

Identifikasi Potensi Migas Melalui Citra Satelit dengan Pendekatan Anomali Topografi (Studi Kasus Daerah Indramayu dan Sekitarnya)

Identification of Hydrocarbon Potential Area Using Sattelite Imagery Base on Topographic Anomaly Approach (Case Study Indramayu and Its Surrounding)

Indah Crystiana, Tri Muji Susantoro, dan Taufan Junaedi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: 62-21-7394422, Fax: 62-21-7246150

E-mail: indahc@lemigas.esdm.go.id; trimujis@lemigas.esdm.go.id; taufanj@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 14 April 2013; Diterima setelah perbaikan tanggal 2 Juni 2014

Disetujui terbit tanggal: 29 Agustus 2014

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji karakteristik khusus topografi pada citra satelit yang dapat mencerminkan daerah potensi penghasil minyak dan gas bumi. Pendekatan yang digunakan adalah anomali topografi. Dengan menggunakan citra penginderaan jauh, yaitu Citra Satelit Landsat TM yang direkam pada Bulan Juni Tahun 1976. Pada citra penginderaan jauh karakter khusus topografi dapat diamati baik dari bentuk tinggian atau antiklinal, pola aliran sungai, serta kemiringan dan bayangan yang tampak pada data citra. Lokasi penelitian di Indramayu pada Cekungan Jawa Barat Utara yang merupakan daerah yang sudah terbukti (*proven*) adanya migas. Penentuan daerah potensi migas didasarkan pada asumsi 3 (tiga) parameter utama yaitu struktur, reservoir, dan migrasi. Parameter struktur didasarkan pada hasil identifikasi dan interpretasi citra satelit yang menghasilkan *Remote sensing Potential Area* (RPA). Parameter reservoir terdiri atas keberadaan sumur dan lapangan migas. Parameter migrasi didasarkan pada adanya sesar dan *kitchen area*. Pembobotan dilakukan untuk menentukan kelas RPA, yaitu sangat potensial, potensial dan kurang potensial. Hasil interpretasi diperoleh 84 RPA. Hasil validasi menggunakan data bawah permukaan membuktikan bahwa dari 84 area potensi (RPA) yang diidentifikasi dengan menggunakan data citra terdapat 37 RPA atau sekitar 44% berada pada struktur yang sudah terbukti menghasilkan hidrokarbon. Hasil pembobotan dari 84 RPA memperlihatkan 22 RPA dalam kategori sangat potensi, 38 RPA dalam kategori potensi, dan 24 RPA dalam kategori kurang potensi.

Kata kunci: Penginderaan Jauh, Landsat TM, *Remote Sensing Potential Area*, Pembobotan, Sangat Potensial, Potensial dan Kurang Potensial

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate specific character of the topography showing on the satellite image which possibly indicate potential areas for oil and gas. This study uses remote sensing approach to identity anomaly topography. In the images specific characters of topography are reflected on the altitude or anticline, drainage patterns, slope and shadows. Image data used in this study is Landsat TM satellite imagery recorded in June 1976. The study area is located in Indramayu, North West Java Basin. Which is well known as a proven are for oil and gas. Determination of an area with oil and gas potential

is based on three main parameters, namely the structure, reservoir, and migration. The structures are identified based on the interpretation of remote sensing defining Remote Sensing Potential Area (RPA). Reservoir parameter refers to the presence of wells and fields. The migration parameter is based on the presence of fault and kitchen area. The potential areas are weighted to determine the RPA class, which is very potential, potential and less potential. This research is able to identify 84 potential area (RPA). The validation using subsurface data shows that 37 RPA (about 44 % from the total 84 RPA) are situated at the proven structures. Base on weighting methode, 84 RPA is devided into 22 RPA with very potential category, 38 RPA with potential category and 24 RPA with less potential category.

Keywords: Remote Sensing, Landsat TM, Remote Sensing Potential Area, Weighting, Very Potential, Potential and Less Potential

I. PENDAHULUAN

Energi migas masih menjadi andalan utama perekonomian Indonesia, baik sebagai penghasil devisa maupun pemasok kebutuhan energi dalam negeri, sehingga hal tersebut mengakibatkan kebutuhan energi migas cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Selain itu pembangunan prasarana dan industri yang sedang giat-giatnya dilakukan di Indonesia, semakin membuat pertumbuhan konsumsi energi meningkat cukup tinggi. Kondisi tersebut mengharuskan Indonesia untuk segera menemukan cadangan migas baru, baik di Indonesia maupun ekspansi ke luar negeri. Selain itu juga harus melakukan pengembangan ilmu dan teknologi guna percepatan penemuan cadangan baru.

Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan adalah teknologi penginderaan jauh. Hal tersebut karena teknologi penginderaan jauh telah terbukti mampu merekam permukaan bumi dengan cakupan luas. Selain itu analisa data penginderaan jauh dapat memberikan informasi mengenai kondisi topografi dan relief suatu daerah (Lili Somantri, 2009). Dengan kemampuan teknologi penginderaan jauh tersebut maka potensi migas terutama hasil bentukan struktural dapat diidentifikasi. Identifikasi dan interpretasi dari citra satelit tersebut didasarkan pada karakter-karakter khusus yang berupa bentukan-bentukan berbeda dengan bentukan umum disekitarnya. Karakter-karakter khusus tersebutlah yang dimaksud dengan anomali topografi dalam istilah yang digunakan dalam penelitian ini.

Pembuktian konsep analisis anomali topografi untuk mengetahui adanya kandungan minyak dan gas bumi dilakukan di daerah-daerah yang sudah terbukti terdapat cadangan migasnya sehingga kedepannya dapat diterapkan di daerah-daerah *frontier*. Pemilihan Cekungan Jawa Barat Utara khususnya pada wilayah

onshore Indramayu sebagai daerah penelitian karena cekungan tersebut merupakan penghasil migas dengan jebakan struktural. Selain itu daerah tersebut merupakan daerah yang sangat landai, karena pada penelitian-penelitian sebelumnya pada umumnya dilakukan pada daerah dengan topografi struktural yang tegas. Dengan menggunakan pendekatan anomali topografi diharapkan daerah tersebut dapat diidentifikasi, sehingga konsep ini dapat digunakan untuk menemukan cadangan-cadangan migas baru pada daerah-daerah dengan karakter yang hampir sama dan yang belum tereksplorasi sepenuhnya karena keterbatasan kondisi alam dan data.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menerapkan kemampuan Teknologi Penginderaan Jauh dengan pendekatan karakteristik topografi dalam upaya menemukan cadangan migas baru.

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji karakteristik khusus topografi suatu daerah pada citra satelit yang dapat mencerminkan daerah potensi penghasil minyak dan gas bumi.

II. METODOLOGI

A. Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, atau fenomena yang dikaji (Lillesand et al., 2007). Pada penelitian ini data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra *Land Satelit*, atau biasa dikenal dengan sebutan Landsat. Landsat merupakan program tertua dalam perangkat observasi bumi. Landsat dimulai tahun 1972 dengan nama *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1). Satelit ini merupakan satelit sumberdaya alam yang pertama. Satelit Landsat terdiri atas beberapa seri yaitu:

Landsat-1, Landsat-2, diteruskan 3, 4, 5, 6 dan terakhir adalah Landsat 7 dan merupakan bentuk baru dari Landsat 6 yang gagal mengorbit. Lebar sapuan (*scanning*) dari sistem Landsat sebesar 185 km, yang direkam pada tujuh saluran panjang gelombang dengan rincian; 3 saluran panjang gelombang tampak, 3 saluran panjang gelombang inframerah dekat, dan 1 saluran panjang gelombang termal (panas). (Ananda dan Retnadi).

