



Hubungkaitan intensiti hujan dengan suhu kecerahan awan menerusi aplikasi maklumat satelit geo-pegun MTSAT-IR

Noorazuan Md Hashim¹, Yaakob Mohd Jani¹

¹Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan & Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Noorazuan Md Hashim (email: azwan@ukm.edu.my)

Abstrak

Maklumat tentang intensiti hujan dari stesen cerapan hujan sangat berguna bagi tujuan peramalan. Penggunaan kaedah gema radar bagi menganggar curahan hujan mempunyai kelemahan tersendiri terutamanya terhadap batasan wilayah jangkauannya yang terhad serta aspek teknikal khususnya aspek kalibrasi peralatan yang memerlukan kepakaran dan kos yang tinggi. Artikel ini menganalisis hubungan antara suhu kecerahan awan berdasarkan maklumat inframerah satelit geo-pegun MTSAT dengan intensiti hujan di permukaan bumi. Pemilihan satelit geo-pegun MTSAT dilakukan memandangkan kekerapan imej secara temporal yang sangat mencukupi (24 imej/hari) serta resolusi spatialnya yang sederhana (4 km/piksel). Kajian awalan ini telah menunjukkan bahawa maklumat suhu kecerahan awan daripada kedua-dua jalur inframerah dan wap air MTSAT-IR berupaya dalam menganggarkan intensiti hujan dalam tempoh kajian yang dilakukan. Bagaimanapun, terdapat banyak usaha yang perlu dilakukan sebelum pembentukan model anggaran hujan berdasarkan maklumat imej satelit MTSAT-IR yang mempunyai tahap kesahihan dan kebolehpercayaan yang tinggi.

Katakunci: hujan, intensiti hujan, kumulonimbus, MTSAT-IR, satelit geo-pegun, suhu kecerahan awan

Relationship between rainfall intensity and cloud brightness temperature measured through MTSAT-IR geo-stationary satellite application

Abstract

Station-based rainfall data are usually used in forecasting and estimating areal rainfall patterns. The use of radar in estimating and predicting areal rainfall, however, has its own weakness in terms of being limited within restricted regions as well as requiring high expertise in calibration works and involving enormous costs. This article analysed the relationship between cloud brightness temperature based on geostationary MTSAT-IR satellite and rainfall intensity in urban areas. The application of the MTSAT-IR satellite in this study is based on its high temporal frequency of images (24 images/day) and moderate spatial resolutions (4km/pixel). This preliminary investigation proved that the cloud temperature information both from infrared and water vapour bands has the capability of estimating rainfall intensity during the study period. However, substantial works have to be done before a valid rainfall estimation model based on the MTSAT-IR satellite images can be developed.

Keywords: cloud brightness temperature, cumulonimbus, geo-stationary satellite, MTSAT-IR, rainfall, rainfall intensity

Pengenalan

Hujan merupakan parameter penting dalam menentukan sumber air permukaan. Hujan juga dianggap sebagai input penting dalam menandakan kitaran hidrologi seterusnya mempengaruhi iklim mikro tempatan seperti wilayah perbandaran (Sham Sani, 1989; Douglas, 1983). Menganggarkan serta meramalkan kehadiran hujan, tempoh dan jumlah yang bakal diterima sebagai curahan melibatkan suatu proses yang kompleks dan amat rumit (Adler & Negri, 1988). Proses ramalan semakin sukar lebih-lebih lagi kepada anggaran episod hujan ekstrim yang berpotensi membawa bencana persekitaran seperti banjir kilat. Justeru itu, kajian mengenai kehadiran episod hujan ekstrem yang berakhir dengan bencana banjir seringkali diulas dan diperhatikan setelah peristiwa berkenaan berlaku (Juneng et al., 2007).

Boleh dikatakan maklumat hujan dari stesen cerapan curahan menjadi talian hayat kepada proses ramalan hujan. Namun, seringkali ketiadaan stesen cerapan hujan yang mencukupi di sesuatu tempat menyebabkan anggaran hujan secara ruangan tidak dapat dilakukan dengan baik dan tepat (Shaharuddin Ahmad, 1994). Memandangkan kos penyediaan serta pemuliharaan stesen cerapan curahan yang sangat tinggi di samping faktor lokasi dan ketersampaian yang terhad, pihak pengurusan sumber air di Malaysia sentiasa mencari-cari kaedah serta teknik yang lebih praktikal dalam menganggarkan serta meramal hujan tempatan (Wardah et al., 2008; Adler & Negri, 1988).

