

ANALISA LANDSAT 5 DAN SRTM UNTUK IDENTIFIKASI STRUKTUR GEOLOGI SEBAGAI LANGKAH AWAL PENENTUAN LOKASI POTENSI CEBAKAN HIDROKARBON DI SEBAGIAN PANTURA JAWA TENGAH

Elok Azza Ulul Azmi
elok.azza.ua@gmail.com

Projo Danoedoro
projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id

Abstract

Initial explorations of hydrocarbon trap potentials were mostly carried out using time-consuming and costly terrestrial surveys. The use of optical remotely sensed imagery and digital elevation/surface model is increasing, in response to the need for more efficient and accurate assessment at this stage. The purpose of this study was to evaluate some image processing techniques such as band ratio, principal component analysis (PCA), false color composition, and image fusion that combines Landsat 5 TM with SRTM data to provide information as a basis for determining hydrocarbon trap potential locations in part of Pantura area, Central Java. This study used terrain analysis approach involving morphology and geological structure information, which were carried out with visual interpretation, accompanied by field observation. The interpretation result was then validated using oil and gas wells and seismic data. The results showed that band ratio could help identify surface mineral content, while PCA could be used to delineate land cover types and lineament. The false color composite of bands 457 (RGB) is good for rock and geological structure interpretation, while the fusion of all image processing techniques with DSM could be used to determine geological structure and lithological types and boundaries. This study found four hydrocarbon trap potential areas, which can be categorized as anticlinal trap. Integration with oil and gas's well showed three out of four potential areas identified from the image contain wells, while integration with the seismic data showed that two interpreted locations crossed by seismic lines indicate a hydrocarbon trap shape. It was also found that image interpretation gave a good result and can be used for geological mapping in initial exploration as a basis for hydrocarbon potential trap determination.

Key words: image processing, image fusion, hydrocarbon trap, morphology, geological structure

Abstrak

Eksplorasi awal penentuan potensi cebakan hidrokarbon sebelumnya banyak dilakukan dengan menggunakan survei langsung atau terestrial yang banyak memakan waktu dan biaya. Penggunaan citra optik penginderaan jauh dan model ketinggian atau permukaan bumi digital mulai meningkat, sebagai jawaban terhadap kebutuhan untuk penilaian yang lebih akurat dan efisien pada tahapan tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi beberapa teknik pengolahan citra seperti *band ratio*, *Principal Component Analysis* (PCA), komposit *false color*, dan fusi citra yang menggabungkan Landsat 5 TM dengan SRTM untuk memberikan informasi sebagai dasar penentuan lokasi potensi cebakan hidrokarbon di sebagian Pantura Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis medan berupa informasi morfologi dan struktur geologi, yang diinterpretasi secara visual dan dilakukan cek lapangan. Hasil interpretasi kemudian dilakukan validasi menggunakan sumur minyak dan gas dan data seismik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *band ratio* dapat membantu dalam mengidentifikasi kandungan mineral permukaan, sedangkan PCA dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tutupan lahan dan pola kelurusan. Komposit *false color* saluran 457 (RGB) baik digunakan untuk interpretasi batuan dan struktur geologi, sedangkan fusi semua teknik pengolahan citra dengan DSM dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi, jenis dan batas batuan. Penelitian ini menghasilkan empat area potensi cebakan hidrokarbon yang dikategorikan sebagai cebakan antiklinal. Integrasi dengan sumur minyak dengan gas menunjukkan tiga dari empat area potensi yang diidentifikasi dari citra terdapat sumur migas, sementara integrasi dengan data seismik menunjukkan bahwa dua lokasi interpretasi yang dilintasi jalur seismik menunjukkan bentukan cebakan hidrokarbon. Hal ini juga menunjukkan bahwa interpretasi citra memberikan hasil yang baik dan dapat digunakan untuk pemetaan geologi dalam eksplorasi awal sebagai dasar penentuan potensi cebakan hidrokarbon.

Kata kunci: pemrosesan citra, fusi citra, cebakan hidrokarbon, morfologi, struktur geologi

PENDAHULUAN

Migas disebut juga dengan hidrokarbon karena adanya dominasi dari unsur hidrogen dan karbon yang membentuknya. Menurut Satyana (2013) agar migas dapat terakumulasi disuatu tempat di bawah permukaan bumi maka harus memenuhi 5 syarat yang termasuk dalam sistem hidrokarbon yaitu: (1) terdapat batuan induk yang kaya zat organik dan telah matang yang menjadi “dapur” tempat migas dibentuk, (2) terdapat batuan reservoir sebagai tempat akumulasi migas tersimpan, (3) terdapat perangkap/jebakan sebagai tempat migas terakumulasi, (4) terdapat batuan yang menyekat hidrokarbon yang telah terperangkap agar tidak keluar dari perangkap, dan (5) terdapat migrasi yaitu perpindahan migas dari “dapur” batuan induk ke perangkap. Kelima unsur tersebut harus terpenuhi agar dapat terjadi akumulasi hidrokarbon dan kelimanya harus saling berhubungan dalam ruang dan waktu geologi. Jika salah satu dari lima syarat tidak terpenuhi maka akumulasi hidrokarbon tidak akan terjadi.

