



Pemetaan Bahan Bakar Bagi Pengurusan Kebakaran Hutan di Semenanjung Malaysia

Mohd Dini Hairi Suliman dan Mastura Mahmud

Pusat Penyelidikan Kelestarian Sosial, Persekitaran dan Pembangunan, Fakulti Pengajian Sosial dan Kemanusiaan,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Malaysia

Correspondence: Mohd Dini Hairi Suliman (dini97040@gmail.com)

Abstrak

Pemetaan bahan bakar merupakan elemen terpenting di dalam penentuan potensi serta risiko kebakaran hutan, selain dapat membantu di dalam simulasi pergerakan serta intensiti api dalam sesebuah kebakaran. Pemetaan bahan bakar ini memerlukan proses yang sangat kompleks bermula dengan cerapan di lapangan, pemrosesan imej satelit, pembangunan pengkalan data sehingga paparan di dalam internet melalui medium WebGIS bagi keseluruhan Semenanjung Malaysia. Pemrosesan imej satelit SPOT-5 menghasilkan lapan kelas bahan bakar dan kemudian digabungkan dengan peta jenis tanah bagi membentuk enam belas jenis kelas bahan bakar. Hasil pengkelasan bahan bakar ini dapat dijadikan panduan serta amaran awal untuk pengurusan kebakaran hutan selain mengekang kawasan yang dikenalpasti sebagai titik panas dan berpotensi tercetusnya kejadian kebakaran hutan.

Kata Kunci: kebakaran hutan, pemetaan bahan bakar, Semenanjung Malaysia, tanah gambut, tanah mineral

Fuel Mapping for Forest Fire Management in Peninsula Malaysia

Abstract

Mapping of fuel is the most important element in determining the potential and risks of forest fires, as well as to assist in the simulation of movement and intensity of fire. Mapping fuels require a very complex process beginning with field observations, satellite image processing, database development and exposure in the internet through the medium WebGIS for the whole of Peninsular Malaysia. Processing of SPOT-5 satellite images to produce eight-fuel class and then combined with soil type map to create sixteen types of fuel class. The results of the classification of these fuels can be used as a guide as well as an early warning for the agencies involved in disaster management in addition to rein in areas identified as hotspots and potential outbreak of forest fires.

Keywords: forest fire, fuel Mapping, Peninsular Malaysia, peat soil, mineral soil

Pengenalan

Bahan bakar, definisi secara fizikalnya ialah bahan biojisim hidup atau mati, yang menyumbang kepada penyebaran, intensiti dan keterukan sesuatu kebakaran (Arroyo et al., 2008). Ciri-ciri bahan bakar dalam kebakaran hutan dan belukar ditentukan oleh kandungan kelembapan, saiz dan bentuk, kuantiti dan kedudukannya pada sesuatu permukaan. Kandungan kelembapan merupakan faktor kritikal yang perlu diambilkira di dalam kebanyakan sistem permodelan kebakaran (Rothermel et al., 1986). Kandungan kelembapan sesuatu bahan bakar menentukan masa yang diambil untuk kebakaran berlaku. Tumbuhan-tumbuhan hidup mengandungi kandungan kelembapan yang tinggi akan memperlahan proses kebakaran daripada berlaku. Proses tersebut memerlukan suhu yang tinggi untuk menukarkan kelembapan kepada

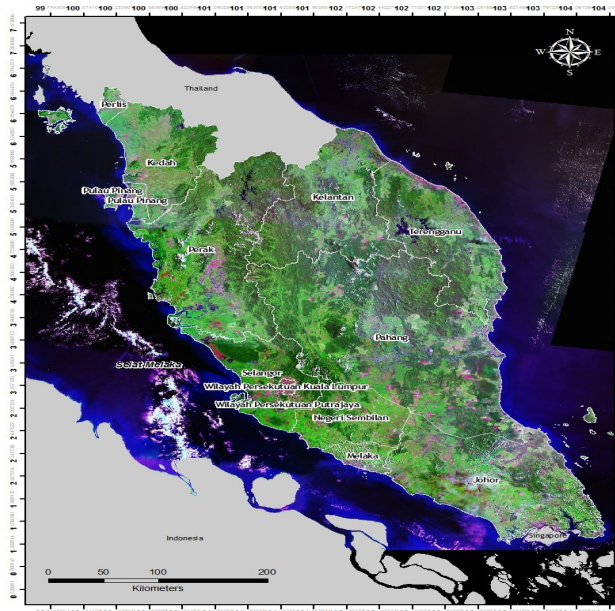
wap air melalui proses haba dengan tujuan mengeringkan bahan bakar. Jumlah bahan bakar yang wujud pada sesuatu permukaan akan memberi kesan kepada kadar dan arah kebakaran yang terjadi (Mullins, 1999).