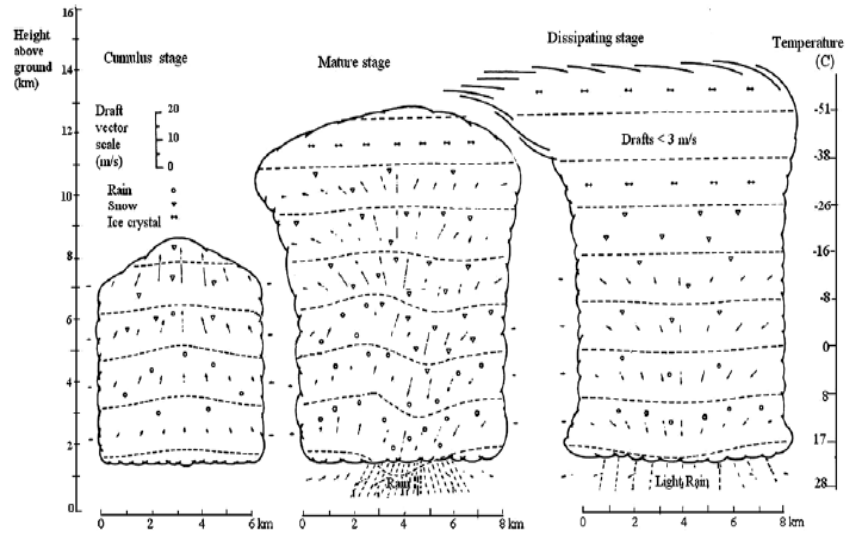
Terkini, pihak pengurusan sumber berkenaan, iaitu Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) dan Jabatan Kajicuaca Malaysia (JKM) memperkenalkan kaedah rangkaian radar (DID, 2000) dalam mengatasi kelemahan rangkaian stesen cerapan curahan sedia ada. Kaedah penggunaan gema radar dianggap sebagai salah satu cara anggaran curahan secara tidak langsung, iaitu dengan meramalkan jumlah hujan dengan menggunakan maklumat radiasi gelombang mikro mengesan pergerakan titisan hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Malangnya, kaedah berkenaan juga mempunyai kelemahan tersendiri terutamanya terhadap batasan wilayah jangkauannya yang terhad serta aspek teknikal khususnya aspek kalibrasi peralatan yang memerlukan kepakaran dan kos yang tinggi.

Aplikasi penderiaan jauh dalam pengukuran kadar serta intensiti hujan mula menampakkan kelebihan khususnya dalam menyediakan maklumat geo-ruangan yang lebih luas (Adler & Negri, 1988). Aplikasi maklumat jalur termal inframerah sama ada dari platform satelit geo-pegun atau satelit iklim yang mengorbit polar telah lama digunakan dalam proses ramalan hujan di luar negara, terutamanya di kawasan iklim sederhana. Artikel ini menganalisis suhu kecerahan awan berdasarkan maklumat inframerah satelit geo-pegun MT-SAT dan seterusnya mengaitkan maklumat berkenaan dengan intensiti hujan yang diukur di stesen cerapan (permukaan bumi). Pemilihan satelit geo-pegun MT-SAT dilakukan memandangkan kekerapan imej secara temporal yang sangat mencukupi (24 imej/hari) serta resolusi spatialnya yang sederhana (4 km/piksel).