Wilayah Pantai Utara (Pantura) Jawa Tengah tepatnya yang berada di Kab. Batang-Kendal merupakan wilayah yang masih masuk dalam zona Serayu Utara dan secara regional merupakan lanjutan dari Cekungan Bogor yang berada di Jawa Barat dan zona Kendeng di bagian timur atau dapat disebut sebagai jalur Bogor-North Serayu-Kendeng Antiklinorium (Bemmelen, 1949). Berdasarkan catatan inventarisasi geologi wilayah ini juga masuk dalam zona cekungan Jawa Tengah utara tepatnya pada cekungan Kendal sub-basin. Menurut catatan sejarah berupa laporan survei geologi oleh I. E. Hundling tahun 1942 dalam Bemmelen (1949) terdapat beberapa tempat di kedua kabupaten ini yang diindikasikan terdapat minyak bumi. Indikasi tersebut tercatat dalam bentuk catatan percobaan pengeboran dan dalam bentuk konsesi atau izin penambangan minyak bumi. Hasil catatan menyebutkan bahwa banyak percobaan pengeboran yang tidak membuahkan hasil karena kondisi geologinya yang masih sulit dipahami dan masih terbatasnya informasi mengenai kondisi bawah permukaan pada waktu itu.

Produk penginderaan jauh berupa citra satelit mampu menampilkan kondisi permukaan bumi dengan berbagai jenis skala, tampilan, kondisi dan juga peruntukan. Salah satu jenis citra yang banyak digunakan untuk kepentingan survei dan pemetaan geologi adalah citra Landsat. Citra ini terbukti dapat menampilkan kondisi geologi permukaan

seperti struktur geologi, litologi, dan bentuklahan. Guna lebih menonjolkan kesan topografi dapat digabung dengan data ketinggian yang banyak dipakai saat ini seperti *Digital Surface Model* (DSM) yang berasal dari citra sistem aktif seperti radar. Penggunaan Landsat dan DSM untuk kegiatan eksplorasi awal jebakan hidrokarbon tersebut didukung oleh kesan tiga dimensi (3D) yang muncul dan memperjelas kondisi relief sehingga memudahkan dalam identifikasi potensi jebakan hidrokarbon dengan melihat kondisi dan karakter dari struktur geologi yang terlihat.

Penelitian mengenai potensi jebakan hidrokarbon di Kabupaten Kendal, Batang dan sekitarnya ini dilakukan dengan melihat kenampakan kondisi geologi permukaan seperti morfologi dan struktur geologi melalui citra Landsat 5 dan DSM dari SRTM untuk kemudian dilakukan interpretasi terkait 5 syarat sistem hidrokarbon. Hasil interpretasi berupa area potensi jebakan tersebut kemudian dilakukan integrasi dengan data lokasi sumur migas yang sudah ada dan data seismik area kajian.

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mengkaji hasil dari teknik pengolahan citra penginderaan jauh yaitu *Band Ratio*, *Principal Component Analysis* (PCA), *RGB false color* dan fusi citra pada citra Landsat 5 dan DSM dari SRTM dalam memberikan informasi mengenai identifikasi parameter fisik medan seperti struktur geologi, lithologi, dan bentuklahan serta fenomena geologi lain.
2. Mengkaji hasil dari penggunaan parameter fisik medan seperti struktur geologi, lithologi, dan bentuklahan serta fenomena geologi lain dalam menentukan lokasi potensi cebakan hidrokarbon yang kemudian diintegrasikan atau dibandingkan dengan data sekunder berupa lokasi sumur migas dan data seismik yang sudah ada sebelumnya.
3. Evaluasi citra penginderaan jauh (Landsat 5 dan SRTM) terhadap hasil pemetaan potensi cebakan hidrokarbon.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Citra Landsat 5 TM mencakup sebagian Pantura Jawa Tengah (Kab. Kendal, Batang, dan sekitarnya) perekaman 28 Juni 1991 dari USGS
2. SRTM resolusi 30 meter area kajian
3. Peta Rupa Bumi Indonesia dan peta geologi area kajian

4. Peta cekungan sedimen Jawa Tengah dari Lemigas
5. Data seismik dan sumur migas area kajian dari Lemigas
6. Laptop HP AMD graphic RAM 2GB dan Printer Canon ip2770
7. *Software* ArcGIS 10.1 untuk input data, analisis, dan visualisasi data. *Software* ENVI 5.1 dan ERDAS IMAGINE 2014 untuk pengolahan citra
8. Kompas geologi untuk pengukuran dip/strike di lapangan, *Global Positioning System* (GPS) untuk pengambilan koordinat objek di lapangan, dan kamera digital untuk merekam kenampakan objek di lapangan

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan beberapa teknik pengolahan citra penginderaan jauh yaitu *band ratio*, *Principal Component Analysis*, *RGB false color* dan fusi citra pada Landsat 5 TM dan DSM dari SRTM dalam pemetaan struktur geologi. Sebelum digunakan citra terlebih dahulu dikoreksi radiometrik dan geometrik dengan metode *image to image* dengan citra yang telah dikoreksi sebelumnya. Pemetaan struktur geologi kemudian dikaitkan dengan identifikasi lokasi potensial jebakan hidrokarbon dengan melihat dari syarat terjadinya jebakan hidrokarbon yang disebut sebagai sistem hidrokarbon. Pendekatan yang digunakan melalui morfologi atau geomorfologi daerah kajian yang dilanjutkan dengan interpretasi struktur geologi yang di dalamnya juga dilakukan interpretasi bentuklahan struktural serta deliniasi terhadap satuan lithologi dan penentuan pola-pola kelurusan serta. Metode penelitian dilakukan dengan perpaduan antara pengolahan citra secara digital dan interpretasi secara visual.

Hasil sementara yang telah diperoleh kemudian dilakukan cek lapangan yang bertujuan untuk memastikan hasil interpretasi yang telah dilakukan sebelumnya dan sekaligus menambah informasi yang sulit atau tidak dapat diperoleh melalui interpretasi citra satelit. Dengan hal tersebut maka penentuan dari potensi jebakan hidrokarbon akan lebih maksimal.

