



Kajian Potensi Hidrokarbon di Cekungan Sedimen Akimeugah Berdasarkan Pemetaan Anomali Permukaan Memanfaatkan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 dan DEMNAS

Puspa Lestari¹⁾, Udi Harmoko¹⁾, M. Irham Nurwidyanto¹⁾, dan Tri M. Susantoro²⁾

¹Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Semarang, Jawa Tengah

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230

Artikel Info:

Naskah Diterima:
15 September 2021
Diterima setelah
perbaikan:
18 November 2021
Disetujui terbit:
30 Agustus 2021

Kata Kunci:

Penginderaan Jauh,
Cekungan Akimeugah,
NDVI,
Kepadatan
Kelurusan
Potensi Hidrokarbon
remote sensing
Akimeugah basin
lineament density

ABSTRAK

Cekungan Akimeugah merupakan salah satu cekungan di Papua yang berpotensi mempunyai cadangan minyak besar (*giantfield*). Kajian tahap awal mengenai potensi hidrokarbon di Cekungan Akimeugah adalah identifikasi penyebaran anomali permukaan. Identifikasi penyebaran anomali permukaan dapat dilakukan menggunakan metode penginderaan jauh dengan memanfaatkan data Citra Landsat-8 OLI dan data ketinggian DEMNAS. Hasil dari pengolahan data citra satelit Landsat-8 terdapat 5 kelas klasifikasi untuk hasil citra NDVI dengan rincian nilai $-1 - (-0,16078)$ dapat diindikasikan tidak terdapat vegetasi, batuan tandus atau badan air. Nilai NDVI dengan rentang $0,30 - 0,45$ dapat diidentifikasi di daerah tersebut kerapatan vegetasi nya rendah dan vegetasinya dapat berupa seperti semak belukar, padang rumput, tanaman tua, ataupun tanaman yang stress. Nilai $+1$ yang mengindikasikan kepadatan vegetasi di daerah tersebut sangat tinggi. Hasil yang diperoleh dari pengolahan data DEMNAS adalah kelurusan dominan pada daerah penelitian sebesar $43,2^\circ$ atau $223,2^\circ$ kearah timur laut - barat daya. Terdapat 16 wilayah dengan sebaran nilai densitas kelurusannya tinggi hingga sangat tinggi yaitu $158,529524 - 242,066040$. Wilayah dengan densitas kelurusan yang tinggi, terdapat struktur antiklin dan berada di formasi yang berpotensi adalah wilayah dengan nomor 4,11 dan 14. Nomor 4 yang berada di wilayah Kegata, nomor 11 berada dalam cakupan wilayah Deiyai dan nomor 14 yang berada di wilayah Tembagapura dan Kabupaten Mimika.

ABSTRACT

Akimeugah Basin is one of the basins in Papua that has the potential to have large oil reserves (giant field). An early-stage study of hydrocarbon potential in the Akimeugah Basin is the identification of the spread of surface anomalies. Identification of surface anomaly deployment can be done using remote sensing methods by utilizing Landsat-8 OLI Imagery data and DEMNAS altitude data. The results of the processing of Landsat-8 satellite imagery data there are 5 classification classes for NDVI image results with details of values $-1 - (-0.16078)$ can be indicated there is no vegetation, barren rocks, or bodies of water. NDVI values with a range of $0.30 - 0.45$ can be identified in the area with a low vegetation density and vegetation can be such as shrubs, grasslands,

Korespondensi:
E-mail: puspalestari@alumni.undip.ac.id
(Puspa Lestari)

old plants, or stressed plants. +1 value that indicates the density of vegetation in the area is very high. The results obtained from Demnas data processing are the dominant straightness in the research area of 43.2 ° or 223.2 ° towards the northeast-southwest. There are 16 regions with a spread of high to very high straightness density value of 158.529524 - 242.066040. Areas with high straightness density, there are anticlinal structures and are in formations that are potential areas with numbers 4, 11, and 14. Number 4 is in the Kegata region, number 11 is within the scope of Deiyai area and number 14 is in Tembagapura and Mimika regency.

© LPMGB - 2021

PENDAHULUAN

Saat ini kegiatan eksplorasi dan eksploitasi lebih banyak dilakukan di Kawasan Barat Indonesia (KBI) padahal berdasarkan peta cekungan sedimen dari potensi migas di Kawasan Timur Indonesia (KTI) masih cukup besar. Struktur geologi yang kompleks, tingginya tingkat deformasi, berada di laut dalam, infrastruktur yang tidak memadai dan biaya yang cukup besar untuk melakukan eksplorasi menjadikan hambatannya (Tryono, 2016).

Cekungan Akimeugah memiliki luas cekungan sebesar 88.582 km². Lokasi area studi Cekungan Akimeugah terletak dibagian utara dari *basement high* (punggung bukit Merauke) Papua bagian selatan yang memisahkannya dengan Cekungan Arafura ke selatan (Situmorang, dkk., 2017). Area Cekungan Akimeugah datar dan tertutup oleh endapan baru yang menyulitkan untuk pengamatan secara langsung dari struktur dibawahnya dan juga area studi sepenuhnya tertutup oleh vegetasi hutan

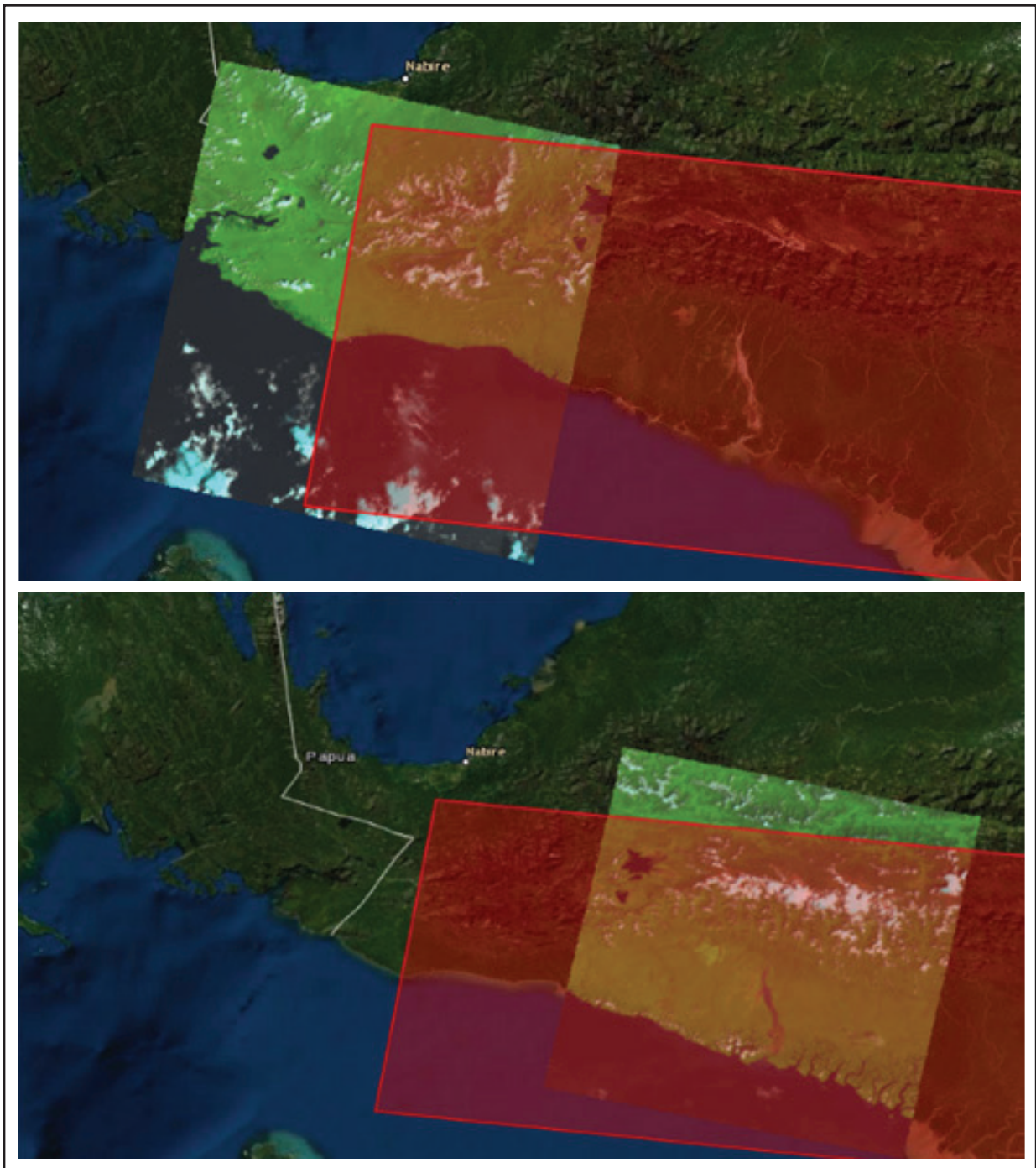
yang luas dan akses nya hanya melalui sungai dan laut (Russill, dkk., 2017).

Cekungan Akimeugah menjadi salah satu wilayah kerja rekomendasi baru yang dihasilkan dari survei oleh Pusat Survei Geologi Kementerian ESDM pada tahun 2016. Gambar 1 menunjukkan peta regional Cekungan Akimeugah dan Gambar 2 merupakan citra satelit Landsat-8 lokasi pengambilan data. Survei menggunakan metode PST (*passive seismic tomography*) dan survei rembesan hidrokarbon menghasilkan sumberdaya berpotensi P(50). Untuk skenario minyak sebesar 930 MillionBarels (MMBO) sedangkan untuk skenario gas sebesar 1,1 TCF (Pusat Survei Geologi, 2019). Penelitian mengenai pendugaan awal keberadaan hidrokarbon di area studi kasus Cekungan Akimeugah, Papua telah beberapa kali dilakukan.

Russill, dkk. (2017) melakukan penelitian menggunakan metode PST (*passive seismic tomography*) tujuannya mencari reservoir dan penggambaran struktur antiklin yang kompleks di



Gambar 1
Peta regional cekungan Akimeugah.



