorium Teknis dan 1 Laboratorium Kalibrasi dan pemeliharaan. LEMIGAS telah menerapkan Sistem Manajemen Mutu dan Sistem Manajemen Lingkungan dan K3 dan telah mendapatkan 6 sertifikat akreditasi seperti ISO 14001:2015 (Sistem Manajemen Lingkungan), ISO 45001:2018 (Perencanaan dan Penerapan Sistem K3), ISO/IEC 9001:2015 (Sistem Manajemen Mutu), SNI ISO/IEC 17025:2017 (Standar Kompetensi Laboratorium), SNI ISO/IEC 17065:2012 (Standar Kompetensi Laboratorium) dan SNI ISO/IEC 17043:2010 (Standar Kompetensi Laboratorium).

Pelayanan LEMIGAS meliputi Jasa Laboratorium, Jasa Studi, Konsultasi Tenaga Ahli dan Penyewaan Aset. Adapun beberapa sektor layanan LEMIGAS adalah: Eksplorasi, Eksploitasi, Pengelolaan Minyak Bumi, Aplikasi Produk, Pengolahan Gas Bumi, Kalibrasi dan Uji Profisiensi, Tekno Ekonomi dan Pengembangan Bisnis serta Layanan Pendukung.

SEKTOR LAYANAN LEMIGAS

01 EKSPLORASI

Divisi Eksplorasi memberikan pelayanan berupa pengujian teknologi di bidang ketumisan. Beberapa fasilitas laboratorium yang dimiliki antara lain: Sedimentologi, Geokimia, Biostratigrafi, Geofisika dan RS-GIS. Selain fasilitas laboratorium Divisi Eksplorasi memiliki peralatan yang dapat disewakan seperti Super Komputer, Drone Multispectral-Hyperspectral and RGB Camera, Laboratorium Onsite Biostratigrafi, Core Storage dan Geolistrik. Selain pelayanan pengujian teknis melalui laboratorium dan penyewaan alat Divisi Eksplorasi juga dapat melayani jasa konsultasi dari tenaga ahli geologi, geofisika dan RS-GIS dibidang eksplorasi migas seperti joint study, geologi dan geofisika, pemodelan cekungan, biostratigrafi dan siklus stratigrafi, geomekanik, perhitungan sumberdaya migas serta pekerjaan lapangan geologi. Pengalaman Divisi Eksplorasi dalam layanan laboratorium dan studi terkini adalah Studi Bersama Blok Lavender dengan PHE(2023), Joint Studi Selat Malaka Utara dengan Petronas-PHE(2022), Studi G&G Area Sangkar dengan Saka Energy (2021) dan masih banyak studi laboratorium sejak dekade 80an.



02 EKSPLOITASI

Divisi Eksploitasi memberikan pelayanan berupa pengujian teknologi di bidang pengurasan migas. Divisi Eksploitasi dilengkapi dengan beberapa laboratorium seperti Evaluasi Formasi, PVT, Pemboran dan Produksi serta EOR. Divisi Eksploitasi berpengalaman dalam berbagai studi seperti Pengembangan Lapangan (POD), Sertifikasi Cadangan, EOR, Waterflood, Optimasi Produksi dan Stimulasi Sumuran. Divisi Eksploitasi juga memberikan pelayanan berupa penyewaan alat seperti RIG Hidrolik, Digital Well Analyzer, Electronic Medical Record, Truck Crane, Canister Tube, dll. Pengalaman terkini Divisi Eksploitasi diantaranya: Studi Chemical EOR di Lapangan Kaji Semoga, studi pemetaan potensi CO2 di seluruh Indonesia, studi CCUS Jambi Sojitz Corporation, studi pengembangan supercritical CO2, studi laboratorium untuk ASP flooding di Lapangan Minas, dll.



03 PENGOLAHAN MINYAK BUMI

Divisi Pengolahan Minyak Bumi melakukan pengujian pengolahan minyak. Divisi ini dilengkapi dengan fasilitas laboratorium seperti Laboratorium Pemisahan Minyak Bumi Dan Produknya, Uji Sifat Fisika Minyak Bumi Dan Produknya, Uji Sifat Kimia Minyak Bumi Dan Produknya, Komposisi Minyak Bumi Dan Produknya, Engineering Dan Pemodelan Serta Lingkungan dan Bioteknologi. Divisi ini menyewakan alat berupa Biodiesel Plant, Unit Pengelolaan Tanah yang Terkontaminasi, Reaktor Turbin untuk Proses Cracking, Unit Membran dan Mobile Laboratory. Selain pelayanan atas Divisi Pengolahan Minyak Bumi juga memiliki Tenaga Ahli dalam bidang pengujian minyak bumi dan produknya, akreditasi laboratorium, lingkungan, studi kelayakan, process engineer, petugas sampling minyak bumi, kondensat, bahan bakar dan air. Divisi Pengolahan Minyak Bumi berpengalaman dalam berbagai studi seperti crude assay, oil discrepancy, flow assurance, peningkatan mutu, spesifikasi bahan bakar, verifikasi cadangan, inventori & supply chain, EBA, ESA, UKL-UPL, RSSA dan simulasi fasilitas permukaan & unit pengolahan minyak bumi, dll.



04 APLIKASI PRODUK

Divisi Aplikasi Produk melaksanakan pengujian karakteristik bahan bakar minyak bumi dan produknya, biofuel, bioteknologi, pemodelan dan teknologi lingkungan. Divisi Aplikasi Produk memiliki laboratorium antara lain: Lab. Karakteristik Bahan Bakar, Karakteristik Nre-Biofuel, Performance, Karakteristik Pelumas, Lubricant Semi-Performance, Minyak Rem dan Oli Transmisi, Lube Oil Blending Plant (LOBP) dan Laboratorium Implementasi Industri. Divisi Aplikasi Produk juga memberikan pelayanan LS-Pro Hilir Migas di bidang Sertifikasi Pelumas, Sertifikasi Gas dan Sertifikasi Kompor. Divisi Aplikasi Produk juga memiliki Tenaga Ahli untuk evaluasi produk hilir migas dan berpengalaman dalam berbagai pengujian seperti: uji jalan bahan bakar B20, B30 dan B40 pada mesin diesel, implementasi B20 dan B30 pada bidang pertambangan, agribisnis, angkatan laut dan kereta api, implementasi B30D10 untuk mesin kapal, kesesuaian karakteristik dan material untuk bio after (J2-4), karakterisasi dan utilisasi DME dan campuran DME, dll.



05 TEKNOLOGI GAS

Divisi Teknologi Gas melaksanakan pengujian di bidang perancangan infrastruktur produksi dan pemanfaatan gas dan turut mendukung kebijakan pemerintah dalam berbagai kebijakan terkait pemanfaatan gas. Divisi Teknologi Gas dilengkapi dengan laboratorium pengujian kualitas LPG, LNG, merkuri, metal, korosi, material dan silinder. Divisi Teknologi Gas berpengalaman dalam studi adsorben untuk pemetaan geokimia, formulasi dan karakterisasi LPG, DME dan campuran berbagai gas, korosi gas losses pada jalur pipa, studi kelayakan, fasilitas gas, jaringan pipa, gas swar, analisis kegagalan material dan studi pemasangan gas. Divisi Teknologi Gas juga melayani penyewaan alat berupa peralatan tomografi, LNG cylinder, alternating current field measurement. Divisi Teknologi Gas memiliki pengalaman diantaranya kajian pemanfaatan LNG di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (2022), kajian pendalaman perencanaan penitangan pipa transmisi Cirebon-Semarang tahap II (Ruas Batang - Cirebon) (2022), uji stabilitas etil merkaptan dalam DME dengan variasi konsentrasi serta pengaruhnya terhadap total sulfur copper strip corrosion dan sniff test (2022), dll.



06 KALIBRASI DAN UJI PROFISIENSI

Divisi Kalibrasi melaksanakan Kalibrasi terhadap peralatan laboratorium, verifikasi alat, perawatan dan perbaikan peralatan pendukung laboratorium. Divisi Kalibrasi menunjang kebijakan pemerintah dengan melakukan verifikasi terhadap hasil pengujian laboratorium dan merupakan lembaga sertifikasi profesiensi terkait dengan penjaminan mutu produk Hilir Migas seperti bahan bakar dan pelumas. Divisi Kalibrasi didukung oleh fasilitas laboratorium berupa laboratorium kalibrasi suhu, massa, volume, tekanan, instrumentasi dan mekanik. Divisi Kalibrasi juga menyelenggarakan workshop terkait dengan program jaminan mutu, pedoman mutu yang sesuai dengan ISO/SNI. Pengalaman Divisi Kalibrasi diantaranya melakukan kalibrasi peralatan laboratorium di beberapa KKKS seperti Pertamina Hulu Rokan, Pertamina Hulu Kalimantan Timur, Pertamina Hulu Mahakam, Kilang Pertamina Internasional Unit Cilacap, Chevron Pacific Indonesia, dll.



07 TEKNO EKONOMI DAN PENGEMBANGAN BISNIS

Divisi ini melaksanakan berbagai studi terkait kebijakan dan tekno ekonomi di sektor energi. Kajian yang pernah dilaksanakan antara lain: kajian keekonomian dalam POD lapangan migas, kajian HIP produk kilang BBM, analisis perhitungan harga minyak mentah ICP, kajian harga gas, perhitungan tarif tol pipa gas, keekonomian produk hilir migas, manajemen proyek migas dan kajian pembangunan infrastruktur. Kajian kebijakan yang pernah dilaksanakan berupa kajian ekonomi makro dengan metode computable general equilibrium (CGE) dan tes stres keamanan energi nasional.



08 LAYANAN PENDUKUNG

Selain pelayanan teknologi, LEMIGAS sebagai Badan Layanan Umum juga menyediakan penyewaan aset perkantoran seperti ruang kantor, ruang meeting, ballai pertemuan yang berlokasi di area perkantoran LEMIGAS Cipulir, Jakarta Selatan dan penyewaan wisma LEMIGAS di daerah Puncak Bogor, Jawa Barat.



Potensi Mineral Silika Pulau Rupat sebagai *Proppant* Alami Berdasarkan Kriteria API 19C

Novrianti¹, Rezi Indra¹, Dike Fitriansyah Putra¹, dan M. Ridha Fikri^{1,2}

¹Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau,
Jalan Kaharuddin Nst No 113 Pekanbaru, Riau, 28284, Indonesia.

²Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan,
Institut Teknologi Bandung.

Jl. Ganesha No.10, Lb, Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat, 40132, Indonesia.

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
09 Juni 2025

Diterima setelah
perbaikan:
27 Juni 2025

Disetujui terbit:
02 Juli 2025

Kata Kunci:

proppant
silika
rupat
API 19c
epoxy

Penelitian ini mengevaluasi kelayakan mineral silika dari Pulau Rupat, Riau, sebagai kandidat proppant alami untuk aplikasi *hydraulic fracturing*, berdasarkan spesifikasi API RP19C. Pengujian melibatkan tiga sampel, yaitu mineral silika Pulau Rupat tanpa modifikasi, mineral silika Pulau Rupat coated resin 5 %, dan mineral silika Pulau Rupat coated resin 10 %. Karakteristik utama yang diuji meliputi *roundness* dan *sphericity*, *bulk density*, *turbidity*, *acid solubility*, dan *crush resistance*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *roundness* dan *sphericity* meningkat secara signifikan dengan *coated resin*, di mana sampel *coated* 10 % mencapai nilai 0,7 dan memenuhi batas minimum API (>0,6). Semua sampel memiliki nilai *bulk density* di atas standar minimum API (>1,5 gr/cc), yakni masing-masing 1,53 gr/cc, 1,58 gr/cc, dan 1,60 gr/cc. Nilai *turbidity* semua sampel juga tergolong rendah, berada pada rentang 20–38 NTU, jauh di bawah batas maksimum 250 NTU. *Acid solubility* menurun seiring peningkatan fraksi resin, dari 2,8% (tanpa *coating*) menjadi 2 % dan 1,2 %, memenuhi ambang batas <3 % sesuai API. Pada uji *crush resistance* seluruh sampel menunjukkan tingkat kerusakan yang dapat diterima, yaitu 6,7 % pada 2000 psi untuk mineral silika Pulau Rupat, serta 9 % dan 8 % pada 6000 psi untuk *resin coated* mineral silika Pulau Rupat, dengan batas maksimum <10 %.

ABSTRACT

This study evaluates the suitability of silica sand from Rupat Island, Indonesia, as a natural proppant candidate for hydraulic fracturing applications, based on API RP19C specifications. The investigation involved three samples: unmodified silica sand, 5 % resin-coated sand, and 10 % resin-coated sand. Key properties assessed include roundness and sphericity, bulk density, turbidity, acid solubility, and crush resistance. The results show a significant improvement in roundness and sphericity with resin coating, with the 10 % coated sample reaching a value of 0.7—meeting the API minimum requirement of >0.6. All samples exhibited bulk density values exceeding the API minimum of 1.5 g/cc, specifically 1.53 g/cc, 1.58 g/cc, and 1.60 g/cc, respectively. Turbidity values were also low, ranging from 20 to 38 NTU, well below the API limit of 250 NTU. Acid solubility decreased with increasing resin fraction, from 2.8 % (uncoated) to 2 % and 1.2 %, all within the acceptable API limit of <3 %. In the crush resistance test using 40/70 mesh, all samples demonstrated acceptable levels of particle degradation: 6.7% at 2000 psi for uncoated sand, and 9 % and 8 % at 6000 psi for resin-coated samples—each remaining below the API maximum of 10 %.

© LPMGB - 2025

Korespondensi:

E-mail: novrianti@eng.uir.ac.id (Novrianti)

PENDAHULUAN

Hydraulic fracturing merupakan teknik stimulasi sumur yang digunakan untuk memecah formasi dengan permeabilitas rendah, sehingga meningkatkan permeabilitas dan produktivitas reservoir hidrokarbon (Economides & Nolte 1989). *Hydraulic fracturing* memainkan peran penting dalam meningkatkan laju alir minyak dan gas dengan menciptakan rekahan yang berfungsi sebagai jalur alir pada formasi dengan permeabilitas rendah (B. Chen et al., 2022). Penggunaan teknik ini telah memberikan dampak positif yang signifikan terhadap industri perminyakan selama dua dekade terakhir, dan berkontribusi pada keberhasilan eksploitasi sumber daya minyak dan gas (Sahai & Moghanloo 2019).

Dalam pelaksanaannya, *hydraulic fracturing* membutuhkan penggunaan proppant, yaitu material yang berfungsi untuk menjaga agar rekahan yang terbentuk tetap terbuka dan juga menjadi jalur aliran fluida dari formasi (Effendi & Firdaus 2023). Material yang umum digunakan sebagai proppant antara lain cangkang kenari, pasir alam, glass beads, resin-coated sand, sintered bauxite, kaolin, dan fused zirconia. Pasir yang digunakan sebagai proppant biasanya adalah pasir kuarsa dengan kandungan silika tinggi (Liang et al., 2016).

Mineral silika (*quartz sand*) merupakan salah satu material *proppant* yang paling umum digunakan dalam operasi *hydraulic fracturing* karena harganya yang relatif murah, ketersediaannya yang melimpah, berat jenis yang rendah, serta mudah diperoleh dari alam. Selain itu, pasir dapat dimodifikasi dengan pelapisan atau coating berbagai material seperti resin atau epoxy untuk meningkatkan sifat mekanik dan termal sehingga mampu bertahan dalam kondisi bawah permukaan dan menjaga integritas rekahan. Untuk memperoleh proppant dengan densitas rendah dan kekuatan tinggi (*crush resistance*), proppant alami dimodifikasi dengan pelapis seperti resin atau serat sintetis. *Resin-coated proppants* umumnya memiliki densitas antara 1,25–2,61 g/cm³ dan mampu bertahan pada tekanan tutup hingga 10.000–15.000 psi (Zoveidavianpoor & Gharibi 2015).

Pemilihan dan evaluasi performa proppant merupakan aspek penting dalam operasi *hydraulic fracturing*, karena sangat menentukan efektivitas produksi (Fadl & Abdou 2019). Karakterisasi proppant mengacu pada standar API RP 19C (API 2018), yang mencakup parameter *roundness* dan *sphericity*, *acid solubility*, *bulk density*, *turbidity*, serta *crush resistance*.

Roundness mengacu pada kehalusan permukaan butiran proppant yang menunjukkan ketiadaan sudut tajam, sedangkan *sphericity* menggambarkan sejauh mana bentuk partikel menyerupai bola sempurna. Kedua parameter ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik dan performa proppant saat berada dalam kondisi tekanan tinggi. Menurut API RP 19C, parameter ini dievaluasi dengan menggunakan faktor bentuk Krumbein, dengan nilai minimum yang disarankan sebesar 0,6–0,7.

Dalam penelitian proppant pada reservoir Mahu tight conglomerate, diketahui bahwa ukuran proppant sangat mempengaruhi bentuk *proppant* dan rasio massa. *Proppant* berukuran 40/70 mesh memiliki retensi yang lebih tinggi dibandingkan 20/40 mesh, dengan rasio massa masing-masing berkisar antara 10 %–450 % dan 5 %–280 % (Wang et al., 2024). Bulk density didefinisikan sebagai rasio massa proppant kering terhadap volume totalnya, biasanya dinyatakan dalam satuan g/cm³. *Acid solubility* mencerminkan stabilitas kimia dari proppant terhadap lingkungan asam dan menggambarkan ketahanannya terhadap larutan asam (API 2018).

Turbidity mengindikasikan tingkat kekeruhan sampel proppant, yang disebabkan oleh keberadaan kontaminan halus seperti clay, silt, atau partikel lain. Tingginya nilai turbidity menunjukkan potensi penyumbatan pori yang dapat mengurangi efektivitas fraktur. Crush resistance menjadi parameter kunci dalam penilaian proppant karena menunjukkan batas tekanan maksimum yang dapat ditahan sebelum terjadi kerusakan struktural. *Proppant* dengan kekuatan mekanik tinggi cenderung menghasilkan partikel halus yang lebih sedikit. Kandungan fines yang tinggi dapat menghambat performa sumur karena menyumbat jalur alir dan menurunkan permeabilitas serta produktivitas. Studi oleh Tang et al. (2018) menunjukkan bahwa konsentrasi fines sebesar 5 % saja dapat menurunkan konduktivitas proppant lebih dari 50 %.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengevaluasi kelayakan penggunaan pasir kuarsa dari berbagai daerah sebagai material proppant untuk *hydraulic fracturing*. Studi oleh Lam et al. menunjukkan bahwa kombinasi proppant jenis Ottawa dan Mississippi dengan masing-masing massa 300 gram dapat bertahan hingga tekanan 4000 psi dengan persentase fines sebesar 5,8 %, masih di bawah batas maksimum API RP 19C. Penelitian oleh T. Chen et al. (2022) mengkaji performa pasir alam berlapis epoxy resin, dan menunjukkan peningkatan

signifikan pada karakteristik mekanik dan kimia. Nilai crush resistance menurun dari 36 % menjadi 4 %, acid solubility turun hingga 0,5 %, dan nilai turbidity turun dari 95 NTU menjadi 30 NTU, menandakan penurunan kandungan impuritas halus secara signifikan.

Dalam operasi *hydraulic fracturing*, integritas mekanik dan stabilitas termal dari proppant sangat penting untuk menjaga konduktivitas fraktur atau rekahan di bawah closure pressure. Meskipun mineral silika alam tersedia secara melimpah, kekuatan dan sphericity-nya seringkali belum memadai untuk kondisi bawah permukaan bertekanan tinggi. Modifikasi permukaan menggunakan *polymeric resins* telah menjadi solusi menjanjikan. *Epoxy resin* diketahui memiliki kekuatan mekanik, ketahanan kimia, dan stabilitas termal tinggi (Zoveidavianpoor & Gharibi 2015). Polyester resin juga digunakan untuk meningkatkan crush resistance dan mengurangi fines (T. Chen et al., 2022). Proppant dengan *coating resin* memiliki struktur yang lebih padat dan kapasitas dukung beban yang lebih baik, yang mendukung performa di reservoir non-konvensional.

Indonesia sendiri memiliki beberapa daerah yang kaya akan sumber daya mineral silika yang berpotensi sebagai proppant alami, seperti Tuban (Jawa Timur) dan Pulau Rupat (Bengkalis, Riau). Pulau Rupat terletak di bagian utara Cekungan Sumatra Tengah dan langsung menghadap Selat Malaka. Distribusi mineral silika di wilayah ini diyakini dipengaruhi oleh proses sedimentasi dari arus laut yang membawa material silika dari wilayah sekitarnya. Secara geologi, pulau ini didominasi oleh endapan Kuartar (*Older dan Recent Surface Sediments*). Pengambilan sampel dilakukan di lima titik lokasi: Beting Aceh, Tanjung Api, Teluk Rhu, Tanjung Punai, dan Tanjung Lapin.

Untuk mengevaluasi potensi penggunaan mineral silika dari Pulau Rupat sebagai proppant, dilakukan studi komprehensif yang bertujuan untuk mengevaluasi parameter *roundness*, *sphericity*, *bulk density*, *acid solubility*, *turbidity*, dan *crush resistance* dari mineral silika pulau Rupat serta pengaruh pelapisan *epoxy resin* terhadap parameter-parameter tersebut berdasarkan spesifikasi API RP 19C.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel pasir kuarsa dari Pulau Rupat, khususnya di wilayah Teluk Rhu (TRh). Pengujian terhadap

sampel ini dilakukan sebagai studi pendahuluan untuk mengevaluasi potensi pasir kuarsa Pulau Rupat sebagai kandidat proppant berdasarkan standar API RP 19C. Sebelum dilakukan pengujian terhadap *parameter roundness* dan *sphericity*, *acid solubility*, *bulk density*, *turbidity*, dan *crush resistance*, terlebih dahulu dilakukan analisis ukuran butiran (*grain size analysis*). Sampel pasir kuarsa seberat 100 gram disiapkan dan diayak menggunakan saringan 40/70 mesh untuk memperoleh distribusi ukuran partikel yang sesuai.

Setelah proses penyaringan, sampel pasir kuarsa tersebut kemudian diuji melalui serangkaian pengujian yang mencakup *roundness* dan *sphericity*, *acid solubility*, *bulk density*, *turbidity*, serta *crush resistance*. Bahan-bahan yang digunakan dalam prosedur eksperimental ini meliputi pasir kuarsa dari Pulau Rupat, epoxy resin, air suling (*aquadest*), dan *hydrochloric acid* (HCl). Peralatan yang digunakan antara lain gelas beaker, gelas ukur, timbangan digital, oven, batang pengaduk, *mikroskop*, *hydraulic press*, dan alat pengukur turbidity (*turbidity meter*). Penelitian ini terdiri dari tiga jenis sampel uji sebagaimana yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Sampel penelitian

Sampel	Parameter
Sampel 1	Pasir Kuarsa murni Pulau Rupat
Sampel 2	Pasir Kuarsa murni Pulau Rupat ditambah 5 ml <i>epoxy resin</i>
Sampel 3	Pasir Kuarsa murni Pulau Rupat ditambah 10 ml <i>epoxy resin</i>

HASIL DAN DISKUSI

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian *roundness* dan *sphericity*, *acid solubility*, *bulk density*, *turbidity*, serta *crush resistance* untuk sampel mineral silika murni Pulau Rupat, sampel mineral silika murni Pulau Rupat dengan tambahan *epoxy resin* 5 % dan sampel mineral silika murni Pulau Rupat dengan tambahan epoxy resin 10 %. Sedangkan table 3 merupakan nilai *parameter roundness*, *sphericity*, *bulk density*, *acid solubility*, *turbidity*, dan *crush resistance* yang telah ditetapkan oleh API 19C.

Tabel 2. Hasil Uji penelitian

Parameter	Standar API RP19C	Pasir Silika Rupert	Sand Coated Resin 5%	Sand Coated Resin 10%
Roundness Sphericity	0,6	0,6	0,65	0,7
Bulk Density	>1,5 gr/cc	1,538 gr/cc	1,58 gr/cc	1,6 gr/cc
Turbidity	<250 NTU	38 NTU	20 NTU	38 NTU
Acid Solubility	<7 %	2,8 %	2 %	1,2 %
Crush Resistance		6,7 % (2000 psi)	9 % (6000 psi)	8 % (6000 psi)
	<10 %	9 % (3000 psi)	12 % (7000 psi)	11 % (7000 psi)
		10 % (4000 psi)	15 % (8000 psi)	13 % (8000 psi)

Tabel 3. Spesifikasi Standar API RP 19C

Parameter	Batas Standar API RP 19C
Roundness & Sphericity	$\geq 0,6$
Bulk Density	$> 1,5 \text{ g/cm}^3$
Turbidity	$< 250 \text{ NTU}$
Acid Solubility	$< 3 \%$
Crush Resistance	$\leq 10 \%$ fines pada tekanan tertentu

Roundness dan sphericity

Roundness dan *sphericity* merupakan dua parameter utama dalam karakterisasi proppant berdasarkan standar API RP 19C. *Roundness* menggambarkan tingkat kelengkungan partikel dan ketidakhadiran sudut tajam, sedangkan *sphericity* menunjukkan sejauh mana bentuk butiran menyerupai bola sempurna. Kedua parameter ini sangat mempengaruhi kekuatan mekanik dan kestabilan proppant saat menerima tekanan tinggi di dalam fraktur.

Berdasarkan hasil uji laboratorium, nilai *roundness* dan *sphericity* dari mineral silika murni Pulau Rupert adalah 0,6. Nilai ini memenuhi ambang minimum yang ditetapkan oleh API RP 19C, namun berada tepat pada batas bawah. Setelah dilakukan pelapisan permukaan menggunakan *epoxy resin*, nilai *roundness* dan *sphericity* meningkat menjadi 0,65 untuk sampel dengan 5 % resin, dan 0,7 untuk sampel

dengan 10 % resin. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pelapisan resin memberikan efek positif terhadap morfologi partikel, membuatnya lebih bulat dan halus. Butiran proppant yang memiliki *roundness* dan *sphericity* tinggi akan menghasilkan pack yang lebih seragam dan stabil di dalam rekahan batuan. Distribusi tekanan antar partikel menjadi lebih merata, mengurangi risiko konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan mekanik atau penghancuran partikel. Selain itu, partikel yang lebih sferis akan memiliki friksi yang lebih rendah, sehingga lebih mudah berpindah ke dalam rekahan dan membentuk jaringan konduktif yang optimal untuk aliran hidrokarbon.

Peningkatan nilai *roundness* dan *sphericity* akibat pelapisan resin ini juga didukung oleh literatur. Zoveidavianpoor & Gharibi (2015) menyatakan bahwa resin-coated proppants cenderung memiliki morfologi yang lebih baik dan resistensi yang lebih tinggi terhadap penghancuran partikel. Demikian pula, T. Chen et al. (2022) menemukan bahwa modifikasi pasir silika dengan polyester resin meningkatkan karakteristik fisik, termasuk *sphericity*, dan mengurangi kemungkinan terbentuknya fines. Penelitian oleh (Novrianti et al., 2025) mengenai karakterisasi pasir kuarsa dari Tibawan, Rokan Hulu, juga menunjukkan bahwa modifikasi permukaan dengan pelapisan epoxy resin mampu meningkatkan sifat fisik dan mekanik proppant, di mana sampel berlapis resin 12 gram memenuhi seluruh spesifikasi API 19C. Hasil ini menegaskan bahwa pelapisan resin merupakan metode efektif untuk meningkatkan kualitas *proppant* alam agar sesuai dengan standar industri.

Dilihat dari hasil pengujian ini, menunjukkan bahwa mineral silika Pulau Rupert memiliki potensi sebagai proppant alami, dan dapat dioptimalkan lebih lanjut melalui modifikasi permukaan menggunakan resin. Khususnya, peningkatan roundness dan sphericity dari 0,6 ke 0,7 menandakan bahwa kualitas bentuk partikel dapat ditingkatkan secara signifikan melalui metode pelapisan sederhana, sehingga memperluas kemungkinan aplikasi pada reservoir unconventional. Perbandingan nilai roundness-sphericity antara sampel mineral silika murni pulau Rupert dengan mineral silika murni pulau Rupert dengan tambahan 5 % dan 10 % epoxy resin terdapat pada Gambar 1.

Bulk density

Bulk density merupakan salah satu parameter fundamental dalam proses evaluasi kelayakan material proppant yang digunakan pada operasi hydraulic fracturing, karena berkaitan erat dengan kapasitas pengisian ruang rekahan (*fracture*) serta dukungan terhadap konduktivitas fluida produksi. Menurut spesifikasi dari API RP 19C, proppant yang ideal harus memiliki nilai bulk density lebih dari 1,5 g/cc untuk memastikan bahwa material tersebut mampu memberikan distribusi tekanan yang stabil dan efisien selama proses rekahan berlangsung.