Hasil dari cek lapangan kemudian dilakukan reinterpretasi untuk kemudian dilakukan penentuan lokasi potensi jebakan hidrokarbon. Selanjutnya dari hasil yang sudah diperoleh dilakukan integrasi antara hasil tersebut dengan data seismik dan data sumur migas yang telah ada di lapangan. Tujuan dilakukannya integrasi adalah untuk menggabungkan dan melihat hasil interpretasi yang telah dilakukan dengan metode

penginderaan jauh dibanding dengan data bawah permukaan dan kenyataan yang ada di lapangan. Hasil akhir yang diperoleh dari penelitian ini adalah peta area potensi jebakan hidrokarbon skala 1:350.000.

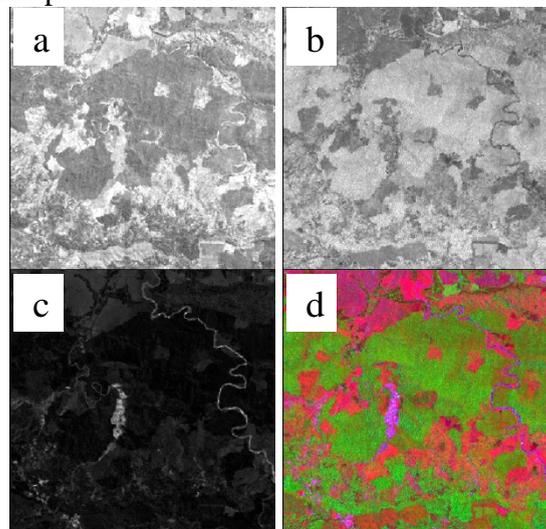
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Koreksi

Koreksi citra dilakukan dengan menggunakan metode *image to image* dengan citra yang telah terkoreksi sebelumnya. Citra yang digunakan untuk koreksi geometrik pada Landsat 5 adalah Landsat 8 yang telah mengalami koreksi level 1T. Sedangkan koreksi pada SRTM dilakukan dengan menggunakan Landsat 5 hasil koreksi. Hal ini dilakukan untuk menyamakan posisi geometrik citra agar dalam proses fusi keduanya dapat menyatu atau *merge*.

b. Pengolahan Citra

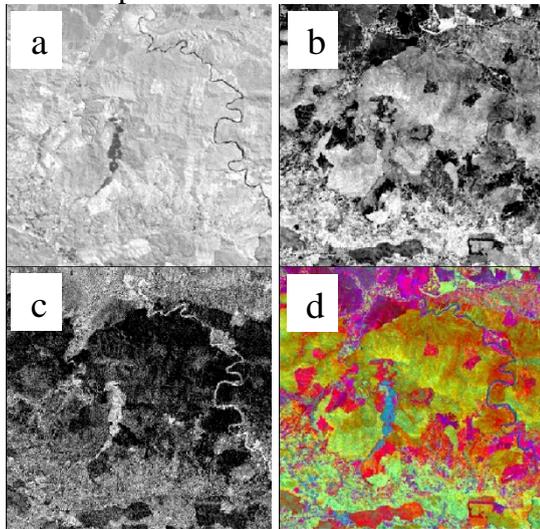
Teknik *band ratio* bertujuan untuk mengoptimalkan aspek spektral objek serta menajamkan kenampakan tutupan lahan dan batuan. Pada penelitian ini hanya dipilih tiga jenis penajaman objek yaitu kandungan oksida besi menggunakan pembagian saluran 3/1, kandungan *clay mineral* menggunakan saluran 5/7, dan tingkat kelembaban tanah menggunakan pembagian saluran 3/5. Sebagian hasil dari *band ratio* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Sebagian hasil *band ratio* 3/1 (a), 5/7 (b), 3/5 (c), dan komposit 3/1, 5/7, dan 3/5 (d)

Kendala dari teknik ini adalah adanya vegetasi yang menutupi permukaan tanah pada area kajian sehingga hasil yang diperoleh kurang efektif. Metode ini akan lebih efektif jika diterapkan pada daerah terbuka atau jarang terdapat penutup lahan terutama vegetasi. Kendala lainnya adalah hilangnya efek topografi akibat pembagian saluran yang dilakukan.

Teknik *Principal Component Analysis* (PCA) bertujuan untuk mengurangi dimensional data dan mengkompresi informasi agar lebih efisien. Tidak semua *band* pada Landsat 5 dipakai, hanya menggunakan *band* 457 karena *band* ini lebih menonjolkan informasi yang terkait dengan kenampakan objek tanah sebab informasi tanah berkaitan dengan interpretasi struktur geologi dan lithologi. Selain itu objek lain seperti vegetasi, lahan terbangun dan tubuh air tetap dapat dibedakan dengan jelas. Sebagian hasil dari PCA dapat dilihat pada Gambar 2.

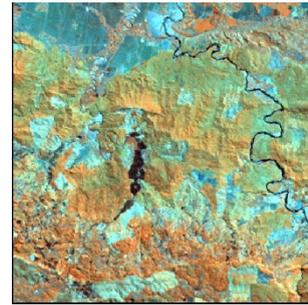


Gambar 2: Sebagian hasil PCA; PC1 (a), PC2 (b), PC3 (c), dan komposit PC1, PC2, dan PC3 (d)

Hasil PCA mampu memberikan perbedaan informasi yang lebih jelas untuk tingkatan jenis objek dan untuk mengetahui pola *lineament* yang berguna dalam penentuan sesar atau patahan.

