

## Aplikasi GIS dan Simulasi Banjir Sungai Siak Pekanbaru Menggunakan XP-SWMM

(GIS Application and Flood Simulation for Siak River, Pekanbaru using XP-SWMM)

YUSRI, OTHMAN A. KARIM, KHAIROL NIZAM ABDUL MAULUD,  
MOHD. EKHWAN TORIMAN, MOHD. KHAIROL AMRI KAMARUDIN

### ABSTRACT

Pekanbaru, the capital of Riau province, consists of 12 localities and covering an area of 632.26 square kilometer. The current land utilization in this city may create suffcare hydrology problems, such as flooding and shortage of water. The objective of this work is to analyse the land utilization pattern in Pekanbaru in 2004 in conjunction with flooding problem. The ArcView GIS 3.2 software package was implemented to analyse the land utilization data provided by a satelite, and the XP-SWMM hydrodynamic software package was used to simulate the flooding of Siak river in Pekanbaru. The result showed that land utilization was dominated for farming (49.26%), followed by vegetation, forestry, and settlement (17.09%, 13.06% and 11.97%, respectively). The simulation revealed that the flood occured in 28 December 2004 had submerged three regions, i.e. Sri Meranti, Meranti Pandak, and Pesisir, covering an area of approximately 880 hectare. In addition to this, bigger floods had been predicted to occure in the near future if the utilization of land is not pecisely managed.

**Keywords:** land use; GIS; flood simulation

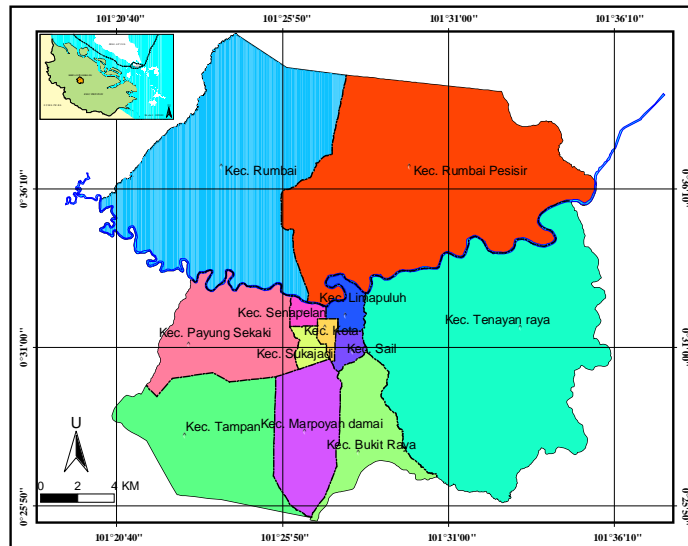
### PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru telah mengalami perubahan kemajuan cukup pesat, terutama dari segi penggunaan lahan (Yusri et al., 2006). Perkembangan ini dilihat dari pertumbuhan penduduk Kota Pekanbaru yang bertambah pesat, yaitu dari 212,709 jiwa pada tahun 1987 telah meningkat menjadi 512,123 jiwa pada tahun 1997 (Hapriadi, 2002), kemudian pada tahun 2000 dan 2004, jumlah penduduk Pekanbaru masing-masing meningkat berturut-turut menjadi 585,240 jiwa dan 694,343 jiwa (Anonim, 2006). Yusri et al. (2007b) menjelaskan bahwa pertumbuhan penduduk Pekanbaru pada tahun 2003 adalah sekitar 3,9 %.

Selanjutnya, berdasarkan hasil pengukuran di lapangan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN), Provinsi Riau ditetapkan luas wilayah Kota Pekanbaru adalah 632,26 km<sup>2</sup> (Anonim, 2003). Secara geografis kawasan ini terletak di bagian tengah dan timur Pulau Sumatera yang

dibatasi antara 101<sup>0</sup> 18' hingga 101<sup>0</sup> 36' Bujur Timur dan antara 0<sup>0</sup>25' hingga 0<sup>0</sup>45' Lintang Utara, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. dan porsi keluasan pada Tabel 1.

Pertumbuhan pusat kota, seperti Pekanbaru senantiasa berhubungan dengan peningkatan aktivitas perekonomian yang menghasilkan peluang pekerjaan yang lebih luas (Hall, 1984). Pesatnya perkembangan Pekanbaru tidak terlepas dari dua transformasi yang terjadi pada saat ini, yaitu transformasi dari dominasi sektor pertanian kepada sektor industri dan lainnya, dan tranformasi sebaran penduduk dari daerah pedalaman ke perkotaan. Sebagai pusat kegiatan regional, Pekanbaru juga berfungsi sebagai pusat pemerintahan, pendidikan, perdagangan, industri dan kota pelabuhan sungai. Selain itu, Kota Pekanbaru juga berfungsi untuk mengimbangi pesatnya kemajuan Kota Batam sebagai dampak kerjasama segitiga ekonomi Indonesia-Malaysia-Singapura-*Growth Triangle* (IMS-GT) dan Indonesia-Malaysia-Thailand-*Growth Triangle* (IMT-GT).