Citra optik satelit seperti citra Landsat TM adalah merupakan alat yang terbukti murah dengan cakupan yang luas dalam mendeskripsikan litologi suatu daerah yaitu dengan berdasarkan sifat spektralnya tersebut. Pada lingkungan yang kering, tutupan vegetasi kurang dan tebal tanah yang terbuka memungkinkan dapat mengamati urutan batuan secara jelas. Informasi tentang satuan batuan, kondisi geologi umum, bentang alam, fitur struktural, pelapukan dan vegetasi dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa teknik peningkatan citra satelit multispektral. Teknik yang paling umum digunakan untuk meningkatkan kualitas citra Landsat dengan *enhancement*. (Chiara Del Ventisette et al. 2012)

Penggunaan data penginderaan jauh dalam bidang kebumihutan pada dasarnya adalah mengenal dan memetakan obyek dan parameter kebumihutan yang spesifik, menafsirkan proses pembentukannya dan menafsirkan kaitannya dengan aspek lain. Untuk melakukan hal tersebut menggunakan dua metoda yang umum dilakukan. Metoda visual/manual yaitu mengenal obyek geomorfologi seperti perbukitan, dataran, gunungapi, delta dan gejala geologi spesifik seperti perbedaan jenis batuan, bidang perlapisan, struktur sesar (Djauhari Noor, 2010). Selain itu interpretasi visual citra Landsat dibantu dengan data sekunder dan cek lapangan dapat diperoleh satuan bentuk lahan, penutup/penggunaan lahan, dan estimasi simpanan air yang diperhitungkan dari kerapatan aliran. Kerapatan aliran atau pola aliran tersebut yang dapat dideteksi atau diidentifikasi dari data citra satelit. (Nurfaika dan Nurlina 2009)

Kenampakan linear di permukaan bumi telah sering digunakan untuk mencari tambahan cadangan di lapangan migas. Tumpang susun kelurusan pada permukaan dan bawah permukaan pada lapangan migas dan rembesan dapat diamati bahwa lapangan minyak yang dibatasi oleh kenampakan linear permukaan membentuk batas sub graben dan sub

cekungan. *Lineament* permukaan paralel dengan sesar bawah permukaan. Dengan demikian lineament dapat digunakan sebagai panduan untuk pembuatan kontur struktur, pemetaan fasies, dan deliniasi permeabilitas rekahan. Berdasarkan hal tersebut adalah cukup penting melakukan pengamatan kelurusan untuk eksplorasi migas, karena dari hasil penelitian ini terlihat adanya kecenderungan adanya hubungan kenampakan linear di permukaan dan dibawah permukaan, dan adanya potensi migas baru. *Lineament* permukaan atau kenampakan linear permukaan tersebut dapat didelineasi menggunakan Landsat ETM (Mohammed et al. 2010). Lebih lanjut dijelaskan bahwa kenampakan linear dipermukaan bumi adalah hasil dari adanya kelemahan zona atau perpindahan struktural dalam kerak bumi. Kelurusan merupakan *mappable linear* atau sedikit melengkung yang dimungkinkan merupakan ekspresi sesar atau jalur lemah. Kenampakan geomorfologi permukaan yang membentuk kelurusan yaitu berupa relief atau tonal, dan perbedaan kontras. Ekspresi geomorfologi kelurusan yang khas ditunjukkan oleh aliran lembah yang lurus dan segmen lembah yang selaras. Adanya perbedaan vegetasi, kadar air, dan tanah atau komposisi batuan menunjukkan kontras relief (O'Leary et al. 1976 dalam Hung et al. 2005). Di bumi, kelurusan dapat berupa 1) aliran lurus dan lembah, 2) keselarasan depresi permukaan, 3) perubahan relief tanah, 4) perbedaan vegetasi, 5) jenis vegetasi dan perbedaan tinggi, atau 6) perubahan topografi mendadak. Semua fenomena tersebut dimungkinkan sebagai hasil dari fenomena struktural seperti *fault*, *joint set*, lipatan, retak atau *fracture*. (Richards 2000 dalam Hung et al. 2005). *Fault* memiliki hubungan yang erat terhadap proses mineralisasi, karena proses mineralisasi terjadi pada persilangan *fault* dan dari citra satelit Landsat ETM *fault* dapat dengan baik teridentifikasi. Selain *fault*, citra Landsat ETM juga sangat baik dalam pengenalan adanya alterasi dan unit batuan. (Babai dan Khakzad 2011).

Lebih lanjut dalam penelitian lain juga disebutkan bahwa citra satelit dapat digunakan untuk interpretasi pola-pola kelurusan. Analisis kelurusan dapat digunakan sebagai acuan dalam analisis struktur geologi pada suatu daerah. Kelurusan diidentifikasi berdasarkan adanya kesamaan pola pada kelurusan atau kemenerusan dari morfologi berupa lembah, punggung, dan lereng. Penarikan kelurusan yang kemudian diinterpretasikan sebagai suatu struktur

geologi didasarkan pada adanya pola kelurusan pada suatu lereng atau lembah yang memanjang dan memperlihatkan suatu *offset* atau gawir. Selain kelurusan struktur tampak dari perbedaan morfologi antara tinggian dan rendahan yang terlihat dari perubahan rona dan tekstur. Keberadaan litologi penyusun pada daerah penelitian tidak dapat dipisahkan dengan kelurusan struktur geologi. Terbentuknya kelurusan-kelurusan tidak lepas dari pengaruh tektonik dan sifat-sifat litologi tersebut. Batas satuan litologi dipakai sebagai pembeda dalam analisis kelurusan pada daerah penelitian. Maka dari itu, pada tiap satuan batuan terdapat kelurusan-kelurusan yang dianggap kelurusan struktur yang terjadi akibat gaya tektonik yang bekerja pada saat pembentukan satuan litologi tersebut. Pola kelurusan tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan fase tektonik pada daerah penelitian. Fase tektonik didapat dengan membandingkan analisis kelurusan basis panjang dengan basis frekuensi pada tiap-tiap satuan batuan dan dibantu dengan data regional. (Aryawan dkk.)

Dalam interpretasi pola aliran dapat dilakukan dengan pemanfaatan data penginderaan jauh baik citra foto ataupun non foto. Pengaruh geologi terhadap bentuk sungai dan jaringannya adalah dinamika struktur geologi, yaitu tektonik aktif dan pasif serta macam batumannya. Kontrol dinamika struktur diantaranya pensesaran, pengangkatan (perlipatan) dan kegiatan vulkanik yang dapat menyebabkan erosi sungai. Kontrol struktur pasif mempengaruhi arah dari sistem sungai karena kegiatan tektonik aktif. Jenis batuan dapat mempengaruhi morfologi sungai dan jaringan topologi yang memudahkan terjadinya pelapukan dan ketahanan batuan terhadap erosi. (Morisawa (1985) dalam Puguh 2010)