Pemilihan komposit 457 pada metode RGB komposit *false color* karena saluran 4 (0,76-0,90 μm) merupakan saluran inframerah dekat (*Near-Infrared*) yang lebih peka terhadap objek vegetasi sehingga objek vegetasi pada kombinasi RGB berwarna merah. Objek tanah kosong pada saluran ini berubah menjadi biru muda atau cyan dan objek air masih berwarna biru karena air masih dapat dipantulkan pada saluran ini. Selanjutnya untuk komposit hijau diberi saluran 5 (1,55-1,75 μm) yaitu saluran *Short Wave Infrared* 1 (SWIR1). Saluran ini peka terhadap objek tanah dan vegetasi sehingga warna tanah menjadi kekuningan dan vegetasi menjadi kuning kecoklatan. Dan untuk komposit biru diberi saluran 7 (2,08-2,35 μm) yang merupakan saluran *Short Wave Infrared* 2 (SWIR2). Saluran ini sangat baik untuk membedakan jenis batuan dan tanah karena tingginya julat gelombang pada kurva pantulan spektral untuk kedua objek. Sedangkan untuk objek air karena pada saluran 7 objek air sudah tidak dapat dipantulkan maka air pada saluran ini

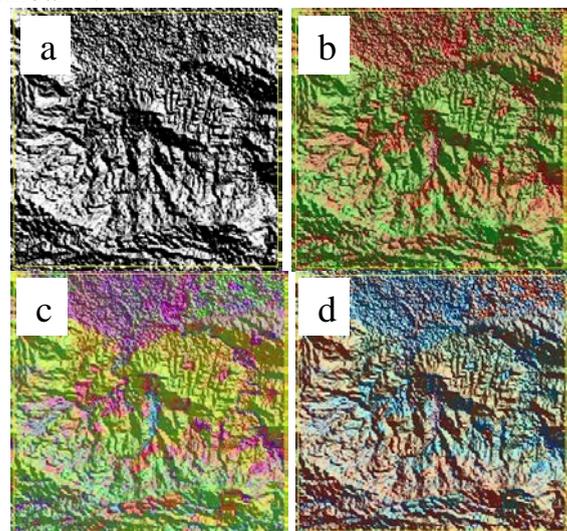
berwarna hitam. Sebagian hasil komposit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Sebagian hasil Landsat 5 RGB komposit 457 (*false color*)

Pada komposit ini aspek topografi atau morfologi area kajian terlihat cukup baik dan mampu mewakili kondisi medan di lapangan walaupun belum digabung dengan DSM. Struktur geologi seperti sesar atau kelurusan dan pola-pola lipatan dapat terlihat dan dapat diidentifikasi.

Fusi atau penggabungan dua citra menjadi satu pada penelitian ini merupakan penggabungan antara hasil pengolahan sebelumnya dari Landsat 5 TM berupa *Band Ratio*, PCA, dan RGB *false color* dengan DSM dari SRTM. Tujuannya adalah untuk mengembalikan atau memunculkan kembali kesan topografi dari objek kajian karena tujuan utama dari penelitian ialah untuk interpretasi morfologi dan struktur geologi sehingga kondisi serta tampilan topografi sangat diperlukan. Informasi yang sebelumnya diperoleh melalui tiga teknik pengolahan citra kemudian ditampilkan kembali dengan menambahkan informasi DSM sehingga hasil akhir yang diperoleh berupa kenampakan relief dengan kesan 3 dimensi yang memuat informasi hasil teknik transformasi citra. Untuk lebih jelasnya hasil dari fusi yang dilakukan pada ketiga teknik pengolahan citra dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: *Hillshade* DSM (a), Fusi *Band Ratio* 3/1, 5/7, 3/5 dengan DSM (b), fusi PC1, PC2,

PC3 dengan DSM (c), dan Fusi RGB 457 dengan DSM (d) sebagian daerah penelitian.

Hasil fusi pada gambar di atas menunjukkan bahwa kesan topografi untuk semua hasil pemrosesan citra dapat terlihat dengan jelas. Kenampakan spektral objek dari Landsat 5 TM yang telah diproses menyatu dengan topografi atau relief yang dihasilkan dari DSM SRTM sehingga kondisi morfologi dan tampilan struktur geologi menjadi lebih mudah untuk diinterpretasi tanpa menghilangkan informasi spektral citra.

c. Interpretasi Struktur Geologi, Lithologi, dan Bentuklahan serta Fenomena Geologi Lain

Sebelum melakukan interpretasi struktur geologi dan satuan batuan terlebih dahulu perlu mengetahui proses geomorfologi yang berkembang dan gaya yang bekerja di area kajian. Hal tersebut diperlukan dalam hal interpretasi serta penarikan struktur geologi (patahan dan lipatan) dan batas perlapisan batuan (*bedding*) agar sesuai dengan tren arah geologinya. Informasi tersebut diperoleh dengan sebelumnya melakukan studi pustaka baik yang berasal dari buku, jurnal, makalah ilmiah, laporan penelitian maupun informasi lainnya yang berhubungan.

Hasil studi pustaka menjelaskan bahwa daerah penelitian termasuk dalam bentuklahan hasil proses struktural. Akan tetapi selain struktural terdapat dua bentuklahan lain yang juga dominan yaitu vulkanik dan dataran aluvial. Secara berurutan dari Utara ke Selatan bentuklahan yang berkembang di daerah penelitian adalah aluvial, struktural, dan vulkanik.