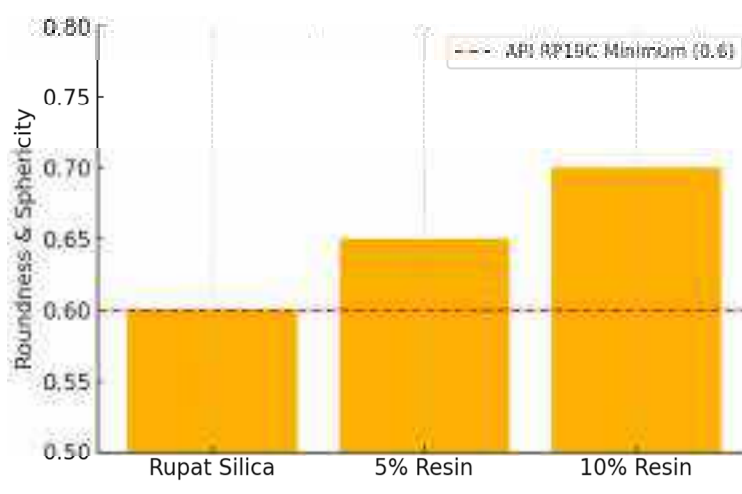
Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, diketahui bahwa pasir silika alami dari Pulau Rupert memiliki bulk density sebesar 1,538 g/cc, yang berarti telah melampaui batas minimum yang direkomendasikan oleh API. Setelah dilakukan modifikasi permukaan menggunakan epoxy resin,

nilai bulk density meningkat secara signifikan menjadi 1,58 g/cc untuk sampel yang dilapisi 5 % resin, dan 1,6 g/cc untuk sampel dengan 10 % resin. Peningkatan ini menunjukkan bahwa teknik pelapisan resin tidak hanya berfungsi untuk memperbaiki bentuk morfologi partikel, seperti roundness dan sphericity, tetapi juga efektif dalam meningkatkan massa jenis yang berimplikasi langsung terhadap performa fisik dan mekanik dari proppant (T. Chen et al., 2022).

Nilai bulk density yang lebih tinggi memberikan keuntungan dalam operasi lapangan, karena proppant dengan densitas yang baik akan menghasilkan pack yang lebih padat, seragam, dan tahan terhadap tekanan tinggi di dalam rekahan. Kepadatan ini memungkinkan terbentuknya jalur alir yang stabil bagi hidrokarbon, serta mengurangi kemungkinan penyusutan atau pergeseran partikel selama tahap produksi. Studi oleh Zoveidavianpoor & Gharibi (2015) menyebutkan bahwa proppant dengan densitas optimal menunjukkan performa yang lebih tahan terhadap tekanan siklik dan mampu menjaga konduktivitas rekahan dalam jangka waktu yang lebih panjang.

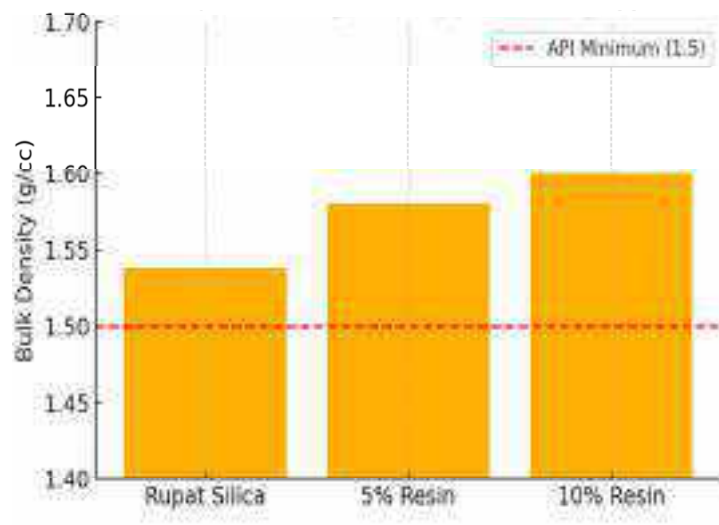
Dengan demikian, hasil analisis ini menunjukkan bahwa pasir silika dari Pulau Rupert, terlebih setelah melalui proses pelapisan resin, memiliki potensi yang sangat baik untuk dikembangkan sebagai proppant lokal. Keunggulan nilai bulk density-nya telah memenuhi, bahkan melampaui standar API, dan selaras dengan kebutuhan operasi stimulasi sumur di lapangan, terutama untuk kondisi reservoir dengan tekanan menengah hingga tinggi.

roundness and sphericity of Proppant Samples



Gambar 1. Perbandingan nilai *roundness* dan *sphericity*

Bulk Density of Proppant Samples

Gambar 2. Perbandingan nilai *bulk density*

Turbidity

Turbidity merupakan salah satu parameter penting yang mencerminkan kejernihan visual dan kualitas kebersihan dari material *proppant*. Parameter ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan partikel-partikel halus seperti clay, silt, atau serpihan mineral yang dapat menyebabkan penyumbatan pada jalur aliran fluida di dalam formasi. Dalam praktik lapangan, nilai *turbidity* yang tinggi dapat menyebabkan penurunan efisiensi fraktur dan menurunkan permeabilitas rekahan akibat terjadinya plugging oleh partikel mikroskopik. Hasil pengujian *turbidity* terdapat pada gambar 3

Mengacu pada standar API RP 19C, nilai maksimum yang diperbolehkan untuk *turbidity* adalah 250 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Hasil uji laboratorium dalam studi ini menunjukkan bahwa ketiga jenis sampel yaitu pasir silika murni dari Pulau Rupat, *resin-coated* 5 %, dan *resin-coated* 10 % memiliki nilai *turbidity* masing-masing sebesar 38 NTU, 20 NTU, dan 38 NTU. Seluruh nilai ini berada jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh API, mengindikasikan bahwa ketiga sampel memiliki tingkat kemurnian yang sangat baik dan layak digunakan sebagai *proppant* dalam *hydraulic fracturing*.

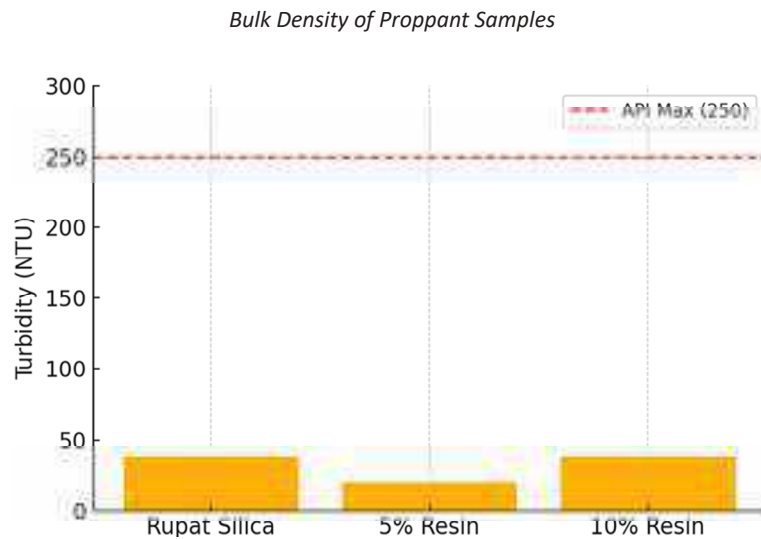
Menariknya, pelapisan epoxy resin sebesar 5 % pada sampel terbukti mampu menurunkan *turbidity* menjadi 20 NTU. Fenomena ini menunjukkan bahwa selain meningkatkan kekuatan mekanik dan morfologi partikel, modifikasi resin juga berperan

dalam menurunkan kandungan fines yang melekat pada permukaan partikel *proppant*. Hal ini selaras dengan hasil penelitian oleh Ramazanov et al. (2025) yang menunjukkan bahwa coating berbasis resin dapat memperbaiki karakteristik kebersihan dan homogenitas *proppant* secara signifikan.

Turbidity yang rendah sangat diharapkan dalam operasi *hydraulic fracturing* karena *proppant* yang lebih bersih akan lebih stabil dalam rekahan dan tidak mudah menyebabkan *clogging* pada *micro-fractures*. Hal ini mendukung terbentuknya fraktur konduktif yang dapat mempertahankan aliran fluida produksi dari reservoir secara optimal. Hal ini menunjukkan bahwa baik pasir silika Pulau Rupat dalam bentuk asli maupun setelah dimodifikasi memiliki potensi tinggi sebagai *proppant* lokal yang memenuhi standar industri migas.

Acid solubility

Acid solubility merupakan salah satu indikator penting yang menggambarkan ketahanan kimia *proppant* terhadap larutan asam yang digunakan selama proses *hydraulic fracturing*, khususnya dalam kondisi formasi karbonat atau ketika menggunakan fluida berbasis HCl dan HF. Menurut spesifikasi API RP 19C, batas maksimum yang dapat diterima untuk *acid solubility* adalah sebesar 3 %. Nilai ini ditetapkan untuk memastikan bahwa material *proppant* tidak mudah larut atau terdegradasi ketika terpapar lingkungan asam yang agresif selama operasi stimulasi sumur (API 2018).

Gambar 3. Perbandingan nilai *turbidity*

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa mineral silika murni dari Pulau Rupert memiliki acid solubility sebesar 2,8 %, sementara sampel yang telah dilapisi dengan epoxy resin 5 % menunjukkan penurunan hingga 2 %, dan sampel dengan resin 10 % mengalami penurunan signifikan hingga hanya 1,2 %. Penurunan ini membuktikan bahwa modifikasi permukaan menggunakan resin tidak hanya memperbaiki sifat mekanik dan bentuk partikel, tetapi juga secara nyata meningkatkan ketahanan kimia terhadap serangan asam. Hal ini selaras dengan temuan T. Chen et al. (2022) yang menunjukkan bahwa resin coating mampu membentuk lapisan pelindung terhadap larutan HCl/HF, menurunkan nilai pelarutan hingga lebih dari 50 % dibandingkan pasir tanpa pelapis.

Rendahnya *acid solubility* pada *proppant* sangat krusial, karena degradasi kimia dapat membebaskan partikel halus (*finer*) yang kemudian menyumbat pori-pori rekahan dan menurunkan efisiensi aliran hidrokarbon. Studi oleh Gidley et al. (1995) menunjukkan bahwa mobilisasi *finer* bahkan dalam volume kecil dapat menyebabkan penurunan konduktivitas fraktur secara signifikan saat laju alir borealis meningkat.

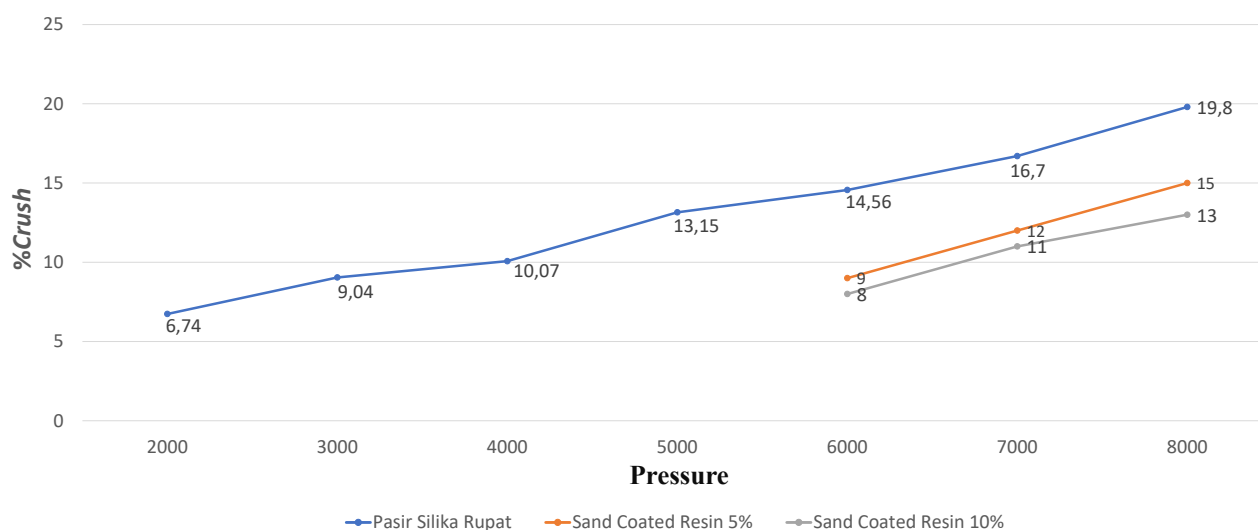
Selain itu, kerusakan mekanis juga berpotensi menghasilkan fragmen halus baru, yang selanjutnya memperburuk kondisi plugging (Yu et al., 2022). Penelitian tersebut menyoroti bahwa meskipun nilai acid solubility rendah menunjukkan bahwa *proppant* bertahan dari pelarutan kimia, *proppant* juga harus tahan terhadap tekanan cyclic dan mekanik untuk meminimalkan *finer* akibat penghancuran. Dalam hal

ini, nilai acid solubility yang rendah (<1,2 % setelah coating) meningkatkan peluang *proppant* tetap utuh dan bebas dari degradasi kimia, sehingga mengurangi sumber pembentukan *finer*. Studi laboratorium juga mendukung bahwa meskipun ekstraksi kimia bukan satu-satunya penyebab, penurunan kesetimbangan kimia berkontribusi pada stabilitas keseluruhan butiran.

Berdasarkan temuan ini, menunjukkan bahwa pelapisan epoxy resin pada pasir silika dari Pulau Rupert berperan signifikan dalam meningkatkan ketahanan terhadap larutan asam. Hal ini menjadikan material tersebut sebagai kandidat *proppant* lokal yang kompetitif dan sesuai untuk diterapkan pada reservoir dengan tingkat keasaman tinggi atau lingkungan yang memerlukan stabilitas kimia tinggi dalam jangka panjang.

Crush resistance

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara tekanan dan persentase patahan (% *Crush*) untuk tiga jenis *proppant*: Pasir silika Rupert: %*Crush* meningkat tajam dari 6,74 % pada 2000 psi menjadi 19,8 % pada 8000 psi, menandakan ketahanan mekanik yang terbatas. *Sand Coated Resin 5 % & 10 %*: Kedua pelapis resin menurunkan fragmen pada tekanan tinggi. Pada 8000 psi, %*Crush* untuk resin 10 % hanya sekitar 13 %, dan resin 5 % sekitar 15 %, menunjukkan peningkatan keawetan partikel. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Setyo Rahayu et al. 2025) yang melakukan *screening* pasir alam dari tiga lokasi, di mana sampel pasir lokasi 1 dengan mesh 40/70 dinilai paling layak sebagai *proppant* dengan nilai crush resistance 2–9 %, turbidity 172

Gambar 5. Perbandingan nilai *crush resistance*

NTU, dan *bulk density* 1,497 g/cm³. Hasil tersebut menegaskan pentingnya evaluasi komprehensif terhadap sifat fisik dan kimia pasir alam sebelum ditetapkan sebagai *proppant*.

Menurut tinjauan terkini, *resin coating* pada *proppant* membantu menahan fragmentasi dan mencegah kerusakan partikel berlebih, serta mengurangi *flow back proppant* (Ngwe et al., 2019; Ramazanov et al., 2025). Ini sejalan dengan pengamatan eksperimen nilai %Crush lebih rendah pada sampel berlapis resin. Pelapis resin, khususnya poliimida atau epoxy, diketahui meningkatkan ketahanan kompresi berkat sifat ikatan termosetnya. Hasil studi Wei et al. (2023) menunjukkan bahwa *proppant* resin polyimida 6 % di tekanan ~55 MPa (~8000 psi) memiliki breakage ratio hanya ~3,22 %, menggambarkan performa yang unggul dibandingkan standar resin lama. Penutup resin tidak hanya meningkatkan kekuatan, tetapi juga meningkatkan kemampuan menahan siklus tekanan tinggi dan mencegah pembentukan fragmen halus fines yang dapat menyumbat rekahan (Wang et al., 2024).

Pelapisan resin sangat potensial untuk pasir lokal (Rupat), karena dapat memperpanjang umur *proppant* dan menjaga konduktivitas fraktur, sesuai kebutuhan saat tekanan operasional tinggi. Optimalisasi konsentrasi resin (sekitar 5–10 %) dan jenis resin (*poliimida* atau *epoxy*) perlu dilakukan agar mencapai keseimbangan antara berat jenis dan ketahanan hancur. Hasil ini sejalan dengan studi oleh Rahayu et al. (2024), yang mengevaluasi beberapa sampel pasir alam dari tiga lokasi berbeda, dan menemukan bahwa pasir dengan ukuran mesh 40/70

dari lokasi 1 menunjukkan nilai *crush resistance* terbaik (2–9 %), *bulk density* ideal sebesar 1,497 g/cm³, serta *turbidity* rendah sebesar 172 NTU, menjadikannya kandidat kuat sebagai *proppant* untuk *hydraulic fracturing*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini membuktikan bahwa mineral silika Pulau Rupert memiliki potensi sebagai *proppant* alami untuk aplikasi *hydraulic fracturing* berdasarkan kriteria API RP 19C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *roundness-sphericity* pasir silika murni mencapai 0,6, dan meningkat menjadi 0,65 serta 0,7 setelah dilapisi resin 5 % dan 10 %, memenuhi batas minimum API (>0,6). Nilai *bulk density* seluruh sampel berada di atas standar minimum 1,5 g/cc, yaitu 1,53 g/cc, 1,58 g/cc, dan 1,60 g/cc. *Turbidity* semua sampel relatif rendah (20–38 NTU), jauh di bawah batas maksimum 250 NTU. Uji acid solubility menunjukkan perbaikan signifikan seiring penambahan resin, dari 2,8 % (tanpa resin) menjadi 2 % dan 1,2 %, seluruhnya di bawah ambang batas <3 %. Pada uji *crush resistance*, sampel silika murni menunjukkan nilai 6,7 % fines pada 2000 psi, sedangkan sampel dengan resin 5 % dan 10 % masing-masing 9 % dan 8 % pada 6000 psi, semuanya berada dalam batas <10 % sesuai standar API. Dengan demikian, pasir silika Pulau Rupert, khususnya setelah dimodifikasi dengan resin, layak dikembangkan sebagai kandidat *proppant* lokal yang kompetitif untuk mendukung operasi stimulasi sumur di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau atas kontribusi semua pihak dalam penelitian dan publikasi tulisan ilmiah ini.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Simbol	Defenisi	Unit
API	American Petroleum Institute	
API RP 19C	American Petroleum Institute – Recommended Practice 19C	
HCL	Hydrogen Clorida	
HF	Hydrogen Fluorida	
NTU	Nephelometric Turbidity Units	

KEPUSTAKAAN

- API, 2018, *Measurement of and Specifications for Proppant Used in Hydarulic Fracturing and Gravel-packing Operations (2nd ed.)*.
- Chen, B., Barboza, B.R., Sun, Y., Bai, J., Thomas, H. R., Dutko, M., Cottrel, M., & Li, C., 2022, *A Review of Hydraulic Fracturing Simulation. In Archives of Computational Methods in Engineering (Vol. 29). Springer Netherlands*. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09653-z>.
- Chen, T., Gao, J., Zhao, Y., Liang, T., Hu, G., & Han, X., 2022, *Progress of Polymer Application in Coated Proppant and Ultra-Low Density Proppant. Polymers, 14(24)*. <https://doi.org/10.3390/polym14245534>.
- Economides, M. J., & Nolte, K.G., 1989, *Reservoir Stimulation (2nd ed.)*. Schlumberger Educational Services.
- Effendi, D., & Firdaus, A.N., 2023, *Penggunaan Pasir Proppant Sebagai Media Hydraulic Fracturing Menggunakan Standar Api - Rp 19C. Journal of Applied Science, 4(2)*, 1–11.
- Fadl, A., & Abdou, M., 2019, *Proppants Categories for Hydraulic Fracturing Process of Petroleum Wells: A Review. Global Journal of Engineering Sciences, 2(2)*, 1–2. <https://doi.org/10.33552/gjes.2019.02.000532>.
- Gidley, J. L., Penny, G. S., & McDaniel, R.R., 1995, *Effect of proppant failure and fines migration on conductivity of propped fractures. SPE Production & Facilities, 10(1)*, 20–25. <https://doi.org/10.2118/24008-pa>.
- Liang, F., Sayed, M., Al-Muntasheri, G.A., Chang, F.F., & Li, L., 2016, *A comprehensive review on proppant technologies. Petroleum, 2(1)*, 26–39. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2015.11.001>.
- Ngwe, T., Swe, M.M., & Than, M., 2019, *Review of the Proppant Selection for Hydraulic Fracturing. International Journal of Science and Engineering Applications, 8(9)*, 418–422. <https://doi.org/10.7753/ijsea0809.1003>.
- Novrianti, Rita, N., Prayitno, B., Faruq, M., & Arif, I., 2025, *Characterization of Resin-Coated Silica Sand from Tibawan Rokan Hulu For Potential Use as Proppant. Scientific Contributions Oil and Gas, 48(2)*, 293–312. <https://doi.org/10.29017/scog.v48i2.1767>.
- Rahayu, T. S., Kartini, R., Adhitya, D. C., Rahalintar, P., Rosiani, D., & Satria, A. R. I. (2024). SCREENING PASIR ALAM SEBAGAI PROPPANT BERDASARKAN STANDART API RP19C. LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI (LPMGB), 58(3), 147-161. <https://doi.org/10.29017/LPMGB.58.3.1698>.
- Ramazanov, V., Matovu, S., Shafloot, T. Al, & Alarifi, S.A., 2025, *Enhancing Fracturing Proppant Performance: Methods and Assessment. Arabian Journal for Science and Engineering, 50*, 4477–4503. <https://doi.org/10.1007/s13369-024-09679-y>.
- Sahai, R., & Moghanloo, R.G., 2019, *Proppant*

Transport in Complex Fracture Networks - A Review. Journal of Petroleum Science and Engineering, 182, 106199. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106199>.

Wang, G., Ma, Q., Ren, L., & Hou, J., 2024, *A Comprehensive Review of Multifunctional Proppants. ACS Omega*. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06941>.

Wei, X., Wang, Y., Yang, T., & Song, Y., 2023, *Study on a New Type of High-Performance Resin-Coated Sand for Petroleum Fracturing Proppants. Coatings*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/coatings13111841>.

Yu, J., Wang, J., Wang, S., Li, Y., Singh, A., Rijken, P., & Elsworth, D., 2022, *Conductivity Evolution in Propped Fractures During Reservoir Drawdown. Rock Mechanics and Rock Engineering*, 55(6), 3583–3597. <https://doi.org/10.1007/s00603-022-02796-w>

Zoveidavianpoor, M., & Gharibi, A. (2015). *Application of polymers for coating of proppant in hydraulic fracturing of subterranean formations: A comprehensive review. Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 24, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2015.03.024>.



Analisis Pengaruh Temperatur, pH dan Laju Alir Terhadap Pembentukan *Scale*

Mawar Natasya Marbun, Nijusiho Manik, dan Abdul Gafar Karim

Teknik Perminyakan Sekolah Tinggi Teknologi Migas
Jl. Kesatrian Km. 8, Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur 76127

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:

12 Juni 2025

Diterima setelah

perbaikan:

11 Juli 2025

Disetujui terbit:

25 Juli 2025

Kata Kunci:

scale CaCO_3

alat simulator

temperatur

pH

laju alir

Sumur LMN-47 memiliki potensi pembentukan *scale* paling banyak dibanding dengan sumur lain yang ada di lapangan X dengan nilai *Scale Indeks* paling tinggi yaitu 1,39. Kondisi sumur ini juga berbeda karena pembentukan *scale* yang hanya terjadi pada tubing perforatennya dibanding sumur lainnya yang pembentukan *scalennya* di semua rangkaian pompa. Mekanisme pembentukan *scale* berkaitan erat dengan kandungan yang ada pada air formasi dan dipengaruhi oleh parameter temperature, pH, dan laju alir. Sehingga perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui pembentukan *scale* dengan parameter temperature, pH, dan laju alir yang sesuai dengan kondisi aktual pada sumur melalui alat *scale simulator*. Dari simulasi pada alat *scale simulator* yang di rancang dengan laju alir 15,2279 liter/menit, pH 7,99 dan suhu 56,29 °C di dapatkan *scale* karbonat (CaCO_3) yang terbentuk sebanyak 6,14 gram. Hasil analisis yang dilakukan membuktikan bahwa semakin tinggi temperature akan mempercepat laju pertumbuhan *scale* karbonat (CaCO_3), semakin pH bersifat basa maka *scale* juga akan semakin cepat bertumbuh demikian juga dengan laju alir yang berbanding lurus dengan temperature dan pH.

ABSTRACT

The LMN-47 well has the highest potential for scale formation compared to other wells in Field X, with the highest Scale Index value of 1.39. This well is also unique because scale formation occurs only on the tubing perforation, whereas in other wells, scale forms throughout the entire pump string. The mechanism of scale formation is closely related to the composition of formation water and is influenced by temperature, pH, and flow rate parameters. Therefore, testing is required to determine scale formation under temperature, pH, and flow rate conditions that match the actual well conditions using a scale simulator tool. From the simulation conducted with a flow rate of 15.2279 liters/minute, pH of 7.99, and temperature of 56.29 °C, 6.14 grams of carbonate scale (CaCO_3) were formed. The analysis results show that the higher the temperature, the faster the growth rate of carbonate scale (CaCO_3). Similarly, the more alkaline the pH, the faster the scale growth, and the flow rate is directly proportional to temperature and pH.

© LPMGB - 2025

PENDAHULUAN

Suatu sumur pada proses produksi biasanya menghasilkan 3 jenis fluida, yaitu air,minyak, dan gas. Ketiga *fluida* tersebut mengalir dari *reservoir* menuju permukaan melalui peralatan *subsurface*

(*tubing, artificial lift*) kemudian menuju ke peralatan *surface* melalui *flowline* ke sistem pengumpul. Adanya gesekan antara *fluida* dengan dinding pipa baik pada *flowline* maupun *pipeline* selama aliran *fluida*, dapat mengakibatkan perubahan tekanan dan

Korespondensi:

E-mail: mawarnatasyamarbun@gmail.com (Mawar Natasya Marbun)

laju alir *fluida*. Dalam hal ini dapat menyebabkan terbentuknya endapan di dinding pipa sehingga mengganggu aliran akibat adanya pengecilan inside diameter pipa. Umumnya permasalahan produksi ini terjadi pada lingkungan *subsurface* maupun *surface facilities* di suatu lapangan minyak (Gilang 2021)

Penurunan produksi pada *reservoir* biasanya dipengaruhi permasalahan produksi salah satunya adalah karena adanya endapan *scale* yang terdapat dalam formasi maupun peralatan produksi. (Gusfarozi 2021)

Scale merupakan padatan hasil dari kristalisasi dan pengendapan mineral dari air formasi yang ikut terproduksi bersama minyak dan gas. Kecenderungan terbentuknya *scale* pada air formasi dapat diketahui dengan, dilakukan pengujian terhadap air formasi di laboratorium. Analisis air formasi dilakukan dengan metode Stiff & Davis dengan mengukur kadar ion-ion yang terkandung pada air formasi untuk mengetahui nilai *Scale Indeks (SI)* (Gusfarozi 2021).

Macam-macam *scale* yang terjadi tergantung pada komposisi air formasi (kandungan ion-ion dalam air formasi). Air formasi merupakan *fluida* yang dapat melarutkan ion-ion yang terdapat dalam *reservoir*. Air formasi yang terproduksi bersama minyak dan gas mengandung beberapa senyawa dalam bentuk ion-ion, yaitu *kation* (ion positif) dan *anion* (ion negatif). *Kation* dari air formasi berupa *Calcium*, *Magnesium*, *Ferrum*, *Barium*, *Natrium* dan *Strontium*. *Anion* dari air formasi adalah *Chloride Carbonat*, *Bicarbonat* dan *sulfat*. *Scale* yang menempel pada *flowline* akan menyebabkan kerusakan pipa dan menghambat laju produksi minyak dan gas (Gilang 2021).

Dalam kebanyakan kasus, penyusun utama *scale* adalah kalsium karbonat (CaCO_3). (Isopescu 2010) Kinetika nukleasi dan pertumbuhan kalsium karbonat dipengaruhi oleh berbagai kondisi operasi, seperti supersaturasi larutan *temperature*, pH, suhu dan ion asing (Muryanto 2013).

Air formasi yang mempunyai derajat kebasaaan (pH) besar akan mempercepat terbentuknya endapan *scale*. Meningkatnya pH dipengaruhi oleh kandungan CO_2 dalam air formasi yang apabila tekanan turun, maka CO_2 akan terbebaskan dari larutan sehingga menyebabkan pH air akan meningkat dan terjadi pengendapan CaCO_3 . Semakin basa sifat air formasi maka semakin cepat pengendapan CaCO_3 , sebaliknya apabila pH pada air formasi semakin asam maka sulit terjadi pengendapan CaCO_3 . (Engineering 2013). Temperatur dapat mempengaruhi proses

pembentukan *scale* CaCO_3 , karena kenaikan temperatur akan menyebabkan adanya penguapan yang membuat jumlah air akan berkurang, sehingga dapat mempercepat proses pengendapan *scale* CaCO_3 . Fenomena ini dapat digunakan untuk menjelaskan terbentuknya *scale* pada formasi sumur-sumur injeksi yang mempunyai tekanan dasar sumur yang cukup tinggi, serta *scale* yang terjadi pada rangkaian pipa produksi. (Engineering 2013)

Laju alir dapat mempercepat pembentukan *Scale* CaCO_3 karena akan menyebabkan waktu induksi lebih cepat. Semakin cepat waktu induksi atau semakin banyak ion-ion yang bereaksi dan mengendap karena peningkatan laju alir maka akan menjadikan konduktivitas larutan menjadi lebih kecil. Sehingga massa *scale* yang terbentuk akan lebih banyak. Laju aliran yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak ion pembentuk *scale* yang menghasilkan lebih banyak massa *scale*. (Ma'mun et al., 2013)

Berdasarkan dari *history* produksi PT Pertamina EP Sangasanga *Field*, pada bulan maret hingga Bulan September 2024 terdapat 7 sumur produksi minyak yang produksinya menurun. Setelah melakukan pengambilan sampel untuk analisa uji air formasi sumur, diketahui sumur - sumur tersebut mengalami kendala dan penurunan produksi yang disebabkan oleh *stuck* pada pompa, sehingga kegiatan produksi minyak terhambat. Pompa yang *stuck* disebabkan oleh adanya penumpukan endapan *scale* yang ditemukan pada *down hole pump (DHP)*, *barel* pompa, dinding *plunger*, bahkan *scale* juga ditemukan menempel pada diameter *tubing* hingga diameter *tubing* mengecil.

