

PENDEKATAN EKSPLOKASI *RESERVOIR ONSHORE* MELALUI PEMETAAN REMBESAN MIKRO HIDROKARBON DENGAN CITRA HIPERSPEKTRAL

(Onshore Reservoir Exploration Approach through Hydrocarbon Microseepage Mapping Using Hyperspectral Imagery)

Muhamad Iqbal Januadi Putra

Departemen Geografi, FMIPA, Universitas Indonesia

Kampus UI Depok, 16424

E-mail: muhamad.iqbal41@sci.ui.ac.id

ABSTRAK

Kapabilitas citra satelit hiperspektral yang memiliki keunggulan spektral sangat berpotensi untuk dimanfaatkan dalam eksplorasi keberadaan reservoir *onshore*. Kemampuan ini dilakukan melalui perekaman spektral fenomena rembesan mikro hidrokarbon yang menimbulkan ekspresi anomali spektral tanah dan menjadi kunci keberadaan sumber hidrokarbon. Dalam penelitian ini, Sub-Cekungan Jatibarang dipilih sebagai wilayah penelitian. Berdasarkan teori spektral rembesan mikro hidrokarbon, citra Hyperion dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi keberadaan fenomena rembesan mikro hidrokarbon sebagai penduga keberadaan reservoir onshore karena memiliki spektrum panjang gelombang yang peka terhadap objek anomali hidrokarbon. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi area rembesan mikro hidrokarbon dengan citra Hyperion di Cekungan Jatibarang. *Hydrocarbon Index* (HI) yang memanfaatkan saluran 155 (1.699 nm), 158 (1.729 nm), dan 160 (1.749 nm) digunakan sebagai algoritma untuk mendeteksi area rembesan mikro hidrokarbon di Sub-Cekungan Jatibarang. Gejala anomali alterasi *kaolinite*, *ferrous iron* dan gejala anomali vegetasi dengan indeks NDVI digunakan sebagai pembandingan akurasi HI. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya sebaran rembesan mikro hidrokarbon di wilayah Kecamatan Tukdana (Indramayu), Kecamatan Pasekan (Indramayu), dan Kecamatan Ligung (Majalengka). Area sebaran rembesan mikro hidrokarbon teraglomerasi pada wilayah pesisir utara Kecamatan Pasekan. Secara umum, keberadaan rembesan mikro hidrokarbon berkorelasi dengan tingkat anomali alterasi *kaolinite*, *ferrous iron*, dan anomali vegetasi.

Kata kunci: Hydrocarbon Index, Hyperion, rembesan mikro hidrokarbon

ABSTRACT

The capability of hyperspectral imagery that having spectral advantage is potential for used in onshore reservoir exploration. This ability was conducted through the spectral recording of hydrocarbon microseepage phenomenon that can lead to soil spectral anomaly and become a key for the hydrocarbon resource occurrence. Jatibarang Sub-Basin was chosen as study area. Based on the theory of hydrocarbon microseepage, Hyperion imagery can be used for detection of hydrocarbon microseepage as indication of hydrocarbon reservoir caused of sensitive wavelength spectrum to the hydrocarbon anomalies object. So that, the aim of this research was for detecting the area of hydrocarbon microseepage using Hyperion Imagery in Jatibarang Sub-Basin. Hydrocarbon Index (HI) that use band 155 (1.699 nm), 158 (1.729 nm), and band 160 (1.749 nm) was used as algorithm for detecting the area of hydrocarbon microseepage in Jatibarang Sub-Basin. The phenomena of kaolinite mineral alteration, ferrous iron alteration, and vegetation anomaly using NDVI were used as comparison for the accuracy of HI. The result show that there is a distribution of hydrocarbon microseepage in the Tukdana (Indramayu) District, Pasekan District (Indramayu), and Ligung District (Majalengka). Area of distribution of agglomerated micro hydrocarbon seepage in the northern coastal area of Pasekan Subdistrict. The hydrocarbon microseepage phenomenon was correlated with kaolinite alteration anomaly, ferrous iron anomaly, and vegetation anomaly.