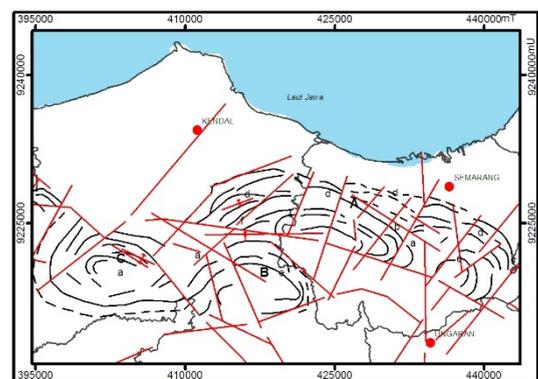
Tahap interpretasi awal dalam menentukan struktur geologi dan satuan unit batuan dilakukan dengan menarik batas perlapisan batuan (*bedding*) yang terlihat jelas dan tegas. Tahap selanjutnya merupakan penarikan *bedding* yang terlihat samar yang ditarik dengan menggunakan garis putus-putus sebagai penanda perlapisan batuan yang tidak terlalu tampak jelas. *Bedding* yang ditarik menggunakan garis putus-putus menandakan bahwa perlapisan yang ditarik diperkirakan masih satu kesatuan dengan batuan sebelumnya.

Tahapan interpretasi selanjutnya merupakan tahap interpretasi analisis. Tahapan ini merupakan interpretasi dari struktur geologi dan satuan unit batuan. Struktur geologi yang dimaksud dalam tahap ini adalah interpretasi lipatan berupa antiklinal dan sinklinal serta patahan atau sesar. Antiklinal dikenali dari adanya dip perlapisan batuan yang mengarah keluar dan saling berpasangan pada kedua sisinya. Bentuk struktur geologi lain yang diinterpretasi adalah sinklinal

dan sesar atau patahan. Untuk kenampakan dari sinklinal ini berlawanan dengan antiklinal. Sinklinal mempunyai arah dip perlapisan batuan yang mengarah ke dalam seperti menunjam dan umumnya berbentuk seperti bentuk cekungan yang mempunyai sisi saling menunjam ke dalam masuk ke cekungan itu sendiri.

Patahan atau sesar pada citra ditunjukkan dengan garis tegas yang memotong bentuklahan tertentu. Sesar yang terjadi dapat mengakibatkan terbentuknya sungai, lembah antar bukit, dan dapat memotong serta memisahkan bentuk struktur geologi seperti antiklinal menjadi bentuk yang asimetris. Sesar atau patahan diwakili dengan garis lurus atau putus-putus yang melintasi atau memotong *bedding* yang telah diinterpretasi sebelumnya.

Tahapan interpretasi analisis selanjutnya adalah interpretasi satuan unit batuan. Satuan unit batuan dalam penelitian ini adalah formasi-formasi batuan yang masuk dalam interpretasi batas *bedding* sebelumnya. Hasil analisis satuan batuan diperoleh 5 formasi batuan. Penentuan jenis formasi didasarkan pada peta geologi dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) tahun 1996. Formasi-formasi tersebut jika diurutkan dari umur tertua sampai termuda yaitu Formasi Kerek, Formasi Kalibeng, Anggota Batupasir Formasi Damar, Formasi Damar, dan Formasi Kaligetas serta hasil endapan aluvial dan kipas aluvial. Hasil interpretasi sementara dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Sebagian hasil interpretasi citra sementara

Berdasarkan hasil interpretasi citra, satuan batuan yang terdapat pada daerah penelitian adalah batuan sedimen dan batuan hasil endapan permukaan. Terkait dengan penentuan daerah potensi jebakan hidrokarbon, dalam ini menentukan batuan reservoir dan batuan penutup (*cap rock*) maka identifikasi menggunakan citra penginderaan sulit untuk dilakukan. Citra penginderaan jauh hanya mampu untuk

menginterpretasi karakteristik dan batas perlapisan batuan, sedangkan untuk informasi lain seperti geologi bawah permukaan dan informasi geologi lainnya dapat menggunakan data sekunder seperti peta geologi dan data bawah permukaan.

d. Cek Lapangan

Tujuan dilakukan cek lapangan adalah untuk mengecek hasil interpretasi yang telah dilakukan sebelumnya dan sekaligus menambahkan informasi yang tidak dapat diperoleh dari citra. Kegiatan yang dilakukan dalam lapangan adalah melakukan pengukuran dip/strike yang diambil pada masing-masing bentukan yang diidentifikasi sebagai sayap bentukan struktural. Sisi sayap bentukan struktural yang berhasil diukur digunakan sebagai penentu identifikasi jenis bentukan struktural yang ada. Hasil kegiatan lapangan selanjutnya dilakukan pengecekan kembali dengan hasil interpretasi awal menggunakan citra.

e. Interpretasi Lokasi Potensi Jebakan Hidrokarbon

Interpretasi lokasi yang berpotensi sebagai jebakan hidrokarbon dilakukan dengan mengacu pada syarat-syarat terjadinya jebakan hidrokarbon yang telah dijelaskan sebelumnya dan berdasarkan pada studi pustaka tentang kondisi geologi area kajian. Pada penelitian ini hanya menitikberatkan pada satu jenis jebakan yaitu jebakan struktural saja karena diasumsikan hanya jenis jebakan ini saja yang dapat diinterpretasi menggunakan citra penginderaan jauh. Asumsi lain yang digunakan adalah hasil perlapisan batuan yang telah didelineasi mempunyai kondisi berlapis seperti kue lapis dengan kondisi ketebalan untuk tiap lapisannya heterogen. Sesar yang berhasil diidentifikasi diasumsikan kondisinya menerus sampai ke bawah permukaan.

Terdapat dua jenis reservoir yaitu *clastic* berupa batupasir dan *carbonat* berupa batugamping. Dari citra penginderaan jauh kedua jenis batuan tersebut dapat diidentifikasi. Batupasir dari citra kajian dapat dilihat dari tekstur yang agak kasar dengan rona yang sedikit gelap pada bagian tanah yang terbuka. Batuan ini tersebar sepanjang sisi Utara kajian dan sebagian besar masuk dalam Formasi Damar. Sedangkan untuk batugamping pada citra dapat dibedakan dari rona yang cerah dengan bentuk menyerupai kubah-kubah kecil bergerombol. Syarat lain dalam sistem hidrokarbon yaitu adanya jebakan atau *trapping*. Jebakan pada citra penginderaan jauh diidentifikasikan sebagai kenampakan pola struktur dan morfologi setempat. Pola struktur

dapat berupa lipatan dan patahan atau sesar yang tampak pada citra.

