Aspal Buton: Analisis dan kajian geokimia hidrokarbon

Oleh
S. M. Tobing
Kelompok Program Penelitian Energi Fosil
Pusat Sumber Daya Geologi

Sari

Dua (2) conto aspal dari Formasi Sampolakosa, satu (1) conto batu serpih dari Formasi Winto, dan satu (1) conto minyak rembesan (oil seeps) dari Formasi Tondo dianalisis untuk studi hidrokarbon. Semua conto berasal dari P. Buton, Sulewesi Tenggara.

Hasil kajian memberikan gambaran mengenai potensi hidrokarbon, kematangan termal, kualitas bahan organik dan karakter lingkungan pengendapan darimana hidrokarbon bersumber.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa secara umum bahwa batu serpih Formasi Winto berpotensi sangat bagus sebagai batuan sumber hidrokarbon. Kandungan hidrogen di dalam bahan organik cukup tinggi yang mencerminkan kualitasnya sebagai kerogen Tipe II yang berasal dari organisme akuatik atau algal. Pada kondisi sekarang batu serpih lebih menunjukkan karakternya sebagai batu serpih minyak atau `oil shale'. Diperlukan kematangan termal yang lebih tinggi dari kondisi sekarang untuk menguraikan kerogen Tipe II menjadi minyak dalam jumlah yang optimal.

Kajian data biomarker jelas menunjukkan tingkat kematangan termal relatif masih rendah pada batu serpih Fm. Winto. Minyak rembesan maupun aspal dihasilkan oleh batuan sumber dengan tingkat kematangan termal tinggi dan mengalami degradasi baik termal maupun biologis. Algal akuatik merupakan sumber bahan organik baik untuk rembesan minyak dan aspal maupun batu serpih Fm. Winto. Rembesan minyak diperkirakan berasal dari batuan sumber yang diendapkan dalam lingkungan danau, sedangkan aspal berasal dari lingkungan marin karbonat. Batu serpih Fm. Winto diperkirakan berasal dari lingkungan pengendapan laut dangkal.

Tidak dijumpai korelasi positif antara minyak rembesan, aspal dan batu serpih Fm. Winto. Aspal berasal dari batuan sumber dengan lingkungan pengendapan marin karbonat.

Abstract

Two asphalt rock sample of Sampolakosa Formation, one oil shale sample of Winto Formation and one oil seeps sample of Tondo Formation are analised to study the characteristics of the hydrocarbon. All samples were collected from Buton Island, Southwest Sulawesi Province.

The study result gives the hydrocarbon potential, the thermal maturity, the quality of the organic matter and the environmental characteristic of the source rock

The labortory result show that the oil of the Winto Formation has a good potential as a source of hydrocarbon. The hydrogen content of the organic matter is very high as an indicator of Type II kerogen of which is the aquatic or algae source. In the recent condition, the rock sediment of the Winto Formation is called the oil shale. The higher thermal condition is needed to the Type II kerogen to produce oil in an optimal amount.

The biomarker study shows that the thermal maturity of the Winto Formation is relatively low. The oil seeps and the asphalt/bitumen is the result of the higher thermal maturity and degraded by both thermal and biologic condition. The aquatic algae seems to be the source of organic matter of both oil seeps and the asphalt/bitumen of the Winto Formation.

The oil seeps assumed to be expelled from the source of which is sedimented in the lake environment, and the asohalt/bitument from the carbonate environment. The oil shlae of the Winto Formation is the shalliow marine environment.

There is no positve relationship between the oil seeps, asphalt/bitument and the oil shale of the Winto Formation. Asphalt comes from the source of mare carbonate environment.

Pendahuluan

Empat (4) conto terdiri atas dua (2) aspal (TLW-1 dan OBE-2) dari Fm. Sampolakosa, satu (1) batuan serpih dari Fm. Winto (TRW-1) daerah Sampolawa dan satu (1) minyak rembesan (KPR-1) pada batuan Fm. Tondo di daerah Kapontori, P. Buton, Sulawesi Tenggara diambil untuk analisis dan kajian geokimia hidrokarbon.

Untuk mengetahui potensi hidrokarbon, kualitas kerogen serta tingkat kematangan termal batu serpih Fm. Winto, dilakukan analisis Total Organik Karbon (TOC), Rock-Eval dan Ekstraksi. Korelasi dilakukan berdasarkan data hasil analisis Kolom Kromatografi dan dilanjutkan dengan analisis kromatografi gas (GC) dan kromatografi gas spektroskopi masa (GCMS). Jenis dan jumlah perconto untuk analisis geokimia dapat dilihat dalam Tabel 1. Data hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2 s.d Tabel 6 serta bentuk diagramnya ditampilkan pada Gambar 1 s.d Gambar 9.

Geologi Umum

Pulau Buton merupakan bagian dari Anjungan Tukangbesi - Buton, yang disusun oleh kelompok batuan sedimen pinggiran benua serta batuan malihan berumur Permo - Karbon sebagai batuan alas, sedangkan Mandala Sulawesi Timur terdiri dari gabungan batuan ultramafik, mafik dan malihan.

Menurut Sikumbang, N., dkk., (1995), tektonik terjadi beberapa kali dimulai sejak pra-Eosen, dimana pola tektoniknya sukar ditentukan disebabkan oleh seluruh batuannya telah mengalami beberapa kali perlipatan dan pensesaran. Gerak tektonik utama yang membentuk pola struktur hingga sekarang diperkirakan terjadi pada Eosen - Oligosen yang membentuk struktur imbrikasi berarah Timurlaut Baratdaya. Kegiatan tektonik berikutnya terjadi antara Pliosen - Plistosen mengakibatkan terlipatnya batuan Pra-Pliosen. Kegiatan tektonik terakhir terjadi sejak Plistosen dan masih berlangsung hingga sekarang yang mengakibatkan terangkatnya P. Buton dan P. Muna secara perlahan seirama dengan pembentukan batugamping terumbu Fm. Wapulaka yang menunjukkan undak-undak.

Daerah Pulau Buton disusun oleh satuan batuan yang dikelompokkan ke dalam batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Atas bahkan hingga Paleosen yang terdiri atas Fm. Winto, Fm. Ogena, Fm Rumu dan Fm. Tobelo. Kelompok kedua adalah batuan Kenozoikum berumur Miosen dan Plistosen menutu sebagian besar P. Buton terdiri atas Fm. Tondo, Fm Sampolakosa dan Fm. Wapulaka yang diendapkan pada Miosen Awal hingga Plistosen. Formasi Winto merupakan formasi tertua yang tersingkap di daerah Buton, berum Trias Akhir. Litologinya terdiri atas perselingan ba serpih, batupasir, konglomerat dan batugampin mengandung sisa tumbuhan, kayu terarangkan d sisipan tipis batubara dengan lingkungan pengendap neritik tengah hingga neritik luar.

Peristiwa tektonik yang terjadi menyebabk terjadinya struktur perlipatan berupa antiklin dan sink serta struktur sesar yang terdiri atas sesar naik, se normal dan sesar geser mendatar. Umumnya struk berarah Timurlaut Baratdaya di Buton Selatan, kemud berarah Utara Selatan di Buton Tengah, dan Utar Baratlaut hingga Selatan - Tenggara di Buton Uta Sesar-sesar mendatar umumnya memotong strul utama yang merupakan struktur antiklin - sinklin, dim secara garis besar struktur antiklin - sinklin berarah re sejajar dengan arah memanjangnya tubuh batuan Tersier.

Peristiwa tektonik yang terjadi berulang-ul menyebabkan batuan-batuan yang berumur lebih mengalami beberapa kali aktivitas struktur, sehir batuan tua umumnya dijumpai dengan kemirir lapisan yang relatif tajam. Sedangkan pada batuan y lebih muda kemiringan lapisan relatif lebih la dibandingkan dengan batuan berumur tua.

Hasil Analisis dan Diskusi

Potensi Hidrokarbon

Evaluasi potensi hidrokarbon terhadap batu serpih Fm. Winto dilakukan berdasarkan data hasil analisis karbon organik, pirolisis Rock Eval dan ekstraksi batuan seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Batuan serpih menunjukkan kandungan karbon organik dengan kategori 'sangat bagus' (TOC = 11,57%; Tabel 2). Kombinasi antara data TOC dan pirolisis Rock Eval menunjukkan batu serpih Fm. Winto sebagai batuan sumber dengan kategori 'sangat bagus' (Potential Yield = 36,88 mg/gram). Plot antara karbon organik terhadap potensi kesuburan (S2) maupun indek hidrogen (HI) memberikan gambaran sangat jelas mengenai potensi yang sangat tinggi dari batu serpih TRW-1 sebagai batuan sumber hidrokarbon, Gambar 2 dan Gambar 3.

Kandungan hidrogen yang tinggi seperti ditunjukkan oleh indek hidrogen dengan nilai >300 (HI = 312 mg/g) dan oskigen rendah (OI = 18 mg/g) mencerminkan kerogen Tipe II (mixed oil and gas prone kerogen). Kerogen tipe ini berpotensi sebagai penghasil minyak atau gas apabila berada pada tingkat kematangan termal yang cukup tinggi. Plot antara indek hydrogen (HI) terhadap Tmax dan indek oksigen (OI) memberikan gambaran mengenai kualitas batu serpih Fm. Winto sebagai batuan sumber minyak dan gas, (lihat Gambar 3 dan Gambar 4).