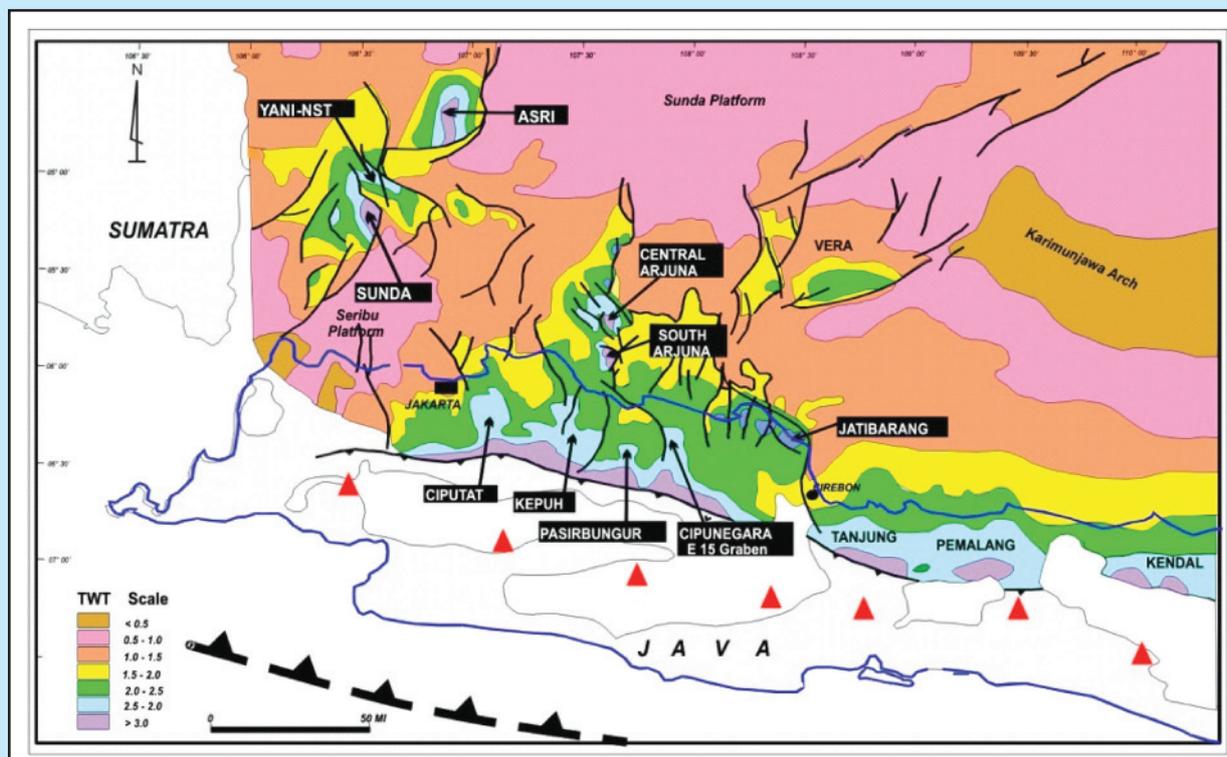
B. Geologi Regional

Secara geologi daerah Indramayu dan sekitarnya termasuk kedalam tatanan tektonik Cekungan Jawa Barat Utara. Cekungan Jawa Barat Utara dipengaruhi oleh sistem *block faulting* yang berarah relatif Utara-Selatan. Sistem sesar yang berarah Utara-Selatan membagi cekungan Jawa Barat Utara menjadi *graben* atau beberapa sub-cekungan dari barat ke timur, yaitu Sub-Cekungan Ciputat, Sub-Cekungan Pasir Putih dan Sub-Cekungan Jatibarang yang dipisahkan oleh tinggian. Tinggian Rengasdengklok memisahkan Sub-Cekungan Ciputat dengan Sub-Cekungan

Pasir Putih. Tinggian Pamanukan dan Tinggian Kandahaur memisahkan Sub-Cekungan Pasir Putih dengan Sub-Cekungan Jatibarang. Konfigurasi ini sangat mempengaruhi penyebaran batuan sedimen Tersier dan sistem petroleum di kawasan ini. Sistem sesar blok terbentuk selama orogenesis Kapur Tengah hingga awal Paleosen dan diperkirakan mengontrol struktur Tersier di Cekungan Jawa Barat Utara (Daly et al. 1987 dalam Sudarmono dkk. 1997). Secara tektonik, sejarah cekungan Jawa Barat Utara tidak terlepas dari tektonik global Indonesia Bagian Barat dengan tatanan tektoniknya berupa sistem *active margin*, antara Lempeng Hindia dengan Lempeng Asia. Sistem ini dicirikan dengan adanya zona subduksi (penunjaman) dan busur magmatik (Gambar 1).

Sedimentasi di Cekungan Jawa Barat Utara terjadi dalam beberapa fase berkaitan dengan fase tektonik yang terjadi di Indonesia bagian barat. Periode awal sedimentasi di Cekungan Jawa Barat Utara dimulai pada kala Eosen Tengah-Oligosen Awal (fase transgresi) yang menghasilkan sedimen vulkanik darat-laut dangkal dari Formasi Jatibarang. Pada saat itu aktifitas vulkanisme meningkat. Hal ini berhubungan dengan interaksi antar lempeng di sebelah selatan Pulau Jawa, akibatnya daerah-daerah yang masih labil sering mengalami aktivitas tektonik. Material-material vulkanik dari arah timur mulai diendapkan. Selanjutnya merupakan fase transgresi yang berlangsung pada kala Oligosen Akhir-Miosen Awal yang menghasilkan sedimen transisi-deltaik hingga laut dangkal yang setara dengan Formasi Talang Akar. Pada fase ini terbentuk dua lingkungan yang berbeda yaitu lingkungan paralik pada bagian barat dan laut dangkal dibagian timur. Selanjutnya aktifitas vulkanik semakin berkurang sehingga daerah-daerah menjadi agak stabil, tetapi sub-Cekungan Ciputat masih aktif. Kemudian air laut menggenangi daratan yang berlangsung pada kala Miosen Awal mulai dari bagian barat laut terus ke arah tenggara menggenangi beberapa tinggian kecuali tinggian Tangerang (Gambar 2).

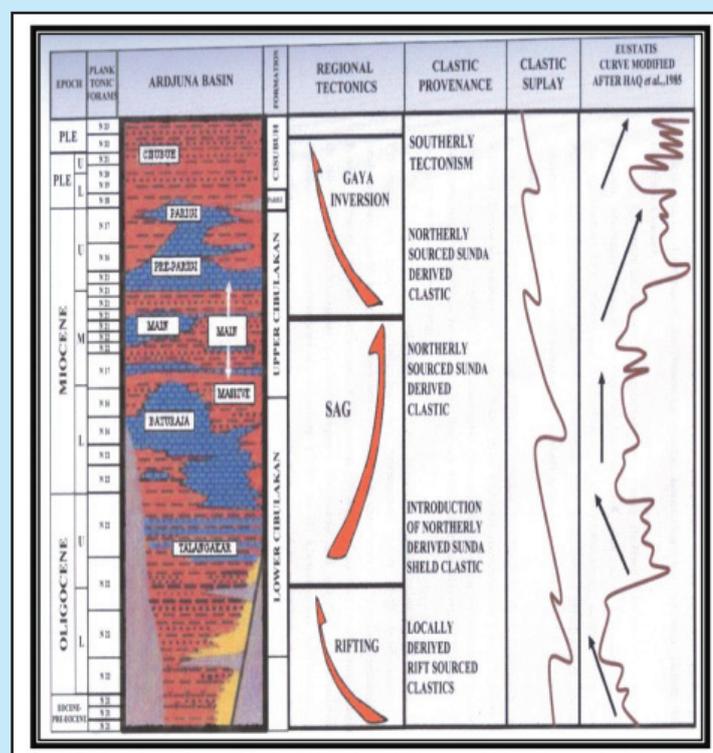
Pada Akhir Miosen Awal daerah cekungan ini relatif stabil, dan daerah Pamanukan sebelah barat merupakan platform yang dangkal, cekungan endapan karbonat berkembang baik yang setara dengan Formasi Baturaja, sedangkan bagian timur merupakan daerah yang lebih dalam. Selanjutnya



Gambar 1
Kerangka struktur batuan dasar cekungan-cekungan di sekitar Jawa Barat Utara (Pertamina, 1992)

pada pada kala Miosen Tengah merupakan fase regresi yang ditandai dengan adanya pengendapan sedimen laut dangkal dari Formasi Cibulakan Atas. Sumber sedimen yang utama dari Formasi Cibulakan Atas diperkirakan berasal dari Paparan Sunda yang berada disebelah utara-barat laut. Akhir Miosen Tengah kembali menjadi kawasan yang stabil, batugamping berkembang dengan baik. Perkembangan yang baik ini dikarenakan aktivitas tektonik yang lemah dan lingkungan berupa laut dangkal.

Pada Kala Miosen Akhir-Pliosen (fase regresi) merupakan fase pembentukan Formasi Parigi dan Cisubuh. Kondisi di kawasan ini mengalami sedikit perubahan kondisi laut semakin berkurang masuk ke dalam lingkungan paralik. Kemudian diakhiri pada Kala Pleistosen-Resen yang ditandai dengan adanya pengangkatan sumbu utama Jawa. Pengangkatan ini juga diikuti oleh aktivitas vulkanisme yang meningkat dan juga diikuti pembentukan struktur utama Pulau Jawa. Pengangkatan



Gambar 2
Stratigrafi Regional Cekungan Jawa Barat Utara (Pertamina, 1992)

sumbu utama Jawa tersebut berakhir secara tiba-tiba sehingga mempengaruhi kondisi laut. Butiran-butiran sedimen kasar diendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Cisubuh.

Cekungan ini merupakan salah satu cekungan penghasil hidrokarbon yang telah terbukti dengan adanya penemuan-penemuan migas terutama pada struktur-struktur antiklin. Lapisan-lapisan utama yang terbukti menjadi lapisan produksi adalah batupasir dari Formasi Talang Akar dan Formasi Cibulakan, disamping itu batugamping dari Formasi Baturaja dan Formasi Parigi yang juga memproduksi minyak dan gas bumi. Suatu hal yang menarik ialah bahwa di kawasan daratan juga telah diproduksi minyak bumi dari batuan tuffa vulkanik dan breksi Formasi Jatibarang.