Gambar 2
Citra Landsat-8 lokasi pengambilan data.

wilayah Papua Barat. Hasilnya menunjukkan bahwa pada wilayah tersebut terdapat serangkaian sesar geser yang berurutan dan sejajar yang terbentuk oleh struktur yang paling aktif yaitu sistem sesar geser arah NE-SW. Area yang berpotensi untuk eksploitasi biasanya merupakan struktur antiklin yaitu struktur yang membentuk perangkap dengan tudung di atasnya dan migas telah bermigrasi dari batuan induk ke area tersebut, serta data PST dapat

membantu analisa untuk mengidentifikasi area target.

Penelitian yang dilakukan oleh Setiadi, dkk. (2019) menggunakan analisis data gayaberat menggunakan filter *optimum upward continuation* dan pemodelan 3D inversi menghasilkan gambaran cekungan yang cukup baik. Pola struktur, *depocenter* sub-cekungan dan struktur geologi model bawah permukaan menunjukkan bahwa cekungan tersebut memiliki batuan sedimen yang cukup tebal dan juga

memperlihatkan kedalaman batuan dasar (*basement*) daerah penelitian sekitar 3,6 km. Hasil pemodelan inversi menunjukkan pada daerah Cekungan Akimeugah terdapat beberapa depositer cekungan sedimen yang cukup tebal dan struktur sesar serta antiklinal yang menarik dari sisi petroleum sistem untuk dieksplorasi lebih lanjut.

Penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi alternatif dalam melaksanakan kegiatan eksplorasi migas. Penggunaan citra satelit sebagai data untuk diolah menggunakan teknologi penginderaan jauh dapat menampilkan kondisi permukaan bumi dalam berbagai jenis skala, tampilan, kondisi dan juga untuk pemetaan geologi.

Citra Landsat/satelit dapat menampilkan kondisi geologi permukaan seperti struktur geologi, macam dan penyebaran litologi dan bentuk lahan. Selanjutnya, untuk menampilkan kesan topografi dapat digunakan penggabungan dengan data ketinggian seperti *Digital Elevation Model* (DEM). Penggunaan citra Landsat dan DEM untuk kegiatan eksplorasi awal migas dibantu oleh kesan 3D

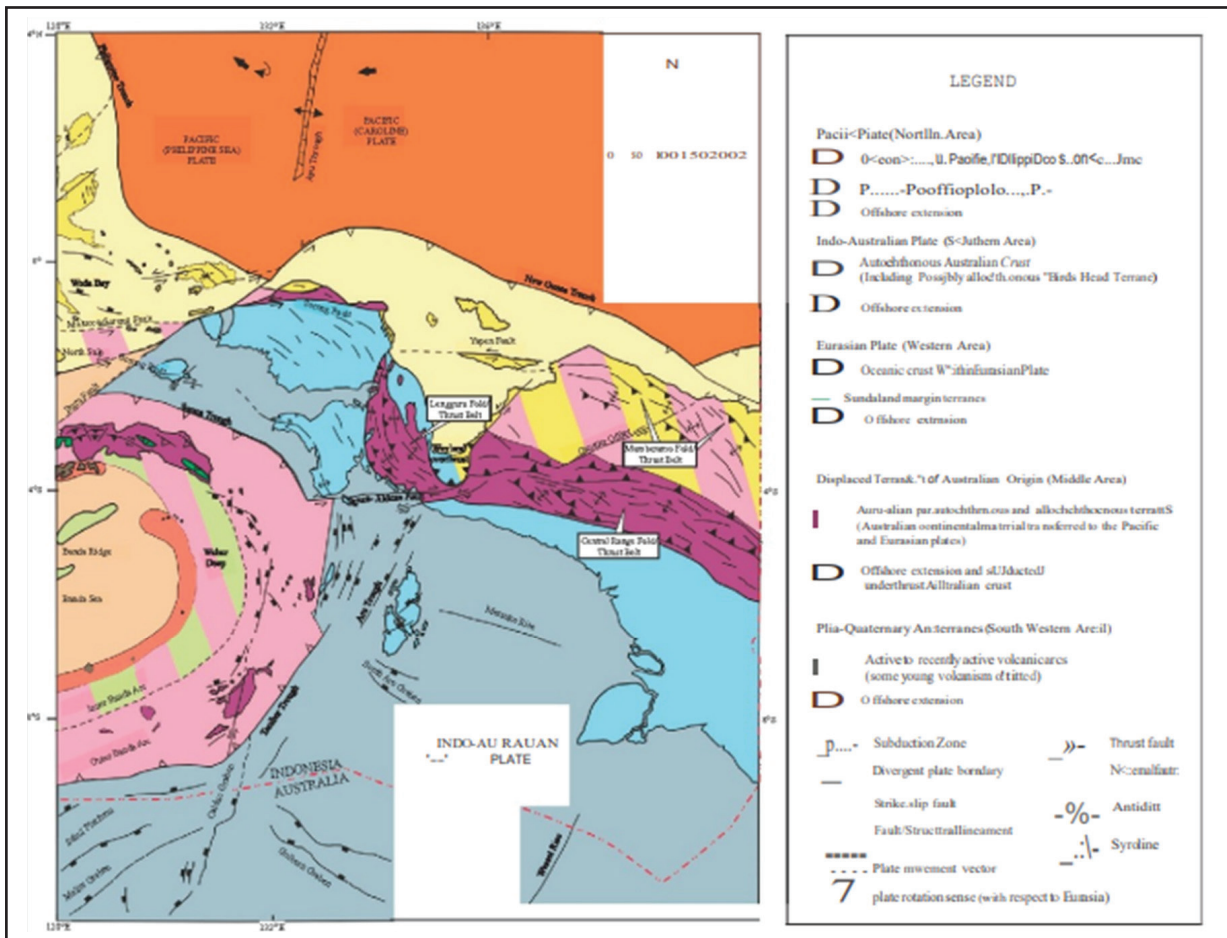
yang digunakan untuk memperjelas kondisi relief permukaan dapat memudahkan dalam identifikasi potensi jebakan hidrokarbon. Dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh untuk kegiatan eksplorasi migas akan mengurangi resiko eksplorasi dan mengurangi biaya (Satellite Imaging Corporation, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebaran anomali permukaan di wilayah Cekungan Sedimen Akimeugah untuk kajian awal eksplorasi potensi migas menggunakan data Citra Satelit Landsat-8 dan data ketinggian DEMNAS dengan resolusi 30 m.

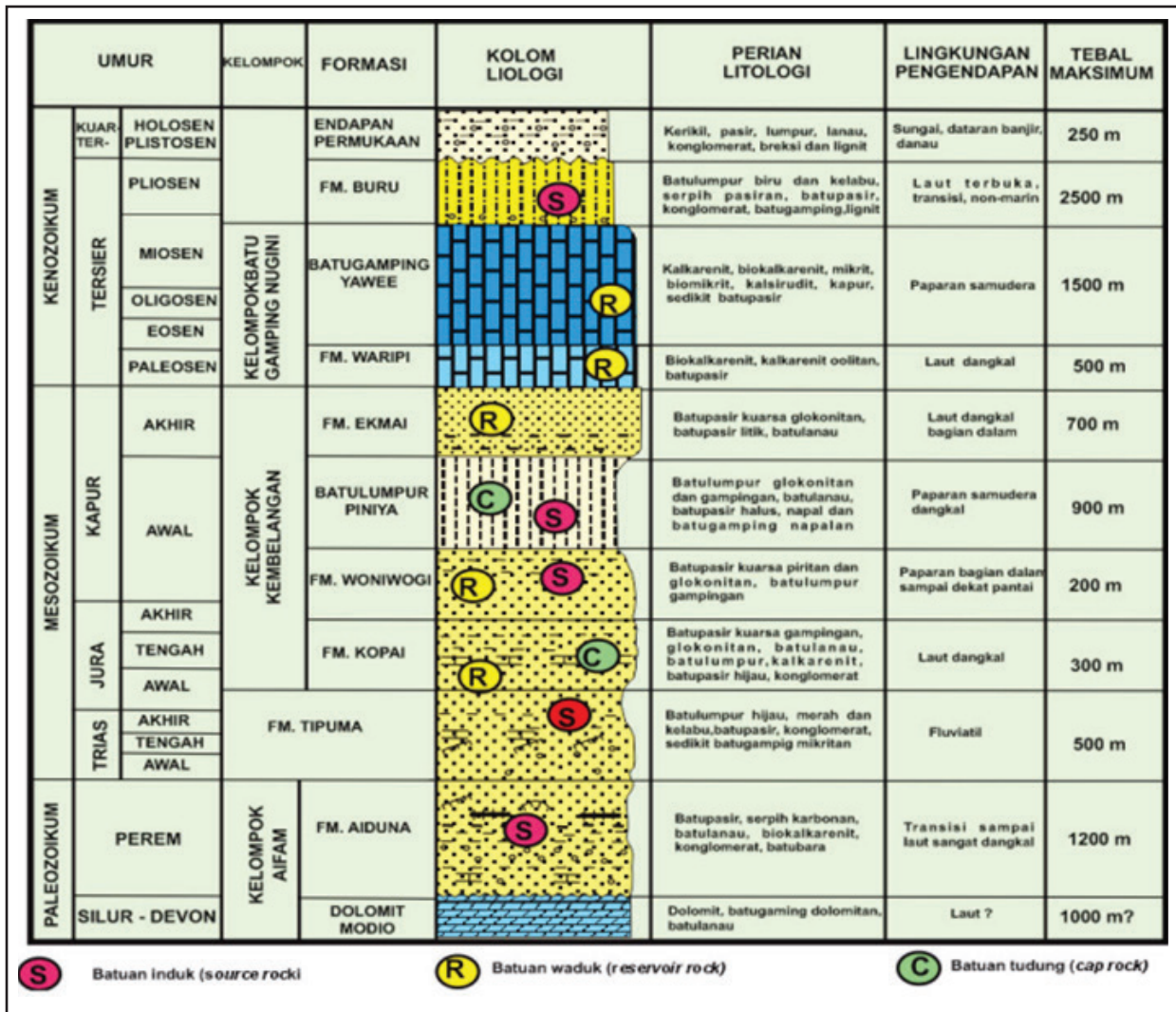
BAHAN DAN METODE

A. Geologi Regional

Cekungan Akimeugah berada di wilayah Waghete dan Timika dan berasosiasi dengan cekungan disekitarnya yang telah memproduksi hidrokarbon seperti Cekungan Papua dan cekungan-cekungan Australia.