Pada kondisi saat ini dimana batu serpih Fm. Winto (TRW-1) ditemukan, tingkat kematangan yang masih rendah ditunjukkan oleh harga Tmax = 421oC. Sebagai tambahan, tingkat kematangan batuan pada Fm. Winto dapat dikategorikan sebagai belum matang (immature) yang direfleksikan oleh nilai vitrinit reflektan Rv mean 0,20% 0,61% (Tobing, 2004). Indikator lain adalah rasio hidrokarbon bebas (S1) terhadap kandungan kerogennya (S2) yang diekpresikan sebagai indek produksi (PI). Perconto batu serpih teranalisis menunjukkan nilai PI = 0,02 mg/g jauh di bawah nilai 0,2 yang merupakan ambang batas (threshold) suatu batuan sumber dikatakan sebagai matang secara termal dan telah terjadi pembentukan minyak bebas hasil degradasi termal dari kerogen (lihat Tabel 2). Kondisi ini lebih menunjukkan karakter perconto batuan TRW-1 sebagai batu serpih atau 'oil shale'. Seperti diketahui bahwa batu serpih selalu dicirikan oleh tingginya kandungan bahan organik/kerogen tetapi rendah kandungan hidrokarbon bebas (bitumen) dan tingkat kematangan termalnya.

Ekstraksi, Fraksinasi dan Gas Kromatografi (GC)

Analisis ekstraksi dilakukan terhadap batu serpih Fm. Winto (TRW-1). Sedangkan fraksinasi meliputi 5 conto yang terdiri dari bitumen (TRW-1) hasil ekstraksi, aspal (LWL-1) dan fraksi maltin hasil deasphaltene, aspal (OBE-2) dan minyak rembesan (KPR-1). Terhadap fraksi saturat hasil fraksinasi dilakukan analisis sidikjari n-alkana (GC) maupun kandungan biomarkernya (GCMS). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi serta karakter hidrokarbon yang terkandung di dalam batuan serpih Fm. Winto, minyak rembesan, atau aspal yang dijumpai di lokasi kajian. Data sidikjari n-alkana maupun biomarker digunakan untuk mencari hubungan (korelasi) antara batu serpih Fm. Winto dan minyak rembesan atau aspal, serta antara minyak rembesan dan aspal.

Hasil analisis ekstraksi dan fraksinasi batu serpih (TRW-1) menunjukkan jumlah yang tinggi (EOM = 9,239 ppm; Tabel 3). Pada kondisi kematangan termal rendah, jumlah ekstrak tersebut mencerminkan potensi batu serpih Fm. Winto sebagai batuan sumber hidrokarbon. Plot hasil ekstraksi batuan terhadap kandungan karbon organiknya memberikan gambaran tentang potensi batuan sumber dari batu serpih Fm. Winto (Gambar 5).

Komposisi hasil ekstraksi dimana secara kuantitatif fraksi saturat jauh lebih tinggi terhadap aromatik menunjukkan karakter dari hidrokarbon asal algal sebagai unsur yang dominan. Sedangkan fraksi non-polar (NSO) yang dominan menunjukkan bahwa batu serpih Fm. Winto masih tergolong rendah tingkat kematangan termalnya. Hal ini sekaligus memberikan indikasi bahwa batu serpih TRW-1 mempunyai karakter 'serpih minyak' (oil shale).

Seluruh hasil fraksinasi dilakukan analisis kromatografi gas (GC) dan dilanjutkan dengan analisis kromatografi gas spektroskopi masa (GCMS). Hasil analisis GC ditampilkan pada Tabel 3, Gambar 6 dan Gambar 7. Kecuali batu serpih (TRW-1) dan minyak rembesan (KPR-1), rembesan aspal (LWL-1) dan (OBE-2) telah mengalami degradasi lanjut baik oleh bakteri aerobik maupun termal.

Sidikjari n-alkana dari hasil proses deasphaltene (LWL-1 DA) juga memberikan indikasi biodegradasi sehingga diperkirakan rembesan aspal telah cukup lama berada di permukaan. Kondisi degradasi tersebut ditunjukkan oleh hilangnya seluruh n-alkana maupun isoprenoida-isoprenoida seperti pristana dan fitana, sehingga tidak diperoleh informasi mengenai karakter hidrokarbonnya (Gambar 6). Sedangkan minyak rembesan (KPR-1) dan batu serpih (TRW-1) masih menunjukkan konfigurasi sidikjari n-alkana yang jelas sehingga karakter hidrokarbonnya dapat diketahui dengan baik. Konfigurasi n-alkana minyak rembesan (KPR-1) dengan distribusi mulai dari n-C5 sampai dengan n-C36 dan dominasi senyawa-senyawa jumlah karbon rendah mencerminkan hidrokarbon dari batuan sumber yang telah matang secara termal. Batu serpih (TRW-1) dicirikan oleh distribusi n-alkana mulai dari n-C12 sampai n-C36 dengan karakter dominan pada n-C15 s/d n-C19 menunjukkan adanya kontribusi algal yang cukup dominan. Rasio CPI = 1,0 pada minyak rembesan (KPR-1) dibandingkan CPI = 1,61 pada batu serpih (TRW-1) menunjukkan kematangan termal yang jauh lebih tinggi.

Rasio pristana (pristane) terhadap fitana (phytane) dalam minyak rembesan (KPR-1) dan ekstrak batu serpih (TRW-1) menunjukkan nilai masing-masing 1,51 dan 1,21 mencerminkan kondisi lingkungan pengendapan bahan organik kurang oksigen (reduktif). Plot antara pristana/n-C17 terhadap fitana/n-C18 menunjukkan minyak rembesan KPR-1 dan batu serpih TRW-1 mengandung bahan organik tipe II sampai III (mixed kerogen) serta diendapkan pada lingkungan reduktif. Meskipun demikian, minyak rembesan (KPR-1) menunjukkan tingkat kematangan termal yang jauh lebih tinggi daripada batu serpih (TRW-1) (Gambar 7).

Analisis lanjutan dilakukan dengan metoda GCMS terhadap fraksi saturat dari miyak rembesan, ekstrak batuan serta aspal rembesan. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, Gambar 8 dan Gambar 9.

Asal Bahan Organik dan Lingkungan Pengendapan

Analisis GCMS fraksi saturat dilakukan dengan fokus pada biomarker sterana (m/z 217) dan triterpana (m/z 191). Sidikjari biomarker sterana pada minyak rembesan (KPR-1), aspal rembesan (LWL-1) dan (OBE-2) serta batu serpih (TRW-1) masing-masing menunjukkan karakter yang berbeda. Minyak rembesan (KPR-1) terlihat telah mengalami degradasi termal yang cukup tinggi sehingga konfigurasi ion kromatogram sterana menunjukkan dominasi senyawa-senyawa diasterana (Gambar 8). Senyawa-senyawa diasterana sangat resisten terhadap degradasi baik biologis maupun termal, sehingga keberadaanya dalam jumlah yang dominan mencerminkan proses geologi tertentu yang telah dialami oleh minyak rembesan sebelum mencapai kondisi sekarang. Diperkirakan minyak rembesan telah mengalami migrasi beberapa kali dari batuan sumbernya sehingga senyawa-senyawa yang tersisa adalah yang mempunyai resistensi tinggi dalam berbagai kondisi geologi. Komposisi sterana dari minyak rembesan (KPR-1) maupun aspal (LWL-1) menunjukkan bahwa bahan organik penghasil hidrokarbon bukan berasal dari tumbuhan darat melainkan algal akuatik asal lingkungan tertutup seperti danau, laguna atau marin (Gambar 9).

Pada conto aspal (OBE-2), senyawa-senyawa C27, C28 dan C29 tidak dapat terdeteksi dengan baik akibat degradasi biologis maupun termal yang telah berlangsung intensif sehingga komposisi sterana tidak dapat ditentukan. Senyawa-senyawa diasterana yang resisten terhadap degradasi termal tidak dijumpai pada aspal (OBE-2) menunjukkan batuan sumber asal miskin akan mineral lempung, kemungkinan berasosiasi dengan karbonat.

Meskipun perlu dikonfirmasikan dengan analisis GCMS-MS, pada perconto aspal (LWL-1) maupun (OBE-2) dijumpai senyawa spesifik yaitu C30 sterana (pik no 17, C30ST) yang merupakan indikator bahan organik asal lingkungan marin dan kemungkinan besar adalah algal. Aspal (LWL-1) berbeda dengan aspal (OBE-2) karena kandungan senyawa-senyawa diasterana yang jauh lebih dominan. Senyawa-senyawa diasterana juga diketahui banyak dijumpai pada batuan sumber yang kaya akan mineral-mineral lempung. Sedangkan rendahnya senyawa-senyawa tersebut pada aspal (OBE-2) memungkinkan adanya perbedaan fasies lingkungan pengendapannya.