Kandungan kelembapan di dalam bahan bakar mempunyai hubungan korelasi yang tinggi dengan suhu harian (Chandler et al., 1983). Ini bermakna secara tidak langsung, cuaca memainkan peranan penting dalam menentukan kandungan kelembapan sesuatu bahan bakar. Ketika fenomena El-Nino berlaku pada tahun 1997 dan 1998 di Asia Tenggara, kemarau yang berpanjangan menyebabkan kandungan kelembapan sesuatu tumbuhan menjadi kurang dan seterusnya menyukarkan kawalan pemerebakan api. Keadaan yang sama berlaku pada tahun 2008, 2010 dan 2014 di mana keadaan kering yang berpanjangan menyebabkan kelembapan untuk tumbuhan kurang. Kandungan kelembapan juga mempunyai hubungan terhadap tenaga yang diperlukan membakar dari permukaan bumi (*Surface Fire*) kepada kebakaran yang melibatkan silara (*Crown Fire*) (Van Wagner, 1967). Pengetahuan terhadap keadaan bahan api adalah sangat penting disebabkan ia adalah komponen utama yang perlu dikenal pasti dalam sesuatu kebakaran.

Di Malaysia, kebakaran hutan juga didapati kerap berlaku, dan kerap kali ia menjadi isu pengurusan hutan. Selain daripada tindakan mengawal kebakaran, kurang tindakan yang strategik dalam mengatasinya secara integratif. Dalam hal ini, saranan untuk menghasilkan pemetaan bahan bakar berdasarkan data GIS adalah alternatif yang signifikan. Makalah ini bertujuan untuk menghuraikan proses dan dapatan pemetaan bahan bakar di Semenanjung Malaysia.