Gambar 3
Peta tektonik regional Indonesia Timur.



Gambar 4
Stratigrafi regional cekungan Akimeugah.

Awal mula Cekungan Akimeugah berupa cekungan *passive margin* yaitu cekungan yang terbentuk oleh *rifting* di tepi utara benua Australia pada saat tepian ini mengalami peretakan akibat massa dibagian utara sebagian akan lepas dan bergerak dari Australia (Situmorang, dkk., 2017). Kegiatan tektonik di area Merauke akan membentuk perangkap pada Cekungan Akimeugah yang kemungkinan akan terakumulasi pada batupasir pada Grup Kembelangan (formasi Woniwogi dan Ekmai). Perangkap yang terbentuk pada Cekungan Akimeugah berupa sesar normal. Secara umum, batuan penutup yang terbentuk di Cekungan Akimeugah dan sebagian besar Papua adalah lapisan serpih yang tebal dari Formasi Piniya (Setiadi, dkk., 2019). Gambar 3 merupakan peta tektonik regional wilayah Papua (Harahap, 2012).

Sistem stratigrafi dari Cekungan Akimeugah yaitu

berumur dari Paleozoikum hingga Kenozoikum dan batuan dasar (*basement*) yang mengalasi Cekungan Akimeugah kerak granitik benua Australia dan batuan metamorf. Daerah penelitian Cekungan Akimeugah berada di wilayah Waghete dan Timika. Berdasarkan peta lembar geologi Waghete dan Timika (Panggabean & Pigram, 1989)(Rusmana, dkk., 1995) serta berdasarkan kolom stratigrafi (Gambar 4) yang diperoleh dari Panggabean & Hakim (1986) secara stratigrafi daerah ini terdiri atas beberapa formasi, yaitu Formasi Dakebo (Qpd), Formasi Buru (TQb), Kelompok Paniai (Formasi Waripi (KTew) dan Batugamping Yawee, Formasi Piniya yang dimiliki oleh Kelompok Kembelangan (Formasi Woniwogi, Formasi Ekmai, Formasi Kopai, Batulumpur Piniya), Formasi Tipuma (RJt), Formasi Aiduna (Pa), Formasi Tuaba (Ot), Formasi

Modio (Dm), Formasi Otomona (pCo) dan Formasi Nerewip (pEn).

Berdasarkan ESDM One Map Cekungan Akimeugah diketahui bahwa berstatus Drilled with Discovery atau pemboran dengan penemuan. Selain itu pada Cekungan Akimeugah juga terdapat beberapa sumur eksplorasi yaitu sumur NOORD WEST-1, SANDE-1, CROSS CATALINA-1, KUMBAI SATU-1, KURUWAI-1, serta terdapat dua wilayah kerja migas konvensional yang keduanya bernama wilayah kerja North Arafura dengan status eksplorasi yang tanggal berlaku dari 26 November 2010 sampai 25 November 2040.

Pada Cekungan Akimeugah terdapat batuan induk pada Formasi Aiduna yang berumur Permian dan yang terdapat di grup Kembelangan yang berumur Jura-Kapur. Lapisan yang berpotensi sebagai reservoir pada Cekungan Akimeugah yaitu Lapisan Mesozoikum yaitu Formasi Tipuma, Woniwogi, dan Ekmai. Kegiatan tektonik pada Area Merauke mengakibatkan terbentuknya perangkap pada Cekungan Akimeugah yang kemungkinan akan terakumulasi pada batupasir Grup Kembelangan (Formasi Woniwogi dan Ekmai). Sesar normal merupakan perangkap struktur yang ada pada Cekungan Akimeugah, selain itu terdapat juga horst, dan *tilted block* di selatan dan barat Cekungan Akimeugah. Pada Cekungan Akimeugah juga terdapat struktur antiklin dan ramp antiklin yang besar potensinya sebagai perangkap hidrokarbon. Secara umum batuan penutup (*caprocks*) pada Cekungan Akimeugah dan Papua merupakan lapisan serpih yang tebal dari Formasi Piniya (Setiadi, dkk., 2019).

B. Data dan Proses Pengolahan Data

Pada tahap pengumpulan data, informasi mengenai ketersediaan cekungan sedimen Indonesia diperoleh dari laman ESDM *One Map*. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang merupakan data citra satelit Landsat-8 yang diunduh melalui laman USGS (*United States Geological Survey*) dan citra ketinggian DEMNAS diunduh melalui laman BIG (Badan Informasi Geospasial) serta peta geologi daerah Waghete dan Timika (Gambar 3). Citra lokasi penelitian yang diambil adalah citra yang tersedia tanggal 19 Januari 2020 dengan *cloud cover* 18,23% dan pada tanggal 13 Desember 2020 dengan *cloud cover* sebesar 9,14%. Pengambilan 2 citra satelit ini berbeda waktunya karena pengolahan NDVI mengamati kondisi vegetasi berdasarkan *time series*,

dalam penelitian ini dari kurun waktu Januari hingga Desember 2020. Peta geologi yang diperlukan adalah peta geologi daerah Waghete dan Timika sebagai data pendukung.

Proses awal dalam pengolahan data Citra Satelit Landsat-8 dan DEMNAS adalah koreksi geometrik, koreksi radiometrik, *layer stacking* (kombinasi band). Koreksi geometrik berfungsi untuk mengkompensasi distorsi seperti distorsi panorama, kelengkungan bumi, refraksi atmosfer, perpindahan relief dan sensor IFOV yang nonlinier tersebut sehingga citra yang dikoreksi memiliki integritas geometrik praktikal tertinggi (Lillesand, dkk., 2015). Distorsi radiometrik bervariasi diantara sensor yang berbeda. Biasanya koreksi ketinggian matahari dan koreksi jarak bumi-matahari diterapkan pada data satelit untuk menghilangkan efek posisi musiman matahari yang relatif terhadap bumi dan untuk menormalkan variasi musiman dalam jarak antara bumi dan matahari. Koreksi radiometrik yang digunakan untuk data Landsat-8 adalah koreksi *Top of Atmospheric (TOA) reflektan*. Koreksi ToA digunakan untuk merubah nilai digital number menjadi nilai reflektan, persamaannya sebagai berikut:

$$\rho \lambda' = M \rho Q_{cal} + A \rho \quad (1)$$

dengan $\rho \lambda'$ adalah ToA reflektan, $M \rho$ adalah Nilai *REFLECTANCE_MULT_BAND_X* pada meta data, Q_{cal} adalah Nilai *Digital Number (DN)* dan $A \rho$ = Nilai *REFLECTANCE_ADD_BAND_X* pada meta data.

Layer stacking atau kombinasi band merupakan proses untuk menggabungkan beberapa citra untuk membentuk citra komposit. Salah satu contoh dalam kombinasi band adalah dalam proses pemetaan vegetasi dari suatu daerah penelitian, dapat digunakan komposit band untuk menghasilkan warna RGB (*red green blue*) dengan cara menggabungkan 3 kanal

Tabel 1
Rentang nilai NDVI

Nilai NDVI	Keterangan
< 0	Tidak ada vegetasi
0 – 0,3	Kepadatan vegetasi terendah
0,3 – 0,45	Kepadatan vegetasi rendah
0,45 – 0,6	Vegetasi lebih padat
> 0,6	Kepadatan vegetasi tertinggi

(band) pada *software* khusus penginderaan jauh dimana band tersebut berada di kisaran spektrum tampak dan *near*-inframerah atau biasanya berada di kanal 5, 6, dan 4 (Pratama & Isdianto, 2017).

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Penentuan indeks vegetasi dalam pemetaan tanaman dibutuhkan untuk menyediakan informasi terbaik dari kondisi tanaman (Susantoro, dkk., 2018). Indeks vegetasi yang lebih rendah dapat menunjukkan kelimpahan vegetasi atau vegetasi yang stress menjadi kemungkinan adanya rembesan dan produksi hidrokarbon. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan algoritma yang digunakan untuk mengukur konsentrasi dari vegetasi daun hijau, algoritmanya adalah (Gupta, 2018):

dengan NIR (*near*-infrared) dan RED (band warna merah) adalah nilai reflektansi di dekat spektrum inframerah (IR) dan masing-masing pita merah (setelah koreksi atmosfer). Rentang nilai NDVI antara -1 dan +1, nilai -1 mengindikasikan badan air dan +1 mengindikasikan hutan hijau lebat (Gupta, 2018).

Tabel 1 merupakan referensi nilai NDVI dari penelitian Zaitunah, dkk. pada tahun 2018.

2. *Line Density* (Kerapatan Kelurusan)

Proses menghitung kerapatan kelurusan (*line density*) dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi struktur permukaan daerah penelitian sehingga diketahui kerapatan/densitas kelurusan yang ada di daerah penelitian (Polanunu, dkk., 2020). Informasi hasil kerapatan kelurusan dengan menggunakan data penginderaan jauh diharapkan dapat memecahkan permasalahan yang ada pada kegiatan eksplorasi sebelumnya yaitu sulitnya mencari daerah prospektif. Kegiatan eksplorasi khusus selalu membutuhkan daerah luas dan waktu yang lama untuk menentukan lokasi anomali. Hal ini berdampak langsung terhadap keuangan kegiatan eksplorasi (Nugroho & Tjahjaningsih, 2016).