Pada Cekungan Jawa Barat Utara terdapat tiga tipe utama batuan induk, yaitu *lacustrine shale (oil prone)*, *fluvio deltaic coals* dan *shales (oil dan gas prone)* dan *marine claystone (bacterial gas)* (Noble, et al., 1997). Hidrokarbon dikawasan ini ditemukan pada beberapa lapisan reservoir yaitu batupasir tufa-vulkanik dari Formasi Jatibarang, Batupasir delta pada anggota Cibulakan Bawah atau Formasi Talangakar, dan batupasir delta-laut dangkal pada Anggota Cibulakan Atas. Pada Anggota Cibulakan bagian atas terdapat lapisan batugamping yang dikenal dengan lapisan Z-14 dan Z-16. Lapisan ini merupakan salah satu target reservoir pada lapangan migas di daerah Indramayu dan sekitarnya. Reservoir lain yang berkembang di kawasan ini adalah batugamping Formasi Parigi. Pada cekungan ini formasi yang bertindak sebagai lapisan penutup utama (*sealing*) adalah Formasi Cisubuh, karena formasi ini memiliki litologi *impermeabel* yang cocok sebagai penghalang bagi hidrokarbon untuk bermigrasi lebih lanjut.

Tipe pemerangkapan hidrokarbon di Jawa Barat Utara hampir sama. Hal ini disebabkan evolusi tektonik dari semua cekungan sedimen sepanjang batas selatan dari Paparan Sunda relatif sama sehingga akan menghasilkan tipe struktur geologi dan mekanisme cebakan yang hampir sama. Bentuk utama struktur geologi adalah *dome anticlinal* yang lebar dan cebakan dari blok sesar yang miring. Pada beberapa daerah dengan reservoir *reefal build-up*, perangkat stratigrafi juga berperan. Perangkat stratigrafi yang berkembang umumnya dikarenakan terbatasnya penyebaran batugamping dan perbedaan

fasies. Jalur untuk perpindahan hidrokarbon mungkin terjadi dari jalur keluar yang lateral dan atau vertikal dari cekungan awal. Migrasi lateral mengambil tempat di dalam unit-unit lapisan dengan permeabilitas horizontal yang baik, sedangkan migrasi vertikal terjadi ketika migrasi yang utama dan langsung yang tegak. Jalur migrasi lateral berciri tetap dari unit-unit *permeable*. Pada Cekungan Jawa Barat Utara, saluran utama untuk migrasi lateral lebih banyak berupa celah batupasir yang mempunyai arah utara-selatan dari Anggota Main maupun *Massive* (Formasi Cibulakan Atas). Sesar menjadi saluran utama untuk migrasi vertical dengan transportasi yang cepat dari cairan yang bersamaan dengan waktu periode tektonik aktif dan pergerakan sesar (Noble et al. 1997). Pada Gambar 3 ditunjukkan kolom stratigrafi regional beserta *petroleum system* elemen Cekungan Jawa Barat Utara.

C. Pemingkatan

Penelitian ini adalah kegiatan guna mengembangkan eksplorasi migas melalui pendekatan data-data permukaan khususnya beberapa parameter topografi. Dan dalam penelitian ini, batasan Anomali Topografi yang dimaksud adalah kekhususan karakter topografi yang terlihat secara visual dan merupakan representasi lapisan batuan dari zona tektonik terakhir. Karakter khusus topografi dapat diamati baik dari citra maupun di lapangan dari bentuk tinggian atau antiklinal, pola aliran sungai, serta kemiringan dan bayangan yang tampak pada data citra. Kondisi topografi yang akan diamati merupakan topografi yang dapat terlihat pada skala tertentu pada citra yang dapat diamati di lapangan. Penggunaan citra sebagai media untuk analisis membatasi studi eksplorasi migas ini hanya mencakup daerah-daerah onshore dengan prospek migas pada lapisan hasil tektonik terakhir.

Indramayu yang berada pada Cekungan Jawa Barat Utara (*onshore*) dipilih sebagai lokasi studi dengan pertimbangan banyaknya lokasi sumur migas yang sudah terbukti (*proven*) di cekungan ini. Pengamatan dan analisis data citra dilakukan pada daerah Indramayu sampai dengan Kerawang, sedangkan untuk percontohan pembuktian di lapangan ditentukan berdasarkan lokasi-lokasi yang memiliki anomali topografi.

Teknologi Penginderaan Jauh dalam studi ini digunakan untuk membantu menganalisis karakter

topografi dari data citra. Pada penelitian ini data citra yang digunakan adalah Citra Satelit Landsat TM yang direkam pada Bulan Juni Tahun 1976. Agar diperoleh citra satelit yang letak geografis seperti di lapangan dilakukan dengan metode rektifikasi. Rektifikasi adalah suatu proses pekerjaan untuk memproyeksikan citra yang ada ke bidang datar dan menjadikan bentuk sebangun dengan sistem proyeksi peta yang digunakan, juga terkadang mengorientasikan citra sehingga mempunyai arah yang benar (Erdas 1991 dalam Hartoyo dkk. 2010). Interpretasi geologi dan struktur geologi dengan menggunakan pendekatan morfologi dan pola aliran yang digambarkan oleh citra satelit. Hasil dari kegiatan ini adalah diperoleh identifikasi karakteristik khusus medan atau topografi yang berpotensi sebagai daerah penghasil migas dan dalam penelitian ini disebut dengan remote sensing potential area (RPA). Hasil interpretasi kemudian dilakukan validasi terhadap hasil interpretasi. Validasi dilakukan dengan melakukan validasi kondisi permukaan dan kondisi bawah permukaan, dengan metode analisis akurasi data.

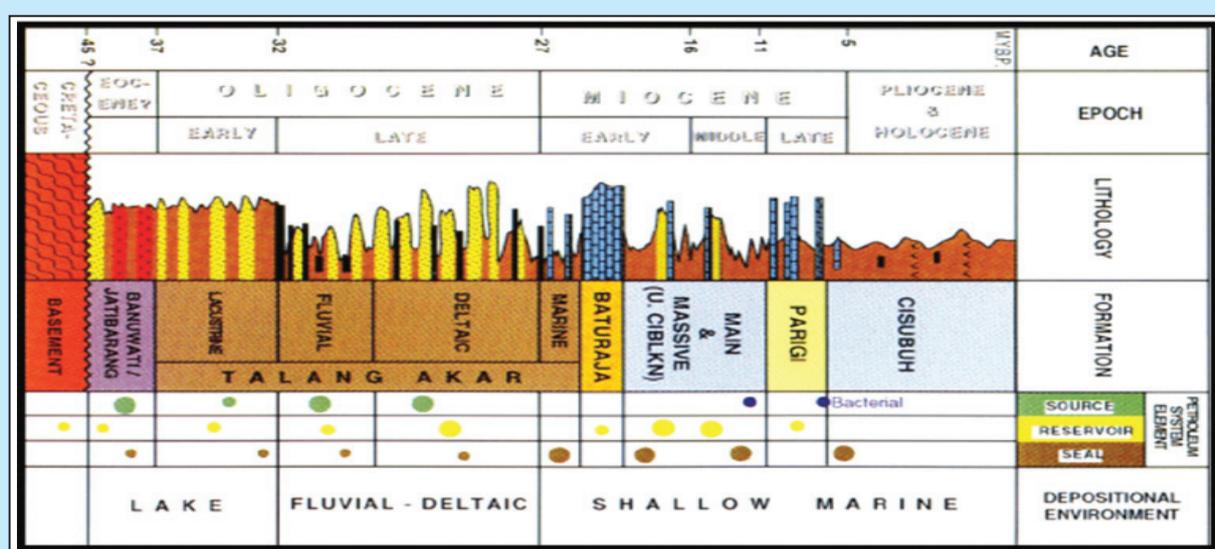
Validasi kondisi permukaan dilakukan dengan langsung melakukan pengukuran di lapangan dengan menggunakan differential GPS. Metode *differential* GPS atau juga dinamakan metode penentuan posisi relatif pada prinsipnya adalah untuk memastikan kondisi topografi RPA hasil interpretasi, yaitu mengetahui beda tinggi dan posisi. Pengukuran dilapangan masing-masing karakter dan lapangan

migas diambil satu percontonya. Hal tersebut dengan asumsi bahwa kenampakan yang sama di citra dipastikan mempunyai karakter yang sama di lapangan/medan.

Validasi pola kelurusan dilakukan dengan menumpangsusunkan dan mencocokkan dengan pola struktur geologi regional studi yang telah ada. Sedangkan validasi kondisi bawah permukaan dilakukan dengan melakukan tumpang susun dengan data seismik, data lapangan, dan data sumuran.