Pembentukan awan perolakan serta pengecaman menerusi penderiaan jauh

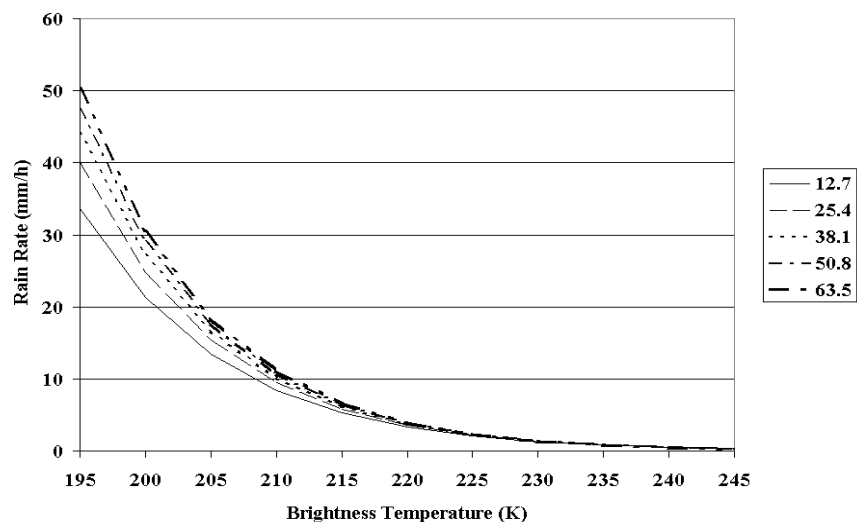
Malaysia mengalami iklim khatulistiwa yang panas dan lembab sepanjang tahun. Purata suhu tahunan adalah di sekitar 26° - 27°C. Kedudukan Semenanjung Malaysia yang dikelilingi lautan menyebabkan julat suhunya adalah kurang daripada 2°C. Anggaran hujan tahunan adalah antara 2000mm dan 3000 mm setahun dan bulan April dan Oktober merupakan bulan paling basah akibat pembentukan hujan jenis perolakan.

Hujan perolakan kerap terjadi pada waktu petang hingga awal malam. Hujan jenis ini mempunyai ciri signifikan, iaitu disertai dengan kilat dan petir. Ianya dikenali sebagai hujan perolakan akibat daripada proses pemeluwapan udara yang membentuk awan khususnya berbentuk kumulonimbus (Rajah 1).



Rajah 1. Pembentukan awan kumulus akibat proses pemeluwapan udara panas

Secara teori, terdapat pertalian yang boleh diukur antara maklumat suhu permukaan awan yang dicerap berdasarkan jalur inframerah dengan kadar hujan di permukaan (Rajah 2 dan Rajah 3). Suhu kecerahan awan yang semakin kecil akan membawa jumlah dan kadar hujan yang ekstrem atau lebat. Bagi jalur inframerah, kecerahan piksel akan membawa kepada kelebatan hujan yang tinggi. Maklumat berkenaan telah banyak digunakan dalam kajian untuk menganggarkan kelebatan hujan di permukaan bumi. Antaranya ialah kajian yang pernah dilakukan oleh Adler dan Negri (1988), Negri et al. (1984) dan juga Kurino (1997). Walau bagaimanapun, pembinaan algoritma anggaran hujan berkenaan hanya dilakukan bagi wilayah iklim sederhana dan bukannya di wilayah tropika.



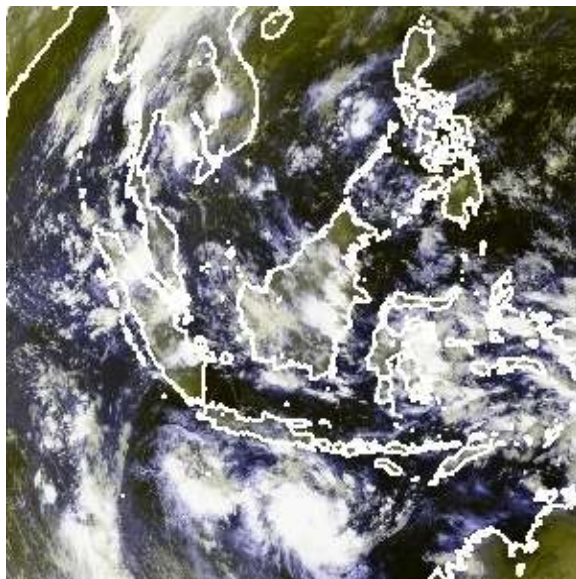
Rajah 2. Pertalian antara kadar hujan dengan suhu kecerahan awan