Keywords: Hydrocarbon Index, Hyperion, hydrocarbon microseepage

PENDAHULUAN

Teori rembesan dan kebocoran massa hidrokarbon merupakan fenomena yang sudah lama dikenal (Tian, 2012). Clarke & Cleverly (1991) menjelaskan rembesan mikro hidrokarbon sebagai ekspresi permukaan dari proses migrasi hidrokarbon akibat materi hidrokarbon yang mengalir dari

sumbernya dan terjadi pada sekitar 75% reservoir *onshore* dunia. Pemahaman mengenai rembesan mikro hidrokarbon dilandasi oleh pemahaman yang sama tentang minyak dan gas bumi, yaitu: semua cekungan migas menunjukkan ada beberapa tipe kebocoran/rembesan di dekat permukaan; akumulasi migas bersifat dinamis dan tidak ada tudung/*seal* yang sempurna; dan rembesan dapat terjadi secara aktif dan pasif. Sehingga, fenomena ini merupakan pertanda adanya cebakan migas yang diekspresikan oleh gejala anomali di permukaan bumi (Susantoro *et al.*, 2017).

Pemahaman mengenai ekspresi anomali rembesan mikro hidrokarbon di permukaan bumi inilah yang menjadi dasar memahami keberadaan fenomena ini dan kaitannya dengan keberadaan reservoir di bawahnya. Chen *et al.* (2017) dan Hong (1999) menjelaskan bahwa ada hubungan jelas antara fenomena rembesan mikro hidrokarbon dengan keberadaan reservoir minyak dan gas di bawahnya yang terletak dari mekanisme pergerakan rembesan mikro hidrokarbon yang akan bergerak secara vertikal dari reservoir menuju ke permukaan bumi. Hidrokarbon yang bermigrasi ke permukaan dapat berinteraksi dengan kolom stratigrafi dan menghasilkan beragam variasi fisik, kimia, mineralogi, geobotani, dan mikrobiologis di permukaan bumi (Salati *et al.*, 2014). Ekspresi gejala anomali ini memiliki karakteristik spektral sehingga dapat dideteksi dengan citra satelit (Hong, 1999), termasuk citra Hyperion. Penggunaan penginderaan jauh dalam mendeteksi fenomena rembesan hidrokarbon sebagai penduga prospek keberadaan reservoir migas dapat menjanjikan keuntungan besar karena prosesnya berlangsung cepat dan efektif, serta dapat dilakukan pada berbagai skala (Salati *et al.*, 2014; Scafutto *et al.*, 2017).

Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan wilayah rembesan mikro hidrokarbon dengan citra satelit. Citra hiperspektral Hyperion digunakan dalam penelitian ini karena data citra ini dapat digunakan secara tidak berbayar dan memiliki jumlah *bandwidth* yang cukup besar sehingga peka terhadap spektral objek yang spesifik. Citra ini juga memiliki sebaran spektrum panjang gelombang 1.730 nm yang dapat digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon (Tian, 2012). Metode *Hydrocarbon Index* (HI) digunakan untuk mendeteksi keberadaan fenomena rembesan mikro hidrokarbon dengan memanfaatkan saluran 155 (1.699 nm), 158 (1.729 nm), dan 160 (1.749 nm) pada citra Hyperion. Studi ini juga memanfaatkan informasi anomali alterasi mineral *kaolinite*, *ferrous iron*, dan anomali vegetasi untuk membandingkan data rembesan mikro hidrokarbon dengan gejala-gejala anomalnya di permukaan bumi.

Rembesan Mikro Hidrokarbon

Fenomena rembesan mikro hidrokarbon adalah proses pergerakan massa hidrokarbon ringan dari tempat asalnya (reservoir) menuju permukaan bumi (Jamaludin *et al.*, 2015). Sementara itu, Clarke & Cleverly (1991) menjelaskan rembesan mikro hidrokarbon sebagai ekspresi permukaan dari proses migrasi hidrokarbon akibat materi hidrokarbon yang mengalir dari sumbernya. Rembesan mikro hidrokarbon ditandai oleh materi metana, gas *inert* dan bahan hidrokarbon lainnya seperti hidrokarbon ringan, hidrokarbon berat, dan hidrokarbon tak jenuh yang menembus melalui pecahnya batuan padat di atasnya atau retakan di bawah tekanan besar reservoir dan meresap/merembes ke permukaan bumi, bahkan menyebar di udara di dekat permukaan (Hou dalam Lammoglia *et al.*, 2008).