Batu serpih (TRW-1) menunjukkan konfigurasi sidikjari sterana dengan komposisi C29>C27>C28. Pada diagram komposisi sterana (Huang and Meinchein, 1979), dominasi dari senyawa-senyawa C27 dan C29

sterana menunjukkan adanya kontribusi dari unsur-unsur organisma akuatik dan juga tumbuhan darat (terrestrial higher plant) (lihat Gambar 9). Batuan sumber hidrokarbon (TRW-1) dari Fm. Winto yang kaya akan bahan organik tersebut kemungkinan berasal dari lingkungan pengendapan akuatik tertutup (close system). Meskipun demikian, rasio tingkat kematangan termal dari biomarker sterana memberikan indikasi bahwa bahan organik terkandung dalam batu serpih (TRW-1) masih belum cukup matang untuk dapat menghasilkan hidrokarbon secara komersial. Hal tersebut ditunjukkan oleh rendahnya rasio parameter kematangan termal (C29 20S/R = 0,10 dan C29 αββ / αββ + ααα = 0,28) yang mencerminkan proses isomerisasi yang belum intensif.

Senyawa-senyawa lain yang terdapat pada batu serpih (TRW-1) adalah metil sterana yang terdiri dari C28 metilkolestana (MC), C29 metilergostana (ME) dan C30 metil stigmastana (MS) (lihat Gambar 8). Keberadaan senyawa tersebut menunjukkan peran bakteri metilotropik yang intensif dalam proses degradasi bahan organik yang umumnya terjadi pada lingkungan danau berair tawar (Whiters, 1983).

Senyawa biomarker lain yang penting pada fraksi saturat terdiri dari trisiklo- dan tetrasiklo- terpana serta pentasiklo triterpana. Pada Gambar 10 terlihat sidikjari ion kromatogram terpana dan triterpana (m/z 191) menunjukkan karakter spesifik yang berbeda dari minyak rembesan (KPR-1), aspal (LWL-1) dan aspal (OBE-2) serta batu serpih (TRW-1). Kromatogram ion triterpana minyak rembesan (KPR-1) secara jelas memperlihatkan bahwa hanya biomarker dari senyawa-senyawa trisiklo trepana yang tertinggal di dalam minyak tersebut dengan distribusi mulai dari C19 sampai dengan C31. Senyawa-senyawa tetrasiklo trepana dan pentasiklo triterpana dijumpai dalam jumlah yang sangat sedikit dan hampir absen. Kondisi ini mencerminkan telah tejadi berbagai macam proses degradasi terutama secara termal terhadap minyak rembesan tersebut selama proses migrasi menuju tempat akumulasinya saat ini. Hanya senyawa-senyawa yang mempunyai resistensi tinggi seperti trisiklo trepana dapat tetap bertahan di dalam minyak rembesan tersebut. Kehadiran senyawa-senyawa C26 trisiklo terpana yang sangat jelas dengan gugus lebih dominan terhadap C24 tetrasiklo terpana (tanda lingkar warna biru) merupakan ciri khusus suatu bahan organik asal lingkungan danau (ten Haven, 2002). Unsur-unsur tanaman darat tidak dijumpai pada minyak rembesan dan menunjukkan bahwa sumber utama bahan organiknya adalah dari kehidupan akuatik algal atau bakteri.

Identifikasi senyawa-senyawa hopana tidak dapat dilakukan karena hampir seluruhnya telah mengalami degradasi termal. Keberadaan senyawa C29 norhopana yang masih terdeteksi dengan intensitas jauh lebih dominan daripada senyawa C30 hopana menunjukkan resistensi senyawa tersebut terhadap degradasi termal yang tinggi. Untuk minyak rembesan (KPR-1), intensitas keberadaan C29 norhopana yang jauh lebih besar dari C30 hopana tidak memberikan indikasi bahwa batuan sumber berasosiasi dengan karbonat. Senyawa-senyawa trisiklo terpana yang dominan diketahui tidak dijumpai pada batuan sumber yang berasosiasi dengan karbonat.

Perconto aspal (LWL-1) dan juga fraksi hasil deaspalthene menunjukkan konfigurasi kromatografi ion terpana dan triterpana (m/z 191) dari suatu hidrokarbon asal batuan sumber yang berasosiasi dengan lingkungan karbonat. Hal tersebut ditunjukkan oleh anomali senyawa-senyawa 17α (H) trisnorhopana(Tm)>> 18 α (H) trisnorhopana(Ts) serta C29 norhopana>>>C30 hopana (lihat Gambar 10). Kondisi yang lebih ekstrim dalam kaitannya dengan batuan sumber dari lingkungan pengendapan karbonat dan salinitas tinggi (hypersaline) ditunjukkan oleh aspal (OBE-2). Hidrokarbon dari perconto ini dicirikan oleh anomali kehadiran senyawa-senyawa C24 tetrasiklo terpana, C29 norhopana>C30 hopana serta gamaserana (G) yang sangat tinggi (Gambar 10). Kondisi lingkungan pengendapan karbonat dengan salinitas tinggi seperti ini jelas menunjukkan asosiasi marin yang bersesuaian dengan data biomarker sterana dimana terindikasikan bahwa batuan sumber miskin akan mineral-mineral lempung.

Batu serpih (TRW-1) dari Fm. Winto menunjukkan konfigurasi ion kromatogram terpana dan triterpana yang umum dijumpai pada hidrokarbon dari suatu bahan organik dengan kematangan termal rendah. Seperti ditunjukkan oleh biomarker sterana, tingkat kematangan termal rendah batu serpih (TRW-1) terlihat dari rendahnya rasio 22S/R = 0,41 dan juga kehadiran senyawa-senyawa moretana (NM dan M) yang masih cukup tinggi (rasio Mor/Hop = 0,17). Tidak dijumpai unsur-

unsur tanaman darat menunjukkan bahwa akuatik algal atau bakteri berperan besar di dalam pembentukan bahan organik dari sumber hidrokarbon batu serpih (TRW-1). Analisa petrografi organik dari batu serpih Fm. Winto menunjukkan maseral lamalginit tipe Rundel? mendominasi kandungan batuan serpih (Tobing, 2004). Sebagai tambahan, batu serpih dengan karakter biomarker hopana seperti ini, di Indonesia banyak dijumpai pada sedimen-sedimen danau. Meskipun demikian, keberadaan senyawa-senyawa C26 trisiklo trepana yang secara kuantitas lebih kecil dibandingkan dengan C24 tertrasiklo trepana mengabaikan asal lingkungan pengendapan danau. Diperkirakan bahwa batu serpih (TRW-1) merupakan bagian dari 'serpih minyak' Fm. Winto yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal (marine shelf).

Secara umum dapat dilihat bahwa baik minyak rembesan, aspal dan batu serpih Fm. Winto tidak memperlihatkan adanya kontribusi dari tumbuhan darat seperti resin, oleanoida atau oleanana (yang umum dijumpai di cekungan-cekungan hidrokarbon Indonesia Barat). Kondisi seperti ini memperlihatkan bahwa hidrokarbon dari daerah kajian dihasilkan oleh suatu sistim yang berbeda dengan cekungan Indonesia Barat. Seperti diketahui bahwa sistim hidrokarbon di Indonesia Timur banyak di dominasi oleh karakter akuatik atau marin. Kondisi ini juga tercermin pada minyak rembesan, aspal maupun batu serpih dari daerah kajian sehingga hidrokarbon dari P. Buton banyak berasal dari petroleum system Indonesia bagian Timur. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah ketidak hadiran senyawa-senyawa oleanana pada perconto teranalisis kemungkinan menunjukkan bahwa batuan sumber asal hidrokarbon berasal dari sistem yang lebih tua dari zaman Kapur. Seperti diketahui bahwa sebelum zaman tersebut tidak pernah ditemukan senyawa-senyawa oleanana baik pada minyak maupun batuan sumbernya.

Korelasi Antara Batu Serpih (TRW-1), Minyak Rembesan (KPR-1), Aspal (LWL-1) dan Aspal (OBE-2).

Analisis biomarker terhadap fraksi saturat menunjukkan dengan jelas bahwa tidak ditemukan korelasi positif antara hidrokarbon dari batu serpih Fm. Winto (TRW-1) dan aspal (LWL-1 dan OBE-2) pada batuan Fm. Sampolakosa di daerah Sampolawa, P. Buton. Minyak rembesan diperkirakan berasal da batuan sumber yang diendapkan di lingkungan dana tertutup. Aspal (LWL-1) menunjukkan karakter baha organik algal asal marin karbonat sedangkan baha organik aspal (OBE-2) kemungkinan bersumber dari sis sisa kehidupan algal dengan lingkungan pengendapa marin karbonat dan salinitas tinggi (hypersaline). Ba serpih Fm. Winto (TRW-1) menunjukkan karakt hidrokarbon dari bahan organik dengan tingk kematangan termal rendah. Hidrokarbon dari batu serp tidak mengandung unsur-unsur spesifik sepe kelimpahan C26 trisiklo trepana, gamaserana atau C sterana, sehingga bukan merupakan batuan sumber d minyak rembesan maupun aspal.

Kesimpulan

Evaluasi hasil kajian geokimia terhadap con conto permukaan yang terdiri dari 2 aspal (LWl-1 d OBE-2) Fm. Sampolakosa, satu (1) batu serpih Fm. Wi (TRW-1) dan satu (1) minyak rembesan (KPR-1) pa batuan Fm. Tondo, P. Buton, Sulawesi Tengg memberikan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisis TOC dan Rock Eval menunjukl bahwa batu serpih Fm. Winto berpotensi san bagus sebagai batuan sumber minyak.
  Pada tingkat kematangan termal yang tinggi b serpih (TRW-1) diharapkan dapat menghasil minyak dengan jumlah yang ekonomis.
- Batu serpih Fm. Winto masih berada pada ting kematangan termal rendah dan pada kondisi s ini berkarakter 'serpih minyak' (oil shale) dan ti diharapkan akan dapat menghasilkan min secara optimal terkecuali dilakukan artif destilasi destruktif.
- Rembesan minyak dan aspal dihasilkan batuan sumber yang telah mengal kematangan termal tinggi.
- Algal akuatik merupakan sumber bahan org baik untuk rembesan minyak dan aspal mau batu serpih Fm. Winto.
- Rembesan minyak diperkirakan berasal batuan sumber yang diendapkan da lingkungan danau, sedangkan aspal berasal lingkungan marin karbonat. Batu serpih Fm. V diperkirakan berasal dari lingkun

pengendapan laut dangkal.