Pada salah satu sumur memiliki kondisi yang berbeda dengan sumur lainnya yang juga sama-sama terindikasi *scale*, dimana setelah rangkaian pompa diangkat *scale* hanya terbentuk pada bagian *tubing perforate*-nya saja sedangkan untuk rangkaian pompa dan *tubing* lainnya tidak. Berbeda dengan sumur yang lainnya dimana seluruh rangkaian pompa dan *tubing* terdapat endapan *scale*. Hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengujian untuk membuktikan seberapa besar pengaruh *temperature*, pH, dan laju alir terhadap pembentukan *scale*.

Tinjauan Pustaka

Analisa air formasi

Air formasi ini merupakan air yang mengandung kadar asam yang tinggi. Air formasi biasanya disebut dengan *oil field water* atau *connate water*

atau *inertial water* yang mempunyai komposisi kimia yang berbeda-beda antara *reservoir* yang satu dengan yang lainnya. Air ini biasanya mengandung bermacam-macam garam dan asam, terutama NaCl.

Endapan *scale*

Scale merupakan suatu endapan yang terbentuk akibat kristalisasi ion mineral yang larut dalam air dan disebabkan oleh adanya senyawa pembentuk endapan didalam air melebihi kelarutannya pada keadaan kesetimbangan.

Jenis-jenis *scale*

Scale Terbagi menjadi beberapa macam jenis tergantung dari ion-ion yang terkandung didalamnya. Adapun jenis-jenis *scale* adalah sebagai berikut:

Proses kristalisasi kalsium karbonat

Konsentrasi kalsium terhadap waktu dapat dijelaskan melalui tiga langkah. Pada langkah pertama, dimana konsentrasi kalsium tetap konstan, tidak terjadi presipitasi. Selama langkah ini, pH meningkat karena penghilangan CO₂ dari larutan oleh udara atmosfer. pH larutan mencapai nilai maksimum yang didefinisikan sebagai pH presipitasi (*Phprec*).

Pada langkah kedua, konsentrasi kalsium menurun karena pembentukan kristal kalsium karbonat. Hal ini konsisten dengan penurunan pH larutan yang diamati selama tahap ini.

Kemudian, ketika laju pertumbuhan kalsium karbonat menjadi lebih rendah daripada laju penghilangan karbonat, pH mulai bergeser ke nilai yang lebih tinggi karena penghilangan karbonat yang

terus berlanjut. Konsentrasi kalsium menjadi stabil, yang menunjukkan bahwa presipitasi telah berakhir.

Pengaruh temperature terhadap kalsium karbonat

Tempertaur dapat mempengaruhi proses pembentukan *scale* CaCO₃, karena kenaikan temperatur akan menyebabkan adanya penguapan yang membuat jumlah air akan berkurang, sehingga dapat mempercepat proses pengendapan *scale* CaCO₃. Akibat dari peningkatan suhu adalah mempercepat pertumbuhan nukleasi kalsium karbonat dan pertumbuhan kristal karena waktu induksi menurun dan laju pertumbuhan kristal awal kalsium karbonat meningkat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh supersaturasi yang lebih tinggi terhadap aragonit (dalam kisaran 40–69) dan vaterit (antara 12 dan 21). Selain itu, jumlah yang lebih tinggi (ratio presipitasi total dalam kisaran 77–85%). Peningkatan suhu menurunkan kelarutan CaCO₃.

Pengaruh pH terhadap kalsium karbonat

Peningkatan pH mempercepat pembentukan kalsium karbonat seperti pada penelitian sebelumnya bahwa, peningkatan konsentrasi besi pada pH 7 dan 8 menghasilkan penurunan waktu induksi dan laju pertumbuhan kristal awal kalsium karbonat. Tetapi untuk pH 9, presipitasi terjadi seketika. Jumlah presipitasi yang diperoleh meningkat dengan peningkatan pH, dan mencapai 100%. Supersaturasi larutan meningkat seiring dengan peningkatan pH larutan awal yang mempercepat pembentukan inti dan pertumbuhan kalsium karbonat.

Tabel 1. Jenis-jenis *scale*

Jenis Scale	Rumus Kimia	Faktor Penting yang Berpengaruh
Calcium Carbonat (Calcite)	CaCO ₃	Tekanan, Temperature, total dissolve Salinity, pH
Calcium sulfat Gypsum	CaSO ₄ . 2H ₂ O	Tekanan, Temperatur, total dissolve salinity
Hemihydrate	CaSO ₄ . 1/2 H ₂ O ₂	
Anhydrite	CaSO ₄	
Barium Sulfat (Barite)	BaSO ₄	Tekanan, Temperatur, total dissolve salinity
Stronsium Sulfat (celestite)	SrSO ₄	Tekanan, Temperatur, total dissolve salinity
Iron Compounds		
Ferro Carbonat	FeCO ₃	Hasil korosi, dissolve gas, dan pH
Ferro Sulfida	FeS	
Ferro Hydrixide	Fe (OH) ₂	
Ferro Oxide	Fe ₂ O ₃	

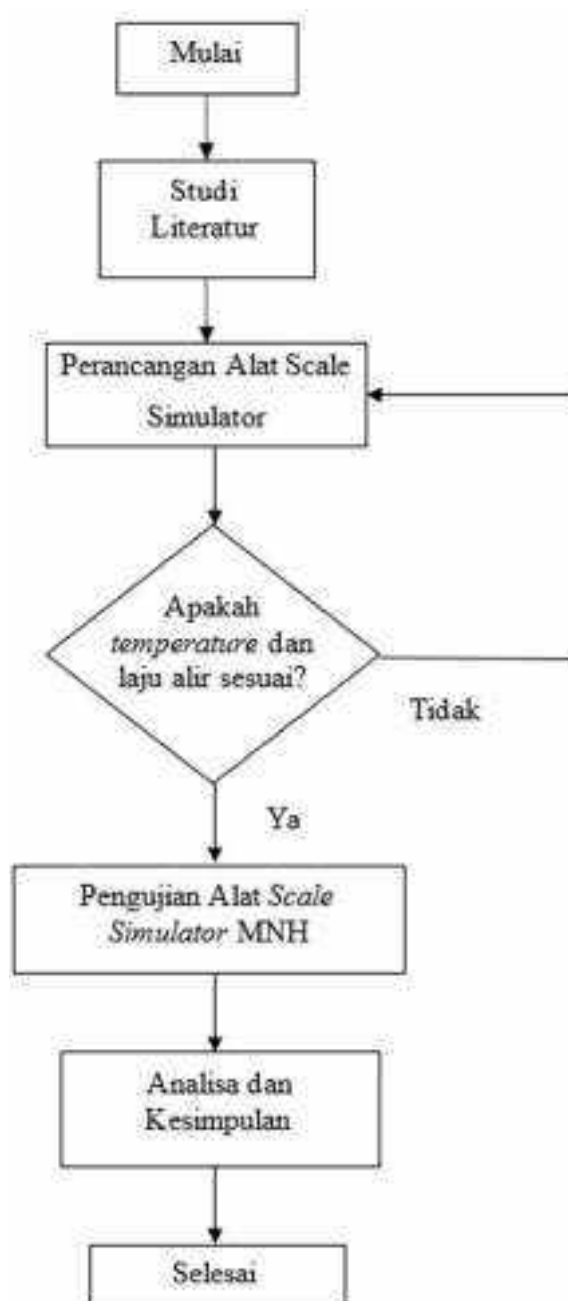
Pengaruh laju alir terhadap kalsium karbonat

Laju alir dapat mempercepat pembentukan *Scale* CaCO_3 karena akan menyebabkan waktu induksi lebih cepat. Semakin cepat waktu induksi atau semakin banyak ion-ion yang bereaksi dan mengendap karena peningkatan laju alir maka akan menjadikan konduktivitas larutan menjadi lebih kecil. Sehingga massa *scale* yang terbentuk

akan lebih banyak. Laju aliran yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak ion pembentuk kerak yang menghasilkan lebih banyak massa *scale*.

BAHAN DAN METODE

Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

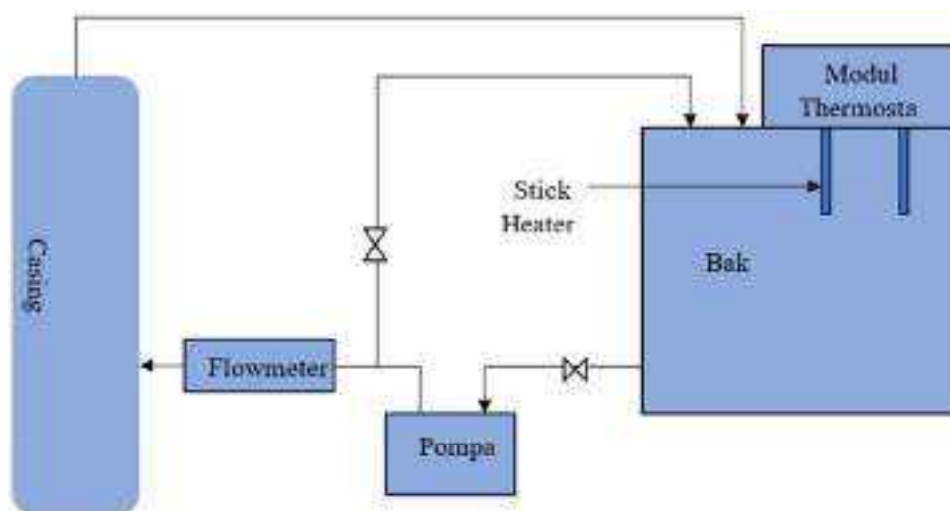
Prosedur penelitian

Agar penelitian dapat berjalan dengan lancar maka perlu dibuatlah suatu prosedur penelitian agar tercapainya tujuan penelitian: 1). Siapkan peralatan yang dibutuhkan; 2). Mengisi bak penampungan dengan air formasi sumur LMN-47; 3). Pasang dan hubungkan *stick heater* dengan modul thermostat; 4). Atur modul thermostat dengan memberikan batas atas 57 °C dan batas bawah 50 °C; 5). Lubangi tutup bak penampungan sesuai ukuran diameter *stick heater*, pipa pembuangan air, dan sensor modul thermostat; 6). Sambungkan semua *line* dari bak penampungan menuju pompa, kemudian menuju

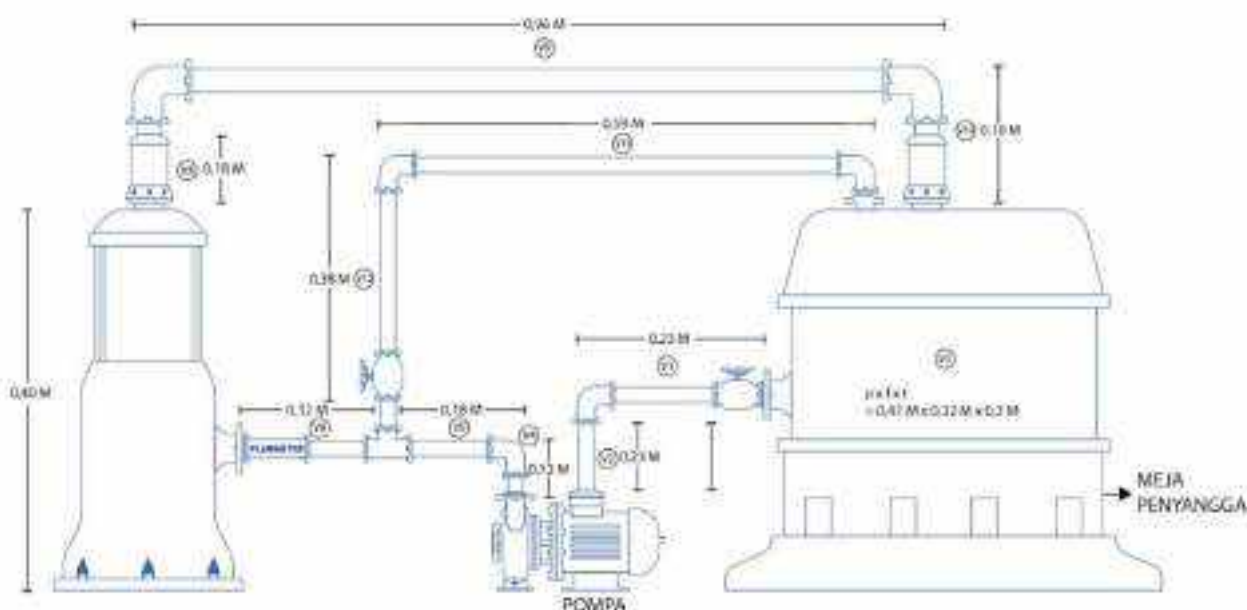
flowmeter, *casing*, *tubing* kemudia masuk ke bak penampungan kembali dengan memberi *valve* di beberapa titik penghubung; 7). Hubungkan kabel dari modul thermostat dengan kabel sumber listrik untuk menghidupkannya; 8). Lakukan simulasi dan mulai sirkulasi air formasi dengan menyalakan pompa dan modul thermostat selama 124 jam. 9). Selanjutnya lakukan pengambilan data dengan membongkar *tubing* dari dalam *casing* untuk melihat pembentukan *scale* pada *tubing perforate*.

Skema alat scale simulator

Desain alat scale simulator



Gambar 2. Skema Alat Scale Simulator



Gambar 3. Desain alat scale simulator

Bagian-bagian Alat *Scale Simulator*

Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan *fluida* dari bak penampung menuju ke *tubing perforate*.

Bak penampungan

Bak penampung digunakan untuk menampung air formasi yang akan dialirkan ke pompa dan selanjutnya akan dialirkan ke *tubing perforate* kemudian ke pipa pvc dan kembali ke bak penampungan kembali. Dalam istilah lain bak penampung disebut juga *reservoir* merupakan salah satu unit distribusi pada sistem penyediaan air formasi. Ukuran bak penampungan yang digunakan ialah dengan panjang : 0,47 meter, lebar : 0,32 meter, dan tinggi : 0,3 meter.

Rangkaian pipa

Rangkaian pipa pada alat *Scale Simulator* merupakan *line* yang akan dialiri air formasi yang terdiri dari beberapa sambungan.

Valve

Valve adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengendalikan, dan mengarahkan aliran *fluida* dengan cara membuka, menutup, atau menghambat sebagian aliran tersebut.

Flowmeter

Flowmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran aliran *fluida* yang terdapat pada suatu aliran.

Casing

Ukuran *casing* yang digunakan ialah memiliki diameter 7 inch, tinggi 0,45 m sesuai dengan ukuran yang ada pada sumur.

Tubing perforate

Tubing perforate merupakan *tubing* yang akan dialiri air formasi saat proses sirkulasi yang dibuat dari bahan besi dan diberi lubang sebanyak 12 dengan diameter yang berbeda beda.

Thermostat

Thermostat adalah suatu alat yang digunakan untuk membantu pengaturan suhu selama proses simulasi dilakukan.

Stick heater

Heater adalah alat yang dirancang untuk menghasilkan panas dan meningkatkan suhu pada air formasi.

Cairan yang digunakan

Air formasi

Air formasi yang digunakan adalah air formasi pada sumur LMN-47 dengan kondisi sumur yang memiliki *watercut* sebesar 90% yang berada di kedalaman 789 Mmd. Air formasi menjadi salah satu yang mempengaruhi pembentukan *scale* dikarenakan ada beberapa ion kation dan anion yang terlalu dominan sehingga membentuk *scale*.

Alat ukur yang digunakan

Kaliper

Pada penelitian ini alat ukur kaliper digunakan untuk mengukur ID (*Inside Diameter*) dari 12 lubang pada *tubing perforate*, OD (*Outside Diameter*) *tubing Perforate* untuk mengetahui berapa banyak *scale* yang terbentuk pada *tubing perforate*. Kaliper juga digunakan untuk mengukur ID (*Inside Diameter*) pada setiap line yang dialirkan air formasi seperti *casing*, pipa pvc, dan *connector* yang ada.

Timbangan

Pada penelitian ini timbangan digunakan untuk mengukur berat dari *scale* yang terbentuk pada keseluruhan *tubing perforate*.

Meteran

Pada penelitian ini meteran yang digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui panjang atau tinggi dari beberapa alat yang akan digunakan.

Stopwatch

Stopwatch pada penelitian ini digunakan untuk mengatur laju alir yang sudah ditetapkan pada waktu satu menit.

HASIL DAN DISKUSI

Menghitung Scale Indeks Menggunakan Metode Stiff & Davis

Sample air formasi sumur LMN-47	
pH	: 7, 990
Calcium Ca ²	: 40,00 mg/L
Bikarbonat HCO ₃ ⁻	: 7808,00 mg/L
Ion Strenght	: 0.2339954

Menentukan negatif logaritma dari konsentrasi Ca (pCa) menggunakan persamaan (dan untuk menentukan negatif logaritma dari konsentrasi total alkalinity (pAlk) juga menggunakan persamaan.

Maka dapat dihitung sabagai berikut :

Mencari nilai pCa:

$$pCa = 4,5977 - 0,4337 \ln (Ca^{2+})$$

$$pCa = 4,5977 - 0,4337 \ln (40,00) \quad (1)$$

$$pCa = 2,997832 \text{ mg/L}$$

Mencari nilai pAlk:

$$pAlk = 4,8139 - 0,4375 \ln (HCO_3)$$

$$pAlk = 4,8139 - 0,4375 \ln (7808,00) \quad (2)$$

$$pAlk = 0,89262 \text{ mg/L}$$

Maka *Scale Indeks* pada air formasi sumur LMN-47 sebelum disirkulasikan adalah:

$$SI = pH_w - K - pCa - pAlk$$

$$SI = 7,990 - 2,7 - 2,99783 - 0,89262 \quad (3)$$

$$SI = 1,39955$$

Analisis pembentukan *scale*

Tubing perforate

Tubing Perforate yang digunakan berukuran 2 7/8 inch sesuai dengan ukuran aktual yang ada di dalam sumur. Setelah disirkulasikan terjadi perubahan pada diameter *tubing* dengan penambahan 0,013 inch.

Tabel 2. Ukuran *tubing perforate* sesudah dan sebelum disirkulasikan

Ukuran <i>tubing Perforate</i> sebelum dan sesudah sirkulasi			
No	Before	After	Pertambahan Diameter
1	2,901	2,914	0,013

Lubang *tubing perforate*

12 variasi lubang pada *tubing perforate* yang mengalami mengalami perubahan dikarenakan adanya pembentukan *scale*.

Tabel 3. Variasi lubang *tubing perforate* sebelum dan sesudah disirkulasikan

No	ID Lubang	ID sebelum sirkulasi (inch)	ID sesudah sirkulasi (inch)	Selisi ID sebelum dan sesudah (inch)
1.	A	0,528	0,505	0,023
2.	B	0,466	0,445	0,021
3.	C	0,478	0,440	0,038

No	ID Lubang	ID sebelum sirkulasi (inch)	ID sesudah sirkulasi (inch)	Selisi ID sebelum dan sesudah (inch)
4.	D	0,522	0,501	0,021
5.	E	0,475	0,447	0,028
6.	F	0,567	0,489	0,078
7.	G	0,485	0,469	0,016
8.	H	0,566	0,546	0,02
9.	I	0,505	0,502	0,003
10.	J	0,517	0,511	0,006
11.	K	0,570	0,500	0,07
12.	L	0,504	0,500	0,004

Scale yang terbentuk

Dari proses simulasi yang dilakukan dengan mensirkulasikan air formasi dengan laju alir, dan suhu yang sudah ditetapkan selama 124 jam maka didapatkan *scale* yang terbentuk pada *tubing perforate* sebanyak 6,14 gram



Gambar 4. Total *scale* pada *tubing perforate*

Pengaruh *temperature*, pH, dan laju alir pada pembentukan *scale*.

Pada grafik di atas terlihat bahwa nilai *Scale Indeks* untuk *temperature* 51 °C, pH 7,38 dan laju alir 8, 717 l/menit adalah 0,71. Sedangkan untuk *temperature* 54 °C, pH 7,72 dan laju alir 10,482 l/menit nilai *Scale Indeks* sebesar 1,05 dan untuk *temperature* 56,29 °C, pH 7,99 dan laju alir 15,22 l/menit nilai *Scale Indeks* sebesar 1,39. Bisa disimpulkan bahwa dalam proses pertumbuhan *scale* CaCO_3 , *temperature*, pH, dan laju alir mempunyai pengaruh terhadap waktu terbentuknya inti kristal pertama kali.

Bentuk pengaruhnya adalah semakin dalam sumur akan meningkatkan *temperature* pada air formasi yang akan menyebabkan terjadinya penguapan dengan lebih cepat sehingga terjadi pengendapan *scale* CaCO_3 . pH yang bersifat semakin basa dapat mempercepat proses pengendapan *scale* CaCO_3 . Demikian pula dengan laju alir yang semakin tinggi akan mengakibatkan waktu pembentukan inti kristal yang semakin cepat, karena *scale* CaCO_3 terbentuk oleh adanya reaksi dan pengendapan antara ion-ion, maka bila semakin banyak ion yang bereaksi dan mengendap akan menjadikan konduktivitas larutan menjadi lebih kecil. Sehingga massa *scale* CaCO_3 yang terbentuk akan lebih banyak. Perbedaan nilai konduktivitas menunjukkan bahwa ada kecenderungan perbedaan laju reaksi yang terjadi untuk laju alir 8,717; 10,482 dan 15,22 l/menit. Berdasarkan data di atas bisa diketahui bahwa bila laju alir rendah maka laju reaksi juga rendah, sebaliknya bila laju alir tinggi maka laju reaksi akan tinggi pula.

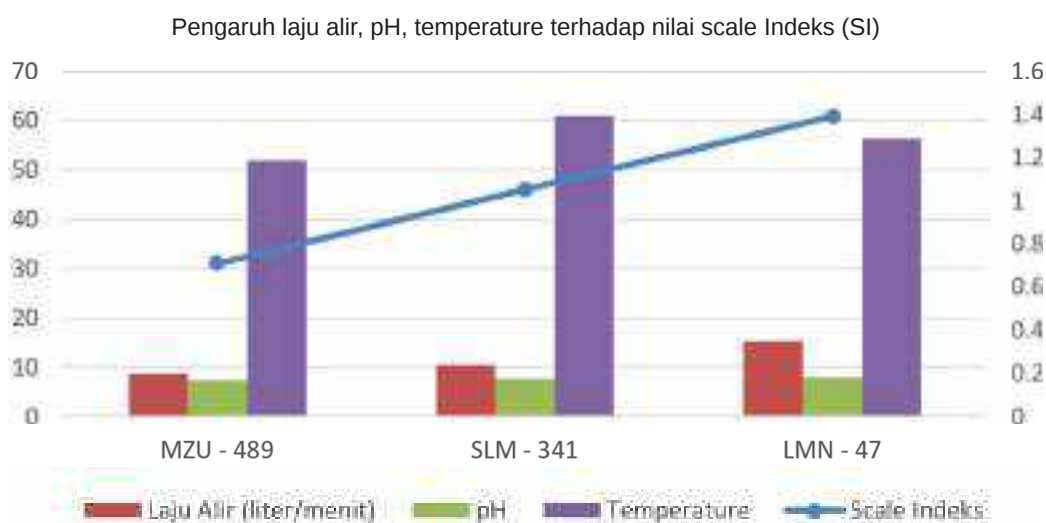
KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut: 1). Penelitian ini menunjukkan bahwa melalui Alat *Scale Simulator* dapat diperoleh pembentukan *Scale* karbonat (CaCO_3) pada *tubing perforate* yang dialiri air formasi dengan laju alir 15,2279 liter/menit, pH 7,99 dan dengan suhu 56,29 °C adalah sebanyak 6,14 g; 2). pH dan *temperature* sangat mempengaruhi proses pembentukan *scale*, yang dilihat dari nilai *Scale Indeks* sumur MZU – 489 dengan *temperature* 51 °C, dan pH 7,38 adalah 0,71. Sedangkan untuk sumur SLM–34 *temperature* 54 °C dan pH 7,72 nilai *Scale Indeks* sebesar 1,05 dan untuk sumur LMN-47 *temperature* 56,29 °C dan pH 7,99 nilai *Scale Indeks* sebesar 1,39; 4). Peningkatan laju aliran akan memperpendek periode induksi karena meningkatkan frekuensi pertumbuhan molekul dalam larutan sehingga dapat mempercepat pertumbuhan *scale* CaCO_3 . Berdasarkan sumur MZU-489 dengan laju alir 8, 717 l/menit memperoleh nilai *Scale Indeks* 0,71. Sedangkan untuk laju alir 10,482 l/menit nilai *Scale Indeks* sebesar 1,05 dan untuk laju alir 15,22 l/menit nilai *Scale Indeks* sebesar 1,39.

Saran

1). Usahakan agar volume air formasi pada bak penampungan selau dalam kondisi penuh, karena selama proses pemanasan oleh *stick heater* berpotensi terjadinya pemuain yang dapat mengurangi volume air formasi; 2). Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan Alat *Scale Simulator* untuk menentukan pengaruh laju alir terhadap pembentukan *scale* CaCO_3 dengan melakukan variasi



Gambar 5. Grafik hubungan antara laju alir, pH, temperature terhadap nilai scale indeks

laju alir sebagai pembanding; 3). Diharapan untuk penelitian selanjutnya melakukan pengujian berapa lama reaksi *scale* terhadap *scale stick* dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk *scale* dapat terbentuk kembali.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Notasi	Keterangan	Satuan
CaCO ₃	Kalsium Karbonat	-
CaSO ₄	Kalsium Sulfat	-
BaSO ₄	Barium Sulfat	-
CO ₂	Karbon Dioksida	-
SrSO ₄	Strontium Sulfate	-
FeCO ₃	Ferrous Carbonate	-
FeS	Ferrous Sulfide	-
Fe (OH) ₂	Ferrous Hydroxide	-
Fe ₂ O ₃	Ferric Oxide	-
SI	Scale Indeks	-
K	Konstanta. Fungsi dari komposisi, salinitas, dan temperatur air	-
pCa	Negatif logaritma dari konsentrasi Ca ²⁺	-
pAlk	Negatif logaritma dari konsntrasi total alkalinitas	-

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya sampaikan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan anugerah-Nya, yang memungkinkan peneliti menyelesaikan jurnal ilmiah berjudul: “analisis pengaruh air formasi temperatur, ph dan laju alir terhadap pembentukan *scale*”.

Penyusunan jurnal ilmiah ini merupakan langkah yang diambil untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Teknik Perminyakan dari Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan Terima kasih banyak atas doa dukungan seluruh rekan rekan yang terlibat baik orng tua, dosen, mentor perusahaan, dan teman teman saya semuanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bradley, 1987, *Petroleum Engineering Handbook, Society of Petroleum Engineers, US*.
- R. Liestyana, L. Said & R. Pratiwi, 2018, Analisa Air Formasi Terhadap Kecenderungan Pembentukan *Scale Calsium Carbonate* (CaCO₃) dan *Calsium Sulfate* (CaSO₄).
- R. Isopescu, C. Mateescu, M. Mihai & G. Dabija, 2010, *The effects of organic additives on induction time and characterustics calcium carbonate*, *Chamical Engeneering Research and design*, 388, no. 5.
- S. Muryanto, A. Bayuseno, H. Ma'mun, M. Usamah & Jotho, 2013, *Calcium carbonate scale formation in pipes: effect of flow rates, temperature, and malic acid as addictive on the mass and morphology of the scale*.
- Rasako, S. N. S., Indriani, E., & Pattikayhatu, E. B. (2024). Evaluasi Penggantian Artificial Lift Sucker Rod Pump (SRP) Menjadi Electrical Submersible Pump (ESP) Untuk Meningkatkan Produksi Minyak Sumur S Lapangan Kawengan. LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI (LPMGB), 58(1), 51-62. <https://doi.org/10.29017/LPMGB.58.1.1615>.
- D.O.C. Engineering, 2024, *Effect Of Temperature and Solution pH on Calcium Carbonate Precipitation As Bio-Based Repair Material In Concrete*.
- H. Ma'mun, A. Bayuseno & S. Muryanto, 2013, Pembentukan Kerak Kalsium Karbonat (CaCO₃) didalam Pipa Beraliran Laminer Pada Laju Alir 30 ml/menit Hingga 50ml/menit dan Penambahan Adiktif Asam Malat.
- A. Koerchef & M. Touaibi, 2019, *Effect of pH and temperature on calcium carbonate precipitation by CO₂ removal from ion-ion rich water*.
- D.I. Astuti, S.R. Gusmawarni & M.S.P. Budi, 2024, Studi Perkiraan Potensi Pembentukan Indeks Scale Calcium Carbonate Dari Sampel Brine Sintetik (Variabel CO₃ dalam Air Formasi).
- A. Gusfarozi, 2021, Analisis Penyebab Terbentuknya Scale pada Pipa Produksi di Lapangan X dengan Metode Stiff & Davis dan Metode Skillman, McDonald, Davis. Perpustakaan Universitas Islam Riau. Universitas Islam Riau.
- E.C. Saputra, 2015, Analisa Variasi Temperature Pembentukan Kristal CaCO₃ Pada Consentrasi Larutan 3500 ppm Ca⁺⁺ Dengan Laju Alir 50 ml/menit.