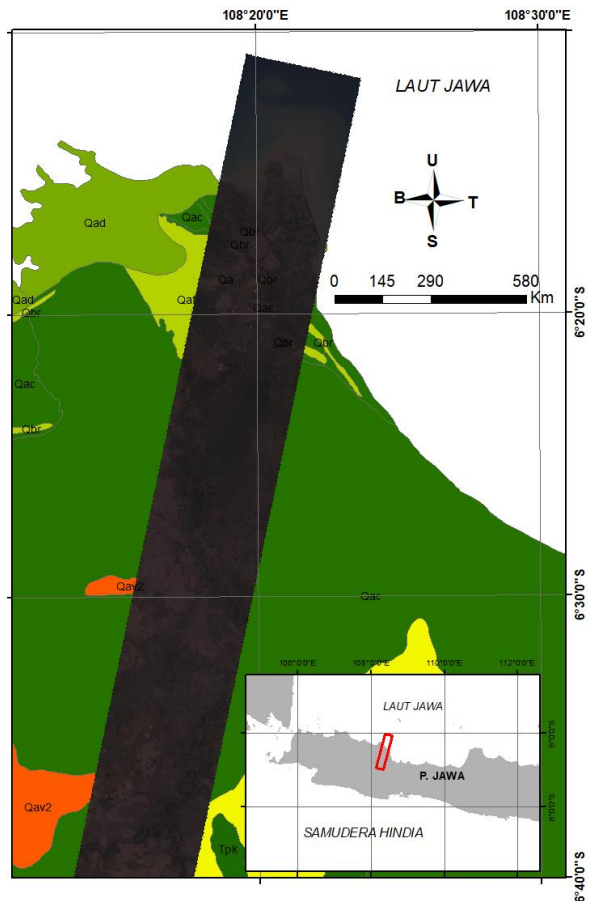
Fenomena rembesan mikro hidrokarbon merupakan salah satu fenomena migrasi massa hidrokarbon yang terjadi akibat adanya diferensiasi tekanan yang besar dari sumber reservoir (Yang *et al.* dalam Chen *et al.*, 2017). Fenomena ini mengacu pada proses migrasi massa hidrokarbon yang terjadi dengan sangat lambat, tidak terlihat, namun terjadi akumulasi gas alkana (Etiopie dalam Asadzadeh & Carlos, 2017). Asadzadeh & Carlos (2017) menyebutkan bahwa kebocoran konten hidrokarbon dalam rembesan mikro hidrokarbon dalam waktu lama dapat menimbulkan perubahan fisio-kimia dan mineralogi pada kolom *chimney* di atas reservoir (akumulasi hidrokarbon). Ekspresi perubahan fisio-kimia yang terjadi di permukaan inilah akan menimbulkan karakteristik reflektansi tertentu. Di antara perubahan ini, yang paling menarik untuk penginderaan jarak jauh menurut Schumacher (2012) adalah fenomena *bleaching* (pencucian) yaitu fenomena rembesan mikro hidrokarbon dapat merangsang proses reduksi yang mengubah kandungan mineral besi menjadi mineral yang lebih larut. Kondisi ini dapat ditandai dengan

ditemukannya tanah-tanah besi merah tereduksi pada lingkungan rembesan mikro. Tanda kedua adalah adanya gejala pembentukan mineral lempung. Rembesan mikro hidrokarbon yang diikuti dengan pembentukan CO₂, H₂S, dan berbagai asam organik mampu memicu pembentukan mineral lempung seperti *kaolinite*, *illite*, dan *chlorite*.