- Hasil analisis biomarker menunjukkan tidak dijumpai korelasi positif antara minyak rembesan (KPR-1) dengan aspal (LWL-1) dan aspal (OBE-2). Tidak ada korelasi positif antara batu serpih Fm. Winto dan rembesan minyak maupun aspal.
- Aspal (LWL-1) dan aspal (OBE-2) berasal dari batuan sumber yang sama-sama diendapkan lingkungan pengendapan marin karbonat.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Herudiyanto yang telah memeriksa dan mengedit naskah. Kepada Fx. Widiyarto (Lemigas) yang menganalisis conto di lab disampaikan terimakasih. Terimakasih juga tidak lupa kepada Sukardjo dan Asep Suryana (KPP Energi Fosil) yang membantu sarana hingga tulisan ini selesai.

Acuan

Blumer, M., and Snyder., W. D., (1965). Isoprenoids hydrocarbons in recent sediments: presence of pristine and probable absence of phytane. Science 150, p. 1588.

Bordenave, M. L., (Ed.) (1993). Applied Petroleum Geochemistry, 524 pp, Editions Technip, Paris.

Brassel, S. C., Eglinton, G. and Fu Jia Mo., (1986). Biological compound markers as indicators of depositional history of the Maoming oil shale. In: Leythauser, D. and Rullkotter, J., (Eds.) Advances in Organic Geochemistry, 1985. Organic Geochem. 10, pp. 927 - 941.

Bray, E. E., and Evans, E. D., (1961). Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. Geochim. Cosmocim. Acta 22, pp. 2 - 15.

Didyk, B. M., Simoneit, B. R. T., Brassell, S. C., and Eglinton, G., (1978). Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation. Nature 272, pp. 216 - 221.

Grantham, P. J., (1986). Sterane isomerisation and moretane/hopane ratio in crude oil derived from Tertiary source rocks. Org. Geochem. 9, 293 - 304.

Gelpi, E., Schneider, H., Mann, J., And Oro, J., (1970). Hydrocarbons of geochemical significance in microscopic algae. Phytochemistry, Vol. 9, pp. 603 - 612.

Gilbert, J. M., De-Andrade-Bruning, I. M. R., Noorer, D. W., and Oro, J., (1975). Predominance of isoprenoids among the alkanes in the Irati oil shale, Permian of Brasil. Chemical Geology 15, pp. 209 - 215.

Goosen, H., de Leeuw J. W., Schrenck, P. A., and Brassel, S. C., (1984). Tochoperols as likely precursors of pristine in ancient sediments and crude oils. Nature, 312, pp. 440 - 442.

Huang, W.-Y. and Meinschein, W. G., (1979). Sterols as ecological indicators. Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 739 - 745.

Mackenzie A. S. (1984). Applications of biological markers in petroleum geochemistry. In, Brooks, J., and Welte, D., (Eds.). Advances in Petroleum Geochemistry I, pp. 115 - 214. Academic Press, London.

Mackenzie, A. S., Hoffmann, C. F., and Maxwell, J. R., (1981). Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France - III. Changes in aromatic steroid hydrocarbons. Geochim. Cosmocim. Acta, 45, pp. 1345 - 1355.

Mackenzie, A. S., Lamb, N. A., and Maxwell, J. R., (1982b). Steroid hydrocarbons and the thermal history of sediments. Nature, 295, pp. 223 - 226.

Mackenzie, A. S., Quirke, J. M. E., Maxwell, J. R., Vandenbroucke, M., and Durand, B., (1980). Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France - I. Changes in the configurations of acyclic isoprenoid alkanes, steranes and triterpanes. Geochim. Cosmochim. Acta, 44, pp. 1709 - 1721.

Mackenzie, A. S., and Quigley, T. M., (1988). Principles of Geochemistry Prospect Appraisal. AAPG Bull., 72, pp. 399 415.

Moldowan, J. M., Seifert, W. K., and Gallegos, E. J., (1985). Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. AAPG Bull. 69, pp. 1255 - 1268.

Moldowan, J. M., Sundararaman P., and Schoell, M., (1986). Sensitivity of biomarker properties to depositional environment and/or source input in the Lower Toarcian of S. W. Germany. Org. Geochem. 10, pp. 915 - 926.

Ourisson, G., Albrecht, P., and Rohmer, M., (1979). The hopanoids. Palaeochemistry and biochemistry of a group of natural products. Pure and Applied Chemistry, 51, pp. 709 - 729.

Peters, K. E., and Moldowan, J. M., (1993). The Biomarker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments, 363 pp, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.

Philp, R. P., (1985). Fossil Fuel Biomarkers, 294 pp. Elsevier, N. Y.

Powell, T. G., and McKirdy, D. M., (1973). Relationship between ratio of pristane to phytane, crude oil composition and geological environment in Australia. Nature, 243, pp. 37 - 39.

Radke, M., Garrigues, P., and Willsch, H., (1990). Methylated dicyclic and tricyclic aromatic hydrocarbons in crude oils from the Handil field, Indonesia. Organic Geochemistry, 15, pp. 17 - 34.

Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1978). Applications of steranes, terpanes and monoaromatic to the maturation, migration and source of crude oils. Geochim. Cosmochim. Acta, 42, pp. 77 - 95.

Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1980). The effect of thermal stress on source rock quality as measured by hopane stereochemistry. In, Douglas, A. G., and Maxwell, J. R. (Eds.,). Advances in Organic Geochemistry, 1979. pp. 229 - 237. Pergamon Press, Oxford.

Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1981). Paleoreconstruction by biological markers. Geochim. Cosmocim. Acta, 45, pp. 783 - 794.

Seifert, W. K., and Moldowan, J. M., (1986). Use of biological markers in petroleum exploration. In, Johns, R. B., (Ed.). Biological Markers in the Sedimentary Record, Methods in Geochemistry and Geophysics, 24, pp. 261 - 290. Elsevier, Amsterdam.

Sieskind, O., Joly, G., and Albrecht, P., (1979). Simulation of the geochemical transformation of sterols: superacid effects of clay minerals. Geochim. Cosmocim. Acta, 43, pp. 1675 - 1679.

Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R. J. B., and Gafoer, S., 1995. Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara. Geological Map of the Buton Sheet, Southeast Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Simoneit, B. R. T., Grimalt, J. O., Wang, T. G., Cox, R. E., Hatcher, P. G., and Nissenbaum, A., (1986). Cyclic terpenoids of contemporary resinous plant detritus and of fossil woods, ambers and coals. In, Leythaeuser, D., and Rullkötter, J., (Eds.). Advances in Organic Geochemistry, 1985, Org. Geochem. 10, pp. 877 - 889. Pergamon Journals, Oxford.

Tissot, B. P., and Welte, D. H., (1984). Petroleum Formation and Occurrence, 699 pp, Springer-Verlag, Berlin.

Tissot, B. P., Durand, B., Éspitalié, J., and Combaz, A., (1974). Influence of the nature of diagenesis of organic matter in formation of petroleum. AAPG Bull. 58, pp. 499 - 506.

Tissot, B. P., Pelet, R., and Ungerer, P., (1987). Thermal history of sedimentary basins, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation. AAPG Bull. 71, pp. 1445 - 1466.

Tobing, S. M. (2004). Laporan Inventarisasi Bitumen Padat Dengan 'Outcrop Drilling' Di Daerah Sampolawa, Kabupaten Buton, Prop. Sulawesi Tenggara. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.

Volkman, J. K., (1986). A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. Org. Geochem. 9, pp. 84 - 99.

Waples, D. W., and Machihara, T., (1990). Application of sterane and triterpane biomarkers in petroleum exploration. Bull. Can. Pet. Geol. 38, pp. 357 - 380.

Whitehead, E. V., (1974). The structure of petroleum pentacyclanes. In, Tissot, B., and Bienner, F., (Eds.). Advances in Organic Geochemistry, 1973. pp. 225 - 243. Editions Technip, Paris.

Whiters, N., (1983). Dinoflagellate sterols. In, Scheur, P. J., (Ed.). Marine Natural Products, pp. 87 - 130. Academic Press, New York.