Kawasan Kajian

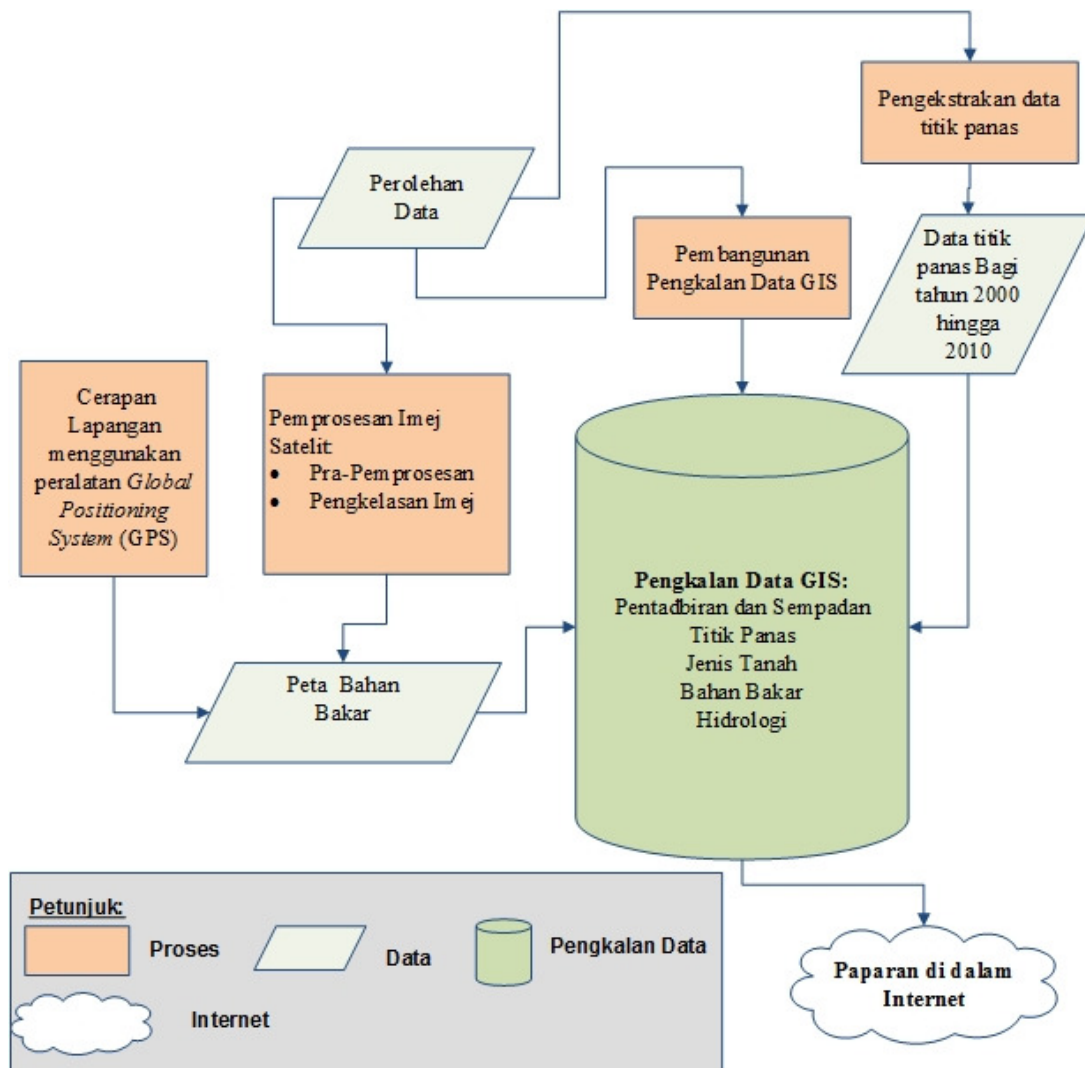
Kajian ini dilakukan di Semenanjung Malaysia dengan keluasan sekitar 13.2 juta hektar (131,730 kilometer persegi) yang terdiri daripada sebahagian besarnya adalah kawasan hutan (keluasan 5.89 juta hektar) dan kawasan tidak berhutan (keluasan 7.31 juta hektar). Kawasan Semenanjung Malaysia merupakan gabungan 11 buah negeri dan 2 Wilayah Persekutuan merupakan sebuah negara yang bersempadan dengan Thailand di bahagian utara dan Singapura di bahagian Selatan serta direntasi oleh Selat Melaka di sebelah barat dan Laut China Selatan di sebelah timur.



Rajah 1. Peta kawasan kajian Semenanjung Malaysia

Metodologi

Kajian ini dijalankan dengan rangkuman beberapa kaedah seperti cerapan data di lapangan, pemprosesan imej satelit yang meliputi pra-pemprosesan imej, pengkelasan imej dan penilaian ketepatan, pengekstrakan data titik panas, pembangunan pangkalan data serta paparan pemetaan bahan bakar di dalam internet bagi seluruh Semenanjung Malaysia. Perincian metodologi kajian ini adalah seperti di dalam Rajah 2.



Rajah 2. Carta alir metodologi kajian

Cerapan data lapangan

Sebanyak 221 stesen lokaliti telah dicerap bagi memperoleh maklumat yang berkaitan dengan lapangan seperti nama stesen, gunatanah, jenis tanah, bahan bakar, huraian lokasi, latitud dan longitud. Data cerapan lapangan yang diperolehi dimuatkan ke dalam pangkalan data GIS. Cerapan data di lapangan ini melibatkan penggunaan perkakasan GPS iaitu Trimble Juno SB bersama perisian mobil GIS, ArcPad 7.0 yang telah dipermudahcara melalui pengaturcaraan *Extensible Markup Language* (XML) dan skrip *Visual Basic* seperti ditunjukkan di dalam Rajah 3.