Sementara itu, tanda ketiga adalah adanya anomali geobotani. Tutupan vegetasi sangat sensitif terhadap peristiwa toksisitas lingkungan. Hal ini menyebabkan vegetasi pada wilayah rembesan mikro hidrokarbon umumnya mengalami kerusakan dan degradasi yang ditandai dengan nilai kehijauan vegetasi yang rendah akibat kandungan toksik pada materi hidrokarbon atau memiliki kandungan klorofil yang rendah/terdegradasi (Hong, 1999).

METODE

Penelitian ini dilakukan di Sub-Cekungan Jatibarang (**Gambar 1**) yang menjadi bagian dari Cekungan Jawa Barat Utara. Secara stratigrafi, wilayah ini disusun oleh batuan dasar, Formasi Jatibarang, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Cibulakan Atas, Formasi Parigi, dan Formasi Cisubuh. Sub-Cekungan ini teredapkan oleh endapan klastik dan pengendapan karbonat pada masa Tersier.



Gambar 1. Wilayah penelitian.

Citra Hyperion perekaman 2 Agustus 2005 digunakan dalam penelitian ini. Citra ini terdiri dari 242 band dengan spektrum panjang gelombang 1.356-1.417 nm, 1.820-1.932 nm, dan di atas 2.395 nm. Koreksi atmosferik dilakukan dengan metode *Quick Atmospheric* dan kalibrasi *radiometric* untuk mendapatkan nilai reflektansi citra. Sementara itu, informasi mengenai keberadaan fenomena rembesan mikro hidrokarbon sebagai penduga keberadaan reservoir *onshore* yang dideteksi dengan citra hiperspektral Hyperion dilakukan dengan memanfaatkan algoritma *Hydrocarbon Index* (HI) (Tian, 2012). Algoritma ini dikembangkan dari algoritma *Three-Band-Ratio* yang memanfaatkan saluran 155 (1.699 nm), 158 (1.729 nm), dan 160 (1.749 nm) untuk mendeteksi rembesan mikro hidrokarbon. Adapun algoritma *Hydrocarbon Index* dapat dilihat pada **Persamaan 1**:

$$HI = (\lambda a - \lambda b) \frac{Rc - Ra}{\lambda c - \lambda a} + Ra - Rb \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

λ_n = panjang gelombang n

R_n = reflektansi panjang gelombang n

Dalam penelitian ini, λ_a , λ_b , λ_c , panjang gelombang dari 1.699,4 nm, 1.729,7 nm, dan 1.749,79 nm. Nilai dari HI merupakan indikator dari keberadaan rembesan mikro hidrokarbon. Semakin tinggi nilai HI maka probabilitas kemunculan fenomena rembesan mikro hidrokarbonnya akan semakin tinggi pula. Selanjutnya hasil dari persamaan HI juga dibandingkan dengan informasi anomali alterasi mineral kaolinite, ferrous iron, dan anomali geobotani sebagai penanda keberadaan fenomena rembesan mikro hidrokarbon. Informasi wilayah anomali alterasi *kaolinite*, *ferrous iron*, maupun anomali geobotani didapatkan dari pengolahan **Persamaan 2**, **Persamaan 3**, dan **Persamaan 4**.