Tabel 1
Jumlah dan Jenis Analisis

Tipe perconto : Singkapan
Lokasi : P. Buton

No.	Tipe Analisis	Jumlah Perconto
1.	Total Karbon Organik	1
2.	Pirolisis Rock Eval	1
3.	Ekstraksi	1
4.	Fraksinasi	5
5.	Kromatografi Gas (GC)	5
6.	Kromatografi Gas Spektroskopi Masa (GCMS) fraksi saturat	5

Tabel 2

DATA KARBON ORGANIK TOTAL DAN PIROLISIS ROCK EVAL

Tipe perconto: batuan permukaan — **Lokasi: P. Buton**

No.	Kode perconto	Tipe perconto	Diskripsi perconto	TOC (%)	S1	S2	S3	PY	S2/S3	PI	PC	Tmax (°C)	HI	OI
					mg/g									
1	TRW-1	permukaan	serpih minyak	11.57	0.74	36.14	2.11	36.88	17.13	0.02	3.06	421	312	18

Remarks :

TOC : Total Karbon Organik
S1 : Jumlah Hidrokarbon bebas
S2 : Jumlah hidokarbon dari kerogen
S3 : Karbon dioksida
PY : Jumlah Total Hidrokarbon = (S_1 + S_2)
PI : Indek Produksi = (S_1/ S_1 + S_2)
PC : Karbon terpirolisis
Tmax : Temperatur maksimum (°C) at the top of S_2 peak
HI : Indek Hidrogen = (S_2/TOC) x 100
OI : Indek Oksigen = (S_3/TOC) x 100

Tabel 3

DATA KOMPOSISI EKSTRAK BATUAN DAN KROMATOGRAFI GAS

Tipe perconto: batuan permukaan — **Lokasi: Pulau Buton, Sulawesi Tenggara**

No.	Kode Sampel	Tipe perconto	Diskripsi perconto	BOM (ppm)	TOC	Sat.	Aro.	NSO	Asp.	HC (ppm)	Ekstrak	HC	Pr/Ph	Pr/ n-C_{17}	Ph/ n-C_{18}	CPI	C_{29}-C_{33}/ C_{15}-C_{19}
					(%berat)						(mg/g TOC)						
1	KPR-1	Permukaan	Minyak rembesan	-	-	62.57	34.50	2.93	-	-	-	-	1.51	0.67	0.52	1.00	0.13
2	LWL-1	Permukaan	Impregnasi aspal	-	-	23.42	10.36	21.41	44.81	-	-	-	BIODEGRADASI				
3	LWL-1(deasph)	Permukaan	Impregnasi aspal	-	-	68.56	29.42	2.02	-	-	-	-	BIODEGRADASI				
4	OBE-2	Permukaan	Lelehan aspal	-	-	31.53	19.17	35.67	13.63	-	-	-	BIODEGRADASI				
5	TRW-1	Permukaan	Serpih	9,239	11.57	26.65	8.32	65.03	-	3,231	79.85	12.12	1.21	1.99	1.61	1.32	3.34

Catatan:

BOM : gram bitumen/gram sample x 10^6 (ppm)
TOC : Total Karbon Organik (% wt)
Sat : Fraksi Saturat
Aro : Fraksi Aromatik
NSO : Fraksi non-polar
Asp. : Fraksi Aspaltena
Pr : Pristana
Ph : Fitana
n-C_{17} : Alkana normal
CPI : Carbon Preference Index
CPI = $(C_{25}+C_{27}+C_{29})+(C_{27}+C_{29}+C_{31})/2*(C_{26}+C_{28}+C_{30})$
HC (ppm) : (% sat + % aro) x Extract ppm
Ekstrak (mg/g TOC) : Ekstrak (ppm) / 10 x TOC
HC (mg/g TOC) : HC (ppm)/ 10 x TOC

Tabel 4

DATA BIOMARKER FRAKSI SATURAT

Tipe perconto: permukaan — Lokasi: Buton, Sulawesi Tenggara

Depth (m)	KPR-1	LWL-1	LWL-1 (DA)	OBE-2	TRW-1
Triterpanes					
C_{19}/ C_{23} Tricyclic	0.50	0.25	0.44	0.27	0.09
C_{24} Te/ C_{26} Tricyclic	0.99	1.49	1.48	1.67	1.20
C_{26}/ C_{25} Tricyclic	3.56	0.78	0.83	0.79	1.13
Tricyclic/ Hopane	19.97	0.30	0.33	0.66	0.09
Ts/(Ts+Tm)	-	0.18	0.18	0.30	0.32
C_{29}/ C_{30} Hopanes	3.22	8.55	8.72	1.07	0.57
Oleananes/C_{30} Hopane	-	-	-	-	-
C_{30} Moretane/ C_{30} Hopane	-	-	-	-	0.17
22S/(22S+22R)	-	0.64	0.65	0.56	0.41
C_{35}/Hopanes	-	-	-	-	-
Gammacerane	-	+	+	+++	-
BMI (T/T'+R)	-	-	-	-	-
Steranes					
Steranes/Hopanes	-	0.03	0.02	-	0.10
Diasteranes/Steranes	1.16	0.59	0.83	-	0.06
20S/(20S+20R) C_{29}	0.57	0.50	0.56	-	0.10
C C_{29}	0.67	0.48	0.47	-	0.28
C_{27} Steranes	34	37	40	-	23
C_{28} Steranes	30	31	27	-	23
C_{29} Steranes	36	31	33	-	55
C_{30} Steranes (?)	-	+	+	+	-

Notes:
Mor. : Moretane
Hop. : Hopane
Tri : Tricyclic terpane
Te : Tetracyclic terpane
22 S/R: C_{31} S/R homohopanes
Ts : Trisnorhopane
Ts : Trisnorhopane
20 S/R: C_{29} S/R steranes

+ : terdeteksi
+++ : dominan
? : perl dilakukan analisis GCMSMS

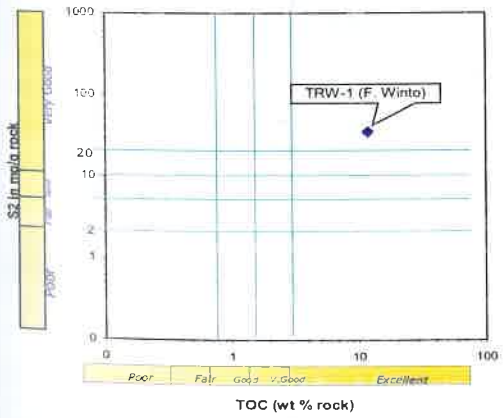
Tabel 5
Identifikasi Pik Senyawa Sterana

Notasi Pik	Jumlah Karbon	Nama Senyawa
1	C_{27}	13? , 17? -Diacholestane 20S
2	C_{27}	13? , 17? -Diacholestane 20R
3	C_{27}	13? , 17? -Diacholestane 20S
4	C_{27}	13? , 17? -Diacholestane 20R
5	C_{27}	5? , 14? , 17? -Cholestane 20S
6	C_{27}	5? , 14? , 17? -Cholestane 20R
7	C_{27}	5? , 14? , 17? -Cholestane 20S
8	C_{27}	5? , 14? , 17? -Cholestane 20R
9	C_{28}	5? , 14? , 17? -Ergostane 20S
10	C_{28}	5? , 14? , 17? -Ergostane 20R
11	C_{28}	5? , 14? , 17? -Ergostane 20S
12	C_{28}	5? , 14? , 17? -Ergostane 20R
13	C_{29}	5? , 14? , 17? -Stigmastane 20S
14	C_{29}	5? , 14? , 17? -Stigmastane 20R
15	C_{29}	5? , 14? , 17? -Stigmastane 20S
16	C_{29}	5? , 14? , 17? -Stigmastane 20R
17	C_{30}?	4-desmethyl C_{30} Steranes?
MC	C_{28}	Methyl cholestane
ME	C_{29}	Methylergostane
MS	C_{30}	Methyl stigmastane 20R

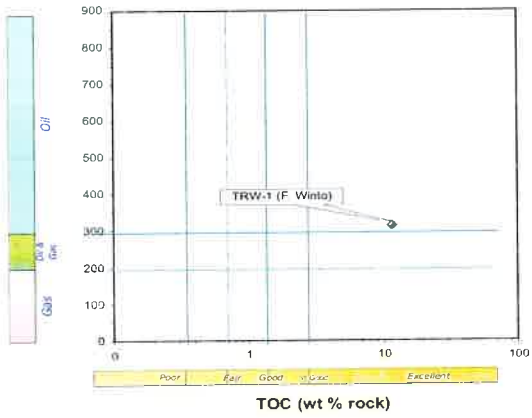
Tabel 6
Identifikasi Pik Senyawa Terpana dan Triterpana

Notasi Pik	Jumlah Karbon	Nama Senyawa
19/3	C_{19}	C_{19} Tricyclic terpane
20/3	C_{20}	C_{20} Tricyclic terpane
21/3	C_{21}	C_{21} Tricyclic terpane
23/3	C_{23}	C_{23} Tricyclic terpane
24/3	C_{24}	C_{24} Tricyclic terpane
25/3	C_{25}	C_{25} Tricyclic terpane
24/4	C_{24}	C_{24} Tetracyclic terpane
26/3	C_{26}	C_{26} Tricyclic terpane (S+R)
28/3	C_{28}	C_{28} Tricyclic terpane (S+R)
29/3	C_{29}	C_{29} Tricyclic terpane (S+R)
30/3	C_{30}	C_{30} Tricyclic terpane (S+R)
31/3	C_{31}	C_{31} Tricyclic terpane (S+R)
27/5 Ts	C_{27}	22,29,30- Trisnorneohopane (Ts)
27/5 Ts	C_{27}	22,29,30- Trisnorhopane (Tm)
29/5	C_{29}	17a,21b-30-Norhopane
D	C_{30}	Diahopane
NM	C_{29}	17? ,21? 30-Normoretane
30/5	C_{30}	17b,21a-Hopane
M	C_{30}	17? 21? Moretane
31/5	C_{31}	17? 21? Homohopane 22S
31/5	C_{31}	17? 21? Homohopane 22R
32/5	C_{32}	17? 21? Bishomohopane 22S
32/5	C_{32}	17? 21? Bishomohopane 22R
G	C_{30}	Gamacerane
33/5	C_{33}	17? 21? Trishomohopane 22S
33/5	C_{33}	17? 21? Trishomohopane 22R
34/5	C_{34}	17? 21? Tetrakishomohopane 22S
34/5	C_{34}	17? 21? Tetrakishomohopane 22R
35/5	C_{35}	17? 21? Pentakishomohopane 22S
35/5	C_{35}	17? 21? Pentakishomohopane 22R