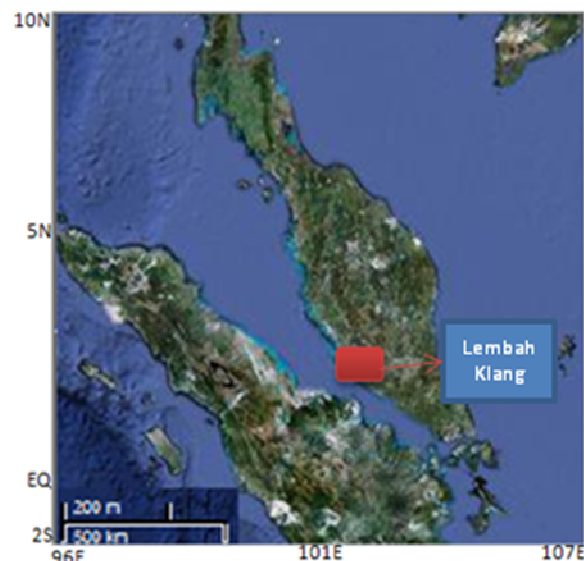
Rajah 3. Ilustrasi maklumat suhu kecerahan awan dengan kelebatan hujan

Kawasan dan metodologi kajian

Kajian ini mengaplikasikan imej satelit geo-pegun meteorologi MTSAT-IR (Rajah 4), iaitu melalui aplikasi nilai suhu kecerahan awan menerusi tettingkap jalur Inframerah (IR1: 10.3-11.3 μm) dan wap air (water vapour channel IR3 6.5 - 7.0 μm). Aplikasi satelit geo-pegun dilihat sangat efektif memandangkan resolusi temporalnya yang baik (imej/jam) serta resolusi spatialnya yang berkesan (4km/piksel) untuk kawasan kajian berskala sederhana seperti Lembah Klang (Rajah 5).



Rajah 4. Satu contoh cerapan imej MTSAT



Rajah 5. Kedudukan Lembah Klang, Selangor

Kajian ini hanya meliputi tempoh dua bulan, iaitu dari bulan Januari hingga Februari 2009 dan cerapan imej dilakukan di Makmal Kaji Iklim Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran

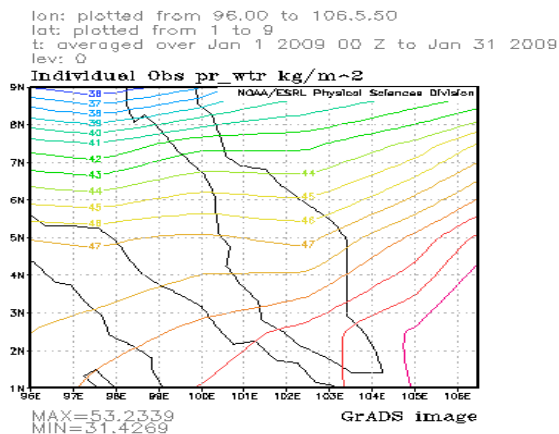
(PPSPP), UKM Bangi. Maklumat imej berkenaan telah difokuskan kepada kawasan Lembah Kelang supaya analisis boleh dilakukan dengan tepat dan cepat. Keseluruhan proses geo-lokasi dan geo-rujukan piksel dan kedudukan kawasan kajian telah dilakukan dalam perisian Lexical MTSAT-IR HRIT Projector System di makmal berkenaan (Lexical, 2008).

Sebanyak 10 stesen hujan telah dipilih berdasarkan kedapatan data hujan mengikut jam pada tempoh kajian. Maklumat intensiti hujan (setiap jam) diambil daripada pihak Jabatan Pengairan dan Saliran (Jadual 1). Bagaimanapun, maklumat peristiwa hujan yang berlaku pada lewat petang hingga awal senja yang melebihi 15mm/jam telah dipilih untuk melihat pertalian atau hubungannya dengan maklumat suhu kecerahan awan MTSAT-IR berkenaan.