Parameter-parameter yang telah tervalidasi tersebut selanjutnya ditumpangsusunkan untuk mendapatkan daerah yang berpotensi migas. Parameter yang dibangun untuk analisis dalam penelitian ini, sebanyak 3 parameter utama yaitu struktur, reservoir, dan migrasi. Parameter struktur yang berupa RPA, parameter reservoir yang terdiri dari jumlah formasi batuan pada satu tempat dan kedekatan dengan sumur produksi/pengembangan, dan parameter migrasi yang berupa posisi kelurusan/*lineament* dan kedekatan dengan *kitchen area*. Parameter-parameter tersebut kemudian dilakukan penilaian dan perangkaan.

Dalam penelitian ini parameter struktur didasarkan pada hasil identifikasi dan interpretasi citra satelit yang menghasilkan RPA. Parameter reservoir terdiri atas keberadaan sumur dan lapangan migas. Sumur dan lapangan migas ini dihasilkan dari data pendukung/peta yang telah didigitalkan. Parameter migrasi didasarkan pada adanya sesar dan *kitchen area*. Sesar



Gambar 3 Kolom stratigrafi regional dan *petroleum system* elemen Cekungan Jawa Barat Utara (Noble et al. 1997)

diperoleh dari hasil interpretasi citra satelit yang digunakan dan *kitchen area* didasarkan pada data pendukung peta geologi regional daerah penelitian yang telah didigitalkan.

Selain dilakukan tumpang susun, metode yang digunakan untuk penentuan daerah potensi migas juga dilakukan *buffer* dan pembobotan pada masing-masing parameter yang digunakan. Kecuali parameter struktur dilakukan pembobotan (Tabel 1)

Untuk menghasilkan daerah potensi migas, RPA yang telah diberi bobot dan penghitungan, hasil dari penjumlahan masing-masing parameter kemudian dilakukan pemeringkatan. Pemeringkatan untuk penentuan daerah potensi migas (Tabel 2).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi struktur geologi dilakukan dengan menggunakan citra satelit Landsat TM tahun 1976, dengan skala 1:100.000-250.000. Interpretasi citra dilakukan pada daerah Indramayu dan sekitarnya dengan kondisi tutupan awan kurang dari 5%.

Dalam interpretasi struktur geologi tersebut digunakan citra Landsat TM dengan kombinasi *false color* (R:G:B=4:5:7, interpretasi skala 1:250.000). Hasil interpretasi citra memuat struktur geologi yang diidentifikasi sebagai RPA dan kelurusan (*lineament*) dengan skala 1:100.000-1:250.000 (Gambar 4). Terdapat 84 RPA yang teridentifikasi pada penelitian ini.

Interpretasi struktur geologi dengan menggunakan data citra agak mengalami kesulitan terutama pada bagian utara daerah penelitian. Hal ini disebabkan pada bagian utara didominasi oleh endapan resen/aluvial sehingga struktur geologi dan litologi yang ada tertutup dan sulit untuk diamati. Kondisi tersebut melalui pengamatan visual dari citra satelit dengan berdasarkan analisis topografi dapat diidentifikasikan sebagai daerah yang menunjukkan adanya anomali topografi, yaitu tampak adanya daerah yang relatif tinggi atau berbeda dengan daerah sekelilingnya. Data tersebut semakin dipertegas dengan bentukan pola aliran yang berkembang pada daerah penelitian. Pada penelitian ini, hasil delineasi tersebut

dikenal dengan RPA. Hasil delineasi menunjukkan, beberapa daerah yang didelineasi merupakan lapangan migas dan atau berada di dekat lapangan migas. Dengan kondisi tersebut semakin memperkuat dugaan bahwa karakter-karakter yang ditunjukkan pada citra mencerminkan adanya potensi migas.

Selain RPA, pada hasil interpretasi citra dapat pula diidentifikasi pola struktur geologi. Pada daerah penelitian teridentifikasi adanya dua pola umum struktur geologi yang dalam citra ditunjukkan dengan adanya pola kelurusan (*lineament*), yaitu pola kelurusan yang berarah relatif NE-SW dan pola yang berarah relatif B-T (Gambar 5). Pola struktur hasil intepretasi tersebut tampak sesuai dengan pola struktur geologi regional berdasarkan studi yang telah ada.

Pola kelurusan yang berarah relatif NE-SW atau NW-SE diinterpretasikan merupakan struktur yang terbentuk pada fase tektonik awal tersier atau yang dikenal dengan pola Sunda. Pola struktur ini

Tabel 1
Pembobotan parameter reservoir dan parameter migrasi

Parameter Reservoir		
	Deskripsi	Pembobotan
Lapangan Migas (jumlah formasi dalam satu struktur)	1 Formasi	1
	2 Formasi	2
	3 Formasi	3
	4 Formasi	4
	< 1 Km	4
Jarak Terhadap Sumur Produksi/ Pengembangan	1 – 5 Km	3
	5 – 10 Km	2
	10 – 15 Km	1
Parameter Migrasi		
	Deskripsi	Pembobotan
<i>Lineament</i>	Tidak ada lineament	1
	Lineament dekat dengan struktur	2
	Lineament memotong struktur	3
	Lineament berada dibatas struktur	4
<i>Kitchen Area</i>	< 1 Km	4
	1 – 5 Km	3
	5 – 10 Km	2
	10 – 15 Km	1

yang membentuk sesar-sesar bongkah (*half graben system*) yang selanjutnya pada bagian rendahan akan terbentuk endapan danau dan vulkanik dari Formasi Jatibarang yang menutup rendahan-rendahan yang ada. Proses sedimentasi ini terus berlangsung dengan dijumpainya endapan transisi Formasi Talangakar. Sistem ini kemudian diakhiri dengan diendapkannya lingkungan karbonat Formasi Baturaja.

Pola kelurusan yang berarah relatif B-T diinterpretasikan merupakan struktur yang terbentuk pada fase tektonik Miosen Awal atau yang dikenal sebagai pola Jawa. Pola struktur ini teraktifkan kembali pada fase tektonik Pliosen-Pleistosen, dan terjadi proses kompresi kembali dan membentuk perangkap-perangkap struktur berupa sesar-sesar naik di jalur selatan Cekungan Jawa Barat Utara. Sesar-sesar naik yang terbentuk adalah sesar naik Pasirjadi dan sesar naik Subang, sedangkan di bagian utara terbentuk sesar turun berupa sesar turun Pamanukan.

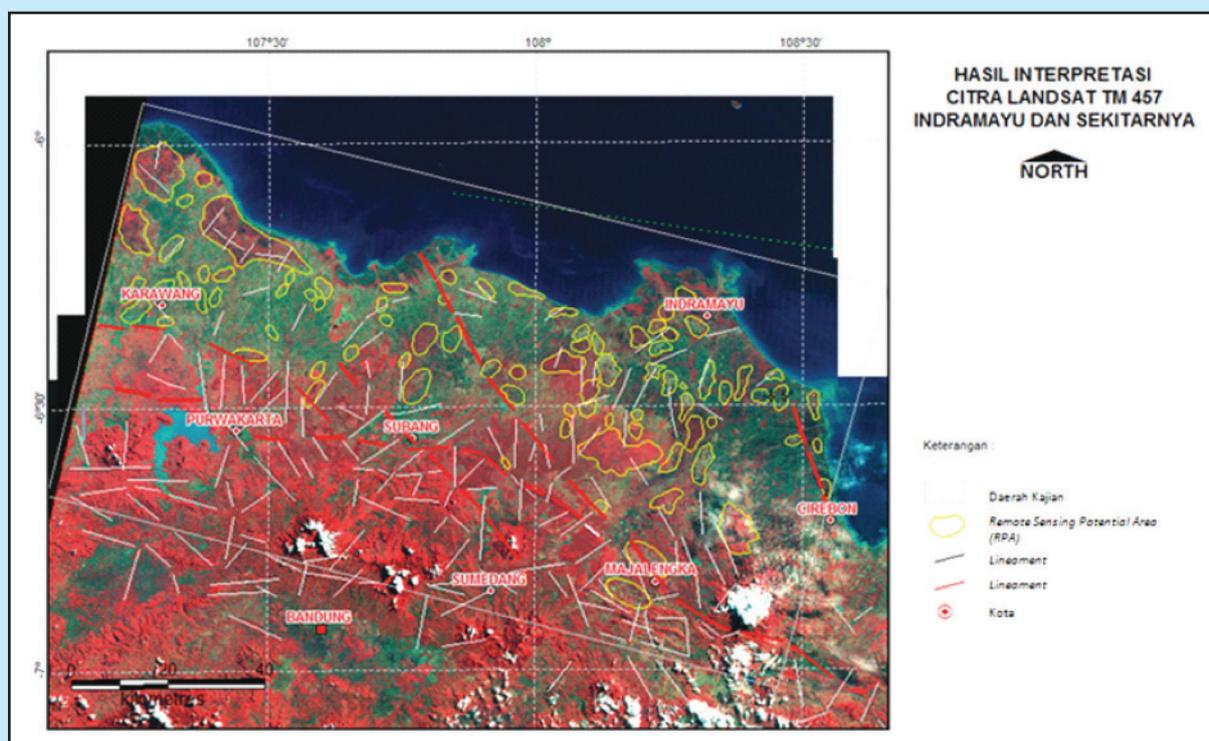
Adapun hasil validasi kondisi permukaan dengan metode pengukuran *differensial GPS* tersebut tampak jelas bahwa adanya beda tinggi walaupun tidak terlalu besar. Kondisi tersebut ternyata juga

berlaku pada semua RPA hasil identifikasi, dimana saat dilakukan pengamatan langsung dilapangan kondisi permukaan tampak agak bergelombang. Pada Gambar 6 ditunjukkan kenampakan citra yang diinterpretasi sebagai RPA dan hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan *differential GPS*.