3. Kelurusan (*Lineament*)

Kelurusan geologi adalah fitur kelurusan yang dikenali pada foto udara, citra satelit, atau peta topografi. *Lineament* umumnya didefinisikan hanya pada skala regional. Kelurusan adalah salah satu fitur terpenting yang menunjukkan elemen bawah permukaan atau struktur yang lemah seperti sesar dan biasanya diekstraksi dengan analisis data gambar

yang disempurnakan (Muhammad & Awdal, 2012). Kebanyakan kelurusan adalah manifestasi geomorfologi dari susunan kekar, sesar, lipatan, dikes, atau kontak geologi (van der Pluijm, & Marshak, 2004).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

C. Analisis Potensi Hidrokarbon

1. Pembuatan *Image*

Pembuatan *image* akan dianalisis, pada penelitian ini menggunakan data *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS). Data DEM di proses *hillshade* untuk mendapatkan bentuk relief permukaan agar lebih jelas sehingga penampakan visual dari suatu

Tabel 2
Nilai Input Parameter Algoritma LINE

Parameter	Nilai Input
RADI	12
GTHR	90
LTHR	30
FTHR	10
ATHR	30
DTHR	20

kelurusan dapat terlihat (Nugroho & Susanto, 2015).

2. Ekstraksi Kelurusan

Ekstraksi kelurusan dilaksanakan secara otomatis menggunakan fungsi *Algorithm Librarian – Lineament Extraction*. Fungsi algoritma tersebut telah memberikan hasil yang valid dengan memberikan aspek-aspek geologi sehingga data dapat dipakai dan diproses lebih lanjut (Iqbal & Juliarka, 2019).

Algoritma *Lineament Extraction* (LINE) mengekstraksi garis kelurusan menggunakan enam parameter opsional yaitu RADI, GTHR, LTHR, FTHR, ATHR, dan DTHR (Adama, dkk., 2017). Parameter-parameter dijelaskan sebagai berikut :

- RADI (*Filter Radius*) merupakan nilai radius dari piksel yang akan dikenai filter penajaman tepi.
- GTHR merupakan nilai ambang gradient tepi.

- LTHR merupakan nilai panjang minimum dari piksel-piksel yang akan dihubungkan sebagai vektor kelurusan.
- FTHR merupakan nilai ambang toleransi kesalahan (*error*).
- ATHR merupakan nilai maksimum perbedaan sudut antara 2 vektor yang akan dihubungkan.
- DTHR merupakan nilai panjang maksimum antar 2 vektor (dalam piksel) yang akan dihubungkan.

Tabel 2 merupakan nilai input untuk parameter-parameter yang terdapat pada algoritma LINE berdasarkan referensi Nugroho & Susanto, 2015.

Hasil kelurusan yang telah diekstraksi selanjutnya di-*overlay* dengan peta geologi daerah penelitian. Selanjutnya, untuk menentukan arah kelurusan dominan yang terjadi pada daerah penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan diagram *rose*. Diagram *rose* merupakan diagram yang merepresentasikan nilai suatu fenomena kebumihan atau alam yang terdiri atas parameter vektor berupa arah besaran, fenomena tersebut ditunjukkan dalam sudut atau arah tertentu dan dengan banyaknya jumlah kejadian (Nugroho & Susantoro, 2015).

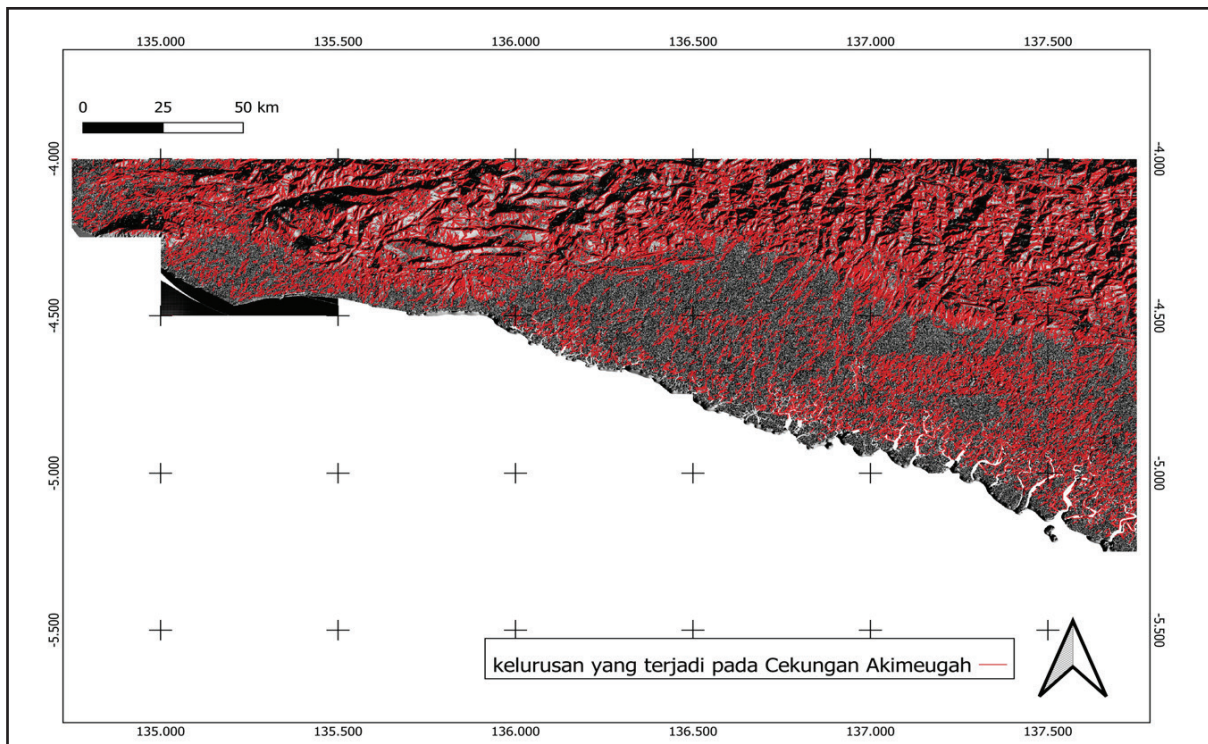
3. Klasifikasi NDVI

Nilai kerapatan vegetasi menggunakan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation*

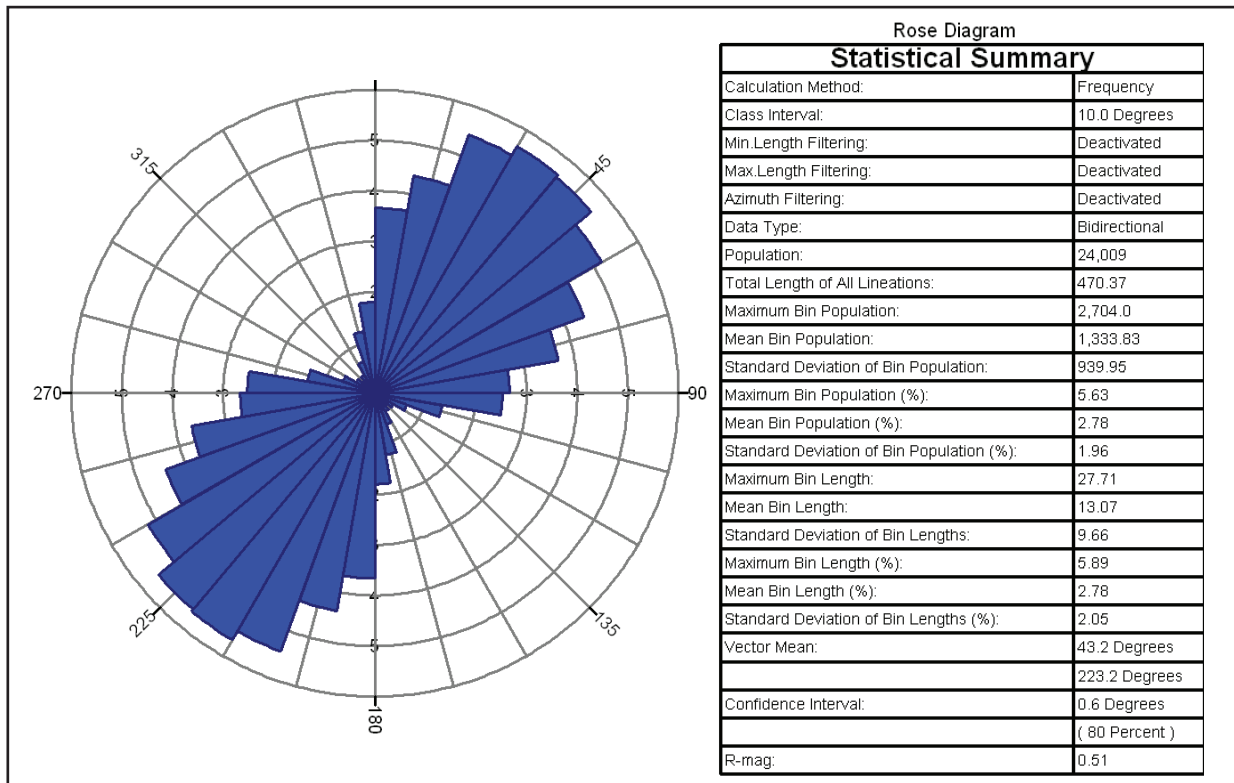
Index). Nilai NDVI dihitung pada citra komposit menggunakan persamaan 2. NDVI menggunakan perhitungan derajat kehijauan. Tingkat kehijauan citra berkorelasi dengan kepadatan mahkota vegetasi. NDVI memiliki korelasi dengan kandungan klorofil. NDVI menyebar di kisaran -1 sampai +1. Nilai NDVI diklasifikasikan menjadi 5 kelas. Analisis dilakukan untuk mendapatkan kerapatan tajuk vegetasi setiap jenis tutupan lahan dengan menganalisa kandungan klorofil (Zaitunah, dkk., 2018).