GAMBAR 1. Kawasan kajian

TABEL 1. Luas Kota Pekanbaru menurut kecamatan

| No  | Kecamatan<br>(Sub Kawasan) | Luas<br>(km <sup>2</sup> ) | %      |
|-----|----------------------------|----------------------------|--------|
| 1.  | Tampan                     | 59,81                      | 9,46   |
| 2.  | Payung Sekaki              | 43,24                      | 6,84   |
| 3.  | Bukit Raya                 | 22,05                      | 3,49   |
| 4.  | Marpoyan Damai             | 29,74                      | 4,70   |
| 5.  | Tenayan Raya               | 171,27                     | 27,09  |
| 6.  | Lima Puluh                 | 4,04                       | 0,64   |
| 7.  | Sail                       | 3,26                       | 0,52   |
| 8.  | Pekanbaru Bandar           | 2,26                       | 0,36   |
| 9.  | Sukajadi                   | 3,76                       | 0,59   |
| 10. | Senapelan                  | 6,65                       | 1,05   |
| 11. | Rumbai                     | 128,85                     | 20,38  |
| 12. | Rumbai Pesisir             | 157,33                     | 24,88  |
|     | Jumlah                     | 632,26                     | 100,00 |

SUMBER: Pekanbaru dalam angka 2004

Sri Harto (2001) berpendapat bahwa perubahan penggunaan lahan juga dipengaruhi oleh faktor geologi, iklim dan perubahan yang dilakukan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa perkembangan suatu daerah atau wilayah perkotaan dari aspek fungsi lahan akan selalu berubah sesuai dengan perkembangan dan tujuan pembangunan.

Kemajuan dan perkembangan kawasan perkotaan menjadi daya tarik bagi masyarakat di desa untuk berpindah ke kota. Daya tarik ini diperkuat lagi dengan tersedianya banyak peluang pekerjaan, fasilitas dan peningkatan kualitas hidup di kawasan kota. Supranowo (1985) menjelaskan bahwa ketersediaan lahan merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi pelaksanaan pembangunan

perkotaan, karena pada dasarnya semua pembangunan khususnya pembangunan perkotaan memerlukan lahan sebagai prasarannya. Menurut Branch (1995), perkembangan kota secara fisik dapat dicirikan dari penduduknya yang makin bertambah dan padat, bangunan yang semakin rapat, terutama permukiman yang semakin luas, serta lengkapnya fasilitas kota yang mendukung kegiatan sosial dan perekonomian kota. Meskipun demikian, penggunaan lahan yang tidak proporsional pada wilayah perkotaan secara langsung dapat mengakibatkan terjadinya bencana alam, seperti banjir.

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di kawasan perkotaan, termasuk Pekanbaru. Menurut Toriman (2000), banjir

secara umum adalah penambahan jumlah air yang tidak dikehendaki di permukaan. Pua Hock (2009) menjelaskan, bahwa banjir merupakan fenomena yang disebabkan oleh kenaikan air sungai utama dan anak-anak sungai yang melimpah di daratan yang biasanya tidak tenggelam oleh air. Oleh karena itu, alur sungai biasanya menerima sejumlah air limpasan yang berawal dari aliran permukaan, aliran bawah tanah dan aliran antara (Pua Hock, 2009).

Kota Pekanbaru yang dilalui oleh Sungai Siak berpotensi untuk selalu terjadi banjir. Selain itu, Pekanbaru memiliki kontur hampir 80% berupa dataran rendah. Pekanbaru pada saat ini sedang mengalami perkembangan cukup pesat, yang telah secara langsung mengubah pola penggunaan lahan. Makalah ini bertujuan untuk menganalisis pola penggunaan tata guna lahan di Pekanbaru untuk tahun 2004 yang berhubungan dengan permasalahan banjir.

## METODE PENELITIAN

### *Data*

Dalam kajian ini, sebagian besar data berasal dari data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Data yang digunakan dalam analisis ini diantaranya data ketinggian dan kemiringan permukaan tanah dari peta topografi dan peta tata guna lahan pada tahun 2004 yang dikeluarkan oleh CV. Riau Geokomunikasi Consultant dalam format GIS.

Untuk simulasi dan pemodelan banjir di Sungai Siak Kota Pekanbaru diperlukan data berupa lokasi/peta topografi, tata guna lahan, data aliran, batas sungai, potongan melintang sungai dan data penguapan. Data aliran diperoleh dari stasiun pencatat aliran yang dikelola oleh Dinas Pengairan, KIMPRASWIL Provinsi Riau yang terletak berhampiran dengan lokasi banjir. Data aliran Sungai Siak Pekanbaru tahun 2004 pada saat banjir (28 Desember 2004) digunakan dalam analisis ini untuk mengetahui besarnya banjir yang terjadi, sementara kondisi Sungai Siak di Kota Pekanbaru pada waktu simulasi dianggap tidak dipengaruhi oleh pasang surut.

### *Perangkat Lunak*

Data tata guna lahan Kota Pekanbaru tahun 2004 ini dianalisis dengan menggunakan

perangkat lunak ArcView GIS versi 3.2. Selanjutnya, untuk mendapatkan hasil simulasi banjir Sungai Siak di Kota Pekanbaru, perangkat lunak XP-SWMM telah digunakan dalam kajian ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Karakteristik Sungai Siak*

Sungai Siak memiliki karakteristik unik, dengan kelandaian yang relatif datar dari hulu ke hilir sejauh lebih kurang 280 km dari muara sungai dan lebih kurang 20 km di hilir Kota Pekanbaru. Sungai Siak mempunyai profil berbentuk “V” yang berbeda dengan sungai yang ada di Indonesia pada umumnya, yaitu memiliki profil “U”. Alur sungai bagian hilir dan tengah didapati relatif datar dengan rata-rata lebar sungai 250 m dan kedalaman 18 m dari Kota Pekanbaru ke hilirnya. Pada bagian hulu, mempunyai kecenderungan relatif landai. Kemiringan dasar sungai di hulu berkisar 0,2 % sepanjang 65 km dari bagian hulu ke hilir Sungai Siak atau sekitar 20 km sebelah hulu Kota Pekanbaru, sedangkan di bagian tengah 0,025 % sepanjang 80 km atau sekitar 45 km ke hilir Kota Pekanbaru, selengkapnya diberikan dalam Tabel 2.