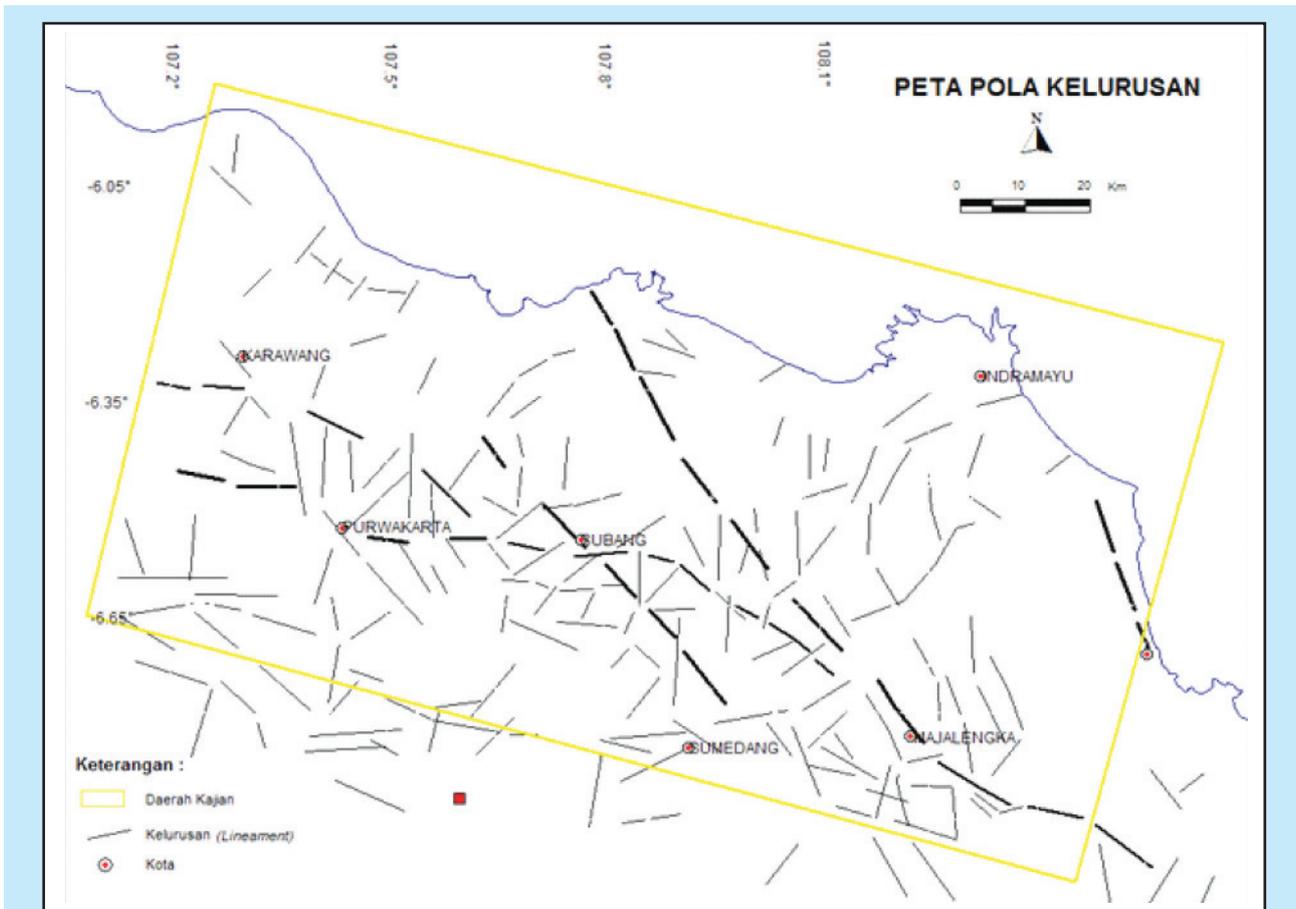
Sedangkan data bawah permukaan juga digunakan untuk melakukan validasi hasil interpretasi citra yang sudah dilakukan. Data bawah permukaan yang dipergunakan untuk melakukan validasi adalah data seismik, data sumur dan data lapangan migas yang ada di daerah penelitian. Dari data seismik yang melintasi area potensi (RPA) terlihat hasil interpretasi dari data citra menunjukkan bahwa di bawah permukaan juga dijumpai adanya struktur yang kemungkinan mengandung hidrokarbon. Walaupun demikian pola kelurusan dari area prospek (RPA) tidak selalu

Tabel 2
Pemeriksaan daerah potensi migas

Total Pembobotan	Klasifikasi	Peringkat
6 – 8	Kurang Potensi	3
9 – 11	Potensi	2
≥ 12	Sangat Potensi	1