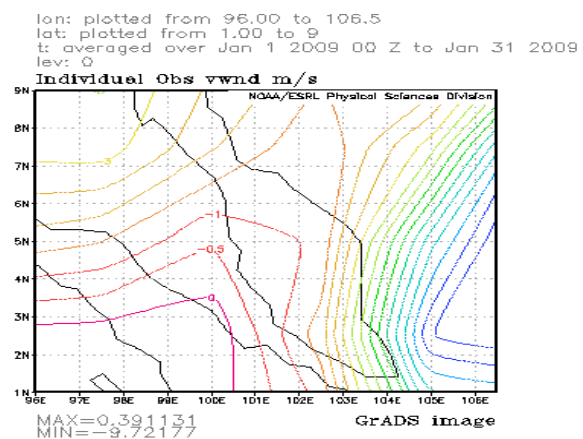
Jadual 1. Maklumat stesen hujan yang terlibat dalam kajian

| No | Stesen | Latitud | Longitud | Lokasi |
|----|----------------|---------|----------|----------------------|
| 1 | JPS-Wilayah | 3.153N | 101.70E | Jln S. Salahudin, KL |
| 2 | TTDI | 3.086N | 101.52E | Shah Alam |
| 3 | Seri Kembangan | 3.023N | 101.70E | Serdang |
| 4 | Kajang Metro | 2.991N | 101.78E | Bandar Kajang |
| 5 | Batu 3 | 3.087N | 101.52E | Shah Alam |
| 6 | Kg Dengkil | 2.853N | 101.67E | Sepang |
| 7 | Kg Telok | 3.036N | 101.47E | Taman Seri Muda |
| 8 | Kg Lombong | 2.956N | 101.57E | Puchong |
| 9 | Batang Kali | 3.455N | 101.65E | Batang Kali |
| 10 | Kg Subang | 3.140N | 101.57E | Subang |

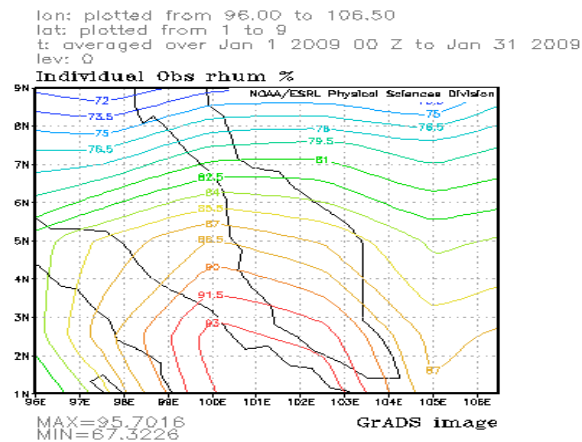
Dalam kajian ini, beberapa maklumat anggaran meteorologi seperti kelembapan bandingan (RH), kelajuan angin vertikal (VW) dan jumlah potensi kerpasan (precipitable water- PW) telah digunakan bagi melihat sejauh mana hubungannya dengan suhu kecerahan awan. Maklumat berkenaan telah dicerap secara atas talian berdasarkan analisis NCEP menerusi kerjasama antara NOAA/OAR/ESRL/PSD (Rajah 6 hingga Rajah 8). Data RH, PW dan VW telah dicerap bagi setiap purata 6 jam.



Rajah 6. Contoh data spatial PW (kg/m^2) daripada laman sesawang NCEP



Rajah 7. Contoh data spatial VW (m/s) daripada laman sesawang NCEP



Rajah 8. Contoh data spatial RH (%) daripada laman sesawang NCEP

Kesemua maklumat NCEP, intensiti hujan dan nilai kecerahan suhu (berdasarkan maklumat piksel MTSAT-IR) jalur inframerah dan jalur wap air telah direkodkan sepanjang tempoh kajian berkenaan. Lokasi atau kedudukan geografi piksel imej MTSAT-IR (kedudukan awan) diambil berdasarkan kedudukan stesen hujan di permukaan (Rujuk Jadual 1). Sejumlah 15 insiden hujan yang melebihi 15 mm/jam telah direkodkan di sepanjang tempoh kajian (Jadual 2).

Hasil kajian

Hasil kajian ini ditunjukkan dalam Jadual 2 dan Jadual 3. Kesemua 15 peristiwa hujan yang melebihi nilai ambang (15 mm/jam) direkodkan berlaku pada waktu petang hingga awal senja. Ini membuktikan bahawa jenis hujan perolakan adalah sangat mudah terjadi dan membawa jumlah hujan yang sangat lebat (Jadual 2). Intensiti hujan yang paling lebat, iaitu 52 mm/jam dalam tempoh kajian berlaku pada 8 Januari 2009, bermula pada 04.30 petang waktu tempatan.