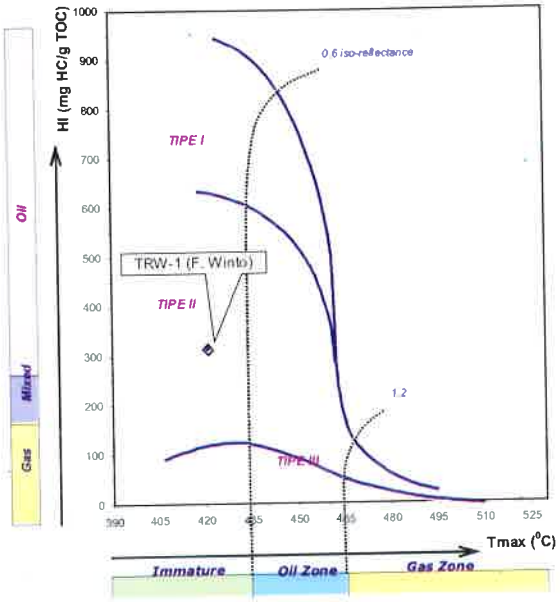
Gambar 1
TOC vs S2



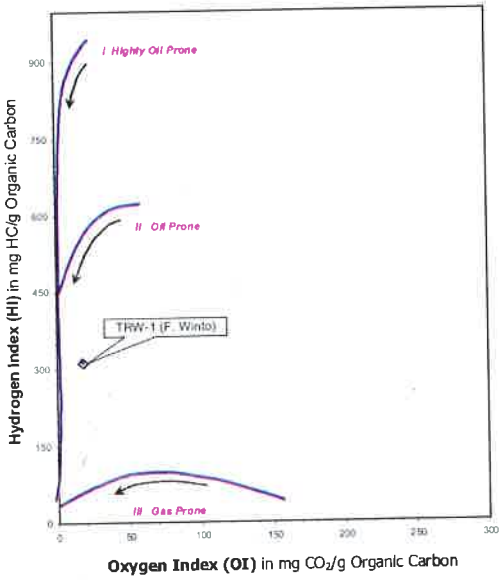
Gambar 2
TOC vs Indek Hidrogen (HI)



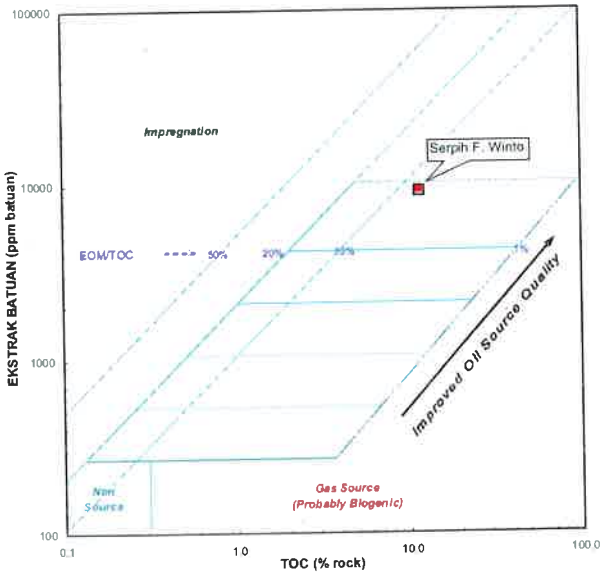
Gambar 3
Tmax vs Indek Hidrogen (HI)

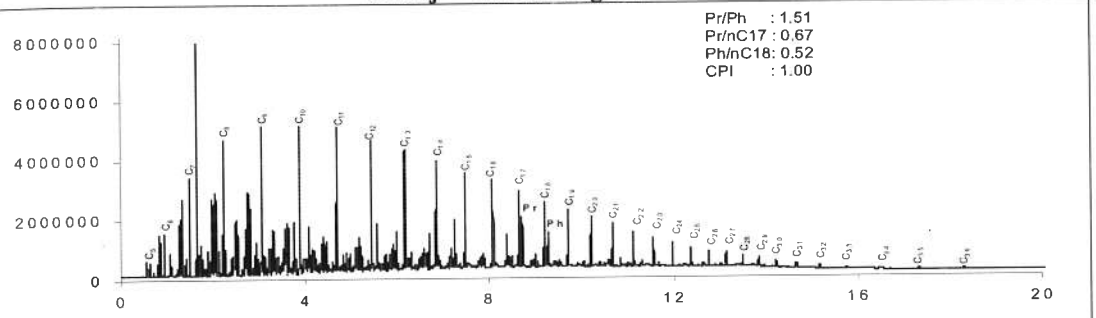
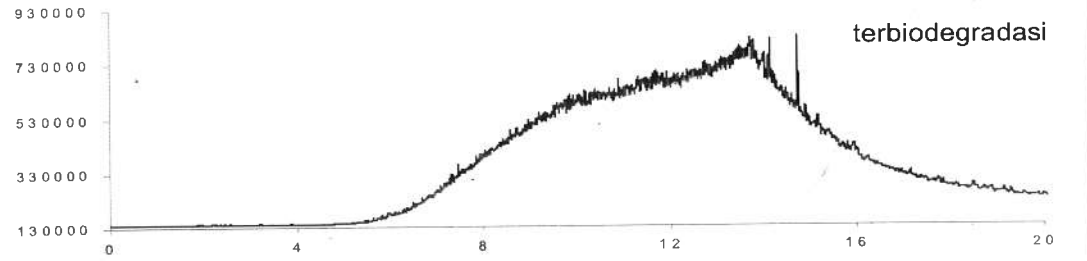
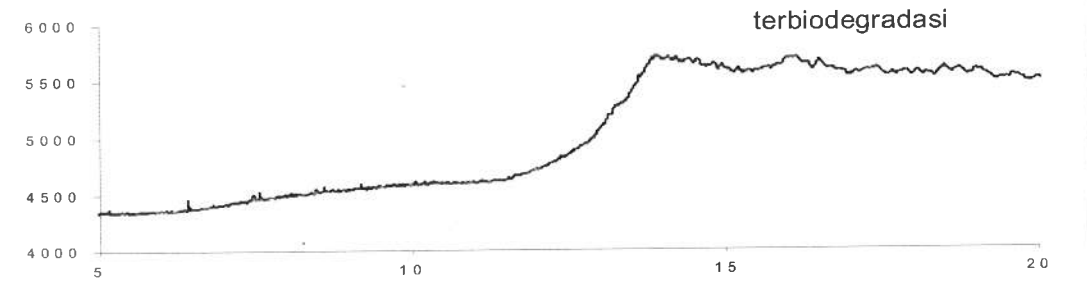
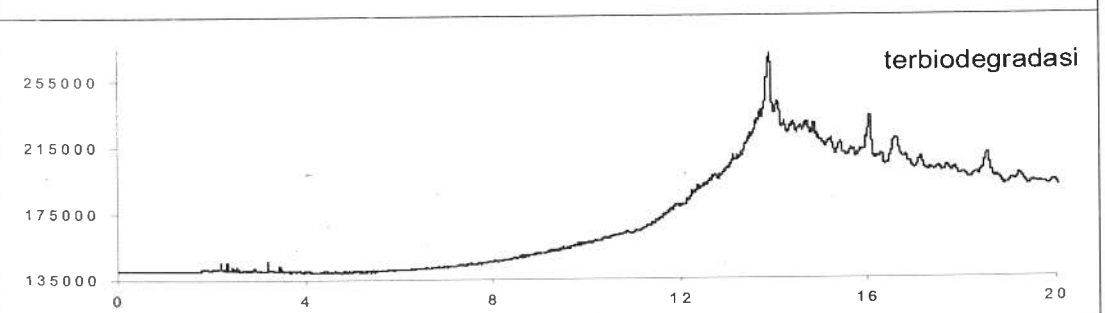
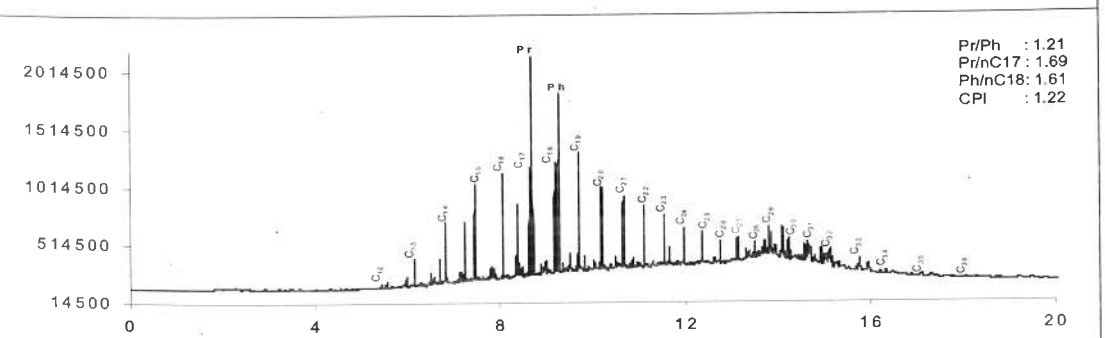