Rajah 3. Perkakasan GPS serta proses kemasukan data cerapan di lapangan

Pemprosesan imej satelit

Sebanyak 69 imej satelit SPOT 5 dengan empat jalur spektral iaitu 0.50- 0.59 μm (hijau), 0.61-0.68 μm (merah), 0.78-0.89 μm (infra-merah dekat) dan 1.58-1.75 μm (infra-merah gelombang pendek) telah digunakan bagi keseluruhan kawasan Semenanjung Malaysia. Imej satelit ini melalui fasa pra-pemprosesan di mana ianya bertujuan untuk meningkatkan ketepatan interpretasi imej dengan melakukan prosedur seperti radiometrik dan atmosfera, pembedahan geometri, penonjolan imej dan imej mozek sebelum semua fitur yang wujud di dalam imej di ekstrak. Kemudian, fasa pengelasan imej dijalankan bagi tujuan mengenalpasti serta mengkelaskan nilai piksel yang terdapat dalam imej yang diperolehi dengan melakukan pengelasan berpenyelia untuk menjana kawasan sampel yang dikenalpasti bahan bakarnya dengan menentukan nilai spektral yang mewakili setiap jenis bahan bakar yang dikaji. Algoritma bagi pengelasan berpenyelia yang digunakan adalah *Maximum Likelihood*. Hasil daripada pengelasan bahan bakar ini kemudiannya digabungkan dengan peta jenis tanah bagi membentuk peta bahan bakar yang lengkap dengan maklumat di atas permukaan bumi serta di bawah bumi. Akhir sekali, ketepatan peta bahan bakar diuji melalui proses penilaian ketepatan dengan menggunakan pengiraan matriks keralatan.

Pengekstrakan data titik panas

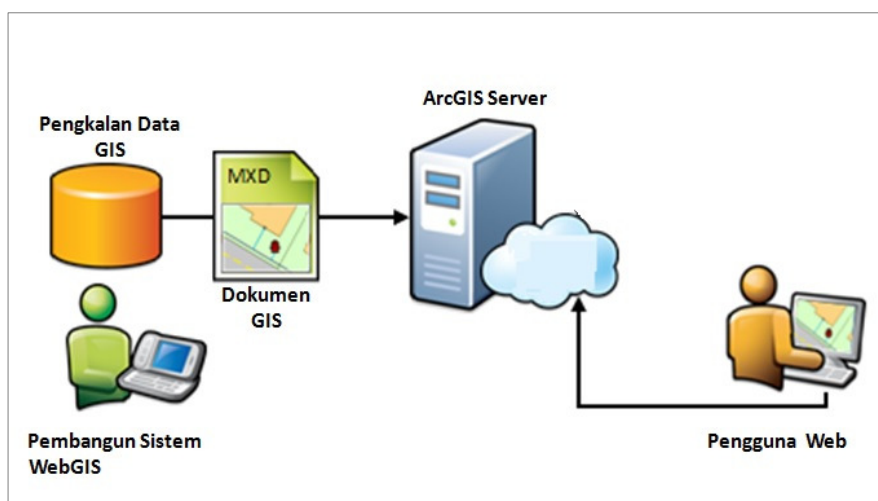
Data titik panas tahun 2000 hingga 2010 diekstrak daripada satelit MODIS Terra dan Aqua yang terdapat di laman sesawang Pentadbiran Aeronautik dan Angkasa Lepas Kebangsaan Amerika (NASA). Keseluruhan data titik panas kawasan Asia Tenggara di subset kepada kawasan Semenanjung Malaysia dan di simpan di dalam pangkalan data GIS. Pengekstrakan dijalankan secara automatik di dalam ArcGIS Model Builder dan digunakan sebagai rujukan dan kalibrasi kepada pemetaan bahan bakar di dalam kajian ini.

Pembangunan pangkalan data GIS

Pangkalan data GIS bagi pemetaan bahan bakar dibangunkan dengan menggunakan platform ArcGIS dalam bentuk File Geodatabase yang disimpan mengikut set direktori. Set direktori di dalam pangkalan data telah dibahagikan kepada empat peringkat iaitu *feature dataset*, *feature class*, *raster dataset* dan *tables*. Pangkalan data GIS ini dibentuk bagi menempatkan segala maklumat yang diperolehi bagi pemetaan bahan bakar seperti cerapan data lapangan, pentadbiran dan sempadan, gunatanah dan litupan tanah, jenis tanah, maklumat bahan bakar secara fizikal dan lain-lain.

Paparan pemetaan bahan bakar di dalam internet

WebGIS digunakan di dalam kajian ini adalah bagi tujuan menyebarkan maklumat pemetaan bahan bakar bagi seluruh Semenanjung Malaysia kepada pengguna. Tahap penyebaran dan pencapaian maklumat ini adalah amat luas, ia berasaskan kepada teknologi rangkaian internet tanpa sempadan. Platform yang digunakan di dalam membangunkan sistem ini adalah ArcGIS Server. ArcGIS Server adalah pelayan utama web pemetaan yang dikhususkan untuk menyebarkan peta dinamik, manakala data daripada pangkalan data GIS serta dokumen GIS merupakan sumber utama serta konfigurasi utama di dalam ArcGIS Server yang menggunakan protokol internet. Rajah 4 adalah konsep WebGIS secara ringkas.