### *Tata Guna Lahan*

Hasil analisis penggunaan lahan di kota Pekanbaru pada tahun 2004 dengan menggunakan ArcView GIS versi 3.2 diberikan dalam Tabel 3.

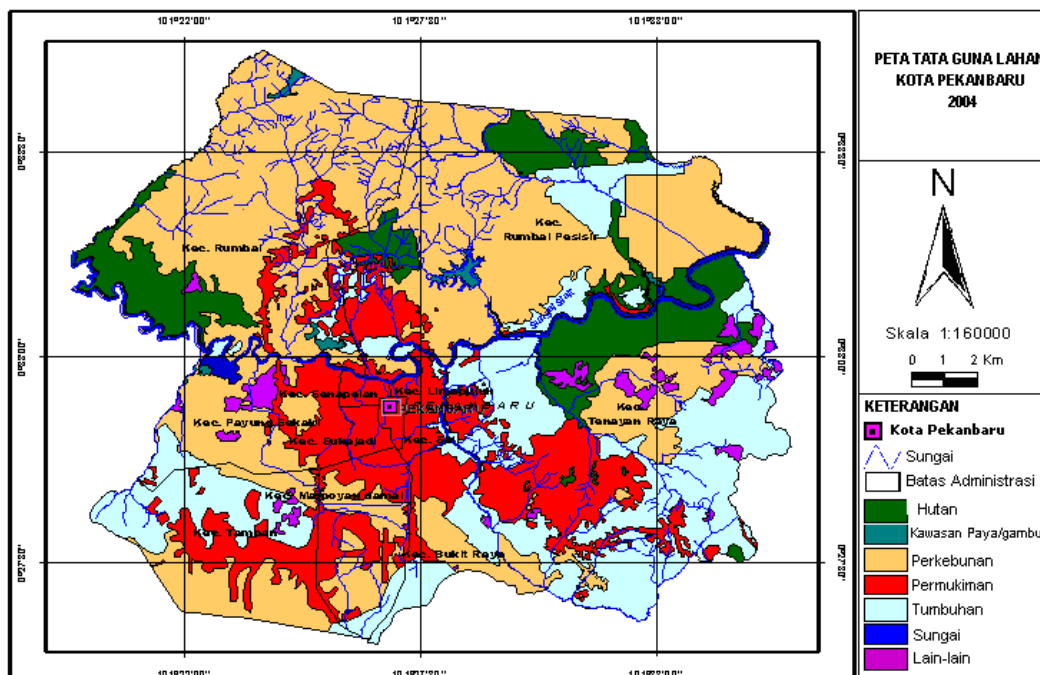
Tabel 3 menunjukkan bahwa luas keseluruhan wilayah Pekanbaru didominasi oleh perkebunan, yaitu 49,26%, diikuti oleh tumbuhan/semak 17,09%, hutan 13,06%, sementara permukiman 11,97%. Dari hasil analisis ini dapat dirumuskan, bahwa penggunaan lahan akan mengalami perubahan proporsi sesuai dengan perkembangan dan tujuan pembangunan (Hapriadi, 2002). Selanjutnya, Yunus (1994) juga berpendapat bahwa perkembangan kota adalah suatu proses perubahan keadaan perkotaan ke keadaan yang lain dalam waktu yang berbeda. Secara jelas pola atau proporsi penggunaan lahan Kota Pekanbaru tahun 2004 dapat dilihat pada Gambar 2.

TABEL 2. Karakteristik Sungai Siak

| Karakteristik                     | Keterangan                      |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Panjang sungai                    | 345 km                          |
| Luas kawasan (CA)                 | 1.132.776 Ha                    |
| Aliran Sungai                     |                                 |
| • Debit maksimum                  | 1.700 m <sup>3</sup> /detik     |
| • Debit minimum                   | 45 m <sup>3</sup> /detik        |
| • Debit normal                    | 200 – 300 m <sup>3</sup> /detik |
| Jarak atau panjang daerah aliran  |                                 |
| • Hulu ( <i>up stream</i> )       | 65 km                           |
| • Tengah ( <i>middle stream</i> ) | 80 km                           |
| • Hilir ( <i>down stream</i> )    | 200 km                          |
| Kemiringan sungai                 |                                 |
| • Hulu ( <i>up stream</i> )       | 0,002                           |
| • Tengah ( <i>middle stream</i> ) | 0,00025                         |
| • Hilir ( <i>down stream</i> )    | 0,00003                         |