Batuan penutup (*cap rock*) merupakan bagian atas dari perangkap agar fluida yang ada tidak keluar. Hidrokarbon dapat keluar ke permukaan dan muncul sebagai *oil seepage* atau *gas seepage* melalui celah atau rekahan yang terbentuk. Batuan penutup sulit untuk diidentifikasi langsung dari citra sehingga diperlukan adanya penggabungan informasi dari hasil interpretasi dengan peta geologi acuan untuk mengidentifikasinya. Sedangkan untuk syarat kelima adalah adanya migrasi dari hidrokarbon itu sendiri. Migrasi merupakan jalur yang dilalui oleh hidrokarbon untuk menuju ke reservoir dan jalur migrasi biasanya melalui struktur berupa sesar atau patahan.

Hasil interpretasi diketahui hanya terdapat satu jenis jebakan struktural yaitu jebakan antiklin. Jebakan ini sangat dipengaruhi oleh adanya patahan atau sesar yang berkembang serta pengaruh bentuklahan volkanik di sisi Selatan kajian yang menyebabkan antiklin yang terbentuk menjadi terhalang dan patah sehingga tidak membentuk antiklin utuh. Sesar-sesar yang berkembang dan memotong bentukan antiklin selain berasal dari sesar tektonik juga berasal dari sesar volkanik pada Selatan kajian.

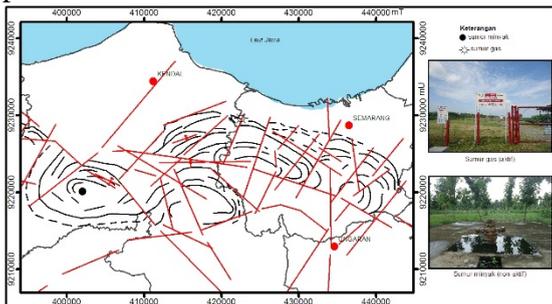
f. Integrasi Hasil Penelitian dengan Data Sekunder (Seismik dan Sumur Migas)

Integrasi antara hasil interpretasi citra dengan data seismik dan data sumur migas dilakukan untuk menguji kemampuan data penginderaan jauh dalam mengidentifikasi area potensi jebakan hidrokarbon.

Integrasi dengan data sumur menunjukkan bahwa data di lapangan menunjukkan terdapat tiga titik migas yang ada di area kajian penelitian. Dua titik berupa sumur gas yang berada di Mangkang (perbatasan dengan Kendal) dan di Batang. Sumur gas yang berada di Mangkang merupakan sumur gas yang masih aktif dengan jumlah total 4 sumur dan masih masuk dalam Blok Cepu. Sedangkan untuk sumur gas yang berada di Batang merupakan sumur dengan status non-aktif namun masih terdapat kepala sumurnya sehingga masih ada kemungkinan untuk mengaktifkannya kembali.

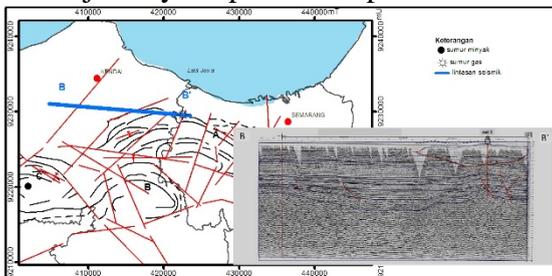
Satu sumur migas lain merupakan sumur minyak yang berada di Blok Cipluk, Kendal. Lapangan Cipluk merupakan lapangan dengan status yang ditinggalkan (*abandoned*) karena dilihat dari segi ekonomis kurang menguntungkan. Pada lapangan minyak ini terdapat 28 titik sumur dengan status keluar minyak masih aktif namun

dengan jumlah yang sedikit untuk ukuran industri migas. Sumur minyak tersebut merupakan sumur tua yang tidak ada kepala sumurnya. Selain 28 sumur tua tersebut masih terdapat 1 buah sumur dengan status non-aktif namun masih terdapat kepala sumur dengan waktu terakhir produksi pada tahun 2010 dan masih terdapat kemungkinan dapat diaktifkan kembali. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Integrasi hasil interpretasi citra dengan data sumur migas

Integrasi dengan data seismik menunjukkan bahwa data seismik yang diperoleh merupakan data yang diambil pada lintasan seismik (*seismic line*) B-B' dengan arah Barat-Timur. Dari data seismik memperlihatkan adanya pola yang membentuk tinggian dengan sesar-sesar yang berkembang di bawah dan ada yang menerus sampai ke permukaan. Lokasi sumur gas terlihat berada pada bentukan lipatan yang terpotong oleh sesar dan menjadi lokasi pengeboran sumur. Dari integrasi tersebut terlihat bahwa potensi jebakan antiklin yang ditentukan melalui interpretasi citra penginderaan jauh mampu memberikan hasil yang baik yang dibuktikan dengan kondisi bawah permukaan yang juga memperlihatkan adanya antiklin sebagai lokasi keberadaan hidrokarbon. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Integrasi hasil interpretasi citra dengan data seismik

g. Evaluasi Citra Landsat 5 TM dan SRTM

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa hasil dari tiap pengolahan citra mempunyai karakteristik dan kegunaan masing-masing. Teknik *Band Ratio* dapat digunakan untuk identifikasi jenis mineral batuan yang berkaitan dengan jebakan hidrokarbon karena sistem kerjanya yang membagi dua saluran berbeda untuk menonjolkan informasi tertentu

yang diperlukan dalam interpretasi geologi. Hasil evaluasi teknik PCA menunjukkan bahwa teknik ini baik dalam hal perbedaan tutupan lahan karena dapat membedakan dengan lebih rinci tingkatan informasi tutupan lahan. PCA juga cukup baik untuk melihat pola kelurusan (*lineament*) karena tutupan lahan yang terlihat juga mengikuti pola kelurusan yang ada.