Rajah 4. Konsep WebGIS secara ringkas di dalam memaparkan maklumat pemetaan bahan bakar di Semenanjung Malaysia

Hasil dan Perbincangan

Pemetaan bahan bakar

Enam belas jenis bahan bakar dihasilkan melalui pemetaan bahan bakar yang menyumbang kepada potensi kebakaran hutan di Semenanjung Malaysia seperti di dalam Jadual 1. Dengan jumlah keluasan sebanyak 13,173,055.61 hektar, jenis bahan bakar yang dikenalpasti paling tinggi adalah hutan tertutup di atas tanah mineral meliputi sehingga 47.53 peratus daripada keseluruhan jenis bahan bakar yang terdapat di Semenanjung Malaysia, diikuti dengan kelapa sawit di atas tanah mineral.

Jadual 1. Jumlah kawasan jenis bahan bakar dalam hektar dan peratus

Jenis Bahan Bakar	Jumlah Hektar (Ha)	Peratus
Bukan Bahan Bakar di atas Tanah Gambut	4,385.31	0.033
Bukan Bahan Bakar di atas Tanah Mineral	194,718.69	1.47
Getah di atas Tanah Gambut	46,608.15	0.35
Getah di atas Tanah Mineral	1,723,049.70	13.08
Hutan Tertutup di atas Tanah Gambut	356,901.64	2.71
Hutan Tertutup di atas Tanah Mineral	6,260,654.67	47.53
Kelapa Sawit di atas Tanah Gambut	217,775.99	1.65
Kelapa Sawit di atas Tanah Mineral	2,285,906.03	17.35
Limbah Hutan di atas Tanah Gambut	3,884.15	0.03
Limbah Hutan di atas Tanah Mineral	126,518.86	0.96
Pertanian Lain di atas Tanah Gambut	73,201.84	0.56
Pertanian Lain di atas Tanah Mineral	1,056,126.57	8.02
Rumput Rumputan di atas Tanah Gambut	21,749.27	0.17
Rumput Rumputan di atas Tanah Mineral	179,569.42	1.36
Pembangunan / Petempatan di atas Tanah Gambut	18,786.52	0.14
Pembangunan / Petempatan di atas Tanah Mineral	603,218.80	4.579
Jumlah Keseluruhan	13,173,055.61	100

Peta bahan bakar adalah penting dalam memberikan maklumat mengenai tahap dan pembahagian jenis-jenis bahan api yang berbeza. Selain itu, peta bahan bakar juga menyediakan maklumat yang konsisten untuk mengetahui punca berlakunya asap dan kebakaran. Kombinasi maklumat dalam peta bahan bakar dengan cuaca kebakaran dan laporan kebakaran terdahulu menjadikan ia penting dalam menyediakan dalam menyampaikan maklumat tentang risiko kebakaran dan kesan kebakaran (Dymond et al. 2004).

Proses penilaian ketepatan digunakan bagi menganalisis ketepatan pengkelasan peta jenis bahan bakar. Penilaian ketepatan ini penting bagi membandingkan peta yang terhasil melalui proses pengkelasan imej dengan cerapan lapangan dalam menilai ketepatan pengkelasan tersebut. Ketepatan keseluruhan bagi pengkelasan jenis bahan bakar ini adalah 75 peratus. Nilai *Kappa Coefficient* adalah 0.6914. Penilaian

ketepatan hasil pengelasan jenis bahan bakar melalui imej satelit SPOT dengan cerapan di lapangan ini diperolehi melalui perbandingan di dalam matriks keralatan.