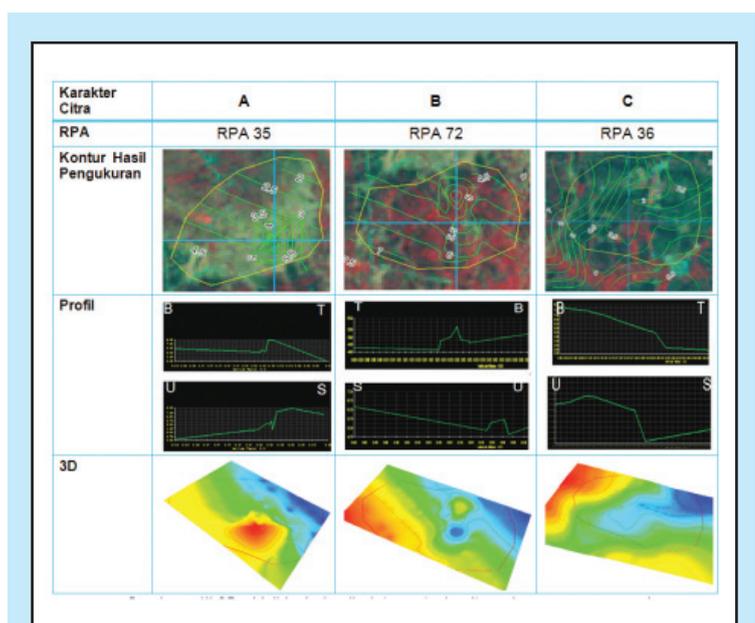
Gambar 4
Hasil interpretasi citra



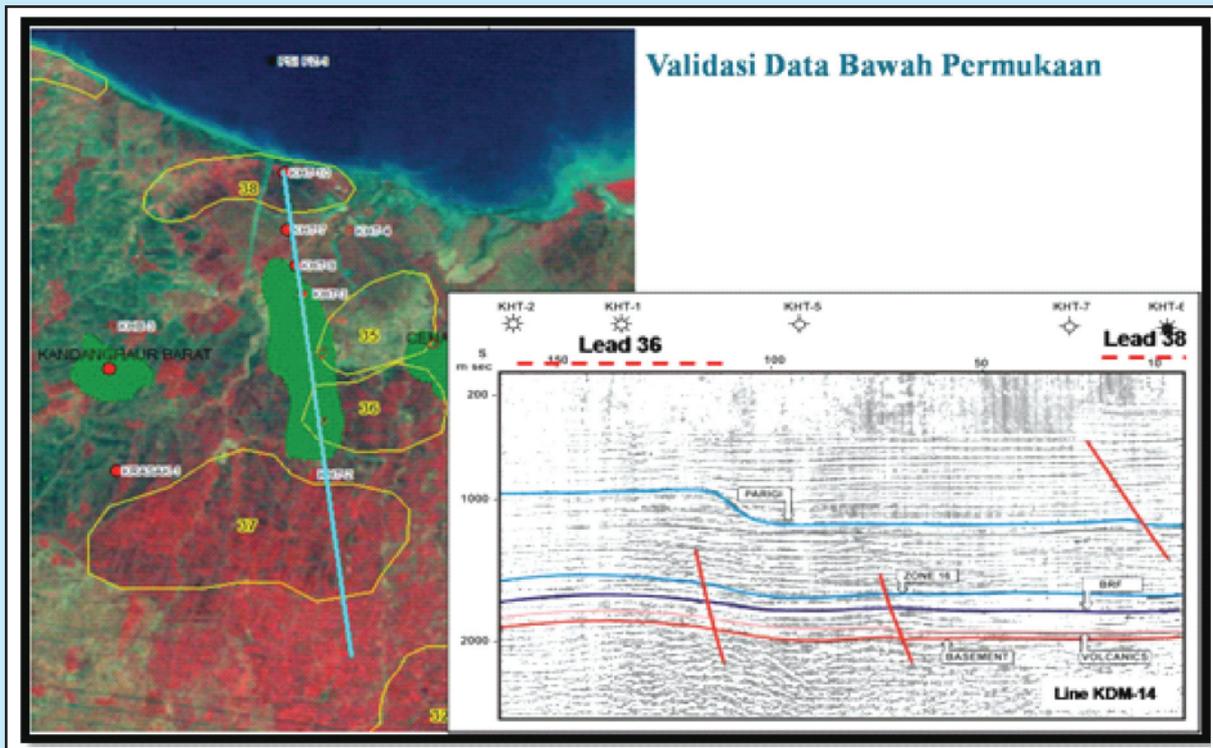
Gambar 5
Pola kelurusan hasil interpretasi citra Landsat TM yang berarah relatif NE-SW dan B-T

sama dengan pola kelurusan struktur yang berada dibawah permukaan, terutama di bagian utara dari daerah peneltian. Hal ini kemungkinan disebabkan kenampakan di permukaan yang terekam pada data citra tertutup oleh endapan aluvial sehingga pola struktur yang sebenarnya tidak seluruhnya nampak pada data citra. Disamping itu pengendapan sedimen setelah Formasi Cisubuh atau Parigi cukup tebal dan relatif datar sementara fase tektonik setelah Plio-Pleistosen tidak cukup kuat sehingga struktur yang ada tidak terlalu berpengaruh pada lapisan yang berada diatasnya (Gambar 7).

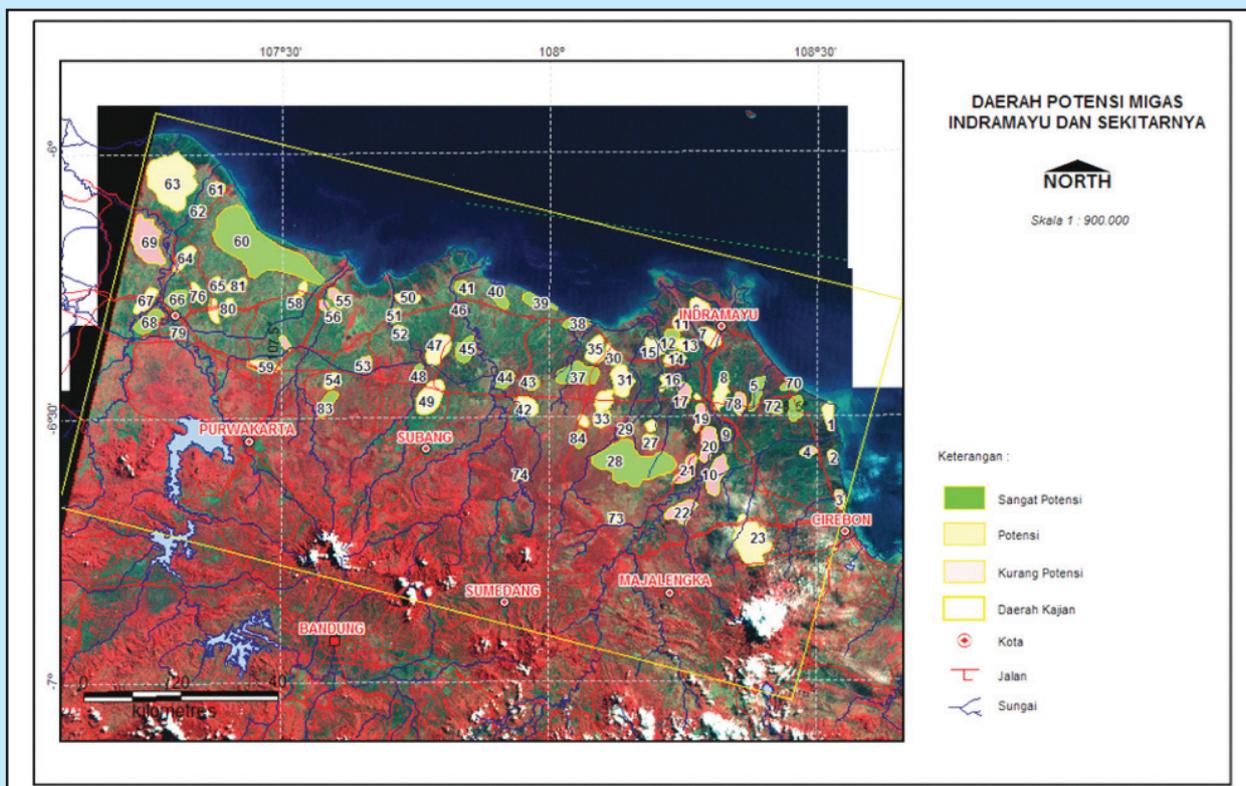
Data sumur produksi/pengembangan dan lapangan migas juga digunakan untuk melakukan validasi bawah permukaan karena dengan data sumur dan lapangan migas membuktikan adanya akumulasi hidrokarbon pada struktur dibawahnya.



Gambar 6
Validasi hasil interpretasi citra dengan menggunakan



Gambar 7
 Validasi hasil interpretasi citra dengan menggunakan data seismik



Gambar 8
 Daerah potensi migas

Tabel 3
Hasil perancangan RPA

RPA	Revervoar		Migrasi		Toatal Penilaian	Rangking
	Lapangan Migas	Sumur	Lineament	Kitchen Area		
5	4	4	2	2	12	1
12	3	4	2	3	12	1
28	2	4	3	4	13	1
37	2	3	3	4	12	1
38	2	4	3	3	12	1
39	3	4	1	4	12	1
40	2	3	4	4	13	1
41	4	4	2	3	13	1
43	2	4	2	4	12	1
44	2	4	4	4	14	1
45	2	4	4	3	13	1
46	3	4	4	3	14	1
48	2	4	3	3	12	1
60	4	4	3	4	15	1
66	4	3	2	4	13	1
68	4	4	2	3	13	1
70	4	4	3	3	14	1
71	4	4	2	2	12	1
72	4	4	2	2	12	1
79	2	3	3	4	12	1
83	1	4	4	4	13	1
84	1	4	4	4	13	1
1	1	3	2	3	9	2
6	3	3	1	3	10	2
7	3	2	2	2	9	2
8	2	3	4	1	10	2
11	3	4	1	3	11	2
13	3	3	3	2	11	2
14	2	4	2	1	9	2
15	2	4	4	1	11	2
16	3	3	3	1	10	2
18	2	4	2	1	9	2
23	2	3	4	1	10	2
26	2	3	3	1	9	2
27	2	4	3	1	10	2
29	2	3	2	3	10	2
30	3	4	1	2	10	2
31	3	4	2	2	11	2
32	1	3	4	3	11	2
33	1	3	4	3	11	2
34	1	4	1	3	9	2
35	2	4	1	3	10	2
36	2	4	2	2	10	2
42	2	3	2	4	11	2
47	3	3	1	2	9	2
49	1	4	2	4	11	2
50	2	4	2	1	9	2
54	1	3	2	3	9	2
58	4	3	2	2	11	2
59	1	1	4	4	10	2
63	1	3	3	2	9	2
64	2	2	3	3	10	2
65	4	2	1	4	11	2
67	4	3	1	3	11	2
73	1	2	4	2	9	2
75	4	3	2	2	11	2
76	2	2	1	4	9	2
77	2	2	1	4	9	2
80	4	2	1	4	11	2
81	4	2	1	4	11	2
2	1	2	2	1	6	3
3	1	2	4	1	8	3
4	1	2	4	1	8	3
9	1	3	2	1	7	3
10	1	4	1	1	7	3
17	1	4	2	1	8	3
19	2	3	2	1	8	3
20	1	4	2	1	8	3
21	1	3	1	1	6	3
22	2	2	2	1	7	3
24	1	1	3	1	6	3
25	1	1	4	1	7	3
51	1	2	3	1	7	3
52	1	2	2	1	6	3
53	1	3	2	2	8	3
55	2	2	1	1	6	3
57	2	2	1	1	6	3
61	1	2	2	2	7	3
62	1	1	2	2	6	3
69	1	1	2	2	6	3
74	1	1	2	4	8	3
78	2	3	2	1	8	3
82	2	2	1	3	8	3

Hasil interpretasi data citra menunjukkan bahwa area potensi (RPA) yang ada di daerah penelitian yang berada pada sekitar lokasi sumur adalah 8 RPA, di bagian tepi struktur pada lapangan migas sebanyak 14 RPA dan di struktur lapangan migas sebanyak 15 RPA.