Jadual 2. Maklumat stesen hujan dalam kawasan kajian

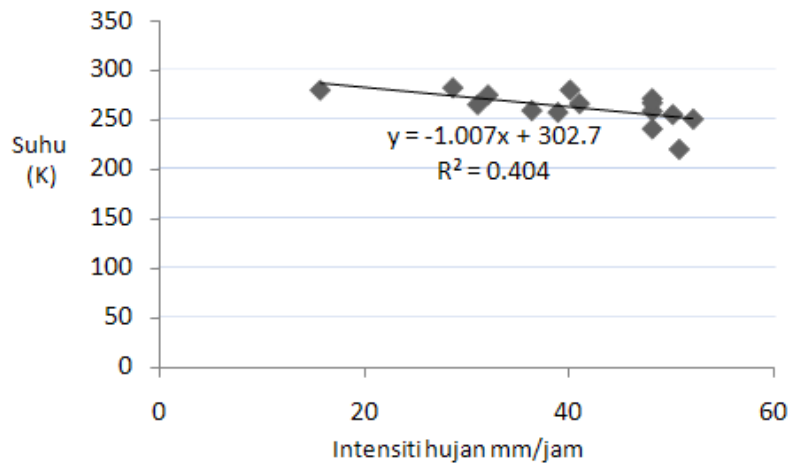
| TEMPAT | TARIKH | MASA/JAM | JUMLAH HUJAN | MASA | INT/JAM |
|-----------------|------------|----------|--------------|------|---------|
| SERI KEMBANGAN | 21 JANUARI | 6.10PM | 15 | 18 | 50 |
| KAJANG | 6 JANUARI | 6.00PM | 12 | 15 | 48 |
| KAJANG | 28 JANUARI | 9.15PM | 8 | 15 | 32 |
| KG SUBANG | 29 JANUARI | 7.49PM | 31 | 60 | 31 |
| TTDI SHAH ALAM | 8 JANUARI | 4.02PM | 11 | 17 | 39 |
| TTDI SHAH ALAM | 21 JANUARI | 7.15PM | 24 | 30 | 48 |
| PUCHONG | 24 JANUARI | 7.06PM | 10 | 21 | 29 |
| TAMAN SERI MUDA | 6 JANUARI | 6.02PM | 27 | 32 | 51 |
| TAMAN SERI MUDA | 7 JANUARI | 5.45PM | 30 | 44 | 41 |
| TAMAN SERI MUDA | 8 JANUARI | 4.30PM | 12 | 15 | 48 |
| TAMAN SERI MUDA | 27 JANUARI | 4.30PM | 12 | 15 | 48 |
| DENGKIL | 8 JANUARI | 5.48PM | 26 | 43 | 36 |
| BATU 3 | 8 JANUARI | 4.30PM | 13 | 15 | 52 |
| JPS WILAYAH | 28 JANUARI | 3.31PM | 10 | 15 | 40 |
| BATANG KALI | 28JANUARI | 4.04PM | 12 | 46 | 16 |

Analisis korelasi Spearman dilakukan untuk mengetahui sama ada wujud atau sebaliknya hubungan antara suhu kecerahan awan dengan intensiti hujan. Hasil analisis menunjukkan bahawa wujud pertalian songsang antara suhu kecerahan awan (jalur infra merah, IR1 dan jalur wap air, IR3) dengan intensiti hujan. Rajah 7 dan Rajah 8 masing-masing membuktikan pertalian songsang yang berlaku di antara kedua-dua jalur imej MTSAT-IR dengan maklumat intensiti hujan. Perhubungan jalur IR1 (inframerah IR1: 10.3-11.3 μm) dengan intensiti hujan adalah lebih signifikans, iaitu dengan nilai $R^2 = 0.404$. Hasil analisis ini didapati selari dengan pengamatan Kurino (1997) dengan mengatakan suhu awan yang kurang daripada 230° Kelvin merujuk kepada awan jenis perolakan.