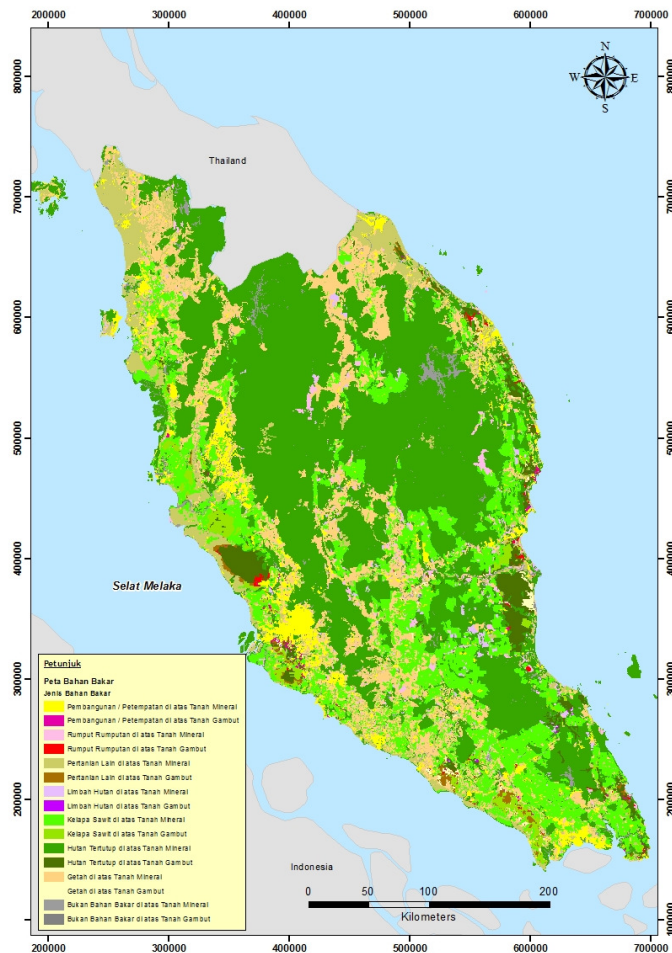
Berdasarkan kalibrasi jenis bahan bakar dengan titik panas sepanjang tahun 2000 sehingga tahun 2010, bahan bakar rumput-rumputan mempunyai kekerapan kebakaran yang tinggi berada di dalam pengelasan bahan bakar ini. Bahan bakar ini juga cepat kering dan mempunyai sifat mudah terbakar yang tinggi. Di samping kemampuannya merebakkan api secara pantas dengan bantuan angin yang serdehana, kebakaran yang berlaku pada rumput-rumputan ini juga amat sukar dipadam serta dikawal. Rumput-rumputan di atas tanah gambut mempunyai kekerapan kebakaran yang tinggi berbanding rumput-rumputan di atas tanah mineral, ini disebabkan sifat tanah gambut yang terdiri daripada tanah organik yang mudah kering dan terbakar serta menghasilkan asap yang tebal.

Kehadiran tanah gambut yang bebas daripada tumbuh-tumbuhan permukaan merupakan sumber salah satu bahan api yang berpotensi berlaku kebakaran (Dymond et al. 2004). Berdasarkan kajian kes Jabatan Bomba Dan Penyelamat Negeri Selangor pada tahun 2001, kebakaran selalunya berlaku pada musim kering, kawasan kebakaran hutan tanah gambut telah berlaku di kawasan Hutan Raja Musa, Batang Berjuntai, Daerah Kuala Selangor. Kebakaran hutan ini telah di kesan sebagai titik panas oleh satelit NOAA dan MODIS dan dipantau oleh Jabatan Alam Sekitar melalui tinjauan udara menggunakan helikopter PDRM. Kebakaran ini berlaku secara bertompok-tompok dan berselerak dalam kawasan seluas 4500 hektar. Tempoh pemadaman api adalah selama 22 hari dan melibatkan 450 orang petugas untuk memadamkan kebakaran.

Limbah hutan di atas tanah gambut dan tanah mineral turut mempunyai kekerapan kebakaran yang tinggi, kekerapan kebakaran bagi bahan bakar ini disebabkan kayu-kayan serta sisa daripada pembalakan atau pertanian mempunyai kuantiti bahan bakar yang tinggi. Walaupun bahan bakar jenis ini mempunyai sifat pengeringan yang lebih lambat berbanding bahan bakar rumput-rumputan, namun ia mampu menghasilkan keamatan api yang tinggi kerana kuantiti bahan bakarnya. Selain itu, bahan bakar limbah hutan tidak mempunyai kanopi yang boleh menutup bahan bakar itu sendiri dan disebabkan itu, sedikit sebanyak membantu bahan bakar ini mengalami proses pengeringan yang cepat serta berpotensi untuk terbakar apabila adanya bantuan angin.