4. Densitas Kelurusan (*Line Density*)

Densitas kelurusan atau *line density* didapatkan dari pengolahan hasil kelurusan menjadi peta densitas kelurusan dan digunakan untuk menginterpretasikan permeabilitas di beberapa daerah penelitian. Daerah yang memiliki nilai densitas yang tinggi dapat diindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki permeabilitas batuan yang lebih baik dibandingkan dengan daerah yang memiliki densitas yang rendah (Iqbal & Juliarka, 2019). Menurut Polanunu, dkk (2020) daerah yang memiliki kerapatan kelurusan yang tinggi merupakan daerah yang dipengaruhi oleh struktur geologi yang intensif dan mengakibatkan batuan yang awalnya *impermeable* menjadi *permeable*.



Gambar 5
Peta hasil ekstraksi kelurusan DEMNAS Akimeugah.



Gambar 6
Hasil diagram rose.

HASIL DAN DISKUSI

A. Struktur Geologi

Data DEMNAS diolah menggunakan proses *hillshadeing* untuk membuat daerah penelitian terlihat relief permukaannya dan memiliki kesan 3D. Setelah melalui proses *hillshading*, data DEMNAS tersebut diolah kembali untuk mengetahui kelurusan-kelurusan yang terjadi pada daerah penelitian. Gambar 5 menunjukkan hasil dari ekstraksi kelurusan menggunakan algoritma LINE.

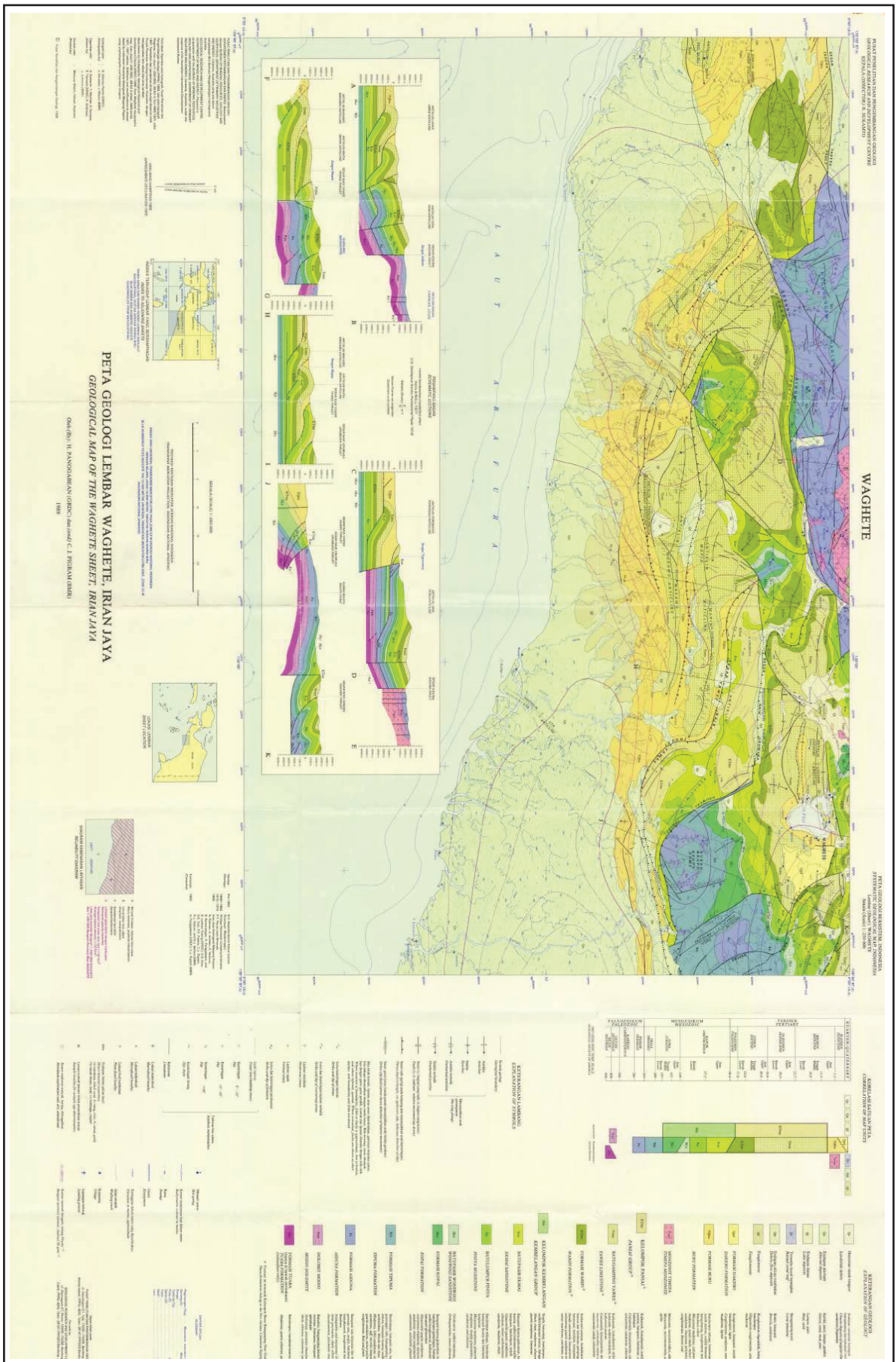
Selanjutnya hasil ekstraksi kelurusan diolah kembali untuk mengetahui sebaran arah dominan dari kelurusan yang terjadi pada daerah Cekungan Akimeugah menggunakan diagram *rose*. Diagram *rose* berfungsi untuk menentukan arah dari suatu kelurusan hasil ekstraksi maka data kelurusan dikonversi menjadi diagram *rose*. Gambar 6 merupakan hasil dari diagram *rose*, berdasarkan diagram *rose* tersebut hasil kelurusan dominan yang terjadi pada daerah Cekungan Akimeugah sebesar 43,2° atau 223,2° kearah timur laut - barat daya (NE - SW), hasil tersebut sesuai dengan penelitian Russill, dkk (2017) yang menyatakan bahwa struktur yang paling aktif di Cekungan Akimeugah adalah sistem sesar geser arah NE-SW.

Berdasarkan Peta Geologi daerah penelitian yaitu wilayah Waghete dan Timika yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8 terjadi anomali permukaan geomorfologi berupa terjadinya sesar geser, sesar normal dan sesar naik, selain itu pada wilayah tersebut juga terdapat struktur antiklin dan sinklin yang terbentuk. Area penelitian terdapat struktur geologi seperti Antiklin Buru, Umar, Yera, Poronggo, Paraokaguma, Makamo, Usedemi, Duga. Sesar Normal Tarera, Aiduna, Sesar Naik Yawee dan Dakebo.

B. Hasil NDVI

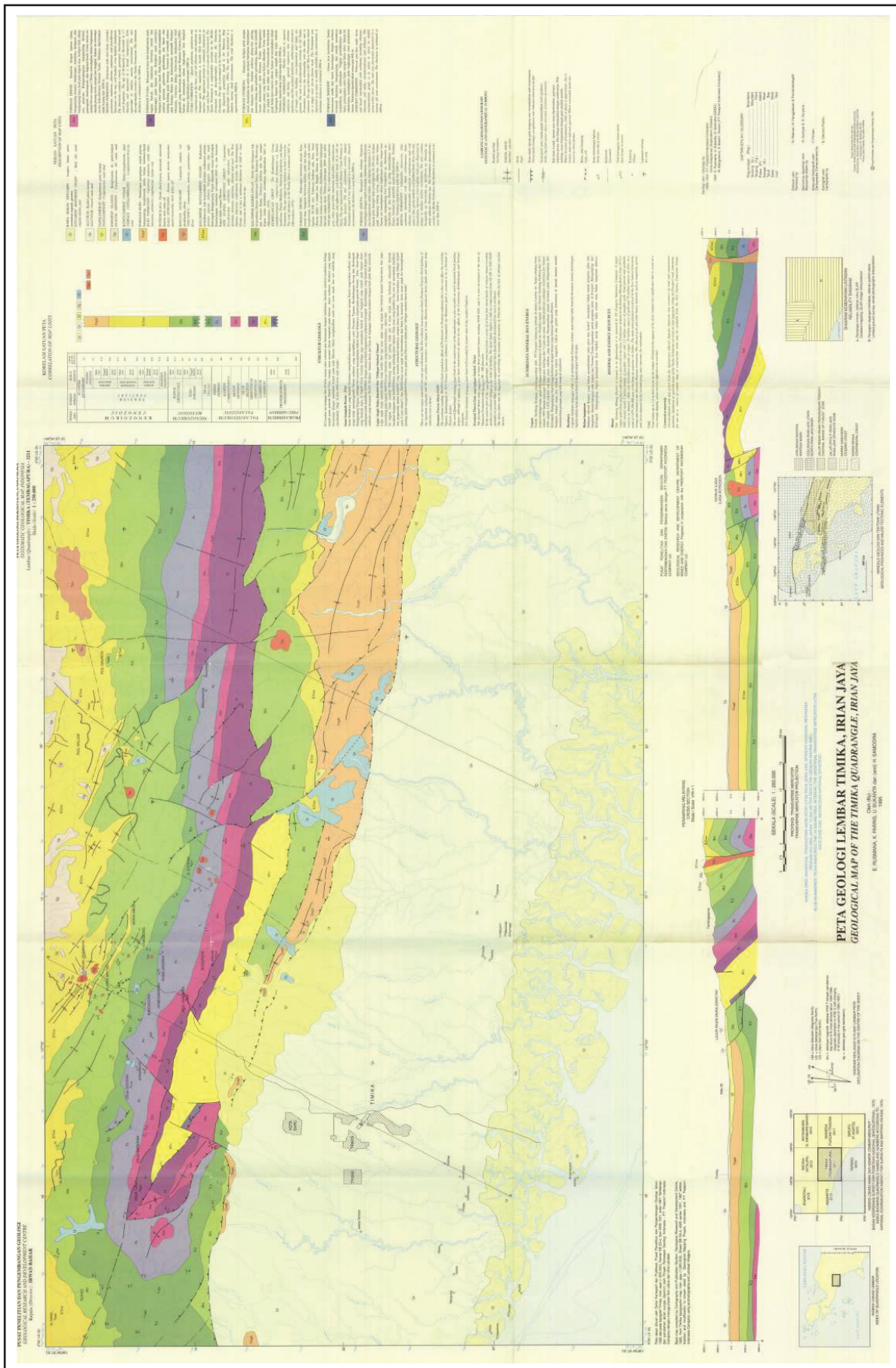
Hasil dari pengolahan data Citra Landsat-8 dengan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) diperoleh lima kelas klasifikasi terkait tutupan lahan dari daerah penelitian. Gambar 9 menunjukkan hasil peta NDVI, berdasarkan peta tersebut dapat dianalisa dari rentang nilainya berdasarkan referensi dari penelitian terdahulu (Zaitunah, dkk.,2018) pada Tabel 1.