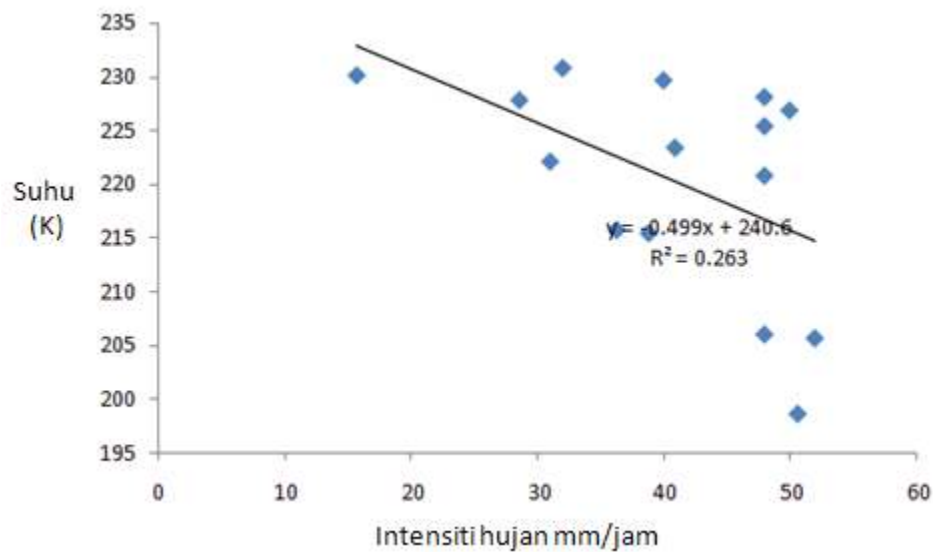
Hasil analisis korelasi (Jadual 4) juga telah membuktikan bahawa maklumat suhu kecerahan awan sangat berkait rapat dengan maklumat intensiti hujan. Namun, hasil analisis hubungan antara suhu kecerahan awan berdasarkan maklumat NCEP (PW, RH dan VW dengan nilai intensiti hujan didapati tidak signifikans. Justeru, adalah tidak sesuai mengintegrasikan maklumat analisis maklumat NCEP ke dalam model anggaran intensiti hujan sekiranya dilakukan pada masa hadapan.

Jadual 3. Maklumat suhu kecerahan awan dan data NCEP

| STESEN | CH 1 | CH 3 | PW MAX | PW MIN | RH MAX | RH MIN | VW MAX | VW MIN |
|------------------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SERI KEMBANGAN | 255.21 | 226.83 | 57.9 | 42.3 | 93 | 60 | 2.1 | 2.4 |
| KAJANG | 258.74 | 220.77 | 52.9 | 45.9 | 91 | 82 | 1.2 | 1.3 |
| KAJANG | 274.95 | 230.76 | 55.3 | 43.3 | 91 | 63 | 1 | 1.9 |
| KG MELAYU SUBANG | 265.23 | 222.09 | 57.8 | 45.1 | 92 | 63 | 1.9 | 2 |
| TTDI SHAH ALAM | 257.37 | 215.44 | 52.3 | 45.9 | 99 | 75 | 1.98E-06 | 3 |
| TTDI SHAH ALAM | 271.19 | 228.07 | 42.75 | 41 | 96.5 | 57.5 | 1.45 | 2.8 |
| PUCHONG | 282.04 | 227.78 | 55.7 | 46.5 | 96 | 84 | 3.1 | 0.899 |
| TAMAN SERI MUDA | 220.23 | 198.67 | 52.9 | 45.9 | 91 | 82 | 1.2 | 1.3 |
| TAMAN SERI MUDA | 266.2 | 223.37 | 54.5 | 48.5 | 91 | 84 | 2.2 | 2.8 |
| TAMAN SERI MUDA | 240.88 | 206.05 | 52.3 | 45.9 | 99 | 75 | 1.99E-06 | 1.5 |
| TAMAN SERI MUDA | 266.88 | 225.37 | 55.5 | 46 | 100 | 75 | 1.99E-06 | 2.7 |
| DENGKIL | 259.19 | 215.74 | 51.6 | 49.2 | 96 | 79 | 1.6 | 3.3 |
| BATU 3 | 250.68 | 205.69 | 52.3 | 45.9 | 99 | 75 | 1.99E-06 | 3 |
| JPS WILAYAH | 279.92 | 229.63 | 53 | 38.8 | 92 | 53 | 0.3999 | 3.5 |
| BATANG KALI | 279.8 | 230.09 | 53 | 38.8 | 92 | 53 | 0.399 | 3.5 |