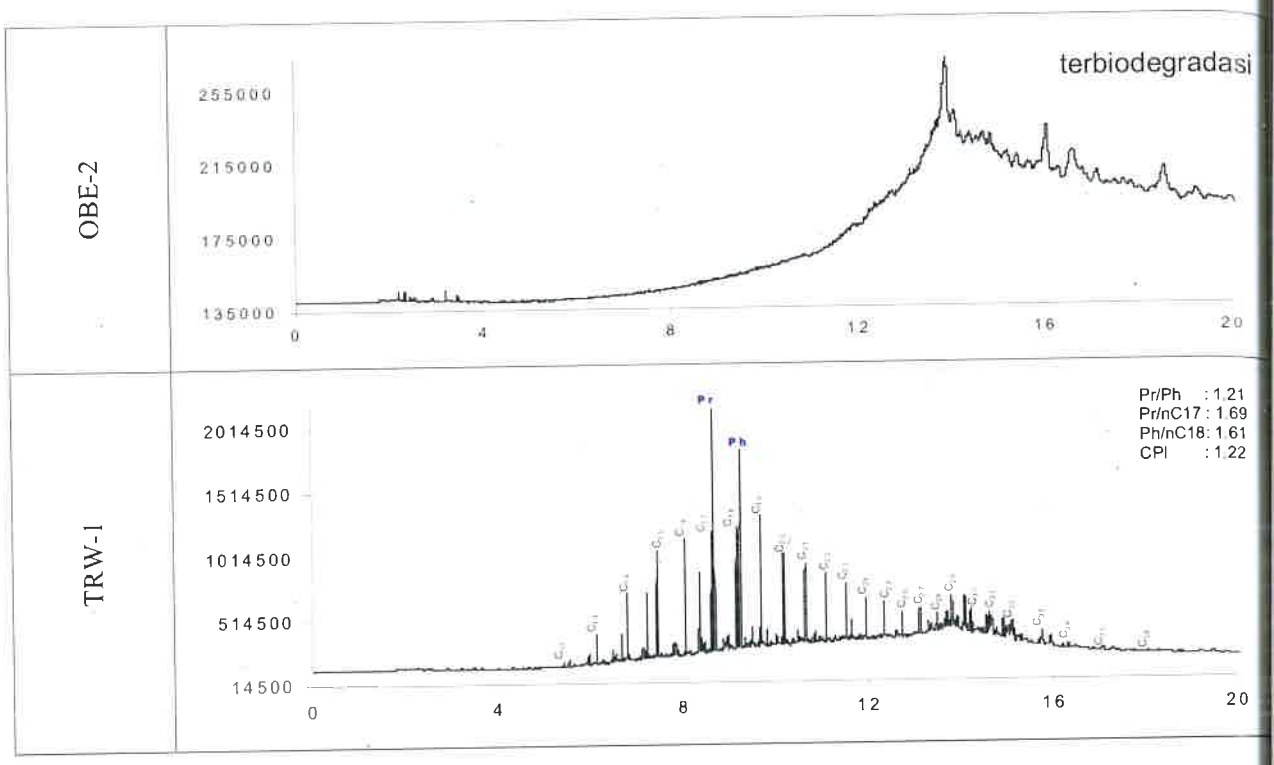
Gambar 4
Indek Oksigen (HI) vs Indek Hidrogen (HI)



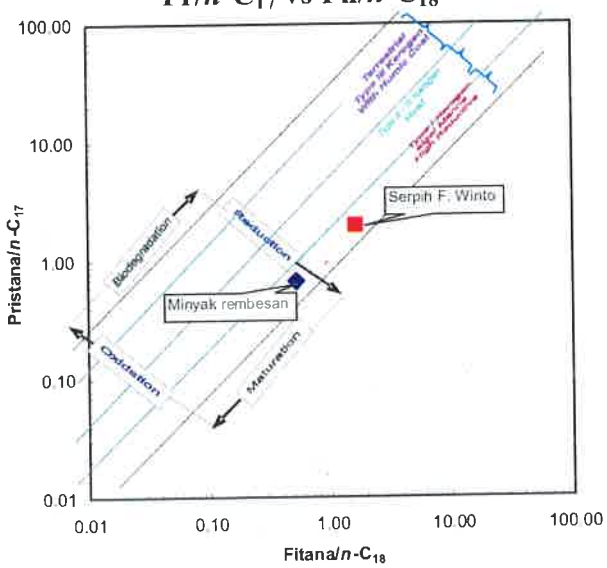
Gambar 5
TOC vs TOTAL EKSTRAK

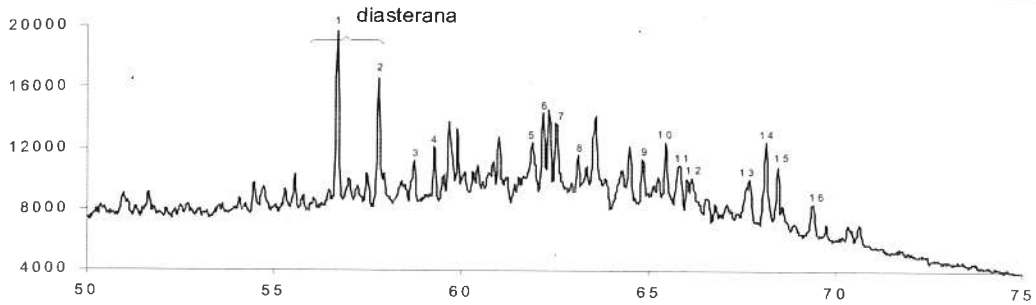
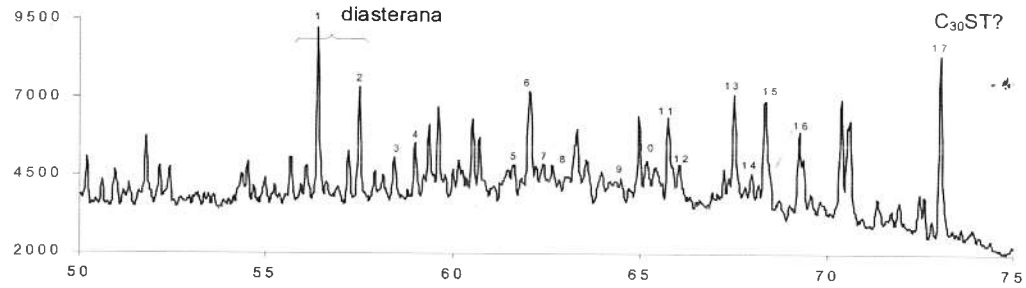
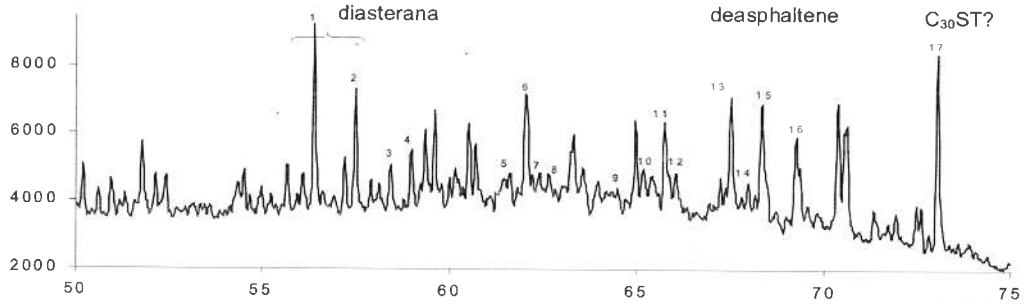
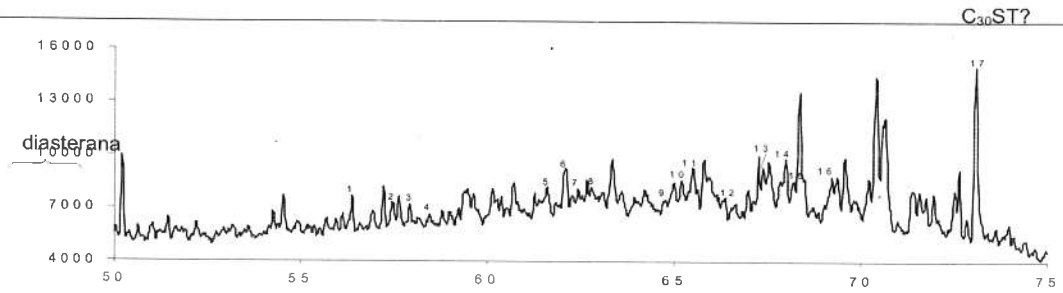
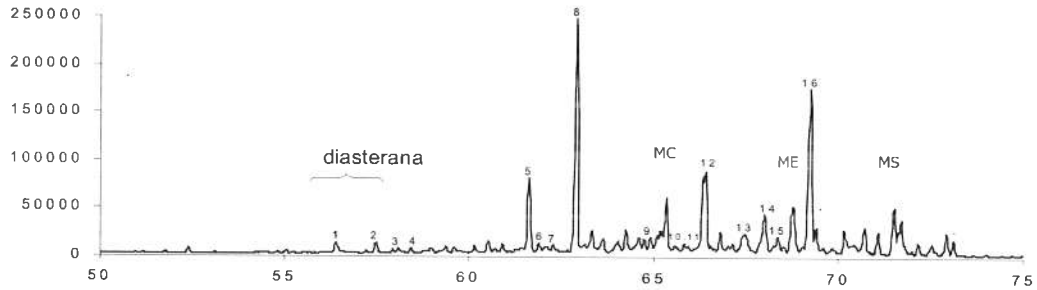