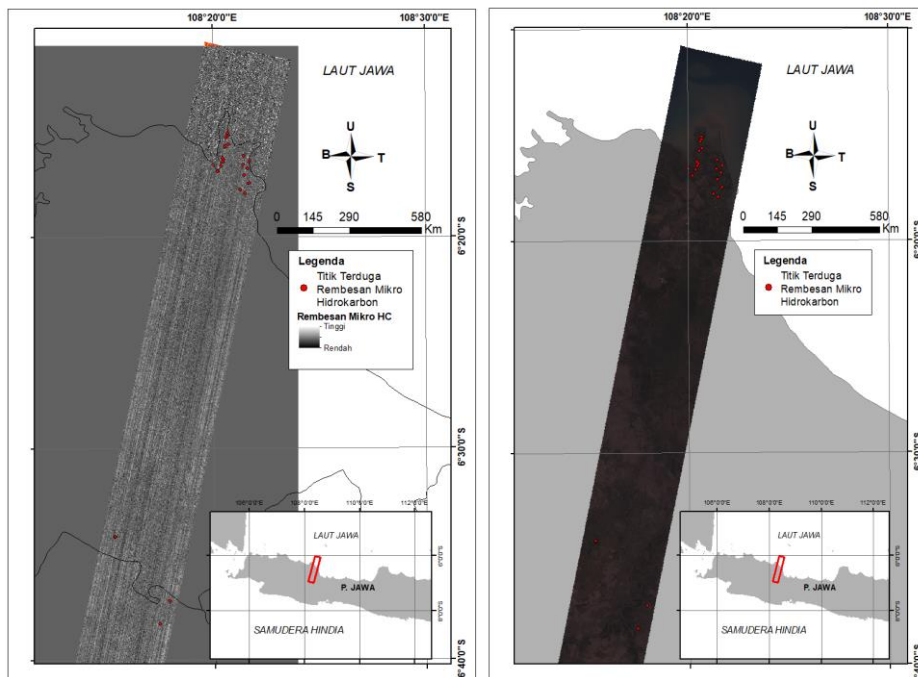
$$\text{Alterasi Kaolinite} = \frac{B150 + B205}{B201} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Alterasi Ferrous Iron} = \frac{B201}{B46} + \frac{B21}{B31} \dots\dots\dots(3)$$

$$NDVI = \frac{B40 - B20}{B40 + B20} \dots\dots\dots(4)$$

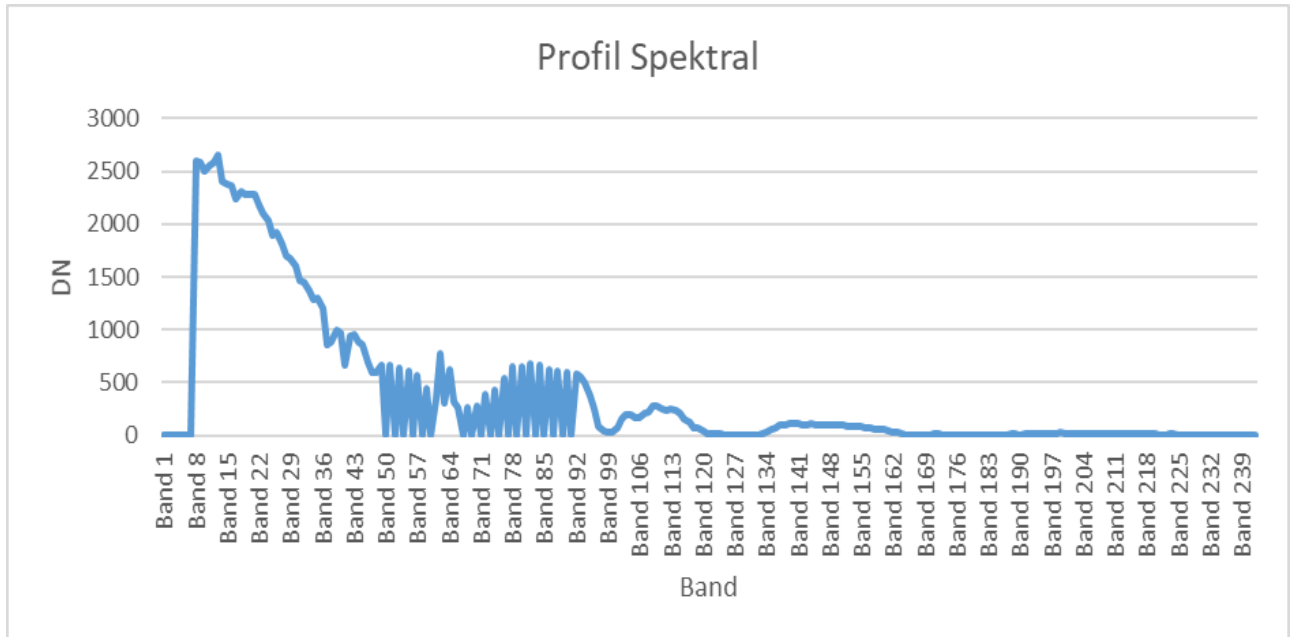
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengolahan citra Hyperion dengan metode HI menghasilkan nilai indeks dengan *range* -0,83 hingga 0,58. Menurut Tian (2012), semakin tinggi nilai HI, maka semakin besar probabilitas kemunculan fenomena rembesan mikro hidrokarbon (**Gambar 2**). Wilayah terduga keberadaan rembesan mikro hidrokarbon berada pada 25 titik. Wilayah sebaran indeks HI yang tinggi secara umum teraglomerasi pada dua wilayah utama, yakni pada pesisir utara dan pada daerah pedalaman. Kedua wilayah tersebut secara administrasi berada pada wilayah Kecamatan Tukdana (Indramayu), Kecamatan Pasekan (Indramayu), dan Kecamatan Ligung (Majalengka). Secara umum, wilayah sebaran wilayah terduga fenomena rembesan mikro hidrokarbon lebih terkonsentrasi pada pesisir utara wilayah penelitian. Hal ini dibuktikan dengan munculnya 22 titik wilayah dengan nilai HI yang relatif cukup besar dibandingkan nilai HI wilayah sekitarnya.