Hasil validasi menggunakan data bawah permukaan membuktikan bahwa dari 84 area potensi (RPA) yang diidentifikasi dengan menggunakan data citra terdapat 37 RPA atau sekitar 44% berada pada struktur yang sudah terbukti menghasilkan hidrokarbon. Sementara itu area potensi (RPA) yang tidak berada pada struktur yang sudah terbukti merupakan peluang untuk bisa menambah sumberdaya migas, tentunya dengan terlebih dahulu dibuktikan dengan menggunakan data bawah permukaan yang lebih akurat.

Setelah dilakukan penilaian terhadap 84 RPA kemudian dilanjutkan dengan melakukan perangkungan. Hasil perangkungan menunjukkan 22 RPA dalam kategori sangat potensi, 38 RPA dalam kategori potensi, dan 24 RPA dalam kategori kurang potensi. Adapun hasil penilaian dan perangkungan pada masing-masing RPA ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 8.

IV. KESIMPULAN

Interpretasi struktur geologi dengan menggunakan citra satelit Landsat TM di Indramayu dan sekitarnya. Hasil interpretasi citra satelit Landsat TM menunjukkan ada dua pola umum struktur geologi, yaitu pola kelurusan yang berarah relatif NE-SW dan pola yang berarah relatif B-T. Pola struktur hasil interpretasi tersebut tampak sesuai dengan pola struktur geologi regional berdasarkan studi yang telah ada. Hasil analisis topografi menunjukkan adanya anomali topografi pada lokasi kajian. Anomali tersebut dipertegas dengan bentukan pola aliran yang berkembang di lokasi tersebut. Anomali topografi tersebut merupakan *Remote Sensing Potential Area* (RPA) yang mengindikasikan adanya prospek migas. Validasi lokasi RPA dilakukan melalui survey lapangan, pengukuran differential GPS dan data bawah permukaan. Hasil survey lapangan menunjukkan lokasi RPA yang berada pada sekitar lokasi sumur adalah 8 RPA, di bagian tepi struktur pada lapangan migas sebanyak 14 RPA dan di struktur lapangan migas sebanyak 15 RPA. Validasi lainnya

melalui pengukuran differensial GPS memperkuat adanya anomali topografi dari RPA dengan adanya beda tinggi. Validasi menggunakan data bawah permukaan/seismik pada RPA menunjukkan bahwa di bawah permukaan juga dijumpai adanya struktur yang kemungkinan mengandung hidrokarbon. Hasil validasi menggunakan data bawah permukaan membuktikan bahwa dari 84 RPA yang diidentifikasi dengan menggunakan data citra terdapat 37 RPA atau sekitar 44% berada pada struktur yang sudah terbukti menghasilkan hidrokarbon. Potensi RPA yang tidak berada pada struktur yang sudah terbukti merupakan peluang untuk bisa menambah sumberdaya migas. Penilaian lanjutan melalui pembuatan rangking menunjukkan 22 RPA dalam kategori sangat potensi, 38 RPA dalam kategori potensi, dan 24 RPA dalam kategori kurang potensi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada PPPTMGB LEMIGAS yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk melakukan penelitian ini dan LAPAN yang telah memberikan data SRTM 30 meter. Pada kesempatan ini kami juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Bambang Widarsono, Dr Mujito dan Prof (Riset) Suprajitno Munadi, selaku tim *Scientific Board* yang telah memberikan saran dan masukannya pada penelitian ini. Terima kasih juga kami ucapkan kepada Prof. Dr. Hartono, DEA., DESS; Drs. Prodjo Danoedoro, M.Sc, Ph.D; Ir. Suliantara; Dodi Kurniawan S.T.; Abdul Gaffar; Dian Nur yang telah memberikan masukan dan sarannya serta membantu dalam survey lapangan.

KEPUSTAKAAN

- A. Noble dkk., 1997. Petroleum Systems Of Northwest Java Indonesia. Proceedings of the Petroleum Systems of SE Asia and Australasia Conference, May 1997. IPA.
- Ananda P.A & Retnadi H.J. Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Identifikasi Sebaran Batubara Permukaan Di Kabupaten Muara Eneim Sumatera Selatan. <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/viewFile/2/2>
- Arafat Mohammed dkk., 2010. Significance of Surface Lineaments for Gas and Oil Exploration in Part of Sabatayn Basin-Yemen., Journal of Geography and Geology, Vol. 2, No. 1; September 2010. Palanivel K & C.J.Kumanan. Canadian Center of Science and Education.

- Banafsheh Ali Babai, Dr.Ahmad Khakzad.** 2011. Mahabad Investigation On Geology And Exploration Via Remote Sensing. International Conference on Asia Agriculture and Animal, IPCBEE vol.13 (2011). IACSIT Press, Singapore.
- Chiara Del Ventisette dkk.,** 2012. Remote sensing techniques to map geologic unit in arid environment: the example of southern flank of the Tindouf Basin (Western Sahara). 4 th EARSeL Workshop on Remote Sensing and Geology. 24 st – 25th May, 2012. Mykonos, Greece.
- Djauhari Noor.** Geomorfologi. Program Studi Teknik Geologi. Fakultas Teknik Universitas Pakuan. 2010. Bogor
- Hartoyo G.M.E, Nugroho Y,** dkk. 2010. Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografi (SIG) Tingkat Dasar. Tropenbos International Indonesia Programme. Balikpapan.
- Hung L.Q.** dkk, 2005. Lineament extraction and analysis, comparison of LANDSAT ETM and ASTER imagery. Case study: Suoimuoi tropical karst catchment, Vietnam. Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology V, Proc. of SPIE Vol. 5983, 59830T, (2005).
- I Gede Indra Aryawan,** dkk. Analisis dan Interpretasi Struktur Geologi Menggunakan Digital Elevation Model (DEM) Ater Daerah Kecamatan Marawola, Dolo, Dan Palu Barat, Kota Palu, Sulawesi Tengah. Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
- Lillesand T.M., Kiefer, R.W.,** 2007. Remote Sensing And Image Interpretation, 6th Edition, Jhon Wiley & Sons Inc, New York.
- Lilli Soemantri.** 2009. Teknologi Penginderaan Jauh (Remote Sensing) Jurusan Pendidikan Geografi . UPI
- Nurfaiika & Nurlina.** 2009. Pemanfaatan Citra Landsat ETM+ dan Sistem Informasi Geografis untuk Pendugaan Limpasan Permukaan di DAS Jene'berang Hulu Provinsi Sulawesi Selatan. Jurnal Fisika FLUX, Vol.6 No.1, Pebruari 2009 (26-39)
- PERTAMINA & BEICIP FRANLAB,** 1992, Global Geodynamics, Basin Classification and Exploration Play-types in Indonesia, Volume I, PERTAMINA, Jakarta.
- Puguh D.R.** 2010. Ekstraksi Informasi Hidrologi dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh. Remote Sensing & GIS For Hydrology. Maret 2010. <http://puguhdraharjo.wordpress.com/2010/03/18/ekstraksi-hidrologi-dengan-penginderaan-jauh/>
- Sudarmono, Suheman T.,** dkk. 1997. Paleogene Basin Development In Sundaland And It's Role To The Petroleum Systems In Western Indonesia. Proceedings of the Petroleum Systems of SE Asia and Australasia Conference, May 1997. IPA