Rajah 8. Hubungan antara suhu kecerahan IR1 dengan intensiti hujan



Rajah 9. Hubungan antara suhu kecerahan IR3 (wap air) dengan intensiti hujan

Jadual 4. Korelasi koefisien antara parameter yang terlibat

| Pemboleh Ubah Suhu | Pemboleh Ubah Intensiti Hujan | Korelasi (Spearman) | Kesignifikanan |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|
| Suhu piksel IR1 | Intensiti hujan | -0.701 | 0.01 |
| Suhu piksel IR3 | Intensiti hujan | -0.541 | 0.03 |
| Purata 5x5 piksel IR1 | Intensiti hujan | -0.627 | 0.01 |
| Purata 5x5 piksel IR3 | Intensiti hujan | -0.533 | 0.04 |
| PWmax | Purata 5x5 piksel IR1 | -0.265 | 0.33 |
| PWmin | Purata 5x5 piksel IR1 | 0.061 | 0.83 |
| RHmax | Purata 5x5 piksel IR1 | 0.184 | 0.51 |
| RHmin | Purata 5x5 piksel IR1 | 0.136 | 0.62 |
| Vwmax | Purata 5x5 piksel IR1 | -0.213 | 0.44 |
| VWmin | Purata 5x5 piksel IR1 | -0.157 | 0.57 |

Kesimpulan

Kajian preliminari ini telah menunjukkan bahawa maklumat suhu kecerahan awan daripada kedua-dua jalur inframerah dan wap air MTSAT-IR berupaya dalam menganggarkan intensiti hujan dalam tempoh tertentu. Bagaimanapun, terdapat banyak usaha yang perlu dilakukan sebelum pembentukan model anggaran hujan berdasarkan maklumat imej satelit MTSAT-IR yang mempunyai tahap kesahihan dan kebolehpercayaan yang tinggi dapat direalisasikan. Kajian ini merupakan pembuka jalan kepada pengkajian kesesuaian maklumat radiasi jalur inframerah imej MTSAT-IR dalam mempragakan anggaran peristiwa hujan lebat di kawasan bandar, khususnya di Lembah Kelang. Ini dianggap penting kerana di kawasan perbandaran Lembah Klang aktiviti hujan perolakan yang berintensiti tinggi berupaya untuk membawa kepada bencana banjir kilat. Sekiranya anggaran peristiwa hujan lebat dapat dilakukan seawal mungkin (dengan aplikasi maklumat imej MTSAT-IR), ini secara tidak langsung akan menambahkan lagi masa susulan (lead time) sebelum ketibaan (onset) bencana berkenaan dan memberikan masa yang mencukupi untuk aktiviti pemindahan aset serta kemungkinan mangsa banjir (manusia).

Rujukan

- Adler RF, Negri AJ (1988) A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *J. of Appl. Meteor.* **27**, 30–51.
- DID (2000) Urban stormwater management manual for Malaysia. Kuala Lumpur. Department of Irrigation and Drainage. Malaysia.
- Douglas I (1983) *The urban environment*. Edward Arnold, London.
- Juneng L, Tangang FT, Reason CJC (2007) Numerical Investigation of an Extreme Rainfall Event During a Period of 9-11 December over the East Coast Peninsular Malaysia. *Meteorology and Atmospheric Physics*. DOI 10.1007/s00703-006-0236-1.
- Shaharuddin Ahmad (1994) The diurnal variation of rainfall and urban development in Kuala Lumpur (in Malay). Paper presented at the National Seminar of the Malaysian Association of Geography, 17 – 19 August, Science University of Penang.
- Sham Sani (1989) Physical development and local climate modification in the Kajang-Bandar Baru Bangi Corridor: Some management and planning considerations. In: Abdul Samad Hadi, Mazlan Othman (eds) *Tropical Urban Ecosystems Studies* **6**, pp. 299-323. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Wardah T, Abu Bakar SH, Bardossy A, Maznorizan M (2008) Use of geostationary meteorological satellite images in convective rain estimation for flash-flood forecasting. *Journal of Hydrology* **356**, 283-298.