TABEL 3. Hasil analisis penggunaan lahan wilayah Kota Pekanbaru tahun 2004

| Tata Guna Lahan Tahun 2004 | Keluasan (km <sup>2</sup> ) | %          |
|----------------------------|-----------------------------|------------|
| Perkebunan                 | 311,50                      | 49,26      |
| Tumbuhan                   | 108,11                      | 17,09      |
| Hutan                      | 82,59                       | 13,06      |
| Permukiman                 | 75,71                       | 11,97      |
| Lain-lain                  | 43,21                       | 6,83       |
| Sungai                     | 7,43                        | 1,17       |
| K. Paya                    | 3,71                        | 0,58       |
| <b>Jumlah</b>              | <b>632,26</b>               | <b>100</b> |



GAMBAR 2. Peta tata guna lahan 2004 hasil analisis

### *Pola Penggunaan Ruang Kota Pekanbaru*

Ruang adalah wadah yang meliputi ruang daratan, lautan dan udara sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk lainnya hidup dan melakukan aktivitas pembangunan suatu kawasan (Anonim, 1997), dan keadaan ini akan mengalami suatu perubahan sesuai dengan keperluan dan perkembangan zaman (Yusri et al., 2007a).

Tabel 3 telah menjelaskan, bahwa penggunaan lahan secara proporsional telah didominasi oleh perkebunan, sedangkan hutan berada pada urutan ketiga yaitu 13,06% dari luas keseluruhan Kota Pekanbaru. Dari aspek penggunaan ruang, dari ketujuh komponen penggunaan lahan Kota Pekanbaru, fungsi lahan hutan memberikan keseimbangan lingkungan yang signifikan termasuk siklus hidrologi. Artinya, apabila semakin berkurang atau sebaliknya peningkatan penggunaan lahan hutan untuk fungsi yang lain dapat mengakibatkan meningkatnya aliran permukaan atau kekurangan sumber air. Sementara itu, perkembangan pembangunan sudah pasti akan meningkatkan lapisan permukaan kaku seperti perumahan, bangunan, dan jalan, yang secara langsung dapat pula meningkatkan aliran permukaan dan pada waktu yang sama akan dapat menimbulkan banjir.

### *Pola/Proporsi Penggunaan Lahan Kota Pekanbaru dari Aspek Waktu*

Analisis penggunaan lahan tahun 2004, telah memberikan gambaran dan proporsi cukup jelas. Tentu hasil ini tidak terlepas dari pola penggunaan lahan sebelumnya. Pada kenyataannya, lahan hutan akan selalu mengalami pengurangan yang diakibatkan oleh desakan kebutuhan manusia yang setiap waktu meningkat. Sebaliknya, dengan semakin meningkatnya kebutuhan manusia telah pasti akan meningkat pula akan keperluan manusia seperti penyediaan tempat tinggal, tempat pelayanan umum serta keperluan lainnya. Kenyataan ini akan terjadi secara berlanjut di Kota Pekanbaru sesuai dengan perjalanan waktu.

### *Pemodelan Banjir Menggunakan XP-SWMM*

Dalam kajian ini, simulasi banjir menggunakan perangkat lunak XP-SWMM, dengan menetapkan periode pada waktu banjir (28

Desember 2004). Pemilihan periode ini adalah ketersediaan data aliran cukup memadai. Selain itu, pada tahun 2004, Kota Pekanbaru telah mengalami perubahan tata guna lahan yang sangat pesat.

Setelah parameter pemodelan yang terdiri dari lokasi/peta topografi dan tata guna lahan, data aliran pada waktu banjir, batas sungai, potongan melintang sungai dan data penguapan dipenuhi (sebagai input XP-SWMM), maka model dapat disimulasikan. Hasil pemodelan banjir Sungai Siak Kota Pekanbaru dapat dirumuskan seperti berikut.

#### *1. Simulasi hidraulik*

Model hidraulik meliputi *nodes* dan *links* yang mewakili lima stasiun kajian seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Model ini adalah untuk perancangan kejadian banjir berdasarkan pada nilai limpasan/aliran. Dalam simulasi hidraulik, keputusan periode simulasi dapat dilihat dalam berbagai profil dan pandangan dinamik. Dalam analisis ini, pandangan dinamik 1-D hidrodinamik telah dipilih untuk menunjukkan keputusan analisis.

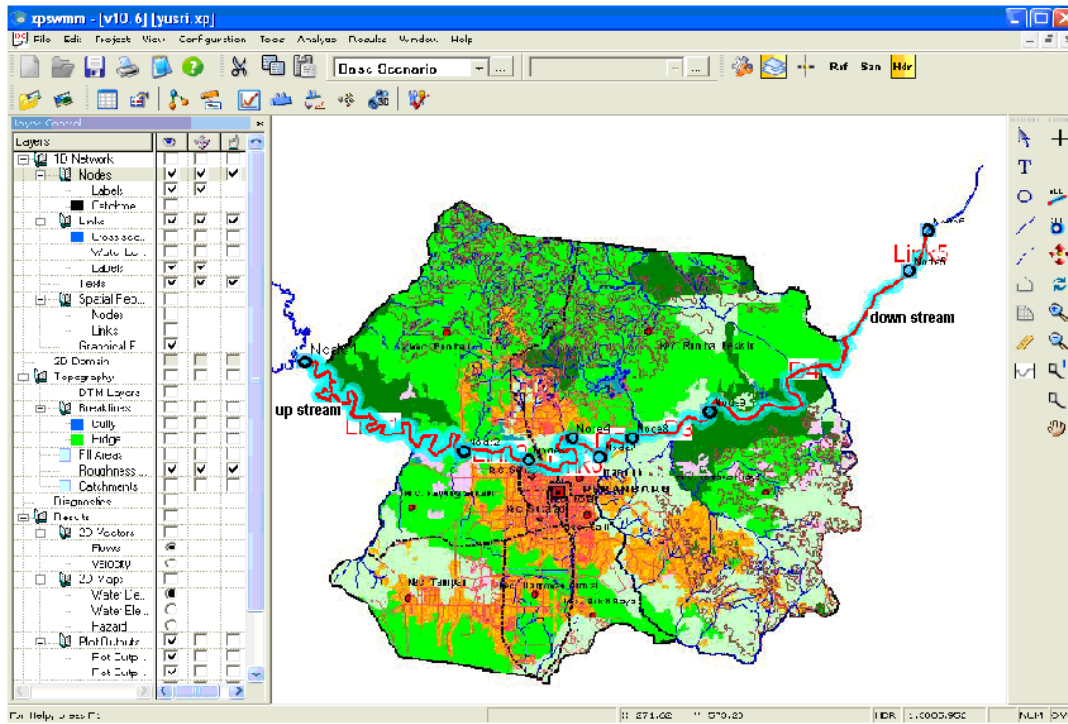
#### *2. Simulasi periode banjir tahun 2004*