Hutan tertutup mempunyai kanopi yang tertutup sepenuhnya. Sifat tersebut menyukarkan pancaran daripada matahari ke bahagian bawah hutan, seterusnya akan mempengaruhi kadar pengeringan bahan bakar dengan lebih lambat. Namun, sudah pasti bahan bakar hutan tertutup di atas tanah gambut mampu memberikan impak yang lebih besar terhadap kebakaran berbanding tanah mineral. Beberapa kes kebakaran dicatatkan juga bagi bahan bakar kelapa sawit dan getah di atas tanah gambut di Semenanjung Malaysia. Kesemua kes kebakaran tersebut bermula daripada tanah gambut yang kering serta berpunca daripada kelalaian manusia seperti pembuangan puntung rokok dan pembakaran sisa pertanian yang tidak terkawal.

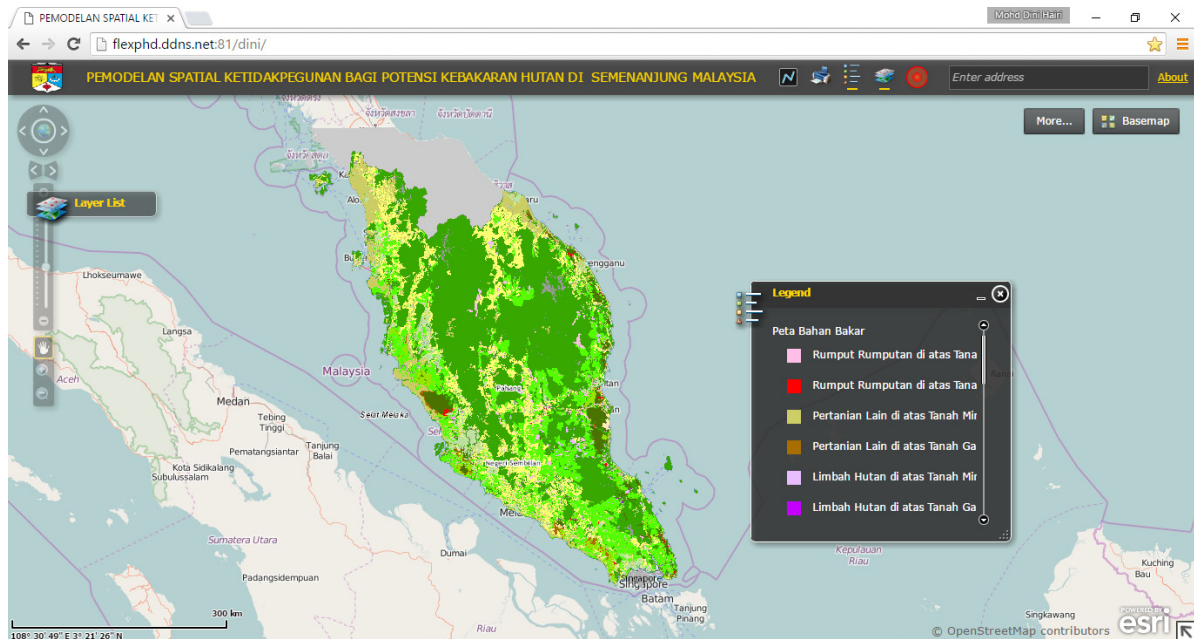
Tanah gambut terdiri daripada tumbuh-tumbuhan dan haiwan yang mati dan telah terubah dengan tindakan iklim dan masa berjuta-juta tahun dahulu. Sumber daripada RePPPRoT (1989) menyatakan tanah gambut di Malaysia mempunyai ketebalan sehingga 12 meter daripada permukaan tumbuh-tumbuhan hutan. Tanah gambut juga mempunyai ketumpatan yang kurang dan mempunyai rongga-rongga berbentuk 'sponge'. Dalam keadaan biasa ianya disirati oleh kapilari air manakala dalam keadaan kering, tanah gambut membenarkan udara masuk memenuhi rongga tersebut. Kehadiran rongga-rongga udara membenarkan pengaliran oksigen berterusan sehingga ke lapisan yang lebih dalam. Kewujudan bahan bakar yang sedia ada iaitu terdiri daripada gentian *fibre* dan sisa tumbuhan yang reput akan melengkapkan rantaian '*fire triangle*' untuk meneruskan kelangsungan kebakaran untuk tempoh masa yang lama. Keadaan kemarau juga akan menyebabkan daun-daun akan menjadi kering dan cepat tua dan seterusnya menjadi mudah terbakar (Mori et al. 1999). Penerokaan dan penebusan tanah hutan untuk menampung keperluan kemandirian rakyat menyebabkan pengurangan hutan di Semenanjung Malaysia. Hasil pemetaan bahan bakar yang dijana melalui imej satelit serta cerapan data lapangan di Semenanjung Malaysia di tunjukkan dalam Rajah 5.