Hasil evaluasi RGB komposit *false color 457* menunjukkan bahwa teknik ini cukup baik dalam mengidentifikasi informasi geologi. Pemilihan komposit warna yang dilakukan mampu menampilkan kesan topografi yang baik walaupun belum dilakukan fusi dengan DSM dari SRTM. Akan tetapi untuk informasi lithologi yang lebih mendalam masih tetap harus dilakukan penggabungan dengan DSM.

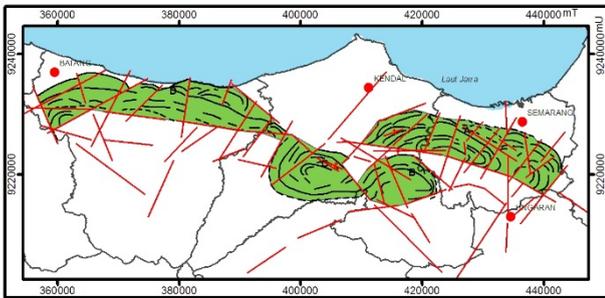
Sebelum dilakukan penggabungan atau fusi dengan DSM ketiga hasil pengolahan citra masih mengalami kendala dalam hal representasi topografi terutama pada hasil dari *band ratio* dan PCA. Setelah dilakukan fusi dengan DSM ketiganya menunjukkan hasil kenampakan topografi yang cukup baik dan dapat mewakili kondisi topografi sebenarnya di lapangan. Selain representasi topografi hasil fusi juga menunjukkan informasi yang terdapat pada masing-masing hasil olahan yang melekat pada DSM sehingga tidak menghilangkan informasi citra yang telah ada sebelumnya. Hasil evaluasi citra dapat dilihat pada lampiran Tabel 1.

Terdapat beberapa kendala pada proses pengolahan citra antara lain pada proses *band ratio* yaitu adanya tutupan lahan terutama vegetasi yang menutupi permukaan tanah sehingga informasi dari objek tanah menjadi terhalang dan hasil yang diperoleh menjadi kurang akurat. Teknik ini akan lebih efektif jika diterapkan pada daerah yang terbuka dan cenderung kering serta minim vegetasi penutupnya. Kendala lainnya adalah kesulitan untuk menginterpretasi informasi stratigrafi. Kesulitan tersebut karena citra penginderaan jauh untuk saat ini belum dapat untuk mengidentifikasi informasi bawah permukaan sehingga diperlukan informasi bawah permukaan untuk menunjang hasil penelitian seperti data seismik, *drilling*, dan data bawah permukaan lainnya.

h. Deskripsi Hasil Akhir Penelitian

Hasil penelitian diperoleh empat (4) lokasi potensial sebagai jebakan hidrokarbon. Jenis jebakan berupa jebakan struktural dengan tipe jebakan yaitu jebakan antiklin. Banyaknya patahan atau sesar yang berkembang serta pengaruh bentuklahan volkanik di sisi Selatan kajian

menyebabkan antiklin yang terbentuk menjadi patah dan terhalang sehingga tidak membentuk antiklin yang utuh. Empat potensi jebakan antiklinal dan hasil interpretasi struktur geologi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Potensi jebakan hidrokarbon dan kondisi struktur geologi kajian

Hasil dari empat lokasi potensial kemudian dilakukan integrasi dengan data sekunder berupa data seismik dan sumur migas dengan tujuan untuk menguji kemampuan data penginderaan jauh dalam mengidentifikasi area potensi jebakan hidrokarbon. Hasil integrasi dengan menggunakan data sumur migas di lapangan menunjukkan terdapat tiga sumur migas yaitu dua sumur gas dan satu sumur minyak yang terdapat dalam area kajian dan ketiganya masuk dalam area potensi jebakan hidrokarbon hasil interpretasi citra penginderaan jauh.

Integrasi dengan menggunakan data seismik merupakan salah satu jenis integrasi yang penting karena berkaitan dengan kondisi bawah permukaan yang menjadi faktor paling penentu ada tidaknya jebakan hidrokarbon. Hasil dari integrasi yang dilakukan dengan dua *line* data seismik yang melintasi dua buah sumur migas yaitu sumur gas di Mangkang dan sumur minyak di lapangan Cipluk menunjukkan kondisi bawah permukaan keduanya mencerminkan terbentuknya jebakan hidrokarbon yang ditandai dengan adanya faktor struktur (lipatan dan patahan) yang menjadi salah satu syarat sistem hidrokarbon. Hal tersebut menunjukkan bahwa interpretasi yang dilakukan dengan citra penginderaan jauh mempunyai hasil yang baik dan dapat digunakan dalam pemetaan geologi yaitu penentuan lokasi potensial terdapatnya jebakan hidrokarbon.