Setelah diinput semua parameter pemodelan XP-SWMM pada waktu banjir seperti diuraikan di atas, selanjutnya simulasi dilakukan. Proses memasukkan data model sangat memerlukan ketelitian dan ketepatan untuk setiap parameternya. Apabila terdapat kesalahan input data, maka simulasi yang dilakukan tidak berhasil dengan baik. Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi.

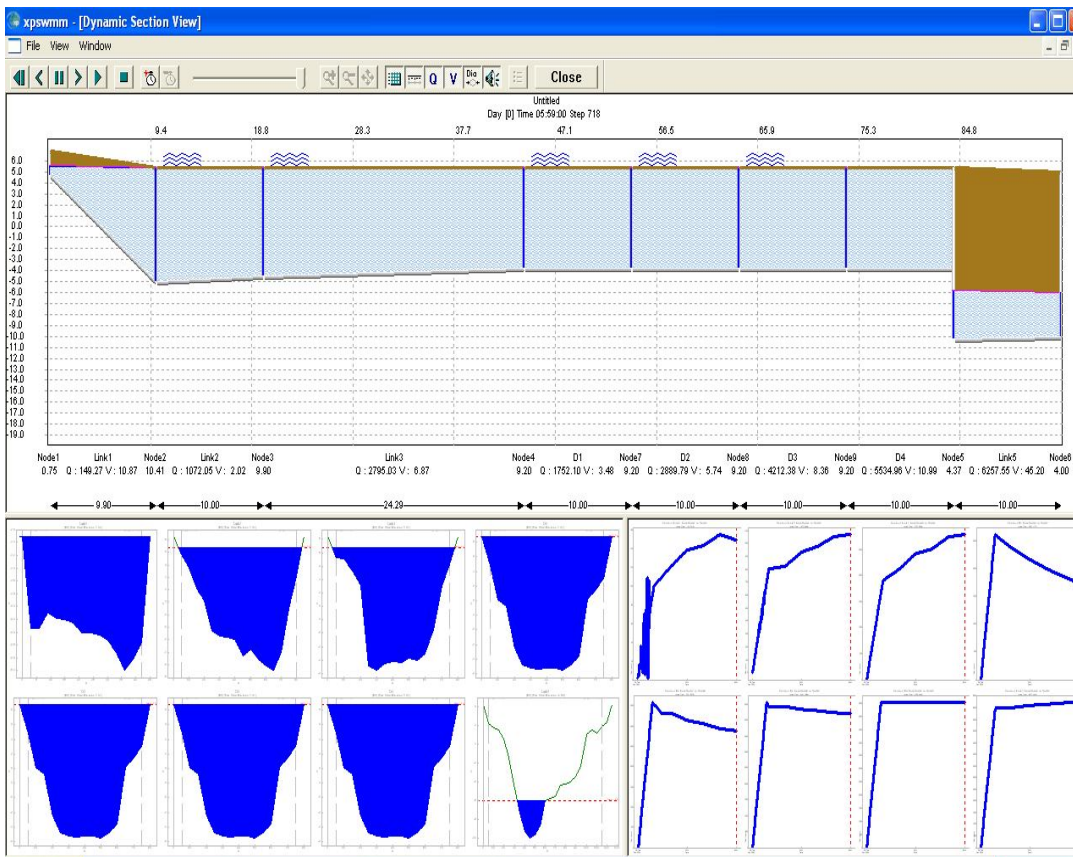
Dari proses simulasi yang dilakukan, terlihat bahwa pada node 2 hingga 4 telah terjadi banjir pada akhir simulasi. Nilai aliran ( $Q$ ) hasil simulasi pada *link* 2,  $Q = 107,05 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan sebesar  $2,02 \text{ m/s}$ , pada *link* 3  $Q = 2795,03 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan sebesar  $6,87 \text{ m/s}$  dan pada *link* 4/D1  $Q = 1752,10 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan sebesar  $3,48 \text{ m/s}$ . Dengan demikian karena *link* 2 hingga 4 merupakan kawasan perkotaan dan padat bangunan, maka nilai aliran  $Q$  menjadi sangat tinggi.