Indeks NDVI yang bernilai -1 sampai -0,16078 ditandai dengan warna biru dan warna oranye, dapat diartikan daerah yang ditandai dengan warna tersebut tidak terdapat vegetasi, batuan tandus atau merupakan badan air. Nilai tersebut dapat diindikasikan sebagai keberadaan air sesuai dengan



Gambar 7
 Peta geologi wilayah Waghete.

Kajian Potensi Hidrokarbon di Cekungan Sedimen Akimeugh Berdasarkan Pemetaan Anomali Permukaan Memanfaatkan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 dan DEMNAS (Lestari, dkk.)



Gambar 8
 Peta geologi wilayah Timika.

daerah penelitian yang berbatasan langsung dengan Laut Arafura. Nilai NDVI selanjutnya rentang dari 0,30 - 0,45 yang ditandai dengan warna hijau muda dan warna merah muda, pada rentang tersebut dapat diidentifikasi di daerah tersebut kerapatan vegetasi nya rendah dan vegetasinya dapat berupa seperti semak belukar, padang rumput, tanaman tua, ataupun tanaman yang stress sesuai dengan referensi nilai NDVI yang ada menurut penelitian-penelitian sebelumnya.

Hasil indeks vegetasi yang menunjukkan kondisi vegetasi yang kemungkinan terdampak oleh adanya hidrokarbon adalah wilayah dimana indeks vegetasinya berada di rentang 0,30 - 0,45. Penelitian yang dilakukan oleh Krupnik dan Khan (2017) pada beberapa lapangan migas menyatakan bahwa indeks vegetasi yang lebih rendah dapat menunjukkan kelimpahan vegetasi atau vegetasi yang stress menjadi kemungkinan adanya rembesan dan produksi hidrokarbon. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zaitunah, dkk (2018), indeks vegetasi dari rentang 0,30 - 0,45 menunjukkan wilayah dengan kerapatan vegetasi yang rendah. Lalu menurut nilai NDVI *foundation remote sensing phenology* yang diungkapkan oleh USGS, wilayah dengan rentang tersebut merupakan wilayah yang ditumbuhi oleh vegetasi berupa semak belukar, ataupun tanaman tua / stress.

C. Hasil *Line Density*

Berdasarkan hasil pengolahan data DEMNAS menjadi peta kerapatan kelurusan (*line density*) pada Gambar 10 terdapat 16 wilayah yang memiliki densitas kelurusan dari rentang tinggi hingga sangat tinggi yang ditandai dengan dengan warna merah dan merah muda dengan nilai 158,529524 dan 242,066040. Diluar wilayah-wilayah tersebut, kerapatan kelurusan berada pada rentang rendah sampai sedang yang ditunjukkan oleh wilayah yang berwarna biru dengan nilai 58,855272, oranye dengan nilai 94,927859 dan hijau muda dengan nilai 128,152609.

Proses selanjutnya adalah mendigitasi peta geologi yang menunjukkan adanya struktur yang terbentuk, seperti struktur antiklin, sinklin ataupun sesar yang terjadi di wilayah penelitian dan hasil digitasi tersebut di *overlay* dengan hasil peta *line density*. Hasilnya yang diperoleh adalah wilayah dengan nilai densitas kelurusan dari rentang sangat rendah sampai sedang dapat diinterpretasikan sebagai wilayah yang sedikit dipengaruhi oleh struktur geologi (Polanunu, dkk., 2020). Wilayah

dengan rentang tersebut sedikit terjadi peristiwa geologi seperti sesar, kekar, lipatan maupun rekahan, pada wilayah tersebut juga tidak terdapat struktur seperti antiklin ataupun sinklin yang terbentuk.

Wilayah dengan nilai densitas kelurusan dari rentang tinggi sampai sangat tinggi memiliki permeabilitas batuan yang baik (Iqbal & Juliarka, 2019). Struktur geologi yang mempengaruhi wilayah ini cukup kompleks dan intensif, banyak terjadi peristiwa geologi seperti sesar normal, sesar naik dan sesar geser juga terdapat banyak struktur antiklin dan sinklin yang terbentuk.

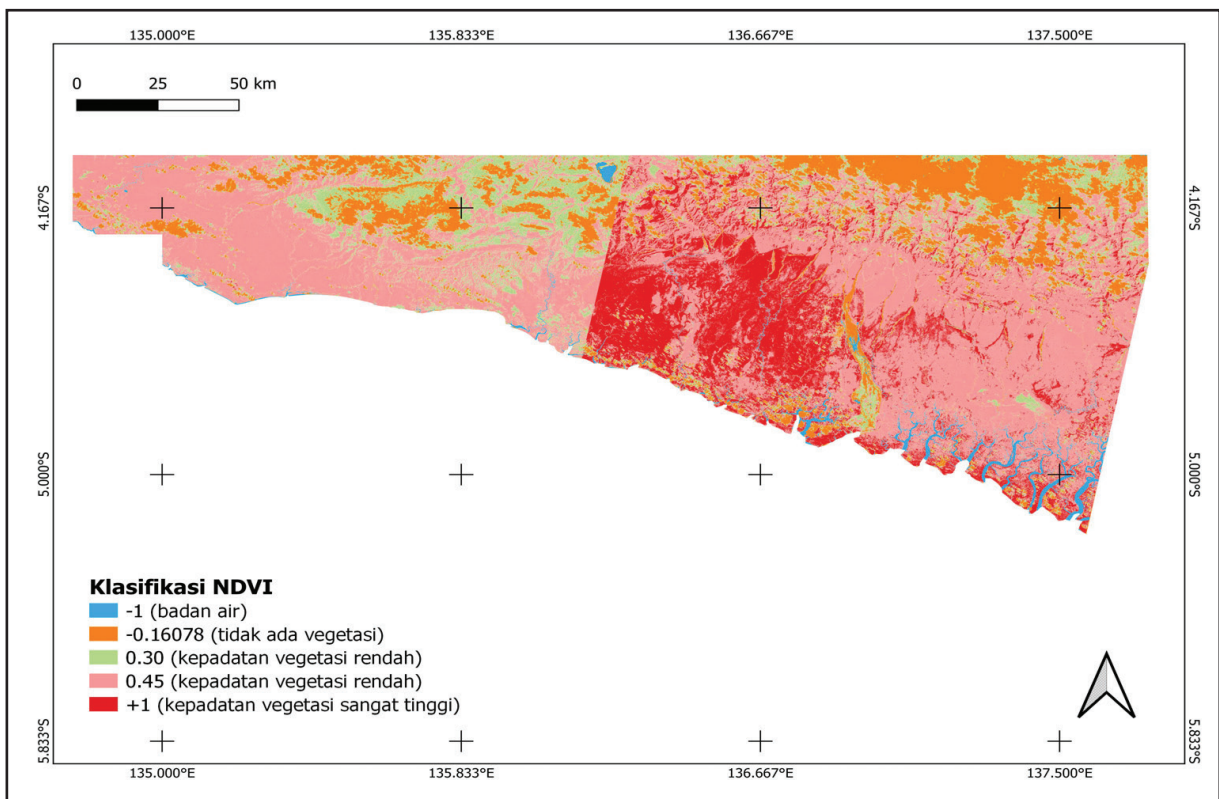
D. Potensi Hidrokarbon

Data DEMNAS daerah Cekungan Akimeugah diproses untuk memperoleh informasi mengenai arah kelurusan dominan yang terjadi di daerah penelitian dengan cara mengekstrak kelurusan lalu hasil ekstraksi tersebut di konversi menjadi diagram *rose*. Hasilnya adalah, arah kelurusan dominan yang terjadi di daerah penelitian adalah *northeast-southwest* (NE-SW) yang mana hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Russill, dkk. (2017) yang menyatakan bahwa struktur yang paling aktif pada daerah tersebut adalah sistem sesar geser arah NE-SW yang mana pada penelitian tersebut, keberadaan hidrokarbon diperkirakan berada di bagian atas struktur antiklin.