Rajah 5. Peta jenis bahan bakar yang dihasilkan melalui cerapan lapangan dan pemprosesan imej satelit bagi keseluruhan Semenanjung Malaysia

Paparan pemetaan bahan bakar di dalam internet

WebGIS atau paparan pemetaan di dalam internet di bangunan sebagai salah satu medium untuk menyampaikan maklumat terkini mengenai lokasi serta jenis bahan bakar yang terdapat di Semenanjung Malaysia. Ianya juga dapat membantu agensi kerajaan yang bertanggungjawab untuk membuat keputusan yang lebih tepat terhadap jangkaan kebakaran hutan dan melengkapkan persediaan bagi menghadapi masalah kebakaran hutan pada masa hadapan. WebGIS ini boleh dilayari di pautan <http://www.mygeofire.com>. Rajah 6 menunjukkan contoh paparan Web GIS yang telah dibangunkan.



Rajah 6. Peta bahan bakar bagi seluruh Semenanjung Malaysia berasaskan aplikasi WebGIS

Kesimpulan

Kajian ini telah mengadaptasikan imej satelit dan hasil cerapan lapangan bagi menghasilkan peta bahan bakar di Semenanjung Malaysia. Ianya dilihat dapat membantu pihak pengurusan, pengendali bencana dan masyarakat umum untuk menghadapi ancaman kebakaran hutan di Semenanjung Malaysia. Selaras dengan hasil kajian ini, ianya dilihat dapat digunakan di dalam mengumpul, menilai dan mengurus maklumat penting bagi pemantauan, pengesanan, pemadaman dan pencegahan kebakaran hutan di Semenanjung Malaysia.

Rujukan

- Arroyo LA, Pascual C & Manzanera JA (2008) Fire models and methods to map fuel types: the role of remote sensing. *Forest Ecology and Management* 256, 1239–1252
- Chandler C, Cheney P, Thomas P, Trabaud L & Williams D (1983). *Fire in forestry Vol. 1: Forest fire behavior and effects*. New York: John Wiley & Sons.
- Chuvieco E & Congalton RG (1989) Application of remote sensing and Geographic Information Systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment* 29, 147–159.
- Dymond CC, Roswintarti O, Brady M (2004). Characterizing and mapping fuels for Malaysia and western Indonesia. *International Journal of Wildland Fire* 13 (3), 323-334
- Finney MA (1998). *FARSITE: Fire area simulator - model development and evaluation*. Washington: USDA Forest Service.
- Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia Selangor (2001) *Kajian kes kebakaran hutan tanah gambut Daerah Kuala Selangor Julai 2001*. Shah Alam : Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia Selangor.

- Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia 2011. *Maklumat kebakaran hutan dan daratan tahun 2000 hingga 2010*. Putrajaya: Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia.
- Mullins GW (1999) *Wildfire–Feel the Heat Study Guide*. Maryland: Discovery Pictures.
- RePPPRoT (1989) *Review of phase I results, Sumatra. Regional physical planning program for transmigration* Jakarta: Land Resources Department, Overseas Development Natural Research Institute, Direktorat Bina Program
- Rothermel, Richard C, Wilson Ralph A, Morris, Glenn A, Sackett & Stephen S (1986) *Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: input to the BEHAVE fire behavior prediction system*. USDA Forest Service Research Paper INT-115. Utah: USDA, Forest Service.
- Van Wagner CE (1967) *Seasonal variation in moisture content of eastern Canadian tree foliage and the possible effect on crown fires*. Departmental Publication, No.1204. Ottawa: Department of Forestry and Rural Development, Forestry Branch.