Selanjutnya, dalam profil ditunjukkan batas kedalaman air yang maksimum sewaktu simulasi. Setelah simulasi kedalaman air yang maksimum pada *link* 2 adalah  $5,42 \text{ MSL}$  (Gambar 6), pada *link* 3 adalah  $5,41 \text{ MSL}$  (Gambar 7) dan *link* 4 adalah  $5,41 \text{ MSL}$  (Gambar 8).

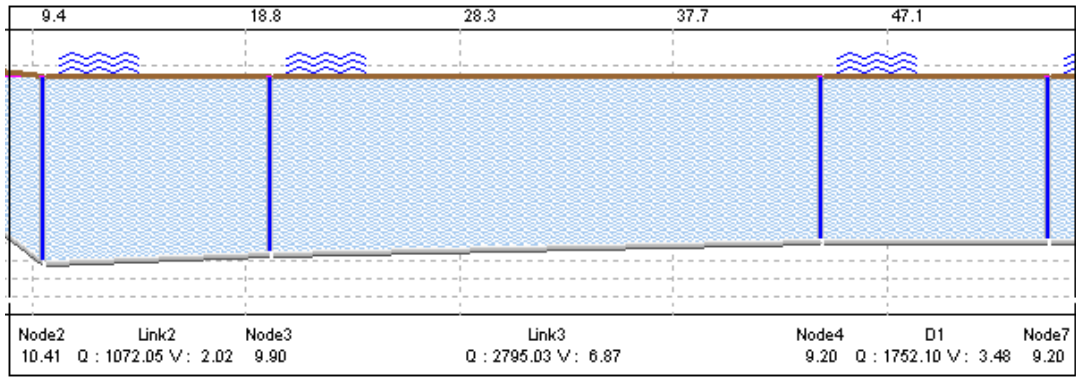




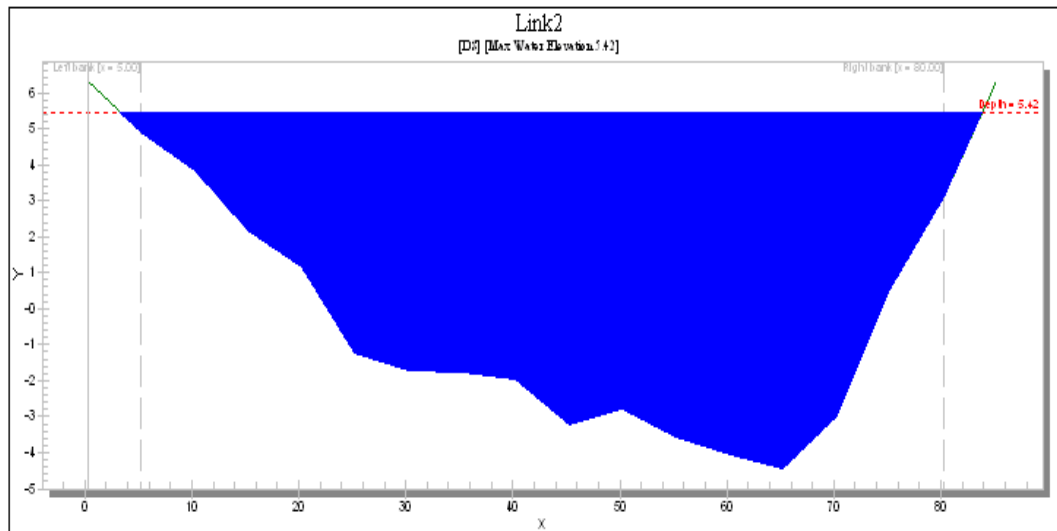
GAMBAR 3. Pandangan Sungai Siak Kota Pekanbaru yang dimodelkan



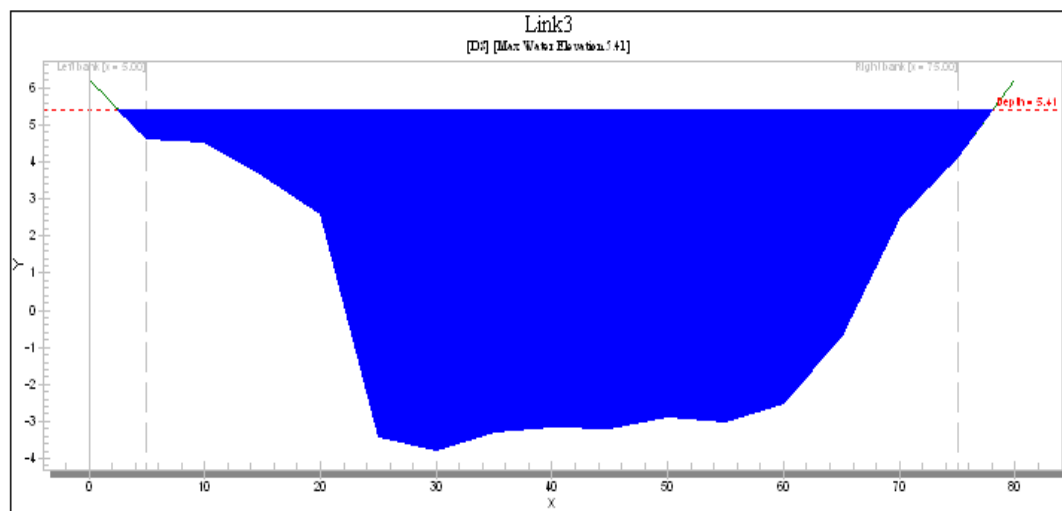
GAMBAR 4. Pandangan multi panel hasil simulasi saat terjadinya banjir