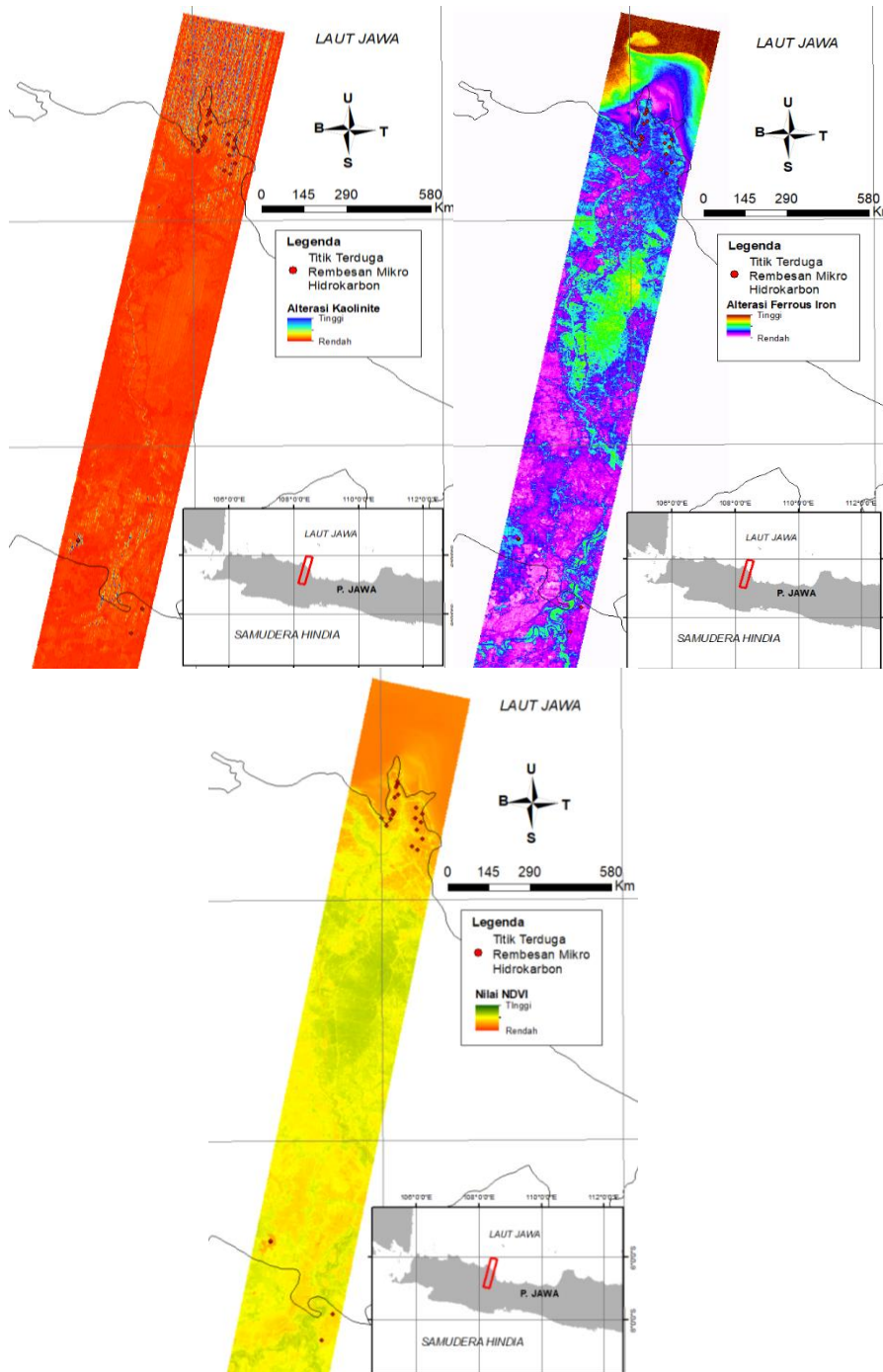
Gambar 2. Wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon.