Yusrizal, M. Z., & Kaesti, E. Y. (2025). Modern Palacio-Blasingame Type Curve Method to Determine Well Production Characteristics and Reserves in Indonesia Field. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 48(3), 120-130.



Perbandingan Metode GC-FID dan FTIR-ATR Untuk Penentuan Kadar Biodiesel Dalam Biosolar

Handajaya Rusli¹, Annisa Efendi¹, dan Sylvia Ayu Bethari^{1,2}

¹Analytical Chemistry Research Group, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No. 10 Bandung, 40132, Indonesia.

²Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS", ESDM.
Jl. Ciledug Raya No. Kavling 109, Kebayoran Lama, Indonesia.

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
16 Juni 2025

Diterima setelah
perbaikan:
15 Juni 2025

Disetujui terbit:
30 Juli 2025

Kata Kunci:

biodiesel
biosolar
FTIR
kromatografi gas

Biodiesel di Indonesia umumnya berasal dari ester metil asam lemak yang diproduksi dari minyak sawit. Biodiesel telah digunakan sebagai bahan baku dalam produksi biosolar. Saat ini, Indonesia menerapkan B40 yang berarti dalam biosolar terkandung 40 % (v/v) biodiesel. Kandungan biodiesel dapat dianalisa menggunakan Nuclear Magnetic Resonance (NMR), Kromatografi Gas (GC), dan spektroskopi Fourier Transform Infra Merah (FTIR). Saat ini peralatan komersial untuk menentukan komposisi biosolar menggunakan prinsip FTIR. Pada penelitian telah dilakukan pengukuran biodiesel dalam biosolar menggunakan metode FTIR-ATR dan GC-FID. Penelitian dilakukan menggunakan masing-masing dua jenis biodiesel dan dua jenis minyak solar yang dikombinasikan menghasilkan empat variasi berbeda. Penentuan kadar biodiesel dengan metode FTIR-ATR dilakukan berdasarkan luas serapan gugus karbonil (C=O) di 1742 cm⁻¹ yang berasal dari biodiesel. Data yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan FTIR-ATR diolah menjadi tiga set bilangan gelombang, yaitu 1692 – 1800 cm⁻¹, 1700 – 1800 cm⁻¹, 1670 – 1851 cm⁻¹ sesuai standar ASTM D7371-14(2022) dan rentang 1726 - 1776 cm⁻¹. Analisis menggunakan metode GC-FID dilakukan dengan menggunakan metil heksadekanoat sebagai puncak acuan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa analisis menggunakan GC-FID memberikan linearitas dan akurasi lebih baik pada rentang kadar 1 – 50 % (v/v) biodiesel dalam biosolar.

ABSTRACT

The main source of biodiesel in Indonesia is fatty acid methyl esters (FAME), which are made from palm oil. It is frequently utilized as a blending ingredient in biodiesel-diesel fuel blends, also known as biosolar. Indonesia policy mandated B40 that is biosolar must contain 40% (v/v) biodiesel. The biodiesel content in such blends can be analyzed using several instrumental techniques, including Nuclear Magnetic Resonance (NMR), Gas Chromatography (GC), and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. Among these, commercial instruments for biosolar analysis most commonly rely on FTIR principles. In this study, biodiesel concentration in biosolar is quantified using two analytical methods: FTIR-ATR and GC-FID. The experiment employs two types of biodiesels and two types of diesel fuel, combined to produce four distinct blend variations. FTIR-ATR analysis is based on the absorbance area of the carbonyl (C=O) functional group at 1742 cm⁻¹, which is characteristic of biodiesel. The FTIR data are processed using three spectral ranges: 1692–1800 cm⁻¹, 1700–1800 cm⁻¹, 1670 – 1851 cm⁻¹ those

specified in ASTM D7371-14(2022) and 1726–1776 cm⁻¹. For GC-FID analysis, methyl hexadecanoate is used as the reference peak. The results shows that GC-FID provided superior linearity and accuracy across a concentration range of 1–50% (v/v) biodiesel in biosolar.

© LPMGB - 2025

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan salah satu produk turunan dari minyak nabati ataupun minyak hewani rantai panjang. Di Indonesia, biodiesel yang dimaksud adalah ester metil asam lemak (EMAL) yang bersumber dari minyak nabati (Kementerian ESDM Republik Indonesia 2025) seperti minyak kelapa (Trisunaryanti 2004) dan minyak kelapa sawit (Herizal 2008). Biodiesel disintesis melalui proses transesterifikasi trigliserida dengan produk samping adalah gliserol. Secara teoritis, biodiesel tidak mengandung senyawa aromatik dan sulfur sehingga lebih ramah lingkungan sebagai bahan bakar (Marchetti & Errazu 2008). Walaupun demikian, biodiesel memiliki kekurangan pada stabilitas penyimpanan yang buruk dan berpotensi menyebabkan penyumbatan pada mesin (Wibowo 2016).

Biodiesel telah dimanfaatkan sebagai campuran biosolar. Saat ini, Indonesia telah mengimplementasikan penggunaan biodiesel hingga 40 % (v/v) dalam biosolar yang dikenal sebagai B40 (Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2024). Pada peraturan yang sama telah ditentukan metode rujukan uji berdasarkan ASTM yaitu D7371, D7806, dan D8274. Ketiga ASTM ini memanfaatkan penggunaan FTIR sebagai instrument pengukuran (ASTM D7371-14(2022), ASTM D7806-20(2025), ASTM D8274-20a(2024)). Ketiga metode ASTM tersebut memanfaatkan sinyal yang dihasilkan oleh vibrasi ikatan C=O yang ada pada biodiesel.

Selain ketiga metode tersebut, juga terdapat metode analisa yang umum diaplikasikan pada sampel biodiesel yaitu kromatografi gas (EN 14103 2020). Pada metode ini komposisi biodiesel dapat dianalisa dan ditentukan menggunakan berdasarkan luas puncak kromatogram yang dihasilkan. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan metode pengukuran berdasarkan ASTM dan EN. Perbandingan ini dilakukan untuk mengecek kehandalan masing-masing metode pada penggunaan rentang kerja yang luas sehingga dapat diaplikasikan pada sampel biosolar dengan kadar biodiesel yang tidak diketahui perkiraan nilainya.

BAHAN DAN METODE

Peralatan yang digunakan pada peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain peralatan gelas standar, pipet mikro, GC Agilent 7820 A dengan perangkat autosampler, kolom kapiler silika (5%-fenil)-metilpolisiloksana ukuran 30 m x 0,25 mm dengan ketebalan film 0,25 µm, FTIR Prestige 21 Shidmazu yang dilengkapi aksesoris ATR (kristal ZnSe) dari Pike Technologies.

Bahan yang digunakan adalah minyak solar CN48 dan biodiesel berbasis kelapa sawit yang merupakan sampel arsip dari BBPMGB “LEMIGAS”, metanol dan air kualitas kromatografi cair. Masing-masing minyak solar CN48 (kode 02 dan 23) dan biodiesel (kode As dan Tr) berjumlah dua sampel, sehingga akan didapatkan empat kombinasi biosolar. Sampel dibuat dalam rentang biodiesel 1 – 50 % (v/v) seperti komposisi yang ditampilkan pada Tabel 1.

Pengukuran FTIR-ATR dilakukan dengan melakukan pemindaian 700 – 4000 cm⁻¹ dan diolah lebih lanjut menggunakan perangkat lunak Origin untuk mendapatkan luas daerah di bawah puncak 1692 – 1800 cm⁻¹, 1700 – 1800 cm⁻¹, 1670 – 1851 cm⁻¹ sesuai standar ASTM D7371-14(2022) dan rentang 1726 - 1776 cm⁻¹. Luas daerah di bawah puncak kemudian dibuat kurva kalibrasi standar menggunakan perangkat lunak Origin. Setiap sampel setidaknya diukur triplo.

Pengukuran GC-FID dilakukan dengan kondisi seperti yang dilakukan oleh Bethari (Bethari 2025). Luas puncak pada sekitar waktu retensi 28 menit milik metil heksadekanat diolah menggunakan perangkat lunak Origin untuk mendapatkan kurva kalibrasi standar. Setiap sampel setidaknya diukur triplo. Temperatur oven: 60 °C ditahan selama 3 menit, lalu kenaikan 10°C/menit hingga 140°C tahan 5 menit, lalu kenaikan 10°C/menit hingga 300°C tahan 5 menit.

Temperatur injektor : 280 °C

Rasio pemisahan : 250

Volume injeksi : 1 µL

Gas pembawa : Helium

Laju alir gas : 1 mL/menit
Laju alir udara FID : 400 mL/menit
Laju alir H₂ FID : 30 mL/menit
Temperatur detektor : 300 °C

Tabel 1. Variasi komposisi biodiesel di dalam biosolar

Variasi	V _{Biodiesel} (mL)	V _{Minyak Solar} (mL)
B1	100	9900
B2	30	1470
B3	45	1455
B4	60	1440
B5	75	1425
B10	150	1350
B15	225	1275
B20	300	1200
B25	375	1125
B30	450	1050
B35	525	975
B40	600	900
B45	675	825
B50	750	750

HASIL DAN DISKUSI

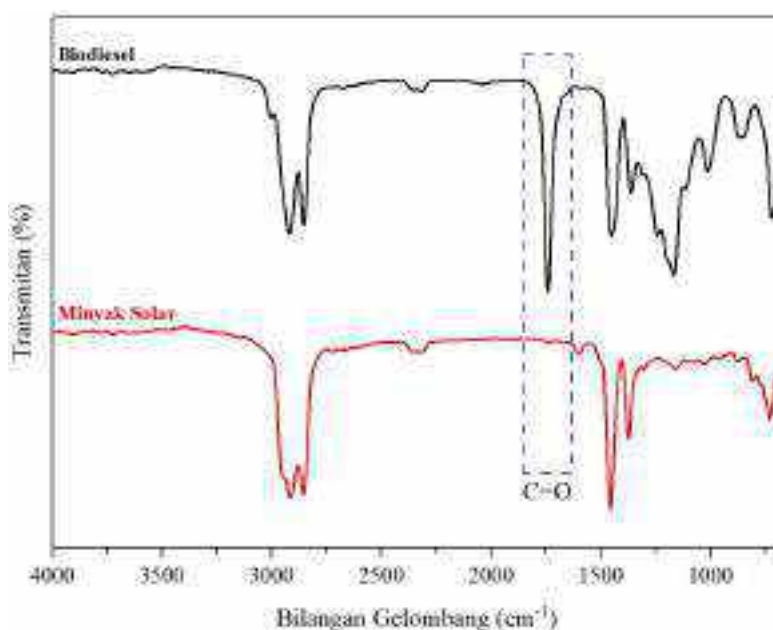
Penelitian ini diawali dengan pengukuran menggunakan metode FTIR-ATR. Hal ini dikarenakan FTIR-ATR merupakan metode yang disyaratkan di dalam peraturan yang diterbitkan oleh Kementerian ESDM. Bila dibaca secara detail, pada ASTM tersebut sinyal yang menjadi acuan terdapat pada daerah sekitar 1700an cm⁻¹. Pada Gambar 1 dapat dilihat hasil pengukuran FTIR-ATR yang dilakukan terhadap biodiesel dan minyak solar. Terdapat perbedaan mencolok yaitu kemunculan puncak di 1742 cm⁻¹ pada biodiesel. Puncak pada daerah ini merupakan vibrasi ikatan C=O yang bersumber dari gugus metil ester biodiesel.

Hal ini berkesesuaian dengan rentang bilangan gelombang yang digunakan pada ASTM rujukan. Seluruh rentang bilangan gelombang yang diintegrasikan pada ASTM dapat dipastikan merupakan luas daerah di bawah puncak 1742 cm⁻¹. Perbedaan rentang pengukuran disebabkan oleh pemilihan garis dasar (*baseline*) yang berbeda-beda. Pada Gambar 2 yang menampilkan hasil pengukuran untuk berbagai variasi konsentrasi biodiesel terlihat jelas bahwa

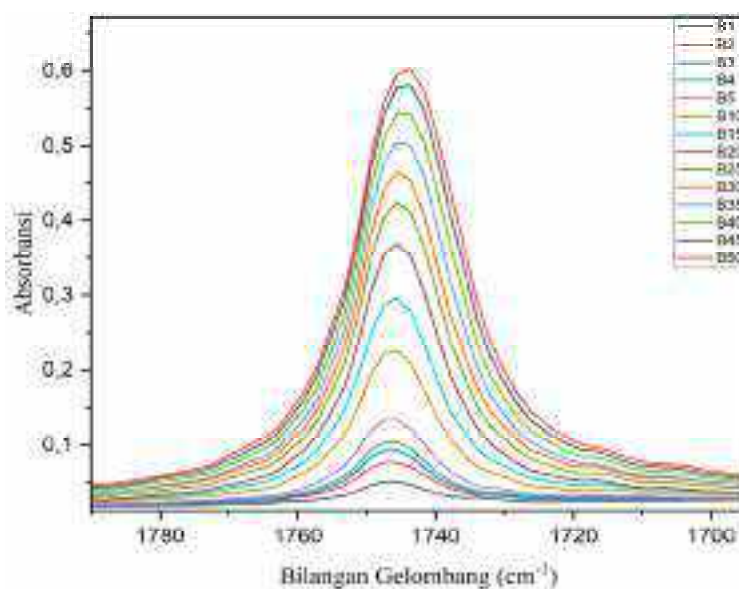
garis dasar untuk setiap konsentrasi berbeda-beda, sehingga pemilihan garis dasar merupakan variabel yang penting dalam analisa. Perbedaan rentang integrasi bilangan gelombang akan berakibat pada perbedaan luas area di bawah kurva yang dihasilkan, sehingga akan mempengaruhi kurva kalibrasi standar yang dihasilkan. Pada Gambar 3 (a-c) dapat dilihat kurva kalibrasi standar yang dihasilkan pada berbagai rentang bilangan gelombang yang disyaratkan di dalam ASTM.

Ketiga kurva standar yang dihasilkan tidak memberikan hasil yang memuaskan (linearitas yang baik) pada rentang kerja yang dilakukan yaitu 1 – 50 %(v/v). ASTM memang membagi rentang pengukuran menjadi tiga tergantung pada rentang konsentrasi sampel yaitu 1692 – 1800 cm⁻¹ untuk konsentrasi biodiesel < 10 %(v/v), 1700 – 1800 cm⁻¹ untuk konsentrasi biodiesel 10 – 30 %(v/v), 1670 – 1851 cm⁻¹ untuk konsentrasi biodiesel 30 – 50 %(v/v). Kesulitan utama dari cara ini adalah memaksa analisis untuk melakukan tiga macam perhitungan untuk satu sampel yang sama. Hal ini tentu tidak efektif dan merepotkan. Oleh karena itu, telah dicoba rentang pengukuran yang baru (Gambar 3 (d)) tetapi hasil yang didapatkan juga tidak memuaskan. Untuk mendapatkan kurva kalibrasi standar yang linear menggunakan FTIR memang hal yang sulit. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu keterbatasan interferogram (Russwurm 1999), respon detektor yang tidak linear (Heine 1997), jumlah pemindaian (Barra 2021), konsentrasi sampel dan temperatur pengukuran. Gambar 3 mengkonfirmasi pengaruh konsentrasi sampel, terlihat dari linearitas yang berkurang seiring peningkatan konsentrasi sampel.

Kelemahan pada metode FTIR-ATR tidak dimiliki oleh GC-FID sehingga layak untuk diaplikasikan sebagai pembanding ataupun pengganti. Pada Gambar 4 dapat dilihat perbandingan kromatogram biodiesel dan minyak solar. Biodiesel memiliki empat puncak utama yang diidentifikasi berturut-turut sesuai waktu retensinya sebagai metil tetradekanoat, metil heksadekanoat, 9-metil oktadekanoat, dan metil stearat. Keempat senyawa ini merupakan komposisi penyusun utama dari minyak sawit (Palmoilina Asia 2024). Gambar 4 juga mengkonfirmasi peluang penggunaan GC-FID karena memiliki puncak yang tidak terganggu oleh minyak solar. Pada penelitian ini digunakan puncak metil heksadekanoat sebagai acuan perhitungan. Puncak tersebut dipilih karena terisolasi dari komponen di dalam minyak solar ataupun komponen lain yang ada di dalam biodiesel.

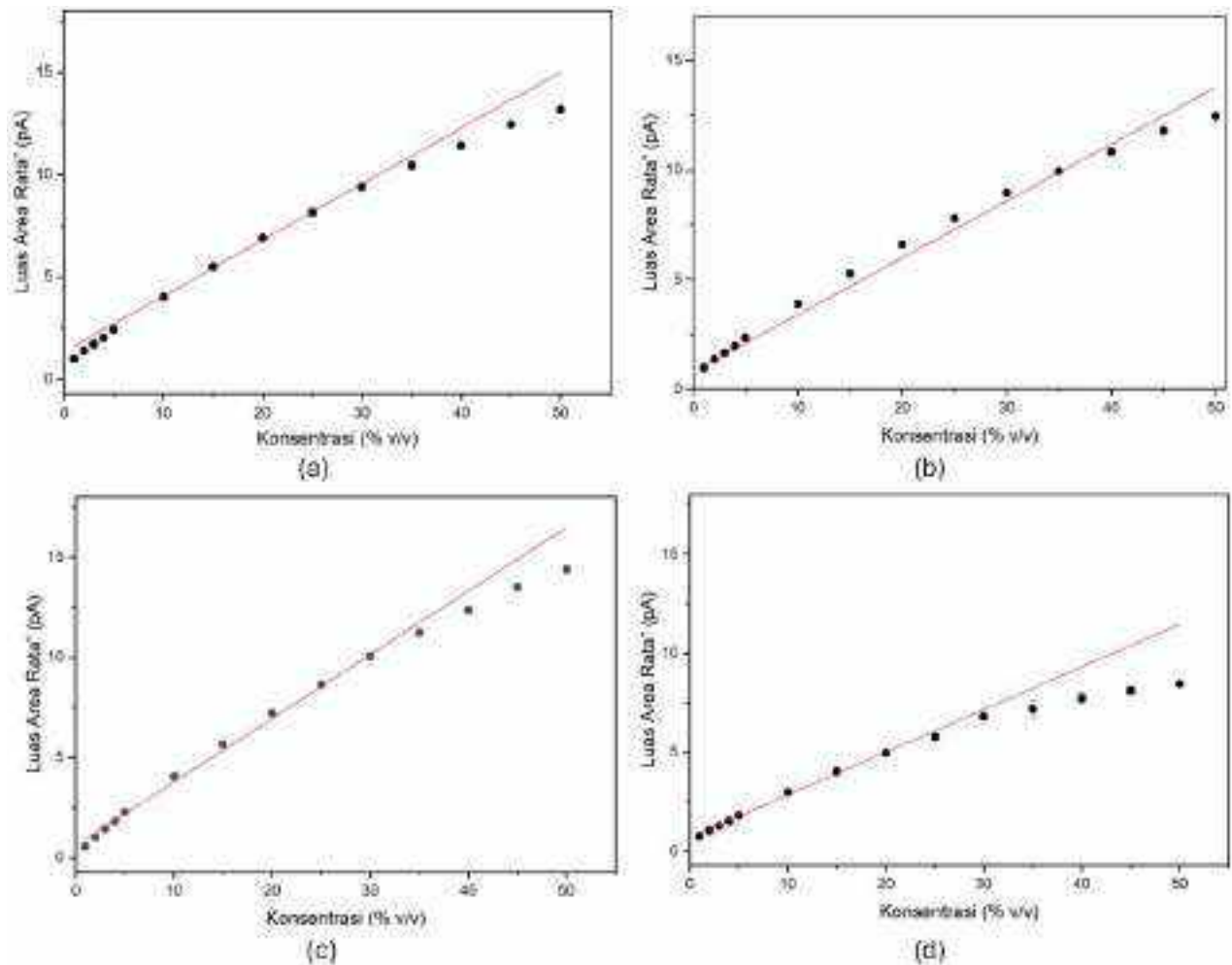


Gambar 1. Spektrum FTIR-ATR yang membandingkan biodiesel dan minyak solar, dengan puncak khas gugus karbonil (C=O) yang menandakan keberadaan ester pada biodiesel dibilangan gelombang 700-4000 cm^{-1} .

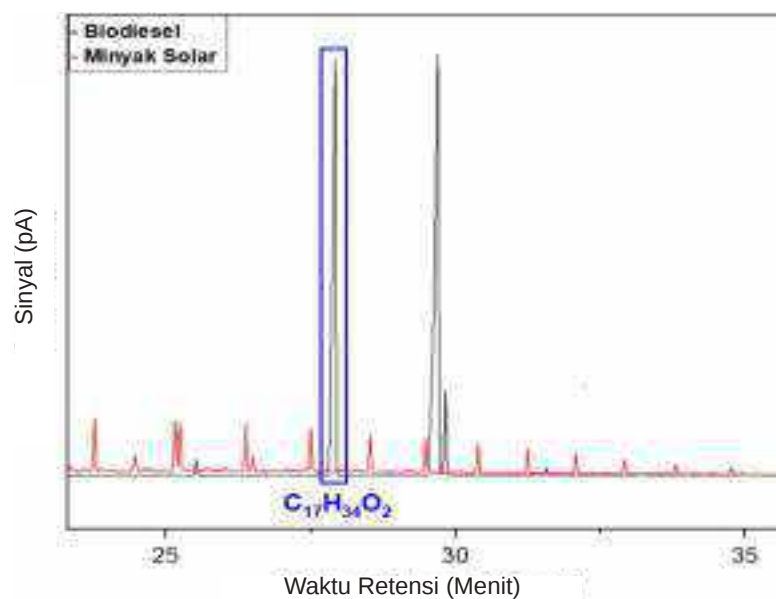


Gambar 2. Spektrum FTIR-ATR dari biosolar dengan puncak serapan sekitar 1740 cm^{-1} yang menggambarkan perubahan nilai absorbansi pada berbagai sampel (B1–B50).

Perbandingan Metode GC-FID dan FTIR-ATR Untuk Penentuan Kadar Biodiesel Dalam Biosolar
(Handajaya Rusli dkk.)



Gambar 3. Kurva kalibrasi standar serapan biodiesel dalam biosolar untuk kombinasi sampel A02 pada rentang konsentrasi 1 – 50 %(v/v) menggunakan FTIR-ATR pada berbagai rentang garis dasar (a) 1692 – 1800 cm⁻¹, (b) 1700 – 1800 cm⁻¹, (c) 1670 – 1851 cm⁻¹ dan (d) 1726 - 1776 cm⁻¹



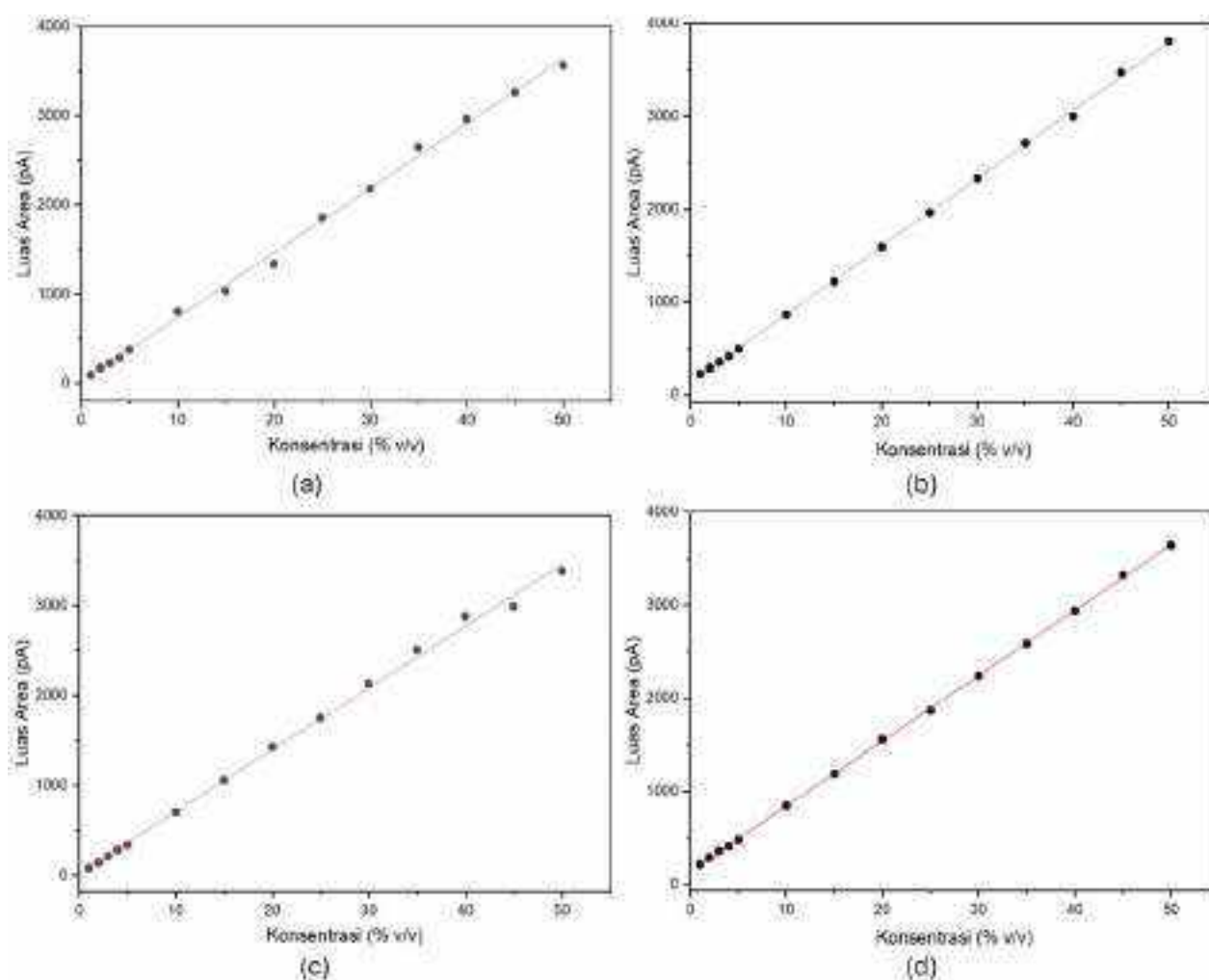
Gambar 4. Perbandingan kromatogram antara biodiesel dan minyak solar, di mana puncak senyawa $C_{17}H_{34}O_2$ menandakan keberadaan metil stearat sebagai komponen utama biodiesel.

Pada Gambar 5 ditampilkan kurva kalibrasi standar untuk empat jenis sampel yang berbeda. Keempat jenis sampel memberikan linearitas yang baik pada rentang konsentrasi yang digunakan. Kurva yang didapat menunjukkan peluang untuk penggunaan metode GC-FID untuk kadar biodiesel yang lebih tinggi, hal yang tidak dapat diaplikasikan pada metode FTIR-ATR.

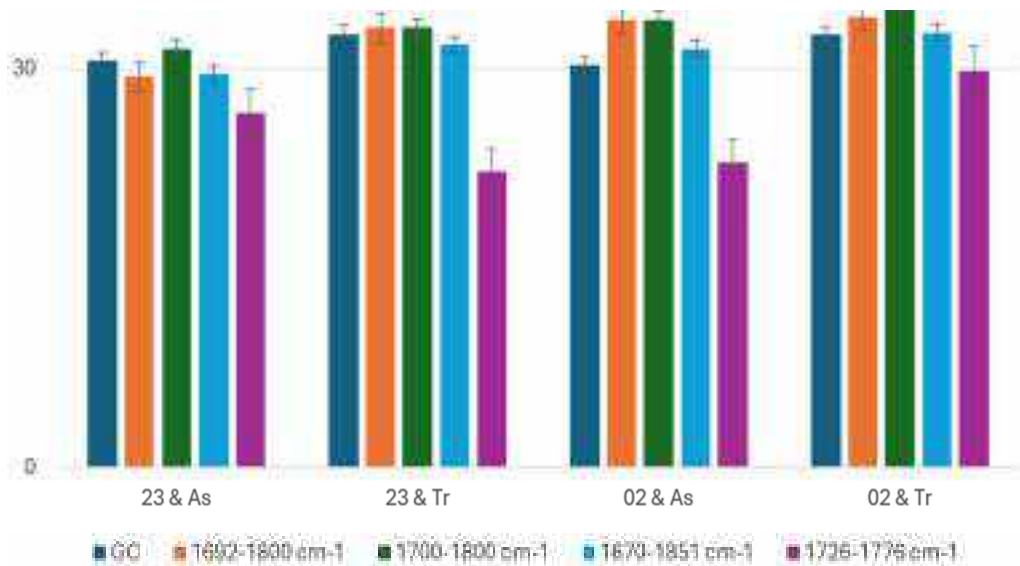
Gambar 5 tersebut juga memberikan informasi bahwa puncak metil heksadekanoat relatif sama untuk sampel biodiesel yang sama tetapi memberikan sinyal yang relatif berbeda untuk sampel biodiesel yang berbeda. Hal ini dapat menjadi penganggu pada pengukuran menggunakan metode GC-FID, walaupun pada metode FTIR-ATR juga akan mengalami hal yang sama. Perbedaan ini disebabkan oleh komposisi minyak sawit dipengaruhi oleh banyak faktor seperti waktu panen, wilayah tanam dan pemupukan. Untuk industri hulu tidak menjadi

masalah karena tersedia bahan baku yang sama sehingga kurva standar dapat dibuat dari sampel yang sama. Untuk aplikasi di hilir (lapangan) dapat dilakukan pengelompokan dan penelusuran bahan baku untuk wilayah tertentu sehingga standar yang digunakan memiliki kemiripan yang tinggi dengan sampelnya.

Pada Gambar 6 dapat dilihat perbandingan pengukuran dan perhitungan sampel buatan biodiesel dengan kadar 30 % (v/v). Metode GC-FID memiliki akurasi lebih baik dibandingkan metode FTIR-ATR. Persen perolehan kembali pada metode GC-FID berada pada rentang 101 – 109 %, jauh lebih baik dibandingkan metode FTIR-ATR yang mencapai 15 %. Oleh karena itu, metode GC-FID layak untuk dipertimbangkan sebagai metode acuan untuk penentuan konsentrasi biodiesel dalam biosolar setelah dilakukan validasi terhadap metode tersebut pada berbagai jenis biodiesel dan minyak solar.



Gambar 5. Kurva kalibrasi luas puncak metil heksadekanoat dalam biosolar menggunakan GC-FID untuk rentang konsentrasi 1 – 50 % (v/v) pada berbagai jenis sampel (a) Tr23, (b) As23, (c) Tr02 dan (d) As02



Gambar 6. Histogram perbandingan nilai rata-rata (dengan error bar) dari beberapa rentang bilangan gelombang (cm^{-1}) pada empat kondisi sampel berbeda (23 & As, 23 & Tr, 02 & As, 02 & Tr)

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan biodiesel dalam biosolar dapat dianalisis menggunakan FTIR-ATR dan GC-FID. Pada analisis menggunakan FTIR-ATR, luas daerah di bawah puncak dari C=O pada bilangan gelombang 1742 cm^{-1} menjadi acuan pengukuran. Pada analisis menggunakan FTIR, digunakan empat cara perhitungan yaitu $1692\text{--}1800\text{ cm}^{-1}$, $1700\text{--}1800\text{ cm}^{-1}$, dan $1670\text{--}1851\text{ cm}^{-1}$ berdasarkan ASTM D7371-14 dan $1726\text{--}1776\text{ cm}^{-1}$. Keempat cara tersebut tidak memberikan linearitas yang baik pada rentang konsentrasi biodiesel $1\text{--}50\text{ (v/v)}$. Analisa menggunakan GC-FID dapat dilakukan dengan memanfaatkan luas puncak metil heksadekanoat. Senyawa ini dipilih karena puncaknya terisolasi dan memiliki intensitas yang kuat. Pengukuran menggunakan GC memberikan linearitas yang jauh lebih baik pada rentang konsentrasi biodiesel $1\text{--}50\text{ (v/v)}$. Persen perolehan kembali empat kombinasi biodiesel dan solar menggunakan metode GC berada dalam rentang $101\text{--}109\%$ untuk konsentrasi biodiesel 30 v/v . Hal ini menunjukkan bahwa metode GC-FID memiliki akurasi dan linearitas yang lebih baik dibandingkan metode FTIR-ATR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LEMIGAS atas sampel minyak solar dan biodiesel untuk mendukung penelitian ini. Penelitian ini tidak didanai oleh pihak manapun.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Notasi	Keterangan	Satuan
NMR	Nuclear Magnetic Resonance	
GC	Kromatografi Gas	
FID	Detektor Ionisasi Nyala	
FTIR	Fourier Transform Infra Merah	
ATR	Attenuated Total Reflectance	
ASTM	American Society for Testing and Materials	
EN	European Norm	
BBPMGB	Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi	
CN	Angka setana	

KEPUSTAKAAN

ASTM D7371-14. (2022) *Standard Test Method for Determination of Biodiesel (Fatty Acid Methyl Esters) Content in Diesel Fuel Oil Using Mid Infrared Spectroscopy (FTIR-ATR-PLS Method)*.

ASTM D7806-20. (2025) *Standard Test Method for Determination of Biodiesel (Fatty Acid Methyl Ester) and Triglyceride Content in Diesel Fuel Oil Using Mid-Infrared Spectroscopy (FTIR Transmission Method)*.

- ASTM D8274-20a, 2024, *Standard Test Method for Determination of Biodiesel (Fatty Acid Methyl Esters) Content in Diesel Fuel Oil by Portable Rapid Mid-Infrared Analyzer*.
- Bethari, S. A., Rusli, H., & Amran, M. B. (2025). Development of Analytical Method for Determination of Palm-Based Hydrotreated Vegetable Oil (Hvo) in Diesel Blends Using Gas Chromatography: Preliminary Study. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 48(2), 181-191. <https://doi.org/10.29017/scog.v48i2.1816>.
- Barra, I., Khiari, L., Haefele, S.M, Sakrabani, R., Kebede, F. (2021) *Optimizing setup of scan number in FTIR spectroscopy using the moment distance index and PLS regression: application to soil spectroscopy*. *Scientific Reports*, 11, 13358 (2021), <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92858-w>.
- EN 14103. (2020) *Fat and oil derivatives. Fatty Acid Methyl Esters (FAME). Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents*.
- Herizal, H., & Rahman, M. (2008). Optimalisasi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel dengan Katalis NaOH. *LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI (LPMGB)*, 42(3), 61-66. <https://doi.org/10.29017/LPMGB.42.3.120>.
- Heise, H.M., Janissek, P.R., Fischer, P. (1997) *Application of Detector Non-linearity Correction for FT-IR Spectrometric Gas Analysis of SF₆ Samples*. In: Mink, J., Keresztury, G., Kellner, R. (eds) *Progress in Fourier Transform Spectroscopy*. *Mikrochimica Acta Supplement*, 14, Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6840-0_66.
- Kementerian ESDM Republik Indonesia (2024) Keputusan Dirjen Minyak dan Gas Bumi no 384.K/MG.06/DJM/2024 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar (B40) yang Dipasarkan di Dalam Negeri.
- Kementerian ESDM Republik Indonesia (2025) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia no 4 tahun 2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati.
- Marchetti, J. M., & Errazu, A. F. (2008) *Esterification of Free Fatty Acids Using Sulfuric Acid as Catalyst in the Presence of Triglycerides, Biomass and Bioenergy*, 32(9), 892–895, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.001>.
- Palmolina Asia, Minyak Kelapa Sawit: Kandungan dan Manfaat, diakses 4 Agustus (2025) <https://palmoilina.asia/sawit-hub/minyak-kelapa-sawit/>
- Russwurm, G.M., Phillips, B. (1999) *Effects of a nonlinear response of the fourier-transform infrared open-path instrument on the measurements of some atmospheric gases*, *Applied Optics*, 38(30):6398-407, DOI: 10.1364/ao.38.006398.
- Trisunaryanti, W., & Anwar, C. (2004). Pembuatan Biodiesel sebagai Bahan Bakar Alternatif: Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol Menggunakan Katalis NaOH. *LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI (LPMGB)*, 38(3), 40-49. <https://doi.org/10.29017/LPMGB.38.3.762>.
- Wibowo, C. S., Anggarani, R., Hermawan, N., & Aisyah, L. (2016). Pengaruh kondisi penyimpanan terhadap stabilitas oksidasi bahan bakar jenis biodiesel (b-100), biosolar (b-20) dan minyak solar murni (b-0)(effect of storage conditions on oxidation stability of biodiesel (b-100), biosolar (b-20) and diesel fuel (b-0)). *LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI (LPMGB)*, 50(3). <https://doi.org/10.29017/LPMGB.50.3.8>.



Pengaruh Pemakaian *Demulsifier* A dan B Terhadap *Crude Oil* Lapangan KB Dengan Metode *Bottle Test*

Erik Indra Putra

Laboratorium Pertamina Hulu Rokan Minas

Minas Jaya, Kecamatan Minas, Kabupaten Siak, Riau 28685, Indonesia.

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
26 Juni 2025

Diterima setelah
perbaikan:
23 Juni 2025

Disetujui terbit:
30 Juli 2025

Emulsi air dalam minyak mentah merupakan tantangan utama dalam proses produksi minyak bumi, terutama pada Lapangan KB yang memiliki karakteristik emulsi stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pengaruh pemakaian dua jenis demulsifier, yaitu demulsifier A dan demulsifier B terhadap *crude oil* Lapangan KB, dalam menurunkan kadar air dan sedimen (S&W) pada fluida produksi menggunakan metode *bottle test*. Pengujian dilakukan dengan variasi konsentrasi (0, 200, 300, dan 400 ppm), serta analisis parameter *water drop*, kualitas air, dan antarmuka minyak-air. Hasil menunjukkan bahwa *demulsifier* A memiliki efektivitas lebih tinggi dibandingkan *demulsifier* B, dengan efisiensi demulsifikasi mencapai >95% pada konsentrasi 200 ppm dan penurunan nilai S&W hingga 0.4%. Penambahan dosis hingga 400 ppm hanya meningkatkan efisiensi sekitar 4–5%, namun dengan biaya kimia yang meningkat signifikan. Jika ditinjau segi analisa kualitatif, *demulsifier* A juga menunjukkan respons yang lebih baik terhadap peningkatan dosis dan menghasilkan antarmuka yang lebih stabil, menjadikannya pilihan yang lebih tepat untuk aplikasi demulsifikasi pada *crude oil* dengan emulsi stabil.

Kata Kunci:

demulsifier
emulsi
bottle test
sediment
water

ABSTRACT

Water emulsion in crude oil is a major challenge in the petroleum production process, especially in the KB Field which has stable emulsion characteristics. This study aims to evaluate the effectiveness of the use of two types of demulsifiers, namely demulsifier A and demulsifier B on crude oil from the KB Field, in reducing water and sediment (S&W) content in production fluids using the bottle test method. Tests were carried out with various concentrations (0, 200, 300, and 400 ppm), as well as analysis of water drop parameters, water quality, and oil-water interfaces. The results showed that Demulsifier A had a higher effectiveness than Demulsifier B, with demulsification efficiency reaching >95% at a concentration of 200 ppm and a decrease in S&W values of up to 0.4%. Increasing the dosage to 400 ppm only increased efficiency by around 4–5%, but with a significant increase in chemical costs. From a qualitative analysis perspective, demulsifier A also showed a better response to increased dosage and produced a more stable interface, making it a more appropriate choice for demulsification applications in crude oil with stable emulsions.

© LPMGB - 2025

Korespondensi:

E-mail: erick.indraputra19052013@gmail.com (Erik Indra Putra)

PENDAHULUAN

Minyak bumi (*crude oil*) merupakan salah satu sumber energi utama yang digunakan secara luas di berbagai sektor industri. Sebelum dapat dimanfaatkan, *crude oil* harus melalui proses pemurnian yang kompleks, salah satunya adalah pemisahan air yang teremulsi di dalam minyak (Yu et al., 2025). Emulsi minyak bumi terbentuk secara alami akibat adanya komponen aktif antarmuka seperti *asphaltene* dan *resin*, yang berperan sebagai surfaktan alami. Studi terbaru menunjukkan bahwa pembentukan lapisan antarmuka dalam emulsi *water-in-oil* dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi *asphaltene* dan *resin*, yang mampu menurunkan tegangan antarmuka dan membentuk struktur viskoelastik yang stabil pada permukaan tetesan air. Kandungan *asphaltene* dapat meningkat hingga 4 kali lipat dalam minyak ringan, sementara resin meningkat hingga 86% dibandingkan dengan minyak asli, menunjukkan peran dominan kedua komponen ini dalam stabilisasi emulsi (Dhandhi et al., 2024). Emulsi air dalam minyak (*water-in-oil*, W/O) sangat tidak diinginkan karena dapat menyebabkan korosi pada peralatan produksi, penurunan kualitas dan kuantitas minyak mentah, serta inefisiensi proses pemurnian. Studi terbaru menunjukkan bahwa emulsi W/O dapat menyebabkan penurunan performa katalis, penyumbatan pipa, dan peningkatan biaya penanganan serta tekanan operasi, sehingga pemisahan air dari minyak mentah menjadi langkah penting dalam industri perminyakan (Mustafa et al., 2024).

Emulsi minyak-air merupakan permasalahan kompleks yang berdampak pada efisiensi pemisahan fluida produksi, kualitas minyak mentah, serta biaya pengolahan. Kandungan *sediment and water* (S&W) yang tinggi dapat menurunkan kapasitas kilang, mempercepat korosi peralatan, dan mengganggu sistem katalitik. Studi terbaru menunjukkan bahwa garam dan air dalam emulsi dapat menyebabkan deaktivasi katalis, penyumbatan sistem pemrosesan, serta kerusakan peralatan akibat korosi, sehingga pemisahan air menjadi tahap krusial dalam proses pemurnian minyak mentah (Anand & Thaokar 2021). Selain itu, biaya penanganan emulsi dapat mencapai 15–20% dari total biaya produksi, serta berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan akibat limbah yang mengandung senyawa berbahaya (Udourioh et al., 2025). Menurut Effendi & Varayesi (2022) terkait masalah oil content dan emulsion block dapat diatasi dengan menggunakan *reverse demulsifier*, pada uji

di laboratorium dengan menambahkan konsentrasi 50 mg/L *reverse demulsifier* ke dalam air injeksi dapat meningkatkan kualitas air injeksi dari *poor water quality* (oil content 50.55 mg/L) menjadi *good water quality* (oil content 15.89 mg/L) (Effendi & Fidy Varayesi 2022).

Lapangan KB merupakan salah satu penghasil *crude oil* dengan karakteristik emulsi yang cukup stabil. Untuk mengatasi permasalahan emulsi tersebut, digunakan bahan kimia yang disebut *demulsifier*. *Demulsifier* bekerja dengan cara mengganggu kestabilan emulsi sehingga memungkinkan terjadinya pemisahan antara air dan minyak (Adeyanju et al., 2020; Emuchuo & Osokogwu 2025). Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis *demulsifier*, yaitu *demulsifier* A dan *Demulsifier* B, untuk mengetahui efektivitas masing-masing dalam proses demulsifikasi *crude oil* dari Lapangan KB. Seiring berkembangnya pemahaman tentang karakteristik dan mekanisme stabilisasi emulsi, berbagai pendekatan baru telah dikembangkan, termasuk teori stabilisasi oleh surfaktan alami, efek sterik partikel padat, dan struktur viskoelastik antarmuka. Teknologi demulsifikasi juga mengalami kemajuan, seperti penggunaan nanopartikel, biosurfaktan, dan membran superhidrofobik. Studi terkini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis nanoteknologi dan biosurfaktan menawarkan efisiensi tinggi dalam pemisahan emulsi, namun tantangan masih ada dalam penerapan teknologi ini pada skala industri dan adaptasi terhadap berbagai jenis *crude oil* (Colloid & Science 2023).

Metode yang digunakan adalah *bottle test*, yaitu metode standar untuk mengevaluasi kinerja *demulsifier* berdasarkan parameter seperti konsentrasi, temperatur, waktu interaksi, dan nilai *basic sediment and water* (BS&W) (Sari & Sauqi 2020). Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi *demulsifier* yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi pemisahan air dari *crude oil*, serta mendukung proses produksi yang lebih optimal dan berkelanjutan (Emuchuo & Osokogwu 2025). Penggunaan *demulsifier* dalam proses pemisahan kimia merupakan metode paling efektif untuk memisahkan emulsi minyak-air. *Demulsifier* bekerja sebagai zat aktif permukaan yang mampu memecah dan memisahkan emulsi, serta diuji efektivitasnya melalui metode *bottle test* berdasarkan kecepatan pemisahan air, kejernihan air, dan kualitas antarmuka (Abdurrojaq et al., 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi

efektivitas dua jenis *demulsifier*, yaitu *demulsifier* A dan *demulsifier* B, terhadap *crude oil* dari Lapangan KB. Metode yang digunakan adalah *bottle test*, yaitu metode laboratorium yang umum digunakan untuk menguji kinerja *demulsifier* berdasarkan parameter seperti konsentrasi, temperatur, waktu interaksi, dan nilai *basic sediment and water* (BS&W) (Putra et al. 2023). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi *demulsifier* yang paling optimal untuk diterapkan di lapangan, sehingga mendukung efisiensi produksi dan pemurnian minyak mentah secara berkelanjutan. Penelitian ini secara langsung membandingkan efektivitas dua jenis *demulsifier* (A dan B) terhadap *crude oil* dari Lapangan KB, yang memiliki karakteristik emulsi stabil. Studi semacam ini masih terbatas dalam literatur lokal, terutama dengan pendekatan kuantitatif terhadap parameter *water drop* dan S&W. Pengujian dilakukan hingga konsentrasi 400 ppm, yang menunjukkan bahwa *demulsifier* A tetap menunjukkan peningkatan efektivitas, sedangkan *demulsifier* B stagnan (Rana et al. 2020). Ini memberikan wawasan baru tentang batas efektivitas masing-masing bahan kimia. Penelitian ini melakukan analisis S&W pada dua bagian sampel (*top cut* dan *mix cut*), memberikan gambaran lebih komprehensif tentang distribusi air dalam emulsi dan efektivitas *demulsifier* pada berbagai zona.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi dua jenis *demulsifier* A dan *demulsifier* B dalam proses pemisahan air dari emulsi minyak mentah yang berasal dari Lapangan KB. Metodologi terdiri atas tiga tahapan utama yaitu, pengambilan sampel, uji *bottle test*, dan analisis kadar *sediment and water* (S&W).

Pengambilan sampel minyak bumi

Sampel minyak mentah diambil sesuai dengan standar ASTM D4057-22 guna memastikan representativitas dan integritas sampel. Proses pengambilan dilakukan menggunakan wadah Nalgene Jar pada titik sampling yang telah dibersihkan dan dialirkan selama 2 menit untuk menghindari kontaminasi. Buka tutup nalgene dan alirkan sampel minyak kedalam nalgene. Suhu sampel dicatat segera setelah pengambilan, dan sampel dibawa ke laboratorium dalam kondisi terkontrol (ASTM International 2022).

Pengujian *bottle test*

Metode *bottle test* digunakan untuk menilai efektivitas *demulsifier* dalam memisahkan air dari emulsi. Setiap pengujian dilakukan dalam tabung petrolite 100 mL yang telah dibersihkan. Campuran terdiri dari 70 mL air formasi dan 30 mL minyak mentah. Sampel dalam *petrolite tube* dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 175°F untuk mensimulasikan kondisi operasi di lapangan yang ekstrem dan mempercepat pembentukan emulsi. Lakukan peadukan pada semua *petrolite tube* untuk menstabilkan emulsi. *Demulsifier* A dan B diinjeksi ke dalam sampel dengan variasi dosis konsentrasi (0, 200, 300, dan 400 ppm). Konsentrasi dibawah 100 melebihi batas yang diperuntukkan. Berdasarkan studi oleh (Adewunmi et al. 2024) menunjukkan bahwa konsentrasi 100 ppm dari nonionic *demulsifier* menghasilkan efisiensi *demulsifikasi* yang jauh lebih rendah dibandingkan konsentrasi 300–500 ppm, yang mampu mencapai efisiensi hingga 99% pada suhu 60°C. Tabung *petrolite tube* dikocok sebanyak 100 kali secara manual untuk memastikan pencampuran yang merata. Setelah itu, tabung petrolite dimasukkan kembali ke *water bath* dan lakukan pengamatan *water drop* selama 5 jam untuk mencapai efisiensi maksimal, tergantung pada komposisi minyak-air dan jenis *demulsifier* yang digunakan.

Analisa *sediment and water* (*top dan mix cut*)

Setelah inkubasi, dilakukan analisis kadar S&W pada dua lapisan sampel: *top cut* (5% dari permukaan atas) dan *mix cut* (*interface* antara minyak dan air). Sampel dari masing-masing lapisan dicampur dengan pelarut dan dipanaskan hingga 140°F sebelum dilakukan proses sentrifugasi. Proses ini memungkinkan pemisahan fase secara akurat, sehingga kadar air dan sedimen dapat dihitung secara kuantitatif. Nilai *basic sediment and water* (BS&W) dicatat dan dibandingkan antar variasi konsentrasi *demulsifier*. Pengujian dilakukan satu kali untuk setiap variasi konsentrasi, dengan tujuan eksploratif awal membandingkan efektivitas dua jenis *demulsifier*. Fokus studi pada perbandingan antar formula menjadi pertimbangan utama dalam desain eksperimen ini. Kami menyadari bahwa pengulangan uji akan memberikan kekuatan statistik yang lebih baik, dan oleh karena itu, kami telah mencantumkan hal ini sebagai batasan penelitian dan rekomendasi untuk studi lanjutan yang lebih mendalam dan terstandarisasi.

HASIL DAN DISKUSI

Pengaruh konsentrasi *demulsifier* a dan b terhadap *water drop*

Pada tabel 1 menjelaskan bahwa Blanko memiliki kemampuan memisahkan air yang sangat rendah dan konsisten (1%) tanpa variasi. Sedangkan pada, *demulsifier* A maupun B menunjukkan peningkatan rata-rata pemisahan air seiring peningkatan dosis. *Demulsifier* A dosis 400 ppm menunjukkan efektivitas tertinggi dalam memisahkan air (60%). *Demulsifier* B dosis 300–400 ppm mendekati efektivitas A, namun sedikit lebih rendah. Semua *demulsifier* menunjukkan pola stabilisasi setelah 2–3 jam, menandakan waktu optimum untuk pemisahan.

Standar deviasi yang sama ($\pm 18.71\%$) menunjukkan pola pemisahan air yang cukup konsisten antar waktu untuk masing-masing dosis.

Grafik pada gambar 1. Kondisi Blank (tanpa *demulsifier*) menghasilkan *water drop* yang sangat rendah, yaitu sekitar 1.5%, menunjukkan bahwa emulsi minyak-air sangat stabil dan sulit terpecah secara alami. Pada konsentrasi 200 ppm dan 300 ppm, terjadi peningkatan signifikan dalam efektivitas

pemisahan air, dengan *water drop* mencapai 56%. Ini menunjukkan bahwa *demulsifier* A mulai bekerja efektif dalam mengganggu kestabilan emulsi. Konsentrasi 400 ppm menunjukkan peningkatan lebih lanjut hingga 60%, mengindikasikan bahwa penambahan dosis memberikan dampak positif terhadap efisiensi pemisahan air. Tren yang meningkat menunjukkan bahwa *demulsifier* A memiliki respons dosis yang optimal, di mana peningkatan konsentrasi berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas. Efektivitas optimal tercapai pada dosis 200 ppm, namun peningkatan dari 300 ppm ke 400 ppm relatif kecil (hanya 4%), yang di indikasi bahwa sistem mulai mendekati titik jenuh atau plateau.

Grafik pada gambar 2 *water drop chemical demulsifier* B menunjukkan bahwa konsentrasi 200 ppm, terjadi peningkatan signifikan dalam efektivitas pemisahan air, dengan *water drop* mencapai 52%. Ini menunjukkan bahwa *demulsifier* B mulai bekerja dalam mengganggu kestabilan emulsi. Konsentrasi 300 ppm dan 400 ppm menunjukkan peningkatan yang sangat kecil, yaitu hanya mencapai 54%, dan tidak ada peningkatan lebih lanjut pada konsentrasi tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa

Table 1. Hasil % *water drop separation*

Tipe Demulsifier	Dosis (ppm)	Observasi Water Separation (%)					
		0 jam	1 jam	2 jam	3 jam	4 jam	5 jam
Blanko	0	1	1	1	1.5	1.5	1.5
	200	50	53	56	56	56	56
Demulsifier A	300	50	52	55	55	55	56
	400	52	54	60	60	60	60
Demulsifier B	200	45	47	50	52	52	52
	300	47	48	51	52	54	54
	400	46	49	52	52	54	54

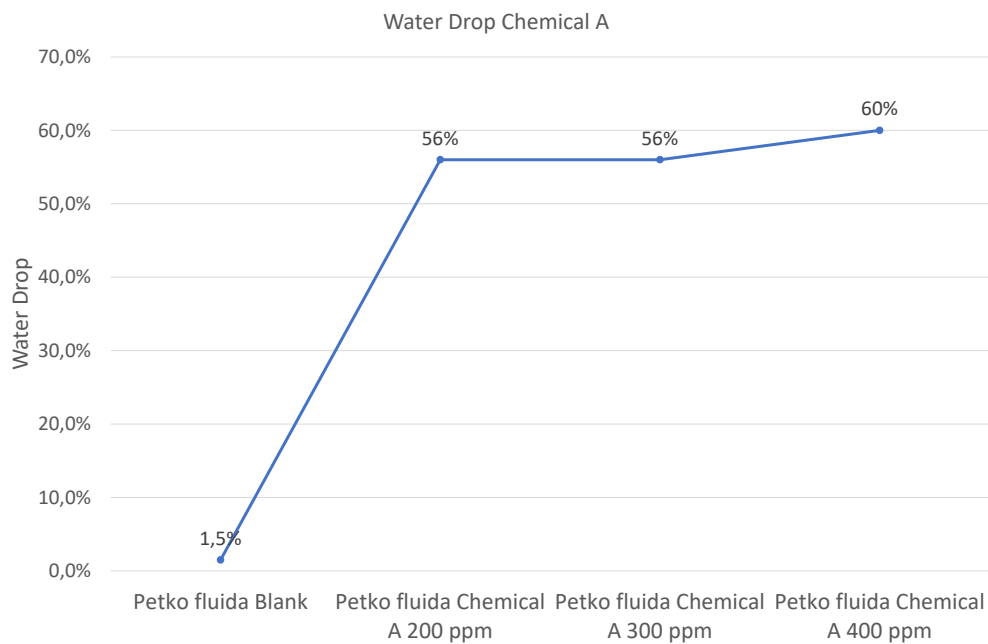
Table 2. Hasil % standar deviasi

Tipe Demulsifier	Dosis (ppm)	Rata-rata Pemisahan Air (%)	Standar Deviasi (%)
Blanko	0	1.0	0.00
	200	35.0	18.71
Demulsifier A	300	40.0	18.71
	400	45.0	18.71
Demulsifier B	200	37.0	18.71
	300	43.0	18.71
	400	49.0	18.71

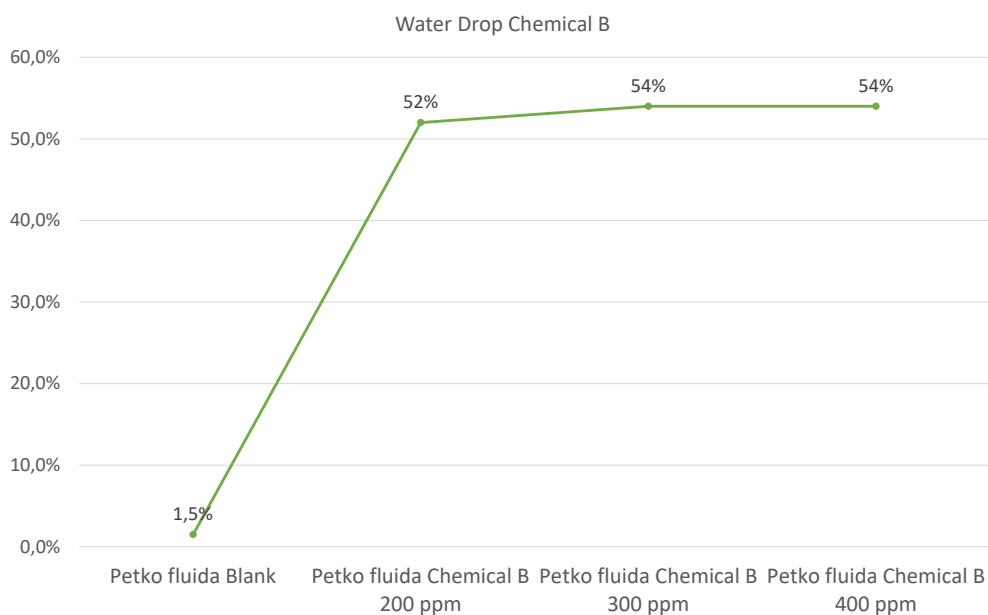
demulsifier B mengalami plateau efektivitas, di mana peningkatan dosis tidak lagi memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi pemisahan air. Respons terhadap dosis demulsifier B bersifat terbatas, dengan peningkatan efektivitas yang cepat pada dosis awal (200 ppm), namun stagnan pada dosis lebih tinggi. Efektivitas maksimum tercapai pada 200 ppm, dan tidak meningkat lagi pada 400 ppm, menunjukkan bahwa sistem telah mencapai batas kemampuan demulsifier B dalam memecah emulsi. Dibandingkan dengan demulsifier A, demulsifier

B memiliki efektivitas yang lebih rendah dan tidak menunjukkan peningkatan yang konsisten terhadap peningkatan konsentrasi.

Perbedaan respon terhadap peningkatan konsentrasi ini mengidentifikasi bahwa demulsifier A memiliki potensi yang lebih besar untuk digunakan dalam proses demulsifikasi, terutama pada sistem yang membutuhkan efisiensi tinggi dalam pemisahan air. Demulsifier B dapat dipertimbangkan sebagai alternatif, namun dengan efisiensi yang lebih rendah.



Gambar 1. Grafik pengaruh *chemical a* terhadap % *water drop*



Gambar 2. Grafik pengaruh konsentrasi *chemical* terhadap % *water drop*

Pengaruh konsentrasi terhadap nilai % S & W

Pengujian terhadap efektivitas demulsifier A dan demulsifier B dalam menurunkan nilai Sediment and Water (S&W) pada fluida Petko menunjukkan bahwa kedua bahan kimia mampu memberikan dampak signifikan terhadap pemisahan air dari emulsi. Pada kondisi blank, nilai S&W tercatat sebesar 56.0%, menandakan stabilitas emulsi yang tinggi dan sulit terpecah secara alami. Penambahan chemical pada konsentrasi 200 ppm menghasilkan penurunan S&W yang sama untuk kedua bahan, yaitu 1.2%, menunjukkan efektivitas awal yang sebanding. Pada 300 ppm, nilai S&W turun menjadi 0.8% untuk kedua *chemical*, mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi memberikan dampak positif terhadap efisiensi pemisahan. Namun, perbedaan performa mulai terlihat pada konsentrasi 400 ppm, di mana demulsifier A menunjukkan penurunan lebih

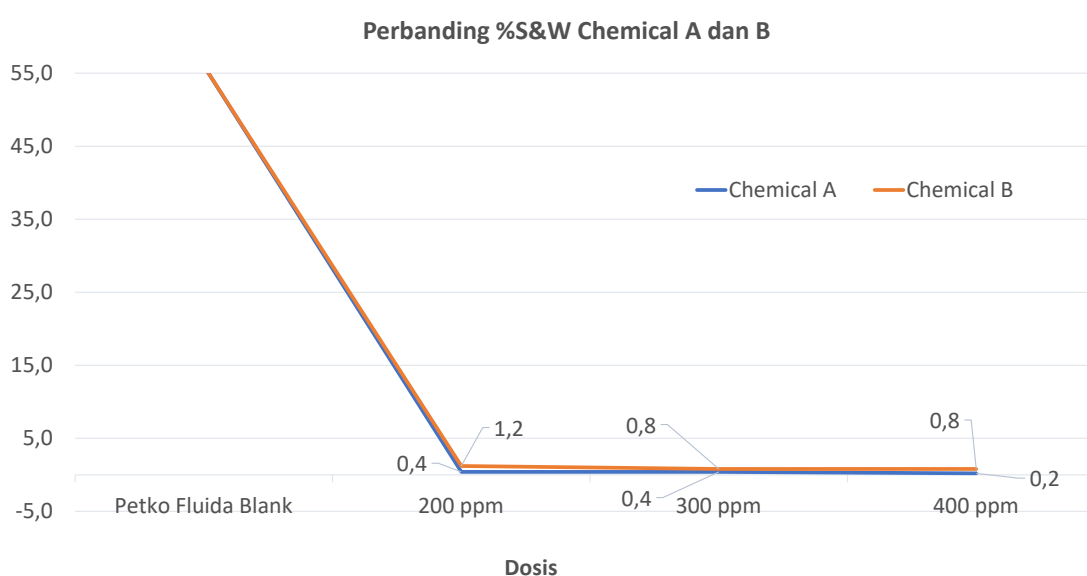
lanjut hingga 0.2%, sedangkan *demulsifier* B tetap berada di angka 0.8%. Hal ini menunjukkan bahwa demulsifier A memiliki efektivitas yang lebih tinggi dan respons yang lebih baik terhadap peningkatan dosis, menjadikannya lebih unggul dalam aplikasi demulsifikasi pada kondisi konsentrasi tinggi.

Hasil menunjukkan bahwa demulsifier A tidak hanya lebih efektif secara teknis, tetapi juga lebih ekonomis dalam jangka panjang. Perbandingan dengan studi (Rana et al., 2020) dan (Emuchuo & Osokogwu 2025) memperkuat temuan ini.

Temuan ini memperkuat rekomendasi bahwa *chemical demulsifier* A lebih cocok digunakan dalam proses demulsifikasi pada *crude oil* dengan karakteristik emulsi stabil seperti di Lapangan KB, terutama dalam operasi yang menuntut efisiensi tinggi dan kestabilan proses produksi.

Table 3. Uji S&W

Deskripsi	Demulsifier A	Demulsifier B
Petko Fluida Blank	56.0%	56.0%
200 ppm	0.4%	1.2%
300 ppm	0.4%	0.8%
400 ppm	0.2%	0.8%



Gambar 3. Grafik hasil uji S&W *demulsifier* A dan B

KESIMPULAN DAN SARAN

Demulsifier A terbukti lebih efektif dibandingkan *demulsifier* B dalam menurunkan nilai %S&W pada fluida Petko dari Lapangan KB. Konsentrasi 200 ppm menjadi titik optimal secara teknis dan ekonomis, dengan efisiensi demulsifikasi mencapai >95% dan penurunan nilai S&W hingga 0.4%. Penambahan dosis hingga 400 ppm hanya memberikan peningkatan efisiensi sekitar 4–5%, namun dengan biaya kimia yang meningkat hampir dua kali lipat. Selain itu, *demulsifier* A menunjukkan *respons* yang lebih baik terhadap peningkatan dosis dan menghasilkan kualitas antarmuka minyak-air yang lebih stabil. Oleh karena itu, *demulsifier* A direkomendasikan sebagai pilihan utama untuk aplikasi chemical demulsifikasi pada crude oil dengan karakteristik emulsi stabil, terutama dalam operasi yang membutuhkan efisiensi tinggi dan kestabilan proses produksi.

Rekomendasi penelitian

Uji skala pilot dan lapangan

Setelah hasil laboratorium menunjukkan efektivitas tinggi, perlu dilakukan uji skala pilot dengan pengulangan/duplo dan implementasi di lapangan untuk memvalidasi hasil dalam kondisi nyata, termasuk pengaruh terhadap sistem pemrosesan dan dampak lingkungan.

Analisis ekonomi dan dampak lingkungan

Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk menyertakan analisis biaya-manfaat serta kajian dampak lingkungan dari penggunaan demulsifier, terutama terkait residu kimia dan potensi kontaminasi air limbah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini, khususnya kepada Bapak Maulana Hardi selaku Manager Tim Laboratory beserta tim Laboratorium Pertamina Hulu Rokan Minas atas bantuan teknis dan fasilitas yang diberikan.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
ASTM	American Standard Testing and Material	
S&W	<i>Sediment & Water</i> Konsentrasi	% ppm

KEPUSTAKAAN

- Abdurrojaq, N., Zaelani, R., Haley, B. A., Fathurrahman, N. A., Anggarani, R., Wibowo, C. S., & Maymuchar, M. (2022). The Effect of Methanol-Gasoline (M20) and Ethanol-Gasoline (E20) Blends on Material Compatibility. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 45(2), 87-93. <http://doi.org/10.29017/SCOG.45.2.1183>.
- Adewunmi, A.A., Kamal, M.S., & Hussain, S.M.S., 2024, *Nonionic Demulsifier for Smart Demulsification of Crude Oil Emulsion at Room and Moderate Temperatures*. *ACS Omega*, 9(49), 48405–48415. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06634>
- Adeyanju, O.A., Oyekunle, L.O., Nur, F., Putri, J., Rahalintar, P., Nirmala, G.S., Husain, J.R., Asmiani, N., Charles Abatai, M., Udo Akpabio, J., Ndarake Okon, A., Reuben Etuk, B., YONGUEP, E., Kapiamba, K.F., Kabamba, K.J., Chowdhury, M., Saputra, F.B., Fujita, H., Hambali, E., Abdurahman, N.H., 2020, *Formulation of alternative demulsifiers with palm oil based surfactants for crude oil demulsification*. *Egyptian Journal of Petroleum*, 5(1), 87. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2019.07.001>.
- Anand, V., & Thaokar, R.M., 2021, *Stability and Destabilization of Water-in-Crude Oil Emulsion*. In *Petroleum Science and Technology* (p. Chapter 22). Springer Nature Switzerland. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-030-65021-6_22.pdf.
- ASTM International, 2022, *ASTM D4057-22: Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products*.
- Dhandhi, Y., Bhardwaj, V., Saw, R.K., & Naiya,

- T. K., 2024, *Demulsification of Water-in-Crude Oil Field Emulsion Using Green Demulsifier Based on Sesamum indicum: Synthesis, Characterization, Performance, and Mechanism*. *SPE Journal*, 29(08), 4166–4178. <https://doi.org/10.2118/221457-PA>.
- Effendi, D., & Varayesi, F. (2022). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Reverse Demulsifier Terhadap Nilai Oil Content dan Emulsion Block pada Air Injeksi Lapangan Jambi. *LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI (LPMGB)*, 56(1), 49-56. <https://doi.org/10.29017/LPMGB.44.3.709>.
- Emuchuo, C., & Osokogwu, U., 2025, *Novel Local Demulsifiers for Crude Oil Emulsion Treatment in Oil and Gas Industry*. *Petroleum Science and Engineering*, 9(2), 48–54. <https://doi.org/10.11648/j.pse.20250902.11>.
- Grace, R., 1992, *Commercial Emulsion Breaking*. In L. L. Schramm (Ed.), *Emulsions Fundamentals & Applications in the Petroleum Industry*. American Chemical Society.
- in Colloid, A., & Science, I., 2023, *Recent Advances in Emulsion Stabilization and Demulsification Technologies*. *Advances in Colloid and Interface Science*. <https://shop.elsevier.com/journals/advances-in-colloid-and-interface-science/0001-8686>.
- Mustafa, S.A., Amooey, A.A., & Al-Janabi, O.Y. T., 2024, *Demulsification of water-in-crude oil emulsion via novel Fe₃O₄ ethylene oxide–propylene oxide copolymer decorated graphene oxide or multiwall carbon nanotubes magnetic nanodemulsifiers*. *Chemical Papers*, 78, 4165–4174. <https://doi.org/10.1007/s11696-024-03377-7>.
- Putra, N.D., Ridaliani, O., Pramadika, H., Toriq, Z., Nugrahanti, A., Nur, F., Putri, J., Rahalintar, P., Nirmala, G.S., Rana, M.M., Sugiatmo, K., Kartika, F., Fanesa, P., Dhamayanthie, I., Astuti Ibrahim, P., Muslim, M.A., Putri, L.S., Burhana, M., Sidiq, F. A., Yulianto, M.E., 2023, *Studi Pengembangan Demulsifier Pada Skala Laboratorium Untuk Mengatasi*. *Metana*, 3(1), 23–30. <https://doi.org/10.14710/metana.v19i1.49967>.
- Rana, M.M., Sugiatmo, K., Kartika, F., Fanesa, P., Dhamayanthie, I., Astuti Ibrahim, P., Muslim, M.A., Putri, L.S., Burhana, M., Sidiq, F.A., Jessica, D., Yonguep, E., Chowdhury, M., Sari, D. K., Sauqi, N., Sabina .R, Trianiza .I, Date, M., Resti, A., Abdurahman, N.H., 2020, *Studi Pengembangan Demulsifier Pada Skala Laboratorium Untuk Mengatasi*. *Metana*, 5(1), 23–30. <https://doi.org/10.14710/metana.v19i1.49967>
- Sari, D.K., & Sauqi, N., 2020, *Pengaruh Demulsifier A dan Demulsifier B terhadap Crude Oil Bentayan dengan Metode Bottle Test*. [http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1971109&val=20704&title=Pengaruh Demulsifier A Dan Demulsifier B Terhadap Crude Oil Bentayan Dengan Metode Bottle Test Demulsifier](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1971109&val=20704&title=Pengaruh%20Demulsifier%20A%20Dan%20Demulsifier%20B%20Terhadap%20Crude%20Oil%20Bentayan%20Dengan%20Metode%20Bottle%20Test%20Demulsifier).
- Udourioh, G.A., Ezech, C.C., & Solomon, M.M., 2025, *Synthesis and Performance Evaluation of Green Demulsifiers for Water-in-Crude Oil Emulsion Treatment*.
- Yu, J., Alhadrawi, M., Altalbawy, F.M.A., Hasson, A.R., & Shafieezadeh, M.M., 2025, *Optimizing demulsifier selection for crude oil dehydration: a fuzzy TOPSIS-based multi-criteria decision-making approach*. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 15, Article 127. <https://doi.org/10.1007/s13202-025-02040-5>.



Primary Cementing pada One Phase Well pada Sumur Gelagah 01 Lapangan Tunjuk

KRT. Nur Suhascaryo¹, I Komang Nik Bhasika Kumara² dan Anton Budi Prasetyo³

¹Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi UPN “Veteran” Yogyakarta.
Ngropoh, Condong Catur, Depok, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta 55281, Indonesia.

²Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi UPN “Veteran” Yogyakarta.
Ngropoh, Condong Catur, Depok, Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta 55281, Indonesia.

³PT. Pertamina
Grha Pertamina, Jl. Medan Merdeka Timur No.11-13 Jakarta 10110 Indonesia.

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
02 Juli 2025

Diterima setelah
perbaikan:
29 Juli 2025

Disetujui terbit:
31 Juli 2025

Kata Kunci:

*one phase well
penyemenan
evaluasi
single stage cementing*

Tujuan dari operasi penyemenan adalah untuk melekatkan casing pada dinding lubang sumur. Sumur “Gelagah 01” merupakan sumur minyak yang terletak di lapangan Tunjuk. Pada lapangan ini terletak pada cekungan sumatera yang terdiri dari cekungan Palembang selatan. Penyemenan pada sumur “gelagah 01” dilakukan pada sumur one phase well merupakan metode pengeboran satu tahap (one-section) yang menggunakan divertermode dari permukaan hingga kedalaman target reservoir. Evaluasi penyemenan pada sumur “Gelagah 01” dengan metode penyemenan poor boy merupakan penyemenan yang sederhana tanpa menggunakan top plug dan bottom plug dilakukan pada casing intermediate 9 5/8 inch dan single stage dual slurry merupakan penyemenan yang diawali dengan bottom plug dilanjutkan dengan menginjeksikan lead slurry, tail slurry, top plug setelah itu dilanjutkan displacement agar mendorong semen agar sampai ke annulus dilakukan pada casing 7 inch . Evaluasi penyemenan yang diawali dengan perencanaan slurry yang meliputi perhitungan volume slurry dan displacement, perencanaan additive dan komposisi yang digunakan dan perencanaan displacement proses yang meliputi placement duration dan dilakukan analisa CBL (cement bond log) dan USIT (ultra sonic imager tool). Dengan hasil CBL dan USIT dapat mengetahui secara kuantitatif dan kualitatif kualitas melekatnya semen pada lubang sumur. Pada sumur gelagah 01 lapangan tunjuk terdapat problem seperti microannulus, channeling dan freepipe yang disarankan untuk melakukan remedial cementing.

ABSTRACT

The purpose of cementing operations is to attach the casing to the wall of the wellbore. The “Gelagah 01” well is an oil well located in the Tunjuk field. This field is located in the Sumatra basin, which consists of the southern Palembang basin. Cementing in the “Gelagah 01” well was carried out in a one-phase well, which is a one-section drilling method that uses a diverter mode from the surface to the target reservoir depth. The cementing evaluation at the “Gelagah 01” well using the poor boy cementing method is a simple cementing method without using a top plug and bottom plug, carried out on 9 5/8 inch intermediate casing and single stage dual slurry, which is a cementing method that begins with a bottom plug, followed by injecting lead slurry, tail slurry, top plug, followed by displacement to push the cement into the annulus, performed on 7-inch casing. Evaluation of cementing, beginning with slurry planning, which includes calculating slurry volume and displacement, planning additives and composition used, and planning

Korespondensi:

E-mail: nur.suhascaryo@upnyk.ac.id (KRT. Nur Suhascaryo)

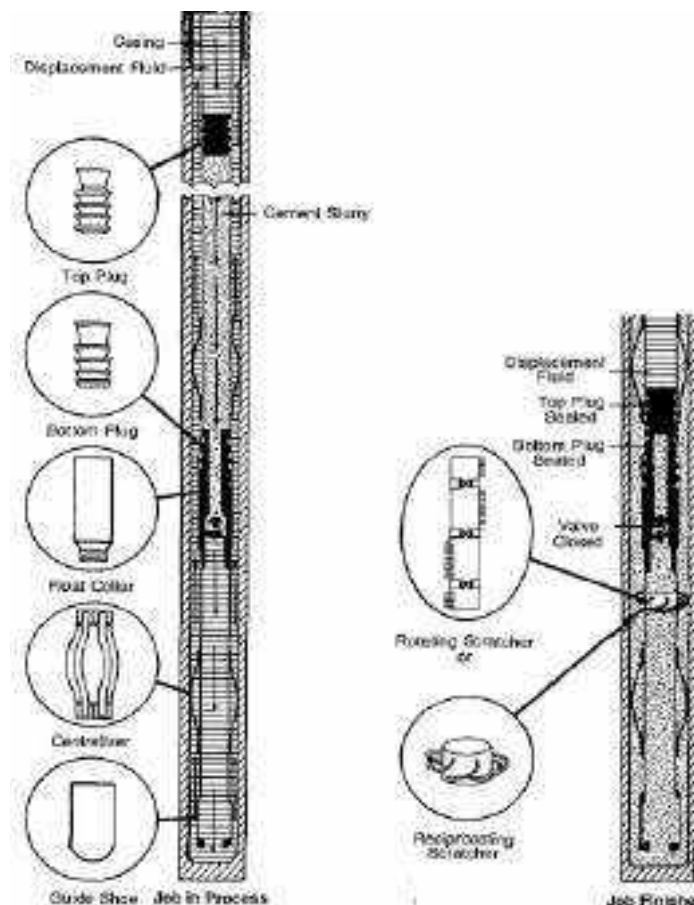
displacement processes, which includes placement duration and analysis of CBL (cement bond log) and USIT (ultrasonic imaging tool). The CBL and USIT results can be used to determine the quantitative and qualitative quality of cement adhesion in the wellbore. In the 01 well in the Tunjuk field, there are problems such as microannulus, channeling, and freepipe, which require remedial cementing.

© LPMGB - 2025

PENDAHULUAN

Pada umumnya, tujuan dari operasi penyemenan adalah untuk melekatkan casing pada dinding lubang sumur, melindungi casing dari masalah mekanis selama proses pemboran (seperti getaran), melindungi casing dari fluida formasi yang bersifat korosif, serta memisahkan satu zona dengan zona lainnya di belakang casing. (Rubiandini 2009). *Primary cementing* adalah penyemenan pertama kali yang dilakukan setelah casing diturunkan ke dalam sumur. Pada proses *primary cementing* penyemenan casing pada dinding lubang sumur dipengaruhi oleh jenis casing yang akan disemen (Wastu 2023). Pada penyemenan *primary cementing* terdapat jenis penyemenan pada casing sebagai berikut: Penyemenan *conductor casing* bertujuan

untuk mencegah terjadinya kontaminasi fluida, Penyemenan *surface casing* bertujuan untuk melindungi air tanah agar tidak tercemar dari fluida pemboran, memperkuat kedudukan *surface casing* sebagai tempat dipasangnya alat BOP (*Blow Out Preventer*), untuk menahan beban casing yang terdapat di bawahnya. pemboran (lumpur pemboran) terhadap lapisan tanah permukaan. Penyemenan *intermediate casing* bertujuan untuk menutup menutupi zona-zona yang mengganggu selama berlangsungnya operasi pemboran, seperti *sloughing shale*, *lost circulation*, *abnormal pressure*. Penyemenan *production casing* bertujuan untuk mencegah terjadinya aliran antar formasi ataupun aliran fluida formasi yang tidak diinginkan, yang akan memasuki sumur.



Gambar 1. Primary cementing system (Nelson 1990).

Penyemenan pada sumur Gelagah 01 menggunakan metode penyemenan *Single State Cementing* dengan memerlukan alat-alat berupa: *Casing string* diturunkan dengan semua aksesoris yang dibutuhkan seperti *float collar*, *float shoe* dan *casing centralizer* pada Gambar 2.

Setelah *casing string* lalu terdapatnya *Cementing Head* yang dimana dihubungkan pada bagian atas *string casing*, Dengan adanya *cementing head* ini maka lumpur dapat disirkulasikan oleh desakan *bottom plug* sampai ke dasar casing lalu diisi dengan bubur semen di atasnya sebelum pendesakan oleh *top plug* pada Gambar 3.

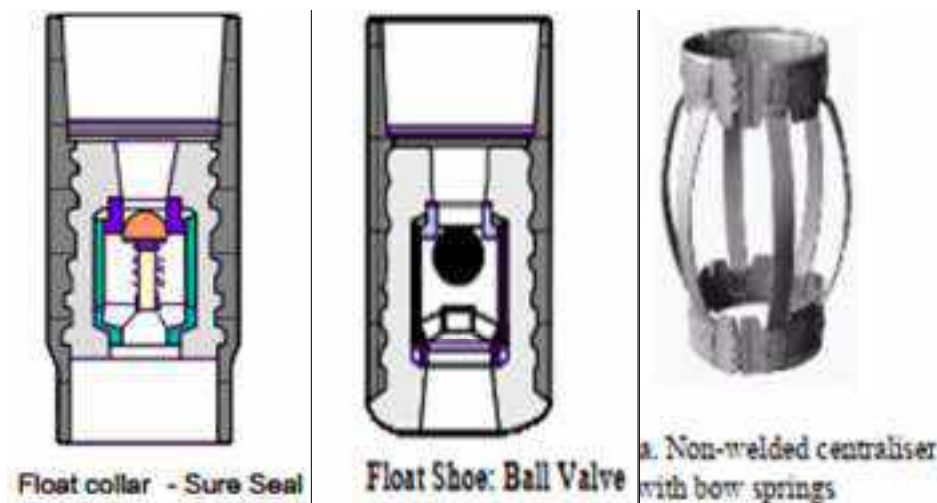
Kemudian disirkulasikan *casing* menggunakan dengan lumpur pemboran sebelum dilakukan penyemenan agar tidak tersisa *mud cake* di *annulus* lubang bor agar semen dapat melekat dengan baik. *Bottom plug* dilepaskan dan dipompakan ke bawah untuk menyeka bagian dalam casing bersih, kemudian diikuti oleh *spacer* lalu bubur semen diturunkan. *Top Plug* bertujuan untuk mendorong bubur semen, memisahkan semen dari lumpur pendorong agar tidak terjadi kontaminasi.

Peralatan Permukaan berperan penting dalam penyemenan *one phase well* sumur gelagah 01 diawali dengan kompresor udara yang memberikan tekanan pada *cutting pod* dimana tempat untuk memasukkan *bigbag* semen lalu nanti akan diteruskan pada silo tank menyimpan semen dalam bentuk *powder* kemudian diteruskan pada *surge tank* yang berfungsi untuk menstabilkan tekanan semen yang awalnya pada silo tank sebelum masuk ke *cementing unit* kemudian disupport oleh *water tank* dan *water pump* untuk memberikan air kemudian terdapatnya *cementing head* yang terdapatnya *bottom*

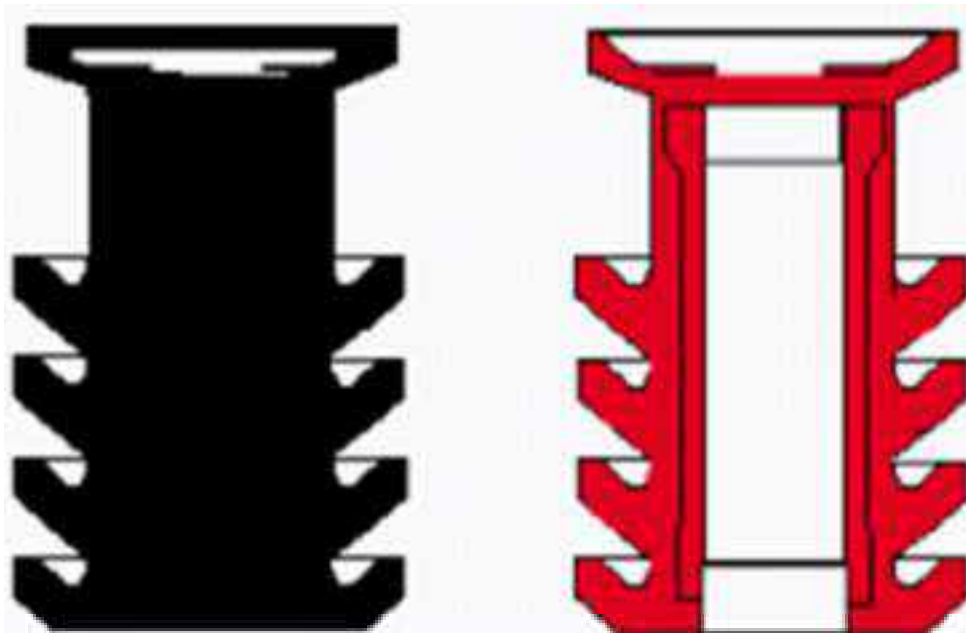
plug dan *top plug* yang berperan penting pada rangkaian di bawah permukaan.

Pada penyemenan semen memiliki sifat fisik yang berguna untuk mengetahui kualitas ikatan semen yang akan digunakan pada lapangan dimana terdiri dari: 1). Densitas suspensi semen didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah berat bubuk semen, air pencampur dan aditif terhadap jumlah volume bubuk semen, air pencampur dan aditif; 2). *Compressive strength* berfungsi untuk menahan tekanan *horizontal* (dari formasi), sementara *shear strength* berfungsi untuk menahan tekanan *vertikal* (gaya tarik dari berat casing); 3). Waktu pengerasan (*thickening time*) didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh suspensi semen untuk mencapai *konsistensi* sebesar 100 UC (*Unit of Consistency*); 4). *Water Cement Ratio* adalah perbandingan air yang di campur terhadap bubuk semen sewaktu semen di buat; 5). *Filtration loss* adalah peristiwa hilangnya cairan dari suspensi semen ke dalam formasi *permeabel* yang dilaluinya; 6). *Waiting on cement* atau waktu menunggu pengerasan suspensi semen adalah waktu yang dihitung saat *wiper plug* diturunkan sampai kemudian *plug* dibor kembali untuk operasi selanjutnya; 7). *Plastic Viscosity* seringkali diartikan sebagai bagian dari resistansi untuk mengalir yang disebabkan oleh *friksi mekanik*, sementara *yield point* merupakan bagian dari resistansi untuk mengalir oleh gaya tarik-menarik antar partikel.

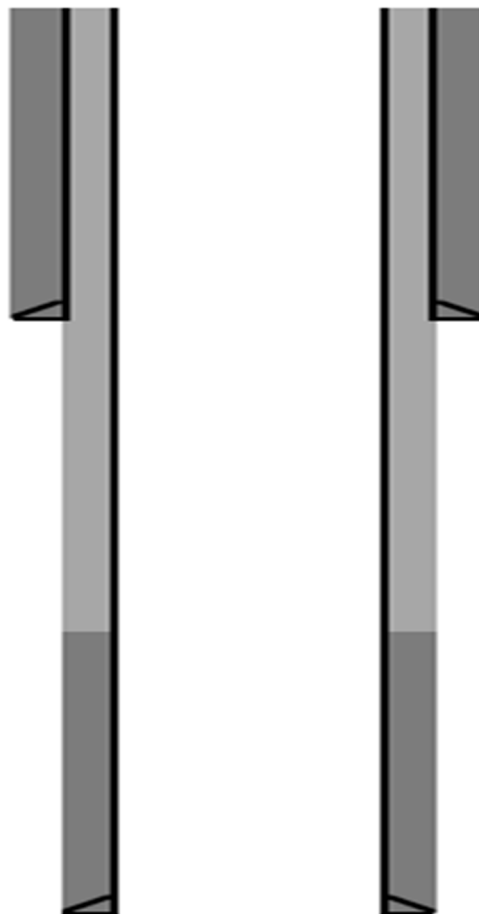
Aditif digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran semen pemboran untuk menyesuaikan semen dengan kebutuhan aplikasi tertentu, terdiri dari, *Accelerator* adalah aditif yang dapat mempercepat proses pengerasan suspensi semen, *Retarder* adalah



Gambar 2. *Float collar*, *Float shoe* and *Centralizer* (Rabia 2002)



Gambar 3. *Top plug and bottom plug* (Rabia 2002).



Gambar 4. *Penyemenan one phase well.*

aditif yang dapat memperlambat proses pengerasan suspensi semen, *Extender* adalah aditif yang berfungsi untuk menaikkan volume suspensi semen, yang berhubungan dengan mengurangi densitas suspensi semen tersebut. *Weighting Agents* adalah aditif yang berfungsi menaikkan densitas suspensi semen. *Dispersant* adalah aditif yang berfungsi untuk mengurangi *viskositas* suspensi semen.

Terdapat beberapa alat- alat penyemaman untuk melakukan suatu operasi pemboran yang dimana terdapat alat pada atas permukaan (*Surface*) *One phase well* merupakan merujuk pada desain sumur yang sederhana dan efisien. *one phase well* ini metode pengeboran satu tahap (*one-section*) yang menggunakan *diverter mode* dari

permukaan hingga kedalaman target *reservoir*, keuntungan pada pengeboran *one phase well* ini mengurangi kompleksitas dalam desain sumur dan memungkinkan pengeboran dilakukan lebih cepat dan lebih ekonomis. (Hanif dkk., 2021)

BAHAN DAN METODE

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kualitatif dan kuantitatif. Metodologi kuantitatif dengan melakukan perhitungan perencanaan *primary cementing* untuk melakukan evaluasi *primary cementing*. Sedangkan metodologi kualitatif dilakukan dengan menganalisa hasil dari CBL dan USIT untuk mengetahui seberapa



Gambar 5. Diagram alir proses penyemenan primer sumur Gelagah 01.

bagus kualitas ikatan semen pada penyemenan *primary cementing* pada sumur Gelagah 01.

Tahapan penelitian pada penyemenan *primary cementing* sumur Gelagah 01 meliputi data yang dibutuhkan untuk melakukan evaluasi meliputi *hole geometry* untuk menentukan ukuran lubang bor, *ppfg* untuk menentukan densitas dalam perencanaan penyemenan, *casing setting depth* untuk mengetahui volume dan kedalaman suatu sumur, *casing design* untuk mengetahui *burst*, *collapse* dan *grade casing*. Melakukan perhitungan *stand off*, melakukan *design primary cementing one phase well*. Melakukan perencanaan *slurry* yang meliputi. Melakukan perhitungan *volume slurry* dan *displacement*, melakukan perhitungan *additive* dan komposisi melakukan perhitungan perencanaan *displacement* proses yang meliputi melakukan perhitungan *placement duration*. Eksekusi dan *operating primary cementing*, Analisa hasil CBL (*Cement Bond Log*) dan USIT (*Ultra Sonic Imager Tools*).

HASIL DAN DISKUSI

Penyemenan pada sumur merupakan salah satu langkah penting salah satunya melindungi *casing* dari formasi yang bersifat korosif dan melekatkan *casing* dengan dinding sumur. Keberhasilan penyemenan menjadi faktor utama dalam proses pemboran. Maka dapat dilakukan evaluasi untuk menanggulangi problem-problem yang terjadi. Evaluasi penyemenan meliputi dengan dilakukan perencanaan volume, *additive* dan komposisi, *placement duration*, esekusi penyemenan dan analisa CBL dan USIT.

Sumur “Gelagah 01” merupakan sumur yang direncanakan dibor ditahun 2025 pada lapangan tunjuk sumur”Gelagah 01” memiliki kedalaman total pemboran 825 m yang memiliki lapisan produktif pada formasi Palembang. Dengan jenis sumur vertikal *one phase well* dengan pengeboran *one section* menggunakan *diverter mode* dengan mencapai target produksi 96 BOPD. Teknik yang digunakan pada penyemenan ini *single stage cementing* pada trayek *conductor* 9 5/8 inch pada kedalaman 95 m dan *trayek production* 7 inch pada kedalaman 825 m.

Perencanaan penyemenan dilakukan agar mendapatkan hasil penyemenan yang memiliki kualitas yang baik dan dapat mengisi seluruh kolom annulus sehingga dapat mendukung *casing* dan mengisolasi formasi dengan baik. Pada penyemenan sumur gelagah 01 perhitungan yang dilakukan dalam

sebuah perencanaan penyemenan yaitu menghitung banyak volume semen yang akan dibutuhkan, kebutuhan bahan *additive* yang dipakai dan seberapa banyak *additive* digunakan serta eksekusi dalam suatu penyemenan

Konfrontasi

Diawali dengan melakukan perhitungan *stand off* atau disebut dengan *centralisasi* sangat penting dalam keberhasilan suatu penyemenan untuk menjaga *casing* tetap terpisah dari dinding lubang sumur guna meningkatkan efisiensi *displacement* dan memperoleh kualitas semen yang baik di annulus.

Tabel 1. Konfrontasi

Data Conductor		
OD	9,625	inch
wellbore diameter	12,25	inch
	0,4375	inch
Production		
OD	7	inch
wellbore diameter	8,5	inch
	0,250	inch

Didapatkan hasil pada conductor dengan jarak 0,4375 inch dan pada production casing 0,250 inch, melakukan perhitungan dengan $\Delta e = 1/3[(dh-dcs)/2]$

Perhitungan volume slurry pada Sumur Gelagah 01

Perhitungan volume pada *trayek conductor* dan *production* yang meliputi perhitungan volume *casing to casing*, volume *previous casing to open hole*, volume *current casing to open hole*, volume *shoe track*, volume *pocket*.

Tabel 2. Perhitungan volume lumpur

Traject	Jenis slurry	Volume casing to casing (bbl)	Volume casing- open hole (bbl)
Conductor 9 5/8	Tail	-	18,48 bbl
Production	Lead	9,26 bbl	25,82 bbl
	Tail	9,26 bbl	25,82 bbl
Volume shoe track (bbl)	Volume pocket (bbl)	Total Volume (sack)	
3,04 bbl	0,48 bbl	69,41 bbl	
3,08 bbl	0,33 bbl	50,03 bbl	
		47,74 sack	

Dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V1 = \frac{OD_{Previous casing}^2 - ID_{casing}^2}{1029,4} x H \quad (1)$$

$$V2 = \frac{Open\ hole^2 - OD_{casing}^2}{1029,4} x Previous\ casing - Open\ hole(ft) \quad (2)$$

$$V3 = \frac{Open\ hole^2 - OD_{casing}^2}{1029,4} x Current\ casing - Open\ hole(ft) \quad (3)$$

$$V4 = \frac{ID_{casing}^2}{1029,4} x Length\ shoe\ track\ (ft) \quad (4)$$

$$V5 = \frac{Open\ hole^2}{1029,4} x Length\ pocket\ (ft) \quad (5)$$

$$V6 = \frac{ID_{casing}^2}{1029,4} x float\ collar\ (ft) \quad (6)$$

Hasil perhitungan *additive* dan komposisi pada Sumur Gelagah 01

Pada sumur Gelagah 01 *additive* dan komposisi digunakan pada *Production casing Tail* dibutuhkan *fresh water* 35 bbl, *Deafomer* 4 gal, *HT Fluid loss* 86 gal, *Anti Migration* 109 gal, *Dispersant* 15 gal, *Cement retarder* 115 gal, *Loss Circulation* 29 lb, "G" cement 326 sack.

Tabel 3. Bahan tambahan dan komposisi.

Code	Additive	GPS
F/W	Fresh Water	4,48
PC-X60L	Defoamer Liquid	0,011
PC-G80L	HT Fluid Loss	0,262
PC-GS2L	Cement	
	Anti Migration	0,334
	Gas	
PC-F4IL	Dispersant	0,043
PC-H21L	Cement Retarder	0,35
PC-SEAL	Loss Circulation	0,5 ppb
	Fiber	
"G"CEMENT	"G"CEMENT	100,00 %

Diketahui bahan atau *additive* yang digunakan untuk melakukan penyemenan *one phase well* pada sumur gelagah 01 terdapat *freshwater*, *deafomer*, *HT fluid loss cement*, *Anti migration*, *Dispersant*, *Losscirculation fiber* dan *Cement* kelas G dengan

mengetahui nilai gal/ sack persetiap *additive* kemudian nantinya akan di kali dengan nilai equipment cement pada sumur gelagah 01 sehingga didapatkan sesuai dengan kebutuhan yang akan digunakan setiap *additive*.

Tabel 4. *Additive and composition.*

Total		
34,759424	35	bbl
3,586	4	gal
85,412	86	gal
108,884	109	gal
14,018	15	gal
114,1	115	gal
29	29	lb
326	326	sack

Tabel 5. Durasi penempatan.

Lead Data		
Volume	50,03	bbl
Q	5	BPM
Q	210	GPM
Time	10,0053	minutes
Time	70,0053	minutes
Time	1,1668	hours

Tabel 6. Durasi penempatan.

Tail Data	
Volume	47,74 bbl
Q	6 BPM
Q	252 GPM
Time	7,9559 minutes
Time	67,9559 minutes
Time + Displacement	93,7266 minutes
Time + Displacement	1,5621 hours

Durasi penempatan

Merupakan hasil perhitungan dari *placement duration* pada *production casing "7"* diperoleh pada lead 70 menit dan pada tail 93 menit total *placement* 163 menit atau sekitar 2,7 jam. Diketahui bahwa *placement duration* di design agar tidak melebihi dari waktu *thickening time* agar semen masih dapat dipompakan agar suspense semen tidak mengeras terlebih daulu sebelum mencapai waktu yang ditargetkan.

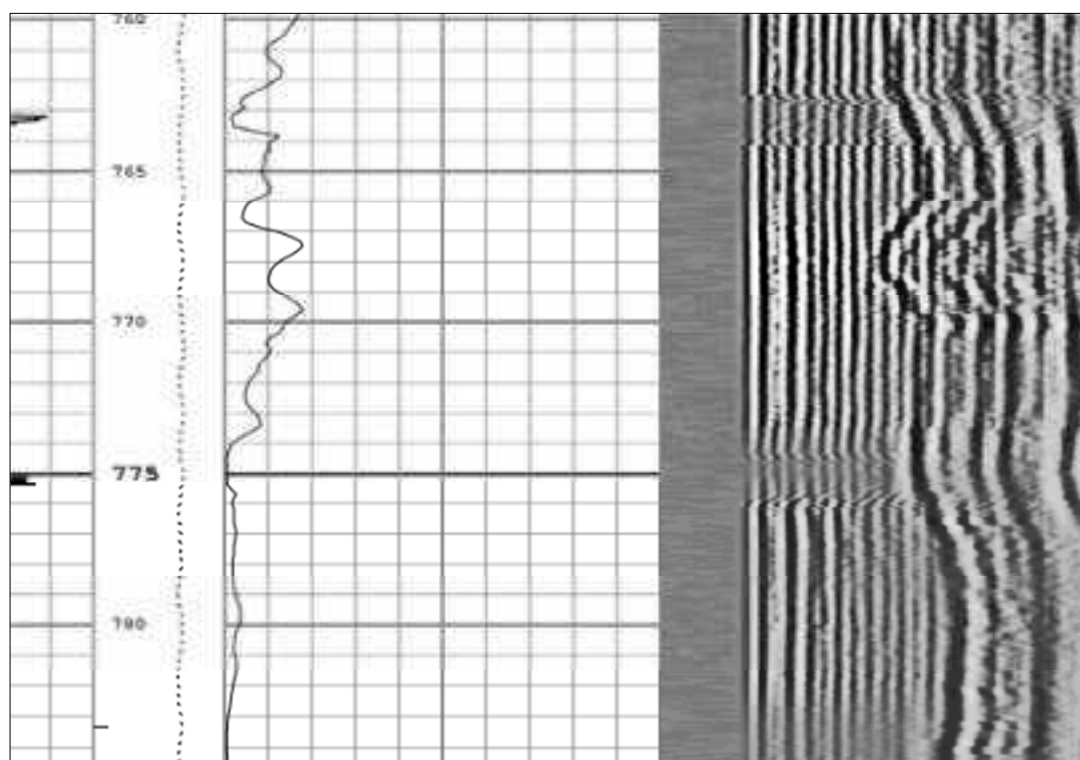
Analisis hasil CBL

Analisa CBL (*Cement Bond Log*) bertujuan untuk menentukan besarnya harga dari *bond index*, *attenuation rate*, dan *compressive strength* yang dapat dikategorikan pada setiap kedalaman bagaimana kualitas dari penyemenan yang telah dilakukan. Hasil dari Analisa tersebut dapat di ketahui kualitas ikatan semen tersebut baik atau buruk. Pada penentuan analisa CBL (*Cement Bond Log*) dapat dilakukan secara kuantitatif dengan *Interpretation Chart Compressive Strength*. Analisa ini digunakan untuk mendapatkan besarnya harga *attenuation rate*, CS (*Compressive Strength*), dan BI (*Bond Index*). Pada logging CBL (*Cement Bond Log*) didapatkan pembacaan harga amplitudo disetiap kedalaman, Selain itu penentuan secara kualitatif amplitudo dikategorikan 0-20 MV (*Good bond*), 20-40 MV (*Moderated*) dan 40-61 (*Free pipe*) zona yang tersemen 100% pada kedalaman 775 m dengan amplitude 1 mv attenuasi 42 dB/m dan compressive strength 4000 psi dapat dinyatakan good dan bond index 1,000 BI dapat dinyatakan kategori good.

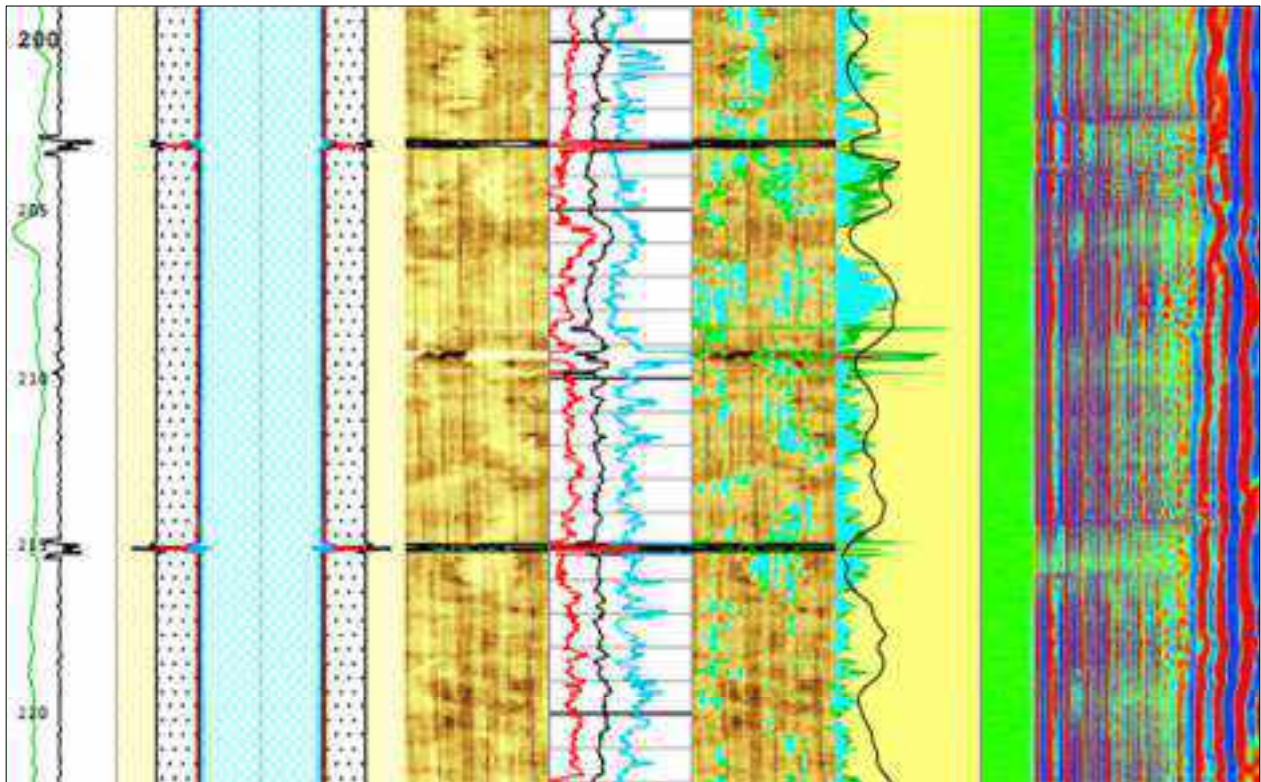
Analisis hasil USIT

USIT (*Ultra Sonic Imager Tool*) merupakan digunakan untuk menginterpretasikan bonding cement dibelakang casing, dimana usit ini memiliki

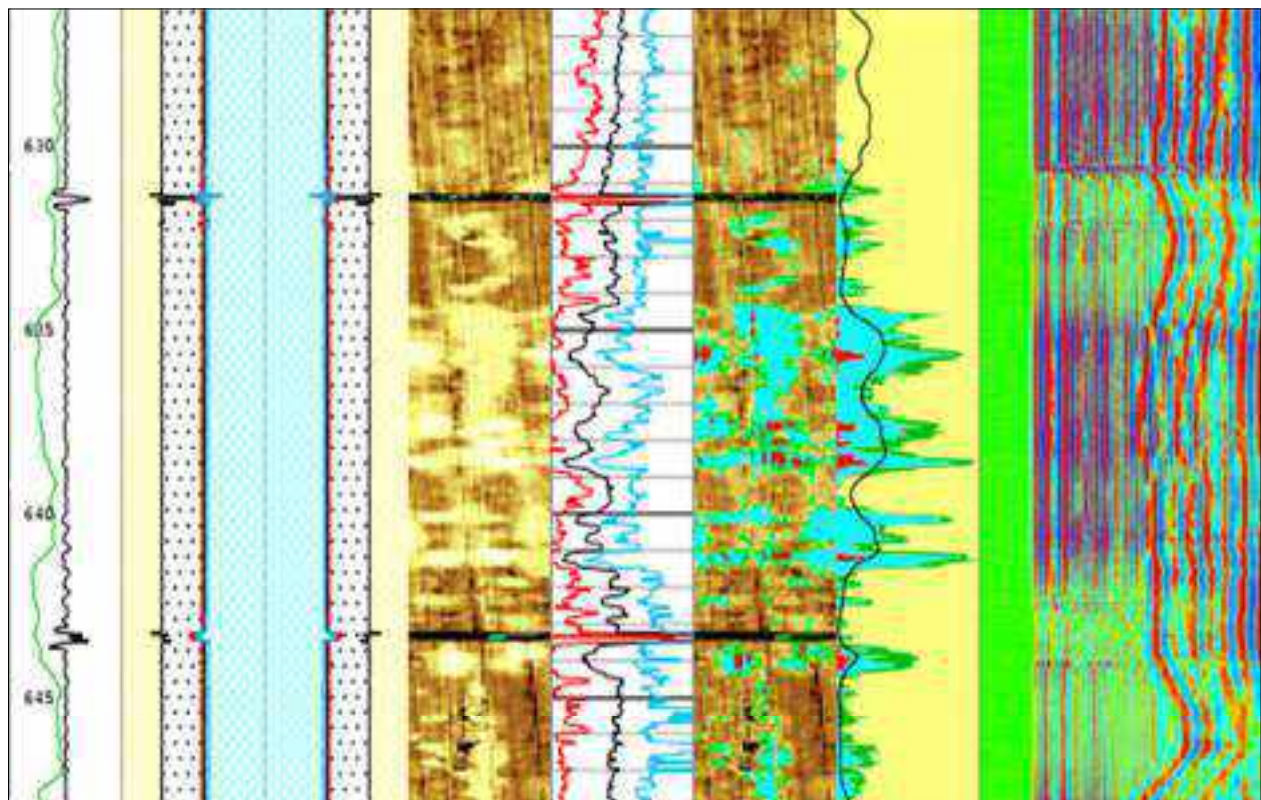
hal yang beda dengan log CBL (*cement bond log*) dapat melihat ikatan semen dan jenis material terjadinya problem seperti *microannulus*, *channeling* dan *freepipe*. USIT (*Ultra Sonic Imager Tool*) dapat menginterpretasikan bonding cement secara 360° persetiap kedalaman dan dapat mengevaluasi penyemenan sedangkan CBL (*Cement Bond Log*) menginterpretasikan dari kedalaman awal hingga akhir. Dilihat pada Gambar 7 rongga berbentuk secara vertikal yang menyebabkan penyemenan pada kedalaman tersebut kurang sempurna akibat dari *channeling*. Dilihat pada Gambar 8 kedalaman tersebut dinyatakan terjadinya *microannulus* yang dimana terdapatnya rongga berbentuk secara *horizontal* yang dapat menyebabkan kurang sempurna ikatan semen. Dilihat pada Gambar 9 kedalaman tersebut terindikasinya gas sehingga semen dinyatakan kosong terganti karena adanya gas dan fluida yang masuk. Dilihat pada Gambar 10 dinyatakan pada zona tersebut 100% tersemen tidak terdapatnya problem seperti *channeling* dan *microannulus* dan memiliki warna coklat gelap yang dinyatakan penyemenan sempurna. Kesimpulan dapat diketahui hasil dari evaluasi primary cementing pada conductor casing dengan menggunakan metode penyemenan poorboy yang dimana melakukan



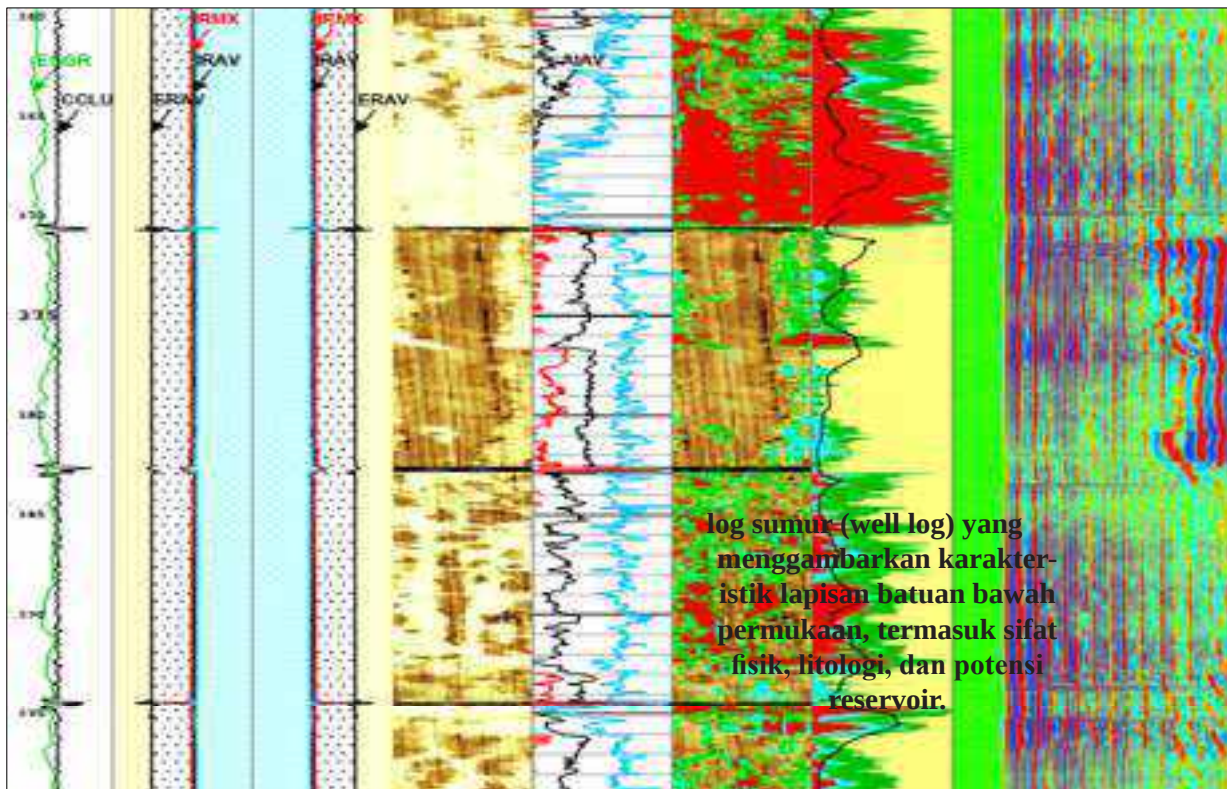
Gambar 6. Sumur sumbu semen 100% kedalaman 01 dengan citra akustik atau seismik yang memperlihatkan struktur geologi bawah permukaan.



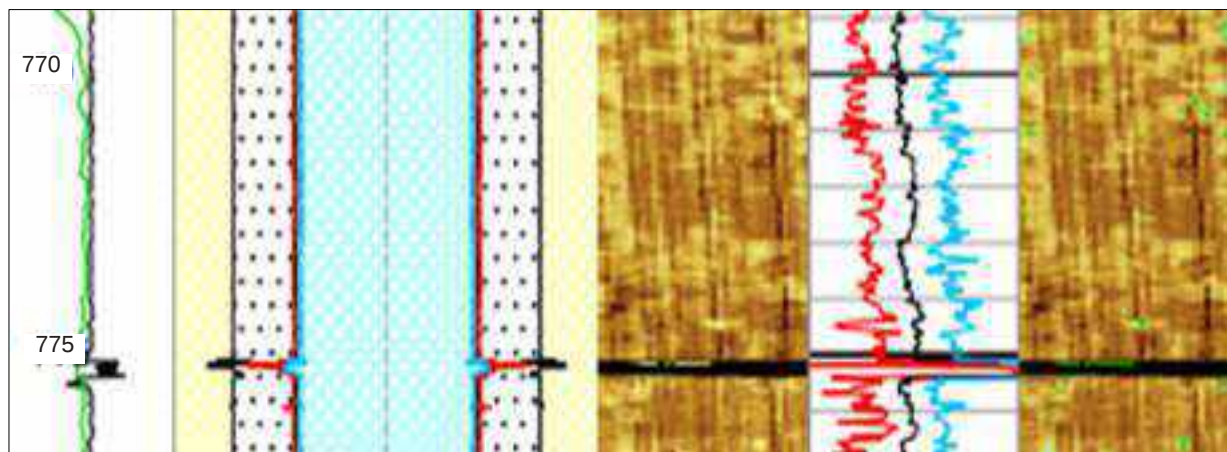
Gambar 7. Log sumur (*well log*) yang digunakan untuk menganalisis karakteristik lapisan batuan bawah permukaan, seperti porositas, litologi, dan keberadaan fluida (air, minyak, atau gas).



Gambar 8. Log sumur (*well log*) yang menampilkan data geofisika bawah permukaan untuk analisis lapisan batuan dan identifikasi zona reservoir.



Gambar 9. Log sumur geofisika yang menggambarkan karakteristik litologi, porositas, dan kandungan fluida bawah permukaan dari hasil interpretasi data sumur dan seismik.



Gambar 10. Log sumur yang menampilkan data geofisika bawah permukaan untuk mengidentifikasi lapisan batuan dan zona hidrokarbon.

penyemenan tanpa harus menggunakan bottom plug dan top plug tapi menginjeksikan semen melalui string sedangkan pada production casing menggunakan metode penyemenan single stage dual slurry yaitu lead dan tail. Pada kedalaman masih banyak problem seperti channeling, microannulus dan freepipe disarankan untuk melakukan remedial cementing dengan menambahkan menggunakan deafomer serta additive lainnya agar mengurangi rongga-rongga pada penyemenan yang menyebabkan problem.

UCAPAN DAN TERIMAKASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Pertamina Zona 4 atas kerja sama dan dukungannya. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada UPN “Veteran” Yogyakarta serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan jurnal ini.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Unit	Definisi	Simbol
F/W	Fresh Water	GPS
PC-X60L	Defoamer Liquid	GPS
PC-G80L	HT Fluid Loss	GPS
	Cement	
PC-GS2L	Anti Migration Gas	GPS
PC-F4IL	Dispersant	GPS
PC-H21L	Cement Retarder	GPS
PC-SEAL	Loss Circulation	PPB
	Fiber	
"G"CEMENT	"G"CEMENT	BWOC
GPS	Gal/ sack	
PPB	Found/ gal	
BWOC	Bulk weight on cement	
CBL	Cement Bond Log	
USIT	Ultra Sonic Imagger Tools	

Smith, D. K. (1990). *Cementing*. H. L. Doherty Memorial Fund of AIME. Society Of Petroleum Engineers.

KEPUSTAKAAN

- Adams J, N. (1985). *Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach*, Penwell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
- Apriandi Rizkina Rangga Wastu (2023), S.T, M.T *Cementing Pemboran*
- George O, suman, Jr., and Richards C Ellis. *Word Oils Cementing Handbook Including Casing handing prosedur*
- H.C. Juvkam -world, SPE, and Jiang wu, SPE *Casing Deflection and Centralizer Spacing Calculations Texas A&M U.*
- Nelson, E. B. (1990). *Well Cementing*. Schlumberger Educational Services. Preface. Pp. 1-5, Chapter 12. Pp. 1-27.
- Nelson, E. B. and Guillot, D. (2006). "Well cementing Second Edition". Texas, Schlumberger. (Chapter 7. Cementing, Pp. 181-198)
- Rabia, H. (1958). *Oil Well Drilling Engineering*. Graham and Trotman.
- Rabia, H. (2002). "Well Engineering and Construction". London. Entrac Consulting Limited. (Chapter 6. Cementing, Pp. 201-264).
- Rubiandini, R. (2012). *Teknik Operasi Pemboran I dan II*. Institut Teknologi Bandung

INDEKS SUBYEK

A

Analisis data ix, 1, 49

B

Bahan bakar nabati ix, 1

Bioenergi ix, 1, 2

C

Core Flooding x, 9, 10, 11, 17, 18

Crossplot xiii, 45, 46, 51, 56, 57

F

Formasi Cinambo vii, xi, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34

Fasies laut dalam xi, 23

I

Inhibitor wax xii, 37

Inversi impedansi akustik vii, xii, xiii, 45, 46, 49, 56, 59, 60

P

Pour point vii, xi, xii, 37, 38, 39, 40, 41, 42

Pour point depressant xi, xii, 37, 38, 39, 41

Pengendapan wax xii, 37, 38, 44

Pengujian Laboratorium vii, x, v, 9

R

Reservoir iv, x, 9, 19, 20, 24, 31, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 56, 57, 58, 61, 65

S

Sistem informasi ix, 2, 5, 69

Sweep Efficiency vii, x, 9, 10, 18, 19, 20

V

Viskositas 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 20

W

Waxy crude oil xi, xii, 37, 38, 44

AUTHORS INDEX

A

Akbar Ramadhani, "Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Lapangan Banyuasin dengan Menggunakan Pemodelan 2.5D Data Gravitasi dan Implikasinya Terhadap *Petroleum System*" 56 (1) 1-13.

Ari Handono Ramelan, "Interpretasi Sumur Log untuk Menentukan Zona Prospek Hidrokarbon pada Cekungan Akimeugah, Papua" 56 (1) 15-24.

Agus Purwanto, "Analisa Pekerjaan Membongkar Sumbat *Frac* Menggunakan *Coiled-Tubing* pada Sumur *Unkonvensional*" 56 (2) 77-88.

Andiansyah Madani Nasution "Investigasi Sifat Ion Na^+ dan NH_4^+ pada Hybrid-Alkali ASP Flooding menggunakan Simulator CMG GEM 2020" 56 (3) 135-147.

Asy'ari Alfin Giovany, "Studi Karakteristik Senyawa Hidrokarbon dengan Metode Ekstraksi Geokimia Biomarker pada Cekungan Jawa Barat Utara" 56 (3) 181-190.

D

Dian Novita, Dzul Fadli Badaruddin, "Interpretasi Sumur Log untuk Menentukan Zona Prospek Hidrokarbon pada Cekungan Akimeugah, Papua" 56 (1) 15-24.

Dahrul Effendi, "Pengaruh Penambahan Konsentrasi *Reverse Demulsifier* Terhadap Nilai *Oil Content* dan *Emulsion Block* pada Air Injeksi Lapangan Jambi" 56 (1) 53-60.

Dimaz Warahadi, "Kinerja Mesin *Spark Ignition* (Si) Berbahan Bakar Campuran Bensin-Metanol (M-20) dan Bensin-Etanol (E-20) pada Variasi Nilai Oktan 56 (2) 59-98.

Dwi Endah Rachmawati, Daliya Indra Setiawan "Pengembangan Metode Identifikasi Karakteristik Minyak Berat Hasil Ekstraksi *Oil Sand* Iliran High dengan Formula Perhitungan Berdasarkan Komposisi Elementer" 56 (2) 99-109.

Dike Fitriansyah Putra, "Investigasi Sifat Ion Na^+ dan NH_4^+ pada *Hybrid-Alkali ASP Flooding* menggunakan Simulator CMG GEM 2020" 56 (3) 135-147.

Dinar Hananto Kurniawan, "Rock Typing pada Reservoir Gas Upper Eastern View Coal-Measures (EVCM), Cekungan Bass, Australia" 56 (3) 149-158.

Dwi Supriningsih, Devitra Saka Rani, "Sintesis dan Karakterisasi Kopolimer Lateks Karet Alam dengan Stirena dan Anhidrida Maleat sebagai Penurun Titik Tuang Minyak Mentah" 56 (3) 173-180.

Dewi Syavitri, "Studi Karakteristik Senyawa Hidrokarbon dengan Metode Ekstraksi Geokimia Biomarker pada Cekungan Jawa Barat Utara" 56 (3) 181-190

E

Edi Sanjaya, "Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Lapangan Banyuasin dengan menggunakan Pemodelan 2.5D Data Gravitasi dan Implikasinya terhadap *Petroleum System*"

56 (1) 1-13.

Eko Handoyo, Endi Suhendi "Perbandingan Metode Pengukuran Kadar Air dalam Gas Bumi dengan ASTM D1142 dan ASTM D5454" 56 (1) 41-51.

Eddy Supriyana, Erwin Hariyanto Nugroho, "Delineasi Potensi Migas Berdasarkan Data Geofisika Daerah Kalimantan Selatan" 56 (3) 191-201.

F

Fidya Varayesi, "Pengaruh Penambahan Konsentrasi *Reverse Demulsifier* Terhadap Nilai *Oil Content* dan *Emulsion Block* pada Air Injeksi Lapangan Jambi" 56 (1) 53-60.

M

Muhammad Fuad, "Pengembangan Metode Identifikasi Karakteristik Minyak Berat Hasil Ekstraksi Oil Sand Iliran High dengan Formula Perhitungan Berdasarkan Komposisi Elementer" 56 (2) 99-109.

Muchammad Fariz, "Analisis Penyebaran Reservoir Batupasir Dan Karbonat menggunakan Metode Inversi Seismik Studi Kasus: Lapangan Rb, Blok Rangkas" 56 (2) 61-75.

Muhammad Khairul Afdhol, "Pembuatan Green-Solvent dari Limbah Kulit Nanas dan Pemanfaatannya sebagai Wax Inhibitor" 56 (3) 125-133.

P

Praptisih, "Karakteristik Geokimia Organik pada Formasi Cibulakan di Daerah Cirebon, Jawa Barat" 56 (2) 123-135.

R

Roza Adrian, "Sintesis dan Karakterisasi Kopolimer Lateks Karet Alam dengan Stirena dan Anhidrida Maleat sebagai Penurun Titik Tuang Minyak Mentah" 56 (3) 173-180.

W

Warto Utomo, "Prediksi Tekanan Pori pada Lapangan Wiriagar, Cekungan Bintuni" 56 (3) 159-171.

Y

Yogi Pramudito, "Kinerja Mesin *Spark Ignition* (Si) Berbahan Bakar Campuran Bensin-Metanol (M-20) dan Bensin-Etanol (E-20) pada Variasi Nilai Oktan" 56 (2) 89-98.

PERATURAN DAN PEDOMAN PENULISAN LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi adalah jurnal ilmiah nasional di bidang minyak dan gas bumi yang dikelola oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”. Penulisan dalam bahasa Inggris diterima dari para penyelidik/peneliti di institusi-institusi seluruh Indonesia dan luar negeri.

PERATURAN KONDISI PENERIMAAN.

Penulisan yang diterima oleh Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi dengan pemahaman bahwa:

- Semua penulis telah menyetujui pengajuan;
- Hasil-hasil atau ide-ide yang terdapat dalam penulisan adalah yang asli;
- Penulisan belum pernah dipublikasikan sebelumnya;
- Penulisan tidak sedang dalam proses publikasi di tempat lain dan tidak akan diajukan ditempat lain, kecuali setelah ditolak oleh Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi atau diambil kembali dengan pemberitahuan tertulis kepada editor Lembar Publikasi Minyak dan Gas Bumi;
- Jika diterima untuk dicetak dan dipublikasikan, artikel, atau sebagian darinya, tidak akan dipublikasikan ditempat lain kecuali telah mendapat persetujuan tertulis dari editor Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi, dan
- Reproduksi dan penggunaan artikel pada Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi diperbolehkan jika sesuai dengan ketentuan hukum hak cipta di Indonesia, asalkan tujuan penggunaannya untuk tujuan pendidikan nirlaba. Semua penggunaan mewajibkan persetujuan dan biaya mana yang sesuai.

PENGEMBALIAN BAHAN.

- **Tulisan yang ditolak:** Ketika telah diputuskan untuk tidak mempublikasikan sebuah tulisan, naskah dan ilustrasi asli dikembalikan kepada penulis dengan kopian review dan halaman depan surat.
- **Tulisan dikembalikan untuk perbaikan:** Bahan diperlukan untuk referensi atau untuk diperbaiki dikembalikan kepada penulis pada saat perbaikan dibutuhkan. Jika perbaikan tidak dikembalikan dalam waktu 1 bulan atau jika tidak membuat janji dengan editor, maka naskah dinyatakan telah ditarik.

FORMULIR PUBLIKASI.

- **Artikel:** Jurnal mempublikasikan artikel laporan penelitian yang asli, di bidang teknologi minyak dan gas bumi.
- **Artikel Review:** Hanya review ilmiah yang dipublikasikan. Review yang tidak berbobot sebaiknya tidak perlu dimasukan, tapi topik dapat diusulkan oleh editor atau anggota dewan editor.
- **Komentar yang mengkritik:** Komentar yang mengkritik adalah untuk memperbaiki kesalahan fakta yang dipublikasikan, menyediakan alternatif pengartian dari data yang terpublikasikan, atau memberikan teori baru berdasarkan pada informasi yang terpublikasikan.

PENYERAHAN HARD COPY.

Seluruh naskah harus disiapkan dan dimasukan sesuai dengan pedoman pada seksi ini dan bagian berikutnya sesuai untuk kategori laporan.

- **Laporan:** Naskah diketik pada satu sisi yang berkualitas saja, kertas putih, ukuran A4.
- **Pengetikan:** Semua bagian dari naskah asli diketik satu setengah spasi. Diketik dengan ukuran 12 (Times New Roman). Pengurangan ukuran, walau hanya dalam tabel, tidak diperbolehkan. Spasi dan pemberian tanda yang proposional tidak perlu digunakan, i.e., jangan menyesuaikan margin tangan kanan. Tidak boleh meninggalkan spasi antara paragraf dalam tulisan. Hanya satu huruf yang boleh digunakan.
- **Penyerahan:** Untuk sebuah naskah baru, masukan yang asli dan 3 kopi disiapkan sesuai dengan Peraturan dan Pedoman yang terkandung di dalamnya. Ketika naskah sudah diterima oleh editor untuk dipublikasikan, instruksi khusus untuk persiapan perbaikan akan diberikan. Ini akan menjadi tanggung jawab penulis untuk memberikan kopian dari naskah untuk referensi dan untuk melindungi dari kehilangan. Naskah sebaiknya dialamatkan kepada: Ketua Editor Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi.

ARTIKEL.

Naskah akan diatur dalam format dan ketentuan sebagai berikut, dengan semua halaman, pembukaan dengan apa yang digunakan untuk judul utama.

- **Judul Utama:** Menyebutkan nama penulis (gunakan et al., untuk lebih dari dua) dan gelar yang dipersingkat. Seluruh lembar judul utama tidak melebihi 60 karakter dan spasi.
- **Judul:** Segera setelah *running head* berikan judul artikel, nama penulis dan alamat dari penulis pertama. Termasuk alamat email, dengan tulisan miring, hanya penulis yang menjawab. Judul dan nama penulis diketik dalam tulisan tebal, dengan ukuran huruf yang sama seperti naskah. Semua informasi lain diketik dengan Times New Roman. Judul sebaiknya singkat dan diskriptif dan harus ditulis secara bilingual (Indonesia dan English).
- **Abstrak:** Mengikuti langsung setelah alamat penulis dengan tidak ada penambahan spasi antara keduanya. Anda sebaiknya menyediakan abstrak dari tulisan yang tidak melebihi 200 kata. Abstrak berisikan fakta (memberikan indikasi) dan memberikan outline kepada tujuan, menggunakan metode, penutupan dan studi yang signifikan. Abstrak berjudul Abstrak, dan diketik dalam tulisan besar semua dan tebal, diakhiri dengan sebuah tanda kutip diketik tebal. Teks ditulis setelah tanda kutip, tidak bagi-bagi, dan tidak mengandung kutipan literatur dan harus ditulis secara bilingual (Indonesia dan English).
- **Pendahuluan:** Pendahuluan harus mengikuti abstrak dan tidak berjudul. Pendahuluan akan menentukan konteks dari penulisan dengan mengungkapkan bidang umum dari kepentingan, memberikan penemuan dari yang lain yang akan ditantang atau dikembangkan, dan mengspesifikasikan spesifik pertanyaan yang diberikan. Akun pekerjaan yang sebelumnya akan dibatasi minimal pada informasi penting untuk memberikan sebuah pandangan yang sesuai. Pendahuluan tidak diperbolehkan pada sesi ini atau seluruh penulisan untuk dibagi dan memberikan spasi lebih antara dua paragraf.
- **Bahan dan Metode:** Pada seksi ini memberikan informasi yang cukup untuk memperbolehkan melakukan pengulangan studi oleh orang lain. Penggunaan metode dan aparatur seharusnya mengindikasikan, tetapi nama merek khusus dan model perlu disebutkan jika signifikan. Sumber, e.g., kota dan negara, keduanya dieja secara penuh, dari peralatan atau kimia tertentu semestinya tertulis dalam Publikasi sebelumnya / teknik standar yang harus dirujuk, itu tidak perlu dirinci, deskripsi genetika harus diberikan untuk senyawa yang tidak biasa digunakan. Pada seksi ini semestinya diketik dalam huruf cetak tebal dan dimulai pada margin sebelah kiri halaman. Judul tidak dinomor dan berakhir tanpa tanda baca. Judul pada barisan kedua diketik tebal pada barisan terpisah dimulai pada margin kiri. Huruf inisial dari kata pertama hanya huruf besar kecuali huruf besar diperlukan untuk kata benda yang tepat. Judul-judul ini tidak diberi nomor dan berakhir dengan tanpa tanda baca. Judul pada barisan ketiga diidentikkan untuk sebuah paragraph, berhuruf miring, dan berakhir dengan sebuah tanda kutip juga dimiringkan. Huruf inisial kata pertama hanya ditulis dengan huruf cetak, kecuali untuk kata benda yang sesuai. Penulisan dibuat mengikuti judulnya. Selanjutnya, subdivisi tidak dibutuhkan. Jika seksi bahan dan metoda dibuat pendek, sebaiknya tidak dibuat subdivisi, tidak perlu disubdivisikan; tidak diperlukan untuk memberikan judul, melebihi judul utama, untuk sebuah seri pada subseksi yang terdiri dari satu paragraf.
- **Hasil:** Bagian ini harus berisikan ringkasan informasi baru. Tabel dan gambar digunakan dengan sebaik-baiknya, tetapi informasi yang tersedia di dalamnya sebaiknya tidak mengulang yang terdapat pada teks. Menghindari perincian metode dan pengartian hasil pada bagian ini. Bagian hasil boleh dibagi dan diberi judul seperti bagian bahan dan metode.
- **Diskusi:** Sebuah pengartian dan penjelasan hubungan dari hasil hingga ilmu yang telah ada harus ditampilkan dalam bagian diskusi. Penekanan harus ditempatkan pada penemuan baru yang penting, dan hipotesa baru harus teridentifikasi secara jelas. Judul utama dan subdivisi, jika dibutuhkan, pada bagian ini seperti yang telah dideskripsikan untuk bagian bahan dan metode.
- **Kesimpulan dan Saran:** Harus didukung dengan fakta dan data. Penutupan menyajikan penjelasan singkat tentang topik artikel, tujuan dan objek. Harus disajikan pada bagian ini.
- **Pengakuan:** Harus singkat. Etika-etika membutuhkan kolega-kolega dikonsultasikan sebelum diakui bantuannya dalam studi tersebut. Judul dari bagian ini adalah sebagai judul utama yang dideskripsikan untuk bagian bahan dan metode. Subdivisi tidak digunakan pada bagian ini.
- **Tabel:** Tabel hanya digunakan untuk menyajikan data yang tidak dapat disampaikan melalui teks. Nilai dari pengujian statistik tidak dipublikasikan seperti tabel, pengujian yang dilakukan dan kemungkinan yang didapat untuk sebuah hubungan dapat diutarakan dalam bagian bahan dan metode dengan perbedaan yang signifikan diindikasikan dalam tabel dengan catatan di bawah atau dalam tulisan dengan sebuah pernyataan. Tabel harus dirancang untuk muat dalam 1 atau 2 kolom. Jarang sekali tabel dirancang untuk disesuaikan

dengan tinggi halaman yang dicetak. Pada umumnya, jika lebar tidak sesuai dengan tinggi halaman, maka tabel terlalu lebar. Tabel dapat dilanjutkan pada halaman berikut dengan mengakomodasikan panjang, tetapi halaman-halaman tersebut tidak dapat diketik secara bersama-sama, pengurangan ukuran, satu spasi melebihi ukuran atau dimodifikasi untuk memuat lebih banyak tulisan.

Tabel berupa nomor dengan angka romawi dalam seri yang berkelanjutan dan sehingga direferensikan, dalam urutan, dalam tulisan. Keterangan diketik diatas data pada halaman yang sama. Semua kolom dalam satu tabel harus punya judul, dengan huruf pertama dari kata pertama dan kata benda yang tepat dikapitalisasi, e.g., Contoh angka, % didapat.

Garis horizontal sebaiknya dihindarkan dalam badan tabel; garis vertikal tidak diperbolehkan. Jika simbol dibutuhkan, tabel harus disiapkan seperti membuat garis dan diperlakukan sebagai gambar. Penggunaan huruf dan angka seperti yang ditulis diatas dan yang ditulis di bawah tidak diperbolehkan. Perancangan tabel harus digunakan dalam urutan wajib menarik.

- **Gambar:** Semua gambar tampil dengan teratur, menarik, secara langsung setelah tulisan. Jangan menempatkan keterangan gambar pada halaman yang sama dengan gambar. Setiap gambar atau pirangan gambar harus punya keterangan. Keterangan ditulis dalam paragraf, awali dengan kata "FIGURE". Keterangan diketik dalam huruf romawi. Untuk lembarannya, sebuah ringkasan pernyataan akan pramenyerahkan penjelasan spesifikasi dari setiap angka. Hindari pengulangan informasi pada setiap gambar yang terpasang di pernyataan ringkasan. Nama-nama spesies dieja lengkap setiap digunakan pada keterangan. Keterangan harus berisikan penjelasan dari semua singkatan yang digunakan dalam gambar dan mengindikasikan nilai garis dan baru untuk menunjukkan ukuran (paling tidak nilai yang ditunjukkan secara langsung pada gambar). Ukuran sebaiknya tidak diindikasikan dengan pembesaran keterangan karena gambar mungkin tidak tercetak dengan ukuran yang perhitungkan.

Gambar diberi nomor urut dalam urutan yang disebutkan dalam teks. Referensi yang tidak dikurung untuk angka dalam teks tidak disingkat, i.e., Gambar 1: Gambar 1, 2; Gambar 1-3; referensi untuk gambar dalam kurung pada teks boleh disingkat, i.e., Fig. 1, Figs. 1,2; Fig. 1-3. Semua simbol yang digunakan pada gambar harus didefinisikan jika memungkinkan dengan kunci dalam badan gambar. Gaya, termasuk bentuk singkatan, harus digunakan dalam jurnal.

Gambar dapat digunakan sendiri atau dalam grup in lembaran. Pada kasus lain, aslinya harus dipasang dalam lembaran ilustrasi dengan margin paling kecil 25 mm pada semua sisi. Foto dan gambar tidak boleh dikombinasi pada satu lembar. Jika dibutuhkan kombinasi, tambahan pengeluaran ditagihkan kepada penulis. Semua gambar diidentifikasi pada belakang nama penulis dan gambar nomor dengan bagian atas diindikasikan. Gambar-gambar satuan tidak diberi nomor di depan, tapi setiap gambar pada sebuah lembaran harus memasukan nomor dan huruf, digunakan pada gambar, jika memungkinkan, tanpa tambahan latar belakang. Gambar diatur untuk membentuk lembaran menyatu tanpa spasi atau tengah-tengah diantaranya.

- **Literatur dikutip:** Semua literatur yang digunakan sebagai referensi harus dikutip di dalam teks, dan sebaliknya semua literature yang dikutip di dalam teks harus tertulis sebagai referensi. Referensi seharusnya terdapat paling sedikit 10 sumber yang berhubungan dengan topik dengan mengikuti beberapa persyaratan seperti:
 - 80% dari referensi harus termasuk dalam kategori sumber utama (i.e. jurnal, terbitan berkelanjutan, thesis, disertasi).
 - Publikasi berganda untuk penulis yang sama.
 - a. Penulis yang sama; beda tahun konvensi normal (penulis, tahun, judul, dll)
 - b. Penulis yang sama; tahun yang sama lebih dari satu referensi oleh seorang penulis di tahun yang sama: hal ini dibedakan dengan menggunakan abjad yang dikecilkan setelah tahun publikasi (eg. 1988a, 1988b, 1988c, dll). Akhiran sama digunakan untuk mengetahui referensi tersebut untuk kutipan di dalam teks.
 - Daftar referensi disusun berdasarkan huruf dengan menggunakan penulis utama
 - a. penulis berganda. Gunakan urutan nama-nama keluarga sesuai dengan yang dipublikasikan. Penulis utama, i.e., kontributor utama, di urutan pertama setelah penerbit.
 - b. Penulis yang sama: Tahun yang beda: susun referensi penulis sesuai dengan kronologi, dimulai dengan tanggal terdahulu. Tahun yang sama: gunakan akhiran abjad (e.g. 1983a, 1983b).

Contoh

1. Buku

Tipe Buku	Pengutipan di Teks	Penulisan Referensi
Penulis tunggal	Pada akhir kalimat: (Holt 2010) Pada awal kalimat: Holt (2010) seperti itu	Holt, D.H., 1997, Prinsip dan Praktek Manajemen, Prentice-Hall, Sydney.
Dua penulis	(Laudon & Laudon 2003)	Laudon, K.C. & Laudon, J.P., 2003, Esensial dari Sistem Informasi: Mengatur Prusahaan Digital, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
Tiga penulis	Dalam Teks: awalnya (Coveney, Ganster & King 2003) Dalam teks: kemudian (Coveney et al. 2003)	Coveney, M., Ganster, S. & King, D., 2003, Kekurangan Strategy: Teknologi Leveraging untuk Strategi Kemenangan, Wiley, Hoboken, New Jersey.
Lebih dari tiga Penulis	(Bond et al. 2011)	Bond, W.R., Smith, J.T., Brown, K.L. & George, M., 2011, Manajemen Perusahaan Kecil, McGraw-Hill, Sydney.
Penulis korporasi	Dalam teks: Awalnya (Department of Foreign Affairs and Trade 2002) Dalam teks: Kemudian (DFAT 2002)	Departemen Luar Negeri dan, 2002, Connecting with Asia's Tech Future: Kesempatan Ekspor ICT, Unit Analisa Ekonomi, Pemerintah Persemakmuran, Canberra.

2. Jurnal, Pemeriksaan Perkara, Tesis, dan Disertasi: mengutip jurnal, pemeriksaan perkara, tesis, disertasi di dalam teks ha 2. Jurnal, Pemeriksaan Perkara, Tesis, dan Disertasi: mengutip jurnal, pemeriksaan perkara, tesis, disertasi di dalam teks harus ditulis dengan cara yang sama seperti mengutip sebuah buku.

Tipe Sumber	Pengutipan dalam Teks	Penulisan Referensi
Artikel Jurnal: Jurnal yang dicetak	Pada tengah atau di akhir kalimat: (Conley & Galeson 1998) Pada Awal kalimat: Conley & Galeson (1998) menyatakan bahwa...	Conley, T.G. & Galeson, D.W., 1998, 'Kelahiran dan Kemakmuran di Pertengahan Abad 19', Jurnal Sejarah Ekonomi, vol. 58, no. 2, pp. 468-493.
Artikel jurnal: Database Elektronik	(Liveris 2011)	Liveris, A., 2011, 'Etika sebagai Strategi', Kepemimpinan Sempurna, vol. 28, no. 2, pp.17-18. Terdapat pada: Proquest [23 Juni 2011].
Lanjutan Konverensi: Cetak	(Eidenberger, Breiteneder & Hitz 2002)	Eidenberger, H., Breiteneder, C. & Hitz, M., 2002, 'Kerangka Kerja untuk Informasi Visual Pengambilan', in S-K. Chang, Z. Chen & S-Y.Lee (eds.), Kemajuan Terkini pada Sistem Informasi Visual: Konferensi Internasional ke-5, VISUAL 2002 Kelanjutan, Hsin Chu, Taiwan, 11-13 Maret 2002, pp. 105-116.
Konferensi melanjutkan: Elektronik	(Fan, Gordon & Pathak 2000)	Fan, W, Gordon, MD & Pathak, R 2000, 'Personalisasi Pelayanan Alat Pencarian untuk Pengambilan and Manajemen Pengetahuan yang Efektif ', Kelanjutan Konferensi Internasional yg ke-21 tentang Sistem Informasi, pp. 20-34. Available from: ACM Portal: ACM Perputakaan Digital. [24 June 2004].

Koferensi melanjutkan: Tidak Diterbitkan	(Brown & Caste 2009)	Brown, S & Caste, V 2009, 'Kerangka Kerja Pendeteksi Hambatan yang Terintegrasi '. Karya tulis pada IEEE Simposium Kendaraan, IEEE, Detroit MI.
Tesis atau Disertasi: Tidak diterbitkan	(Hos 2005)	Hos, J.P., 2005, Nanomaterials Sintetis secara Mekanokimia untuk Tingkat Tengah Temperatur Bahan Bakar. Ph.D. disertasi, Universitas Australia Bagian Barat.
Tesis atau Disertasi: Diterbitkan	(May 2007)	May, B., 2007, Survei Velositas Radial pada Awan Debu. Bristol UK, Penerbit Canopus.
Tesis atau Disertasi: Diambil dari Database	(Baril 2006)	Baril, M., 2006, Distribusi Model Konseptual untuk Aliran Proses Salinity Generasi: Pendekatan Sistematis Data. WU2006.0058. terdapat di: Program Tesis Digital. [12 Agustus 2008].

3. World Wide Web (Website Internet).

Tipe Sumber	Pengutipan di Dalam Teks	Penulisan Referensi
Dokumen di WWW (Penulis/sponsor diberikan tapi tidak tertanggal)	Menurut Greenpeace (n.d), modifikasi makanan secara genetikal adalah Greenpeace (n.d:1) merekomendasikan bahwa lebih sedikit secara genetikal	Greenpeace n.d., The Future Is GE Free, dilihat 28 September 2005, dari http://www.greenpeace.org.au/ge/farming/canola.html Catatan: Judul pada website digunakan seperti judul buku. Ditulis dengan huruf italic.
Terindikasikan, Penulis personal	(Arch & Letourneau 2002)	Arch, A. & Letourneau, C., 2002, 'Tambahan Manfaat dari Design Website yang Mudah diakses ', dalam W3C Web Accessibility Initiative, di lihat pada 26 Februari 2004, dari http://www.w3.org/WAI/bcase/benefits.html .
E-book	(Eck 2002)	Eck, D.J., 2002, Pengenalan pada Pengprograman Menggunakan Java, edisi ke-3, OOPWeb.com, dilihat pada 26 Februari 2004, dari http://www.oopweb.com/Java/Documents/IntroToProgrammingUsingJava/VolumeFrames.html .
E-jurnal	(Mueller , Heckathorn & Fernando 2003)	Mueller, J.K., Heckathorn, S.A. & Fernando, D., 2003, 'Identifikasi Kloroplas Dehidrin pada Daun tanaman Dewasa' , Jurnal Internasional Ilmu Tumbuh-Tumbuhan vol. 164, no. 4, pp. 535-542, dilihat pada 10 September 2003, dari http://www.journals.uchicago.edu/IJPS/journal/no.s/v164n4/164053/164053.html .
Peta: Online	(maps.com 1999)	maps.com, 1999, Bhutan, dilihat pada 11 September 2003, dari http://www.maps.com/cgi-bin/search/hyperseek.cgi?search=CAT&Category=Asia%3ABhutanP&Qualifier=

4. Sumber Lain.

Tipe Sumber	Pengutipan di Dalam Teks	Penulisan Referensi
Peta: Cetak	(Viking O'Neil 1991:32-33)	Viking O'Neil 1991, Atlas Jalan-Jalan Australia, Edisi ke-10., Penguin Books Australia.
Publikasi Pemerintah	(Department of Education, Science & Training 2000)	Departemen Pendidikan, Science & Training, 2000, Annual Report 1999-2000, AGPS, Canberra
Regulasi Pemerintah dan Legislasi	(Keputusan Presiden Republik Indonesia No.55 Tahun 2012)	Keputusan Presiden No.55 Tahun 2012 tentang Tambahan Strategi Nasional pada Pencegahan dan Pemberantasan Korupsi 2012-2014 dan 2012-2025 Regulasi Presiden Republik Indonesia No.36 Tahun 2010 tentang Daftar Bidang Bisnis Dekat dengan Investasi dan Bisnis Lahan Terbuka, dengan Persyaratan untuk Berinvestasi
Standarisasi	Menurut Standarisasi Australia (1997),....	Assosiasi Standarisasi Australia, 1997, Standar: Australia tentang Peralatan Tekanan-Manufaktur, (AS4458-1997), Standard Australia, Sydney Utara.
Paten	Tan and Arnold (1993) memformalisasikan dan menjaga ide-ide mereka..... Atau Tan and Arnold (1993,n.p.) melindungi ide-ide mereka dengan '...'	Tan, I.S & Arnold, F.F., (Angkatan Udara USA) 1993, Komposisi Molekul di Tempat Semula Berdasarkan Rigid-rod Polyamides, paten USA 5 247 057.

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI

Penerbit:

**Balai Besar Pengujian Minyak
dan Gas Bumi LEMIGAS**

Alamat Editor:

Gedung Perkantoran LEMIGAS
Jl. Ciledug Raya Kav. 109 Cipulir, Kebayoran Lama
Jakarta Selatan 12230, Indonesia



+6221 7394422 Ext. 1227



+6221 7246150



www.journal.lemigas.esdm.go.id