KESIMPULAN

1. Hasil dari pengolahan citra dengan metode *band ratio*, PCA, RGB *false color*, dan fusi dengan DSM dari SRTM mampu memberikan informasi mengenai identifikasi parameter fisik medan seperti struktur geologi, lithologi, dan bentuklahan serta fenomena geologi lain. *Band ratio* memberikan informasi terkait identifikasi

kandungan mineral tanah seperti *clay mineral* dan oksida besi, PCA dapat mengetahui perbedaan kondisi tutupan lahan dan pola kelurusan, RGB komposit 457 memberikan informasi dalam interpretasi struktur geologi dan batuan, dan fusi dengan DSM dari SRTM dapat digunakan dalam menentukan struktur geologi, kondisi, dan batas lithologi area kajian.

2. Hasil interpretasi parameter fisik medan berupa struktur geologi, lithologi, dan bentuklahan serta fenomena geologi lainnya mampu menghasilkan empat (4) lokasi potensi cebakan hidrokarbon yang seluruhnya termasuk jenis cebakan struktural berupa cebakan antiklinal. Hasil integrasi dengan data sumur menunjukkan dari empat lokasi terdapat tiga lokasi yang terdapat sumur migas di dalamnya, sedangkan integrasi dengan data seismik menunjukkan pada dua lokasi yang dilalui oleh *seismic line* menggambarkan kondisi bawah permukaan yang membentuk perangkap hidrokarbon.
3. Hasil evaluasi citra Landsat 5 dan SRTM yang digunakan dalam penelitian menunjukkan bahwa:
 - a. Interpretasi yang dilakukan menggunakan kedua citra tersebut mempunyai hasil yang baik dalam pemetaan informasi geologi yaitu struktur geologi, lithologi, dan bentuklahan serta fenomena geologi lainnya yang berkaitan dengan penentuan lokasi potensi cebakan hidrokarbon dilihat dari kondisi permukaan.
 - b. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa informasi mengenai lithologi seperti jenis batuan dapat dikenali dari teknik *band ratio*, struktur geologi dan informasi geologi lain seperti topografi dan penutup lahan dapat dikenali dari teknik RGB komposit 457 dan fusi citra, sedangkan untuk informasi stratigrafi atau perlapisan batuan masih kurang jelas atau sulit jika diinterpretasi hanya menggunakan teknik penginderaan jauh saja.

Pengakuan (Acknowledgements)

Teknik penginderaan jauh untuk cebakan hidrokarbon sangat sesuai untuk bentuklahan struktural, dan untuk Fluvial serta Vulkanik perlu dilakukan kombinasi dengan teknik Geofisika untuk uji struktur geologi.

DAFTAR PUSTAKA

Ananda, Irvan N. 2013. Fusi Citra Landsat 7 ETM+ dan Citra Aster G-DEM untuk

- Identifikasi Zona Alterasi *Hydrothermal* Terkait Mineral di Sebagian Kalimantan Barat. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Bemmelen, R.W.van. 1949. *Vol IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Batavia: Department of Transport, Energy, and Mineral.
- Bemmelen, R.W.van. 1949. *Vol II: Economic Geology*. Batavia: Department of Transport, Energy, and Mineral.
- Crystiana, Indah. 2001. Penggunaan citra Radarsat untuk survei geologi dalam rangka identifikasi awal jebakan minyak bumi. Studi kasus daerah Kab. Blora, Bojonegoro, dan sekitarnya. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi Yogyakarta.
- Koesoemadinata, R.P. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi: Edisi kedua jilid satu*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Satyana, Awang H., dan Samuel, Luki. 1993. Remote Sensing Technology And Its Application To Hydrocarbon Exploration In Indonesia. *Jurnal*. AHS/LS/1993.
- Satyana, Awang H., dan Purwaningsih, Margaretha E.M. 2002. Lekukan Struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar. *Jurnal*. Yogyakarta: Indonesian Association of Geologists (IAGI).
- Satyana, Awang H. 2013. Menyigi Geologi, Mencari Migas Indonesia. *Jurnal*. Bandung: Geomagz.
- Sismanto. 1999. Interpretasi Data Seismik. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.
- Susantoro, T.M., Danoedoro, P., dan Sutikno. 2009. Pengenalan Aplikasi Geologi Daerah Bojonegoro dan Sekitarnya Menggunakan Data Landsat 7 ETM+. *Jurnal*. Jakarta: Berita Inderaja No. 14 Vol.VIII, Juli 2009.

Tabel 1. Tabel hasil evaluasi citra Landsat 5 TM dan SRTM untuk survei geologi dalam identifikasi potensi cebakan hidrokarbon

Struktur dan Fenomena Geologi	Pemrosesan Citra Satelit				Catatan
	Landsat 5 TM			DSM dari SRTM	
	<i>Band ratio</i>	<i>PCA</i>	<i>RGB False color</i>	Fusi citra	
Struktur:					Informasi stratigrafi sulit diperoleh jika langsung dari citra penginderaan jauh
1. Stratifikasi	*	**	***	****	
2. Dip	*	*	***	***	
3. Antiklinal	*	**	***	****	
4. Sinklinal	*	**	***	****	
5. Ketidakselarasan	**	**	***	****	
6. Kemenerusan	**	**	***	****	
7. Pola kelurusan	**	**	***	****	
Stratigrafi					
1. Kronologi	*	*	*	*	
2. Umur	*	*	*	*	
3. Distribusi	*	*	*	*	
4. Ketebalan	*	*	*	*	
Lithologi					
1. Jenis batuan	****	*	***	***	
2. Batas lithologi	***	***	***	****	
3. Resistensi	***	*	***	****	
4. Permeabilitas	***	*	***	****	
Informasi lain					
1. Topografi	*	**	****	****	
2. Penutup lahan	*	****	****	****	

Keterangan:

- * Tidak jelas
- ** Kurang jelas
- *** Jelas
- **** Sangat jelas

(Sumber: Crystiana, 2001 dengan modifikasi)