Berdasarkan profil spektral, wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon memiliki nilai derajat keabuan tertinggi pada Band 13 dengan nilai keabuan sebesar 2646.17 (**Gambar 3**). Nilai ini lalu menunjukkan tren menurun hingga Band 68 dan fluktuatif naik turun pada range Band 50-Band 99. Derajat nilai keabuan terendah didapatkan pada Band 1-Band 7 dan Band 225-Band 236. Hasil olahan wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon di Sub-Cekungan Jatibarang dengan metode HI selanjutnya dapat dibandingkan dengan informasi anomali alterasi mineral *kaolinite* dan *ferrous iron*, maupun terhadap gejala anomali geobotani. Hal ini didasarkan oleh teori dasar rembesan mikro hidrokarbon yang dapat menyebabkan terjadinya gejala perubahan pada kolom stratigrafi dan permukaan seperti yang dijelaskan oleh Hong (1999), Schumacher (2012), maupun oleh Asadzadeh & Carlos (2017). Informasi wilayah anomali alterasi *kaolinite*, *ferrous iron*, maupun anomali geobotani didapatkan dari pengolahan **Persamaan 2**, **Persamaan 3**, dan **Persamaan 4**. Hasil olahan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Profil spektral wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon.

Secara umum, informasi gejala anomali *kaolinite* direpresentasikan oleh nilai indeks 0-336, di mana semakin tinggi nilainya maka semakin tinggi keberadaan kaolinitenya. Area tinggi alterasi kaolinite diwakilkan oleh area berwarna biru. Secara umum, keseluruhan titik wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon berada area tinggi kehadiran alterasi *kaolinite*. Di samping itu, penggunaan Band 150 dalam olahan alterasi kaolinite menimbulkan terbentuknya pola garis-garis dalam peta. Hal serupa juga terjadi pada hasil olahan alterasi *ferrous iron*, di mana wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon relatif teraglomerasi pada area dengan indeks alterasi *ferrous iron* tinggi. Hasil ini direpresentasikan oleh indeks 0-10, di mana semakin tinggi nilai maka semakin tinggi alterasi *ferrous iron* dan area tinggi divisualisasikan oleh area berwarna biru kehijauan hingga area berwarna coklat. Hasil olahan NDVI menunjukkan informasi tingkat kehijauan tanaman dan dapat menjadi petunjuk atas kehadiran fenomena geobotani. Hasil olahan NDVI menunjukkan bahwa ke semua titik rembesan mikro hidrokarbon berada pada area yang memiliki nilai NDVI relatif rendah, dan menjadi pertanda akan hadirnya fenomena geobotani.