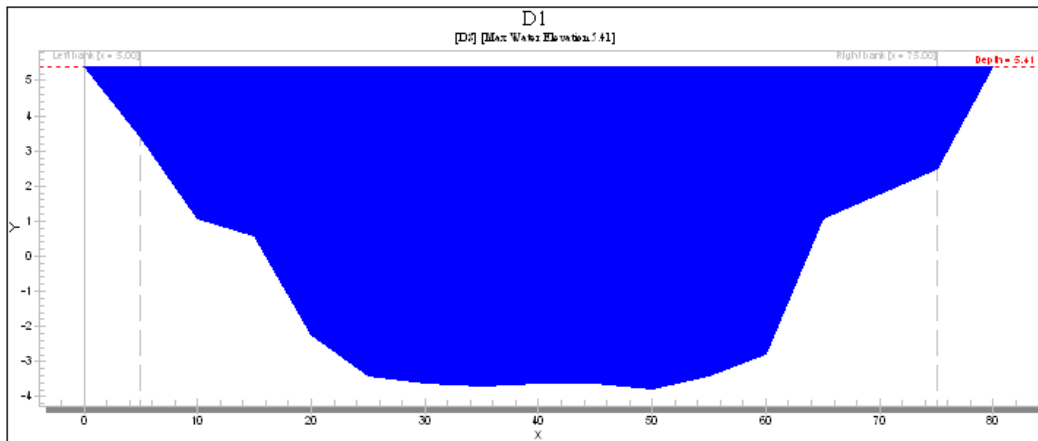
GAMBAR 5. Penjelasan link/kawasan banjir



GAMBAR 6. Potongan melintang sungai saat banjir pada link 2 (335 km dari muara)



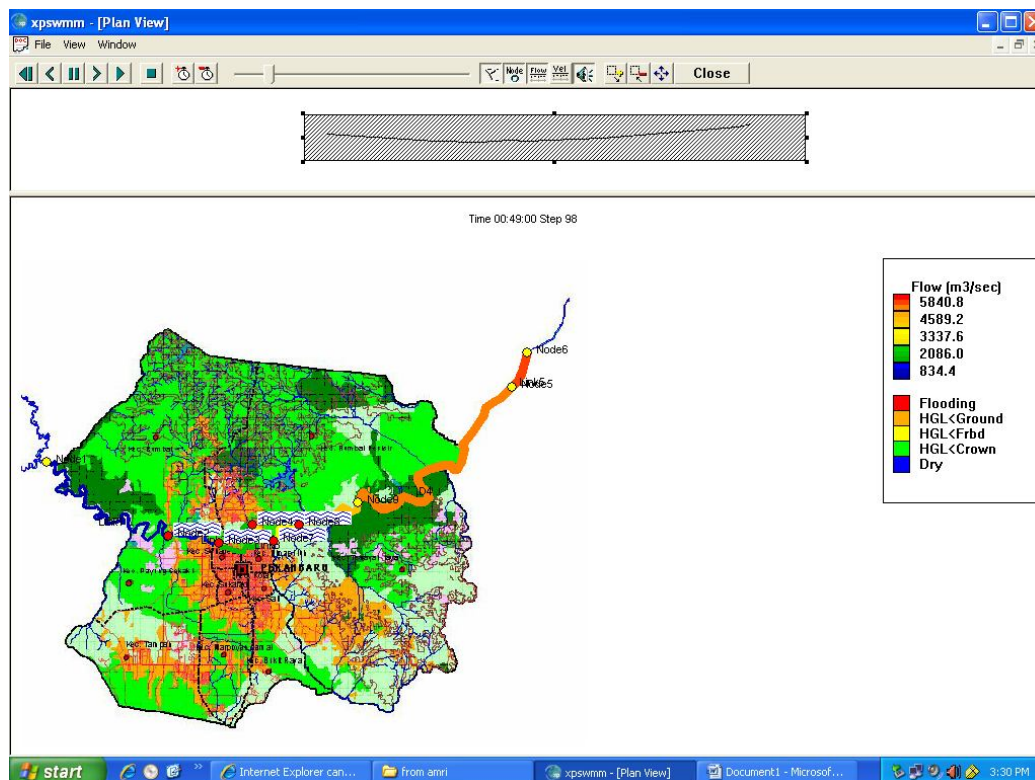
GAMBAR 7. Potongan melintang sungai saat banjir pada link 3 (325 km dari muara)



GAMBAR 8. Potongan melintang sungai saat banjir pada link 4/D1(322 km dari muara)