Identitas	Sidikjari Kromatografi Gas
KPR-1	
LWL-1	
LWL-1 (DA)	
OBE-2	
TRW-1	

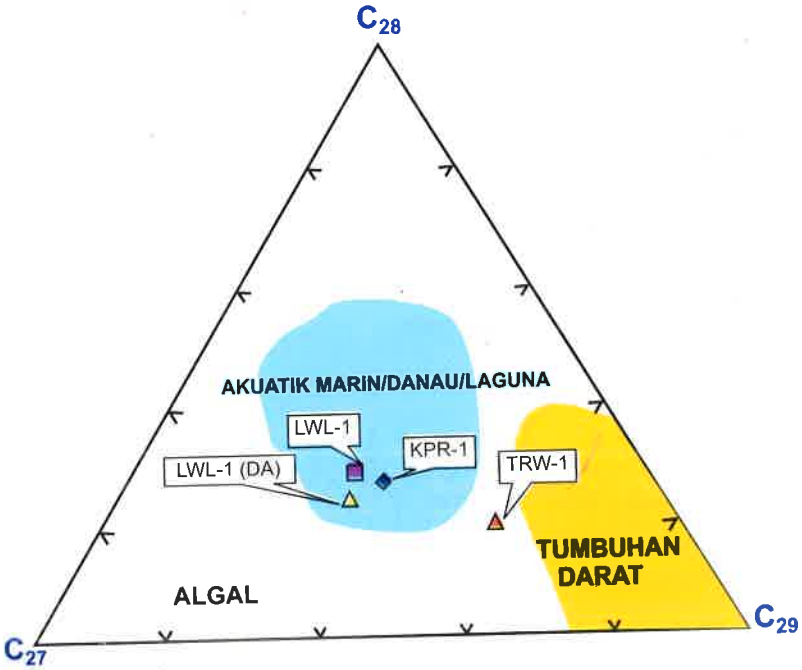


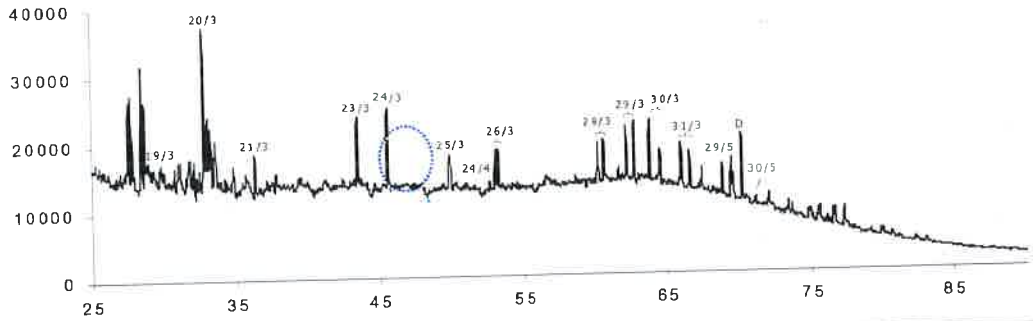
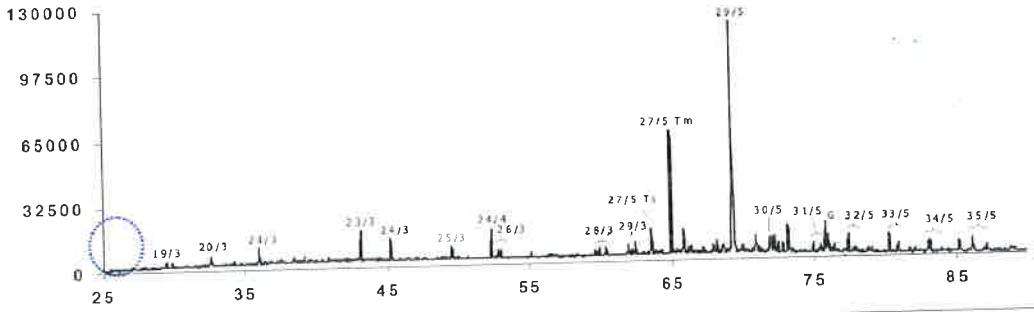
Gambar 7
Pr/*n*-C_{17} vs Ph/*n*-C_{18}

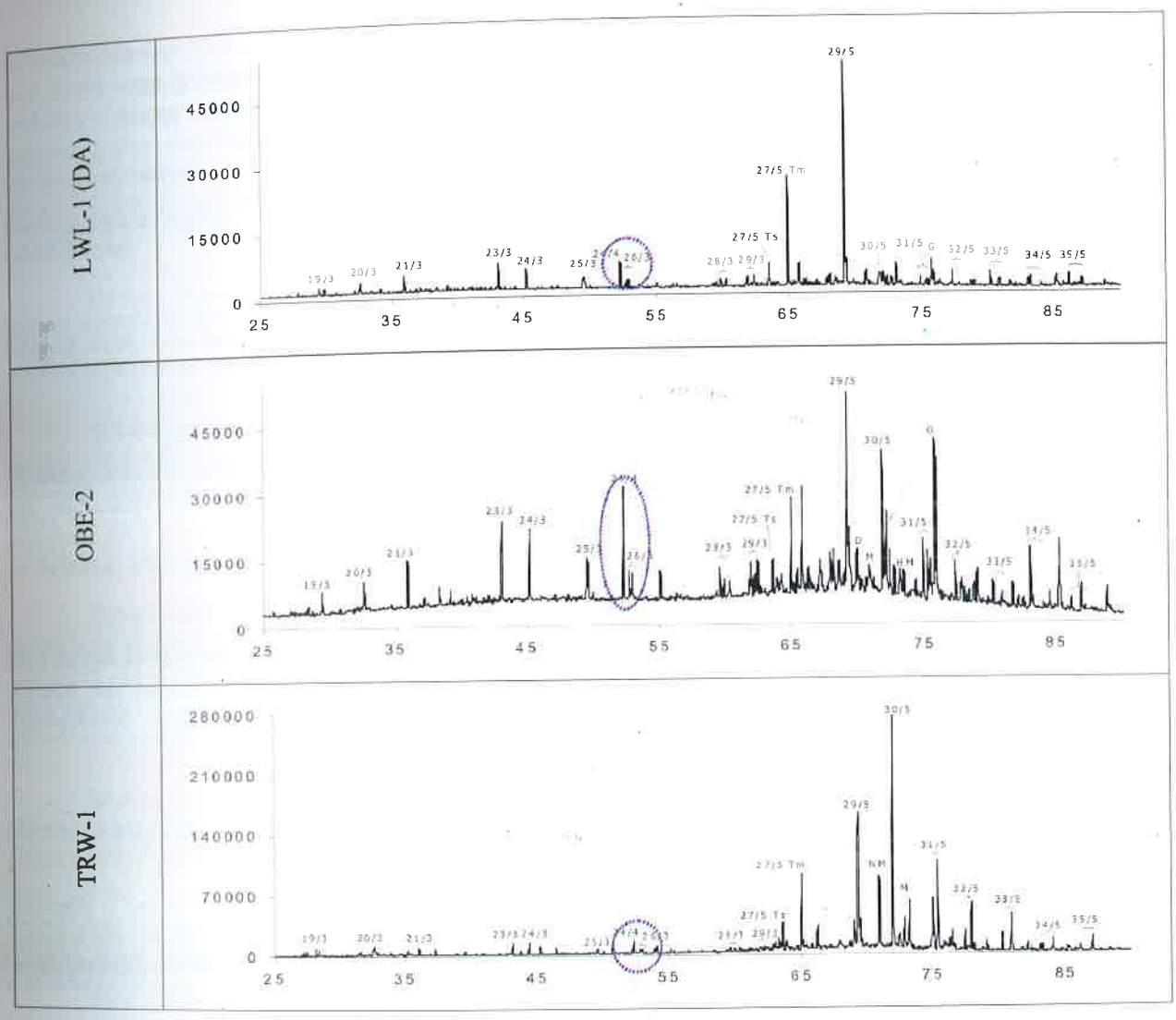


Identitas	SIDIKJARI STERANA (m/z 217)
KPR-1	
LWL-1	
LWL-1 (DA)	
OBE-2	
TRW-1	

Gambar 9
DIAGRAM SEGITIGA KOMPOSISI STERANA



Identitas	SIDIKJARI TERPANA DAN TRITERPANA (m/z 191)
KPR-1	
LWL-1	



Gambar-10. Ion kromatogram (m/z 191) berurutan dari atas ke bawah : minyak rembesan (KPR-1), aspal rembesan (LWL-1); LWL-1 (DA) dan aspal (OBE-2) serta ekstrak bitumen padat (TRW-1)