Gambar 4. Hasil olahan gejala anomali alterasi *kaolinite* (kiri atas), *ferrous iron* (kanan atas), dan NDVI (bawah)

KESIMPULAN

Citra hiperspektral Hyperion secara umum dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan fenomena rembesan mikro hidrokarbon sebagai penduga keberadaan reservoir onshore. Saluran 155 (1.699 nm), 158 (1.729 nm), dan 160 (1.749 nm) pada citra ini digunakan untuk mendeteksi fenomena rembesan mikro hidrokarbon dengan algoritma *Hydrocarbon Index*. Wilayah terduga rembesan mikro hidrokarbon di Sub-Cekungan Jatibarang secara umum tersebar pada 25 titik di wilayah Kecamatan Tukdana (Indramayu), Kecamatan Pasekan (Indramayu), dan Kecamatan Ligung (Majalengka). Area terduga adanya rembesan mikro hidrokarbon secara umum terletak pada wilayah tinggi alterasi kaolinite, ferrous iron, dan wilayah dengan kondisi kehijauan vegetasi rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini, peneliti tidak terlepas dukungan, dorongan, dan semangat dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Dr. Wikanti Asriningrum, M. Si. yang telah membantu penulis dalam memberikan teori dasar penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Asadzadeh, S., & de Souza Filho, C. R. (2017). Spectral remote sensing for onshore seepage characterization: A critical overview. *Earth-Science Reviews*, 168, 48–72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.004>
- Chen, S., Zhao, Y., Zhao, L., Liu, Y., & Zhou, C. (2017). Hydrocarbon micro-seepage detection by altered minerals mapping from airborne hyper-spectral data in Xifeng Oilfield, China. *Journal of Earth Science*, 28(4), 656–665. <https://doi.org/10.1007/s12583-015-0604-1>
- Hong, Yang. (1999). *Imaging Spectrometry for Hydrocarbon Microseepage*. Delf: Thesis TU Delf University
- Jamaludin, Ikhwan Muhammad., Abd Nasir Matori., Khin Cho Myint. (2015). Application of NIR to Determine Effects of Hydrocarbon Microseepage in Oil Palm Vegetation Stress. *Space Science and Communication*: 215-220
- Lammoglia, T., Filho, C. R. S., & Almeida-Filho, R. (2008). Characterization of Hydrocarbon Microseepages in the Tucano Basin , (Brazil) Through Hyperspectral Classification and Neural Network Analysis of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (Aster) Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII(B8), 1195–1200.
- Petrovic, A., Khan, S. D., & Chafetz, H. S. (2008). Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah. *Marine and Petroleum Geology*, 25(8), 696–705. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2008.03.008>
- Salati, S., van Ruitenbeek, F., van der Meer, F., & Naimi, B. (2014). Detection of alteration induced by onshore gas seeps from ASTER and worldview-2 Data. *Remote Sensing*, 6(4), 3188–3209. <https://doi.org/10.3390/rs6043188>
- Scafutto, R. D. P. M., de Souza Filho, C. R., & de Oliveira, W. J. (2017). Hyperspectral remote sensing detection of petroleum hydrocarbons in mixtures with mineral substrates: Implications for onshore exploration and monitoring. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 128, 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.03.009>
- Schumacher, D. (2012). Hydrocarbon microseepage - A significant but underutilized geologic principle with broad applications for oil/gas exploration and production. *APPG Anual Convention and Exhibition*, 40943, 1–27. Retrieved from http://www.searchanddiscovery.com/documents/2012/40943schumacher/ndx_schumacher.pdf
- Susantoro, Tri Muji., Ketut Wikantika., Asep Saepuloh., Agus Handoyo Harsolumakso. (2017). Pemetaan Mineral Lempung untuk Identifikasi Anomali Potensi Rembesan Mikro di Lapangan Migas, Cekungan Jawa Barat Utara Menggunakan Data Landsat-8. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh (4) Tahun 2018*
- Tian, Q. (2012). Study on Oil-Gas Reservoir Detecting Methods Using Hyperspectral Remote Sensing. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B7(September), 157–162. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B7-157-2012>

Halaman ini sengaja kami kosongkan