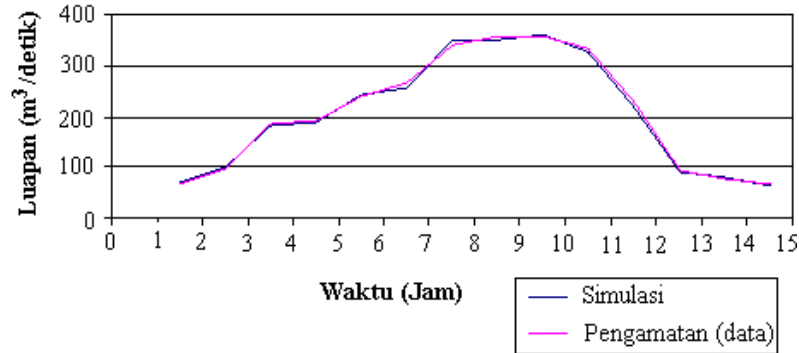
Hasil simulasi juga ditunjukkan dalam ukuran dan warna yang berbeda pada *nodes* dan *links*. Ukuran dan warna yang berbeda menunjukkan adanya perubahan aliran, kecepatan, kedalaman dan arah aliran waktu simulasi. Gambar 9 menunjukkan simulasi 1-D plot rancangan dinamik bagi rangkaian Sungai Siak Pekanbaru. Terdapat lima simbol digunakan sebagai petunjuk tinggi muka air dan aliran sungai di kawasan kajian, yaitu *flooding*, *ground level*, *freeboard*, *crown* dan *dry*. Setelah keputusan angka animasi diperoleh, air sungai di node 2, 3

dan 4 ditunjukkan telah melimpah di luar kapasitas maksimum sungai. Node 2, 3 dan 4/D1 hampir bersamaan terlihat menunjukkan kejadian pada selang waktu 48 menit. D2 dan D3 telah mengalami banjir pada durasi waktu 49 menit. Keadaan ini menunjukkan bahwa kapasitas air yang banyak masuk pada waktu relatif singkat, sehingga menyebabkan terjadinya banjir. Banjir ini diakibatkan oleh hujan lebat dan aliran air dari kawasan pusat kota yang merupakan kawasan padat bangunan.



GAMBAR 9. Banjir terjadi pada saat simulasi 49 menit





GAMBAR 10. Hidrograf aliran (Q) simulasi dan hasil pengamatan fase kalibrasi 2004

### 3. Kalibrasi dan validasi model

Kalibrasi adalah proses melaras semua parameter hidraulik untuk mendapatkan model matematik mewakili sistem sungai yang dimodelkan dengan cara yang terbaik. Ini dilakukan dengan cara membandingkan simulasi dengan kejadian banjir yang terjadi. Sementara validasi adalah menentukan hubungan antara hasil simulasi dengan kejadian banjir yang terjadi.

Pemodelan banjir menggunakan XP-SWMM telah dilakukan terhadap periode/waktu dan simulasi (28 Desember 2004). Sebagaimana telah diuraikan di atas bahwa pemilihan waktu tersebut didasarkan oleh ketersediaan data aliran harian yang cukup memadai. Kondisi aliran dan simulasi pada fase kalibrasi dan validasi di Sungai Siak Kota Pekanbaru ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil simulasi menunjukkan, bahwa debit Sungai Siak yang mengakibatkan banjir terhadap hasil pengamatan merupakan pola kesamaan kurva yang cukup baik.

Dari pengamatan lapangan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa banjir yang terjadi pada tahun 2004 tersebut telah menyebabkan tiga kawasan di Pekanbaru terendam banjir yaitu kawasan Sri Meranti, Meranti Pandak dan Pesisir dengan luas keseluruhan sekitar 880 ha. Penyebab banjir tahun 2004 tersebut, disamping pola perubahan tata guna lahan kawasan bagian hulu tidak dikendalikan dengan baik, juga disebabkan oleh perubahan pola/proporsi penggunaan lahan yang ekstrim terutama peningkatan jumlah permukiman yang sangat pesat dan penurunan jumlah kawasan hutan secara signifikan pula di wilayah Kota Pekanbaru pada tahun tersebut.

### KESIMPULAN

Dari kajian yang dilakukan di atas dapat disimpulkan, bahwa perubahan tata guna lahan Kota Pekanbaru telah mengakibatkan terjadinya permasalahan aliran permukaan atau banjir. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa apabila fungsi tata guna lahan hutan semakin berkurang secara signifikan dan lahan permukiman (lapisan kaku/ kedap air) semakin meningkat akibat dari pembangunan kawasan perkotaan, maka kedua hal tersebut akan berpengaruh terhadap permasalahan peningkatan aliran permukaan, dan pada waktu yang sama pula akan dapat berpotensi terjadinya banjir.

Selanjutnya, hasil simulasi ataupun pengamatan menunjukkan bahwa banjir yang terjadi telah menyebabkan tiga kawasan terendam banjir yaitu kawasan Sri Meranti, Meranti Pandak dan Pesisir dengan luas keseluruhan sekitar 880 ha. Kejadian banjir di kawasan Kota Pekanbaru ini diprediksi akan semakin parah lagi pada masa yang akan datang, apabila penggunaan lahan tidak dikelola dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1997). *Kamus tata ruang*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim (2004). *Pekanbaru dalam angka*. Pekanbaru: Humas Pemerintah Kota Pekanbaru.
- Anonim (2006). *Kompilasi data: Rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kota*

- Pekanbaru. Pekanbaru: Pemerintah Kota Pekanbaru.
- Branch, M.C. (1995). *Perancangan kota komprehensif: pengantar & penjelasan*. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press.
- Hall, M.J. (1984). *Urban Hydrology*. London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Hapriadi (2002). *Perkembangan fisik kota Pekanbaru setelah pemekaran wilayah*. Tesis Magister, Universitas Gadjah Mada.
- Toriman, M.E. (2000). Banjir sebagai bencana: Isu, cabaran dan pengurusannya di Malaysia. Dalam Jamaluddin Md. Jahi (Ed.