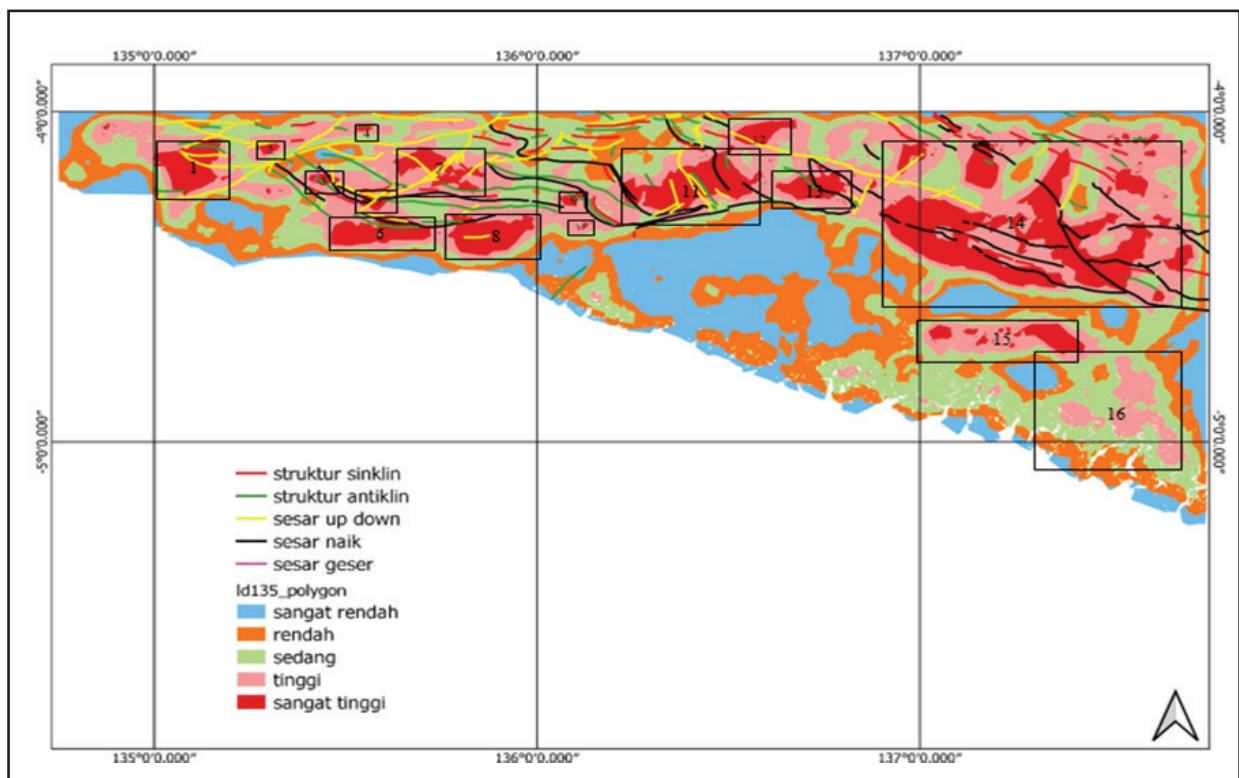
Berdasarkan hasil pengolahan NDVI pada Gambar 9, hasil indeks vegetasi yang menunjukkan kondisi vegetasi yang kemungkinan terdampak oleh adanya hidrokarbon adalah wilayah dimana indeks vegetasinya berada di rentang 0,30 - 0,45. Penelitian yang dilakukan oleh Krupnik & Khan (2017) pada beberapa lapangan migas menyatakan bahwa indeks vegetasi yang lebih rendah dapat menunjukkan kelimpahan vegetasi atau vegetasi yang stress menjadi kemungkinan adanya rembesan dan produksi hidrokarbon. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zaitunah, dkk. (2018), indeks vegetasi dari rentang 0,30 - 0,45 menunjukkan wilayah dengan kerapatan vegetasi yang rendah. Lalu menurut nilai NDVI dari *foundation remote sensing phenology* yang diungkapkan oleh USGS, wilayah dengan rentang tersebut merupakan wilayah yang ditumbuhi oleh vegetasi berupa semak belukar, ataupun tanaman tua / stress.

Selanjutnya, *overlay* yang dilakukan pada hasil digitasi peta geologi dengan peta *line density* pada Gambar 10 menunjukkan bahwa daerah yang memiliki rentang kerapatan kelurusan (*line density*) dari rentang sangat rendah hingga sedang, berada

Kajian Potensi Hidrokarbon di Cekungan Sedimen Akimeugah Berdasarkan Pemetaan Anomali Permukaan Memanfaatkan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 dan DEMNAS (Lestari, dkk.)



Gambar 9
Peta hasil klasifikasi citra NDVI Akimeugah.



Gambar 10
Peta Hasil Line Density Akimeugah.

di wilayah yang sedikit dipengaruhi oleh struktur geologi yaitu tidak banyaknya sesar, kekar, lipatan maupun rekahan yang terjadi di wilayah tersebut. Selain itu menurut peta geologi daerah penelitian, pada daerah dengan rentang tersebut tidak ditemukan adanya struktur seperti antiklin maupun sinklin yang terbentuk karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Russill, dkk. (2017), area yang berpotensi untuk eksploitasi biasanya merupakan struktur antiklin yaitu struktur yang membentuk perangkat dengan tudung di atasnya dan migas telah bermigrasi dari batuan induk ke area tersebut.

Pada daerah yang memiliki kerapatan kelurusan yang berada pada rentang dari tinggi hingga sangat tinggi, berada di wilayah yang mengalami peristiwa tektonik yang kompleks dan intensif. Pada daerah ini, terjadi banyak peristiwa geologi seperti sesar normal, sesar naik dan sesar geser dan juga permeabilitas batuan pada daerah ini memiliki kualitas yang baik. Struktur antiklin dan sinklin juga banyak terbentuk di daerah ini.

Mengenai struktur penyusun wilayah Cekungan Akimeugah dapat diketahui dari penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti, dkk (2019) menghasilkan bahwa Kelompok Kembelangan terutama Formasi Piniya yang berumur Kapur memiliki shale tebal. Formasi Piniya diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga laut dalam dan memiliki ketebalan formasi mencapai 900 m dan berpotensi sebagai batuan sumber (*source rock*). Selain itu, Anggraeni, dkk. (2019) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui tipe kerogen serpih piniya yang tersebar di Cekungan Akimeugah. Hasil dari penelitiannya adalah Serpih Piniya termasuk kedalam kategori batuan induk yang bersifat cukup dan memiliki tipe kerogen II – III yang dapat menghasilkan hidrokarbon minyak dan gas.

Penelitian yang dilakukan oleh Setiadi, dkk (2019) menyatakan bahwa Formasi Aiduna dan Kelompok Kembelangan merupakan batuan induk. Formasi Tipuma, Woniwogi, dan Ekmai berpotensi menjadi reservoir dan Formasi Piniya merupakan batuan penutup (*caprocks*). Lalu penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Situmorang, dkk. (2017) menghasilkan Formasi Aiduna dan Formasi Woniwogi berpotensi menjadi batuan induk (*source rock*) dan kedua formasi ini telah memasuki jendela kematangan.

Hasil dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa Cekungan Akimeugah memiliki

sistem perminyakan (*petroleum system*) yang bekerja pada zona yang terdapat formasi-formasi yang berpotensi, seperti Formasi Aiduna, Formasi dan Kelompok Kembelangan (Formasi Woniwogi, Formasi Ekmai, Formasi Kopai, Batulumpur Piniya).

Potensi hidrokarbon berdasarkan hasil pemetaan anomali permukaan pada wilayah Cekungan Sedimen Akimeugah menghasilkan capaian akhir bahwa wilayah yang memiliki ciri-ciri seperti memiliki nilai densitas kelurusan yang tinggi, terdapat struktur antiklin dan berada di formasi yang berpotensi adalah wilayah yang ditunjukkan dengan nomor 4, 11 dan 14 pada peta hasil *line density* (Gambar 5). Berdasarkan Peta Geologi Wilayah Waghete (Gambar 3) dan Wilayah Timika (Gambar 4), wilayah-wilayah potensi tersebut berada di atas formasi yang berpotensi (Formasi Aiduna dan Kelompok Kembelangan) terdapat sistem perminyakan dan juga terjadi sesar normal yang berperan sebagai perangkat struktur serta dijumpai struktur antiklin yang besar potensinya sebagai perangkat hidrokarbon (Setiadi, dkk., 2019).

Wilayah yang ditunjukkan oleh kotak nomor 4 memiliki luas sekitar 12,297 km² dan berada di daerah yang mencakup wilayah Kegata. Wilayah yang ditunjukkan oleh kotak nomor 11 memiliki luas kurang lebih 134, 855 km² dan berada dalam cakupan Kabupaten Deiyai. Wilayah berpotensi terakhir yang ditunjukkan oleh kotak nomor 14 memiliki luas sekitar 256,691 km² dan termasuk kedalam wilayah Tembagapura dan Kabupaten Mimika.

Jika dicocokkan dengan hasil pengolahan NDVI, wilayah dengan nomor 4, 11 dan 14 tidak menunjukkan nilai indeks 0,30 - 0,45 secara keseluruhan, melainkan menunjukkan indeks nilai lainnya seperti pada wilayah nomor 4 terdapat indeks - 0,16078 dan sedikit +1 meskipun indeks 0,3-0,45 terlihat dominan. Pada wilayah nomor 11, indeks yang ditunjukkan dominan 0,45 dan +1 dan pada wilayah nomor 14 indeks dominan yang ditunjukkan adalah indeks -0,16078 karena pada citra satelit wilayah tersebut memiliki tutupan awan yang tinggi maka indeks yang ditunjukkan cenderung mengindikasikan badan air. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diartikan bahwa pengolahan NDVI untuk kajian berskala regional kurang mencerminkan adanya potensi. NDVI dapat lebih efektif jika digunakan untuk kajian daerah yang bersifat lapangan atau prospek.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari pengolahan data DEMNAS untuk ekstraksi kelurusan dan dikonversi menjadi diagram rose, arah dominan sebaran kelurusan yang terjadi di Cekungan Akimeugah berarah NE-SW, hasil tersebut sesuai dengan arah yang dimiliki oleh struktur aktif pada daerah tersebut berupa sistem sesar geser. Pemetaan anomali permukaan yang menghasilkan peta densitas kelurusan yang di overlay dengan hasil digitasi struktur dari peta geologi daerah penelitian, dapat disimpulkan bahwa wilayah dengan nilai densitas kelurusan dari rentang sangat rendah sampai sedang dapat diinterpretasikan sebagai wilayah yang sedikit dipengaruhi oleh struktur geologi. Wilayah dengan nilai densitas kelurusan dari rentang tinggi sampai sangat tinggi memiliki permeabilitas batuan yang baik. Struktur geologi yang mempengaruhi wilayah ini cukup kompleks dan mengalami tektonik yang intensif dan banyak terbentuk struktur antiklin, sinklin, sesar normal, sesar naik dan sesar geser.

Berdasarkan hasil *overlay* dan disesuaikan dengan peta geologi daerah Waghete dan Timika, Formasi batuan penyusun yang berpotensi adalah Formasi Aiduna, Formasi Woniwogi dan Kelompok Kembelangan (Formasi Piniya). Formasi-formasi tersebut berpotensi menjadi batuan sumber atau batuan induk yang bersifat cukup dan memiliki tipe kerogen II - III yang dapat menghasilkan minyak dan gas serta berpotensi menjadi batuan penutup (*caprocks*). Zona wilayah yang memiliki potensi hidrokarbon dan tersusun atas formasi-formasi tersebut adalah wilayah 4, 11, dan 14, struktur antiklin terbentuk di wilayah-wilayah tersebut dan besar potensinya menjadi perangkap hidrokarbon serta pada wilayah-wilayah tersebut juga terjadi sesar normal yang berperan sebagai perangkap struktur dan juga memiliki densitas kelurusan yang tinggi.

Ketiga wilayah tersebut memiliki luas dan juga berada di daerah yang berbeda-beda. Wilayah nomor 4 berada di daerah yang mencakup wilayah Kegata, wilayah nomor 11 berada dalam cakupan Kabupaten Deiyai, dan wilayah nomor 14 termasuk kedalam wilayah Tembagapura dan Kabupaten Mimika.

Penelitian ini merupakan penelitian yang ditujukan untuk membantu kajian awal dalam eksplorasi hidrokarbon melalui struktur geologi permukaan, sehingga untuk mengetahui lebih detilnya hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut di area studi kasus pada Cekungan Sedimen Akimeugah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Tri Muji Susantoro dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" atas dukungan dan bimbingannya sehingga tulisan ini dapat terwujud.

DAFTAR ISTILAH / SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
OLI	<i>Operation Land Imager</i>	
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>	
DEMNAS	<i>Digital Elevation Model Nasional</i>	
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	
KBI	Kawasan Barat Indonesia	
KTI	Kawasan Timur Indonesia	
ESDM	Energi Sumber Daya Mineral	
USGS	<i>United States Geological Survey</i>	
PST	<i>Passive Seismic Tomography</i>	
MMBO	<i>Million Barel of Oil</i>	
$\rho \lambda'$	TOA reflektan	Nilai
$M \rho$	<i>REFLECTANCE_MULT_BA ND_X</i> pada meta data	
Qcal	Nilai Digital Number (DN)	Nilai
$A \rho$	<i>REFLECTANCE_ADD_BAN D_X</i> pada meta data	
ToA	<i>Top of Atmospheric</i>	
RGB	<i>Red Green Blue</i>	
NIR	<i>Near-Infrared</i> (Inframerah Dekat)	
RED	Kanal berwarna merah	
RADI	Filter Radius	
GTHR	<i>Edge Gradient Threshold</i>	
LTHR	<i>Curve Length Threshold</i>	
FTHR	<i>Line Fitting Threshold</i>	
ATHR	<i>Angular Difference Threshold</i>	
DTHR	<i>Linking Distance Threshold</i>	

KEPUSTAKAAN

Adama, Verdiansyah, O., & Sukartono, 2017. Analisis Densitas Kelurusan untuk Mengetahui Pola Struktur yang Berkembang di Daerah Kebutuhduwur dan

Sekitarnya Kecamatan Pegedongan, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017"*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.

- Anggraeni, W. P., Setyowiyoto, J. & Anggara, F.**, 2019. Analisis Log TOC Passey dan Penyebaran Serpih Piniya Menggunakan Metode Seismik Inversi, Cekungan Akimeugah. *Jurnal Fisika Indonesia*, 23(2), pp. 29-36.
- Gupta, R. P.**, 2018. *Remote Sensing Geology*. 3rd ed. Jerman: Springer-Verlag.
- Harahap, B. H.**, 2012. Tectonostratigraphy of the Southern Part of Papua and Arafura Sea, Eastern Indonesia. *Indonesian Journal of Geology*, 7(3), pp. 167-187.
- Iqbal, M. & Juliarka, B. R.**, 2019. Analisis Kerapatan Kelurusan (Lineament Density) Sebagai Indikator Tingkat Permeabilitas di Lapangan Panasbumi Suoh-Sekincau, Lampung. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(2), pp. 61-67.
- Krupnik, D. & Khan, S.**, 2017. Hydrocarbon Micro Seepage-Related Geobotanical Analysis in And Around Oil Fields. *The Leading Edge*, 36(1), pp. 12-23.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W. & Chipman, J.**, 2015. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Muhammad, M. & Awdal, A.**, 2012. Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in Erbil-Kurdistan, Northeast Iraq. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 6(2), pp. 138-146.
- Nugroho, U. C. & Susanto**, 2015. Ekstraksi Kelurusan (Linement) Secara Otomatis Menggunakan Data DEM SRTM Studi Kasus: Pulau Bangka. Bogor, MAPIN.
- Nugroho, U. C., Susanto, Yudhatama, D. Y. & Mukhoriyah**, 2015. Identifikasi Lahan Tambang Timah Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood Pada Citra Landsat 8, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN.
- Nugroho, U. C. & Tjahjaningsih, A.**, 2016. Lineament Density Information Extraction Using Dem Srtm Data To Predict The Mineral Potential Zones. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 13(1), pp. 67-74.
- Panggabean, H. & Hakim, A. S.**, 1986. Reservoir Rock Potential of the Palaeozoic– Mesozoic Sandstone of the Southern Flank of the Central Range, Papua. Jakarta, Indonesian Petroleum Association (IPA).
- Panggabean, H. & Pigram, C. J.**, 1989. Peta Geologi Lembar Waghete. Irian Jaya, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Polanunu, T. T., Sukiyah, E. & Haryanto, A. D.**, 2020. Analisis Kerapatan Kelurusan (Lineament Density) Untuk Pendugaan Zona Permeabilitas di Daerah Gunung Patuha. *Padjajaran Geoscience Journal*, 4(5), pp. 2597-4033.
- Pratama, L. W. & Isdianto, A.**, 2017. Pemetaan Kerapatan Hutan Mangrove Di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah Menggunakan Citra Landsat 8 Di Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional (LAPAN). *Jurnal Floratek*, 12(1), pp. 57-61.
- Pusat Survei Geologi (PSG)**, 2019. Pusat Survei Geologi Kementerian (PSG) ESDM. [Online] Available at: <https://psg.bgl.esdm.go.id/survei/sumber-daya-minyak-dan-gas-bumi/577-rekomendasi-wilayah-kerja-migas-tahun-anggaran-2016> [Accessed 7 September 2021].
- Rusmana, E.**, 1995. Peta Geologi Lembar Timika, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Russill, N., McDonald, R., Tselentis, A., Karastathis, V., Sboras, S., Aspiotis, T., Mouzakiotis, A., Wafid, M., Kusniadi, A., Slameto, E., Marjiono, Lee, A., & Sani, M.**, 2017. Advanced Passive Seismic Tomography Techniques on Reservoir and Complex Anticline Structures Delineation In West Papua. Houston, Texas, Society of Exploration Geophysicists (SEG).
- Satellite Imaging Corporation**, 2016. Satellite Images for Oil and Gas Exploration. [Online] Available at: <http://www.satimagingcorp.com/applications/energy/exploration/oilexploration/> [Accessed 28 Februari 2021].
- Setiadi, I., Purwanto, C., Kusnida, D. & Firdaus, Y.**, 2019. Interpretasi Geologi Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Menggunakan Filter Optimum Upward Continuation dan Pemodelan 3D Inversi (Studi Kasus : Cekungan Akimeugah Selatan, Laut Arafura). *Jurnal Geologi Kelautan*, 17(1), pp. 33-48.
- Situmorang, Y., Irfree, B., Sendjaja, Y. A. & Firmansyah, Y.**, 2017. Studi Geokimia Batuan Induk Aktif Pra-Tersier Cekungan Akimeugah, Lepas Pantai Papua Selatan. *Padjajaran Geoscience Journal*, 1(2), pp. 119-126.
- Susantoro, T. M. & Wikantika, K.**, 2017. Peranan Teknologi Penginderaan Jauh Pada Kegiatan Minyak dan Gas Bumi. [Online] Available at: <https://osf.io/preprints/inarxiv/kqaxw/> [Accessed 18 Agustus 2021].

- Susantoro, T. M., Wikantika, K., Saepuloh, A. & Harsolumakso, A. H.**, 2018. Selection of Vegetation Indices for Mapping the Sugarcane Condition Around the Oil and Gas Field of North West Java Basin, Indonesia. Bogor, Indonesia, IOP Publishing Ltd.
- Tryono, F. Y.**, 2016. Peranan Geologi dalam Sistem Hidrokarbon serta Potensi dan Tantangan Eksplorasi Migas di Indonesia. *Swara Patra*, 6(2), pp. 70-78.
- Ulul Azmi, E. A. & Danoedoro, P.**, 2016. Analisa Landsat 5 Dan SRTM untuk Identifikasi Struktur Geologi Sebagai Langkah Awal Penentuan Lokasi Potensi Cebakan Hidrokarbon di Sebagian Pantura Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(3), pp. 1-11.
- United States Geological Survey (USGS)**, 2021. Earth Explorer. [Online] Available at: <https://earthexplorer.usgs.gov/> [Accessed 21 Maret 2021].
- van der Pluijm,, B. A. & Marshak, S.**, 2004. Earth Structure. An Introduction to Structural Geology and Tectonics. 2nd ed. New York, USA: W. W. Norton & Company.
- Wijayanti, J. A., Setyowiyoto, J. & Anggara, F.**, 2019. Persebaran TOC dan Porositas Total Menggunakan Seismik Inversi pada Shale Piniya, Cekungan Akimeugah, Papua. *Jurnal Fisika Indonesia*, 23(2), pp. 24-28.
- Zaitunah, A., Samsuri, Ahmad, A.G., & Safitri, R.A.**, 2018. Normalized difference vegetation index (NDVI) analysis for land cover types using landsat 8 oli in besitang watershed, Indonesia. *Paper presented at Friendly City 4 'From Research to Implementation for Better Sustainability'*, 11–12 October 2017, Medan, Indonesia IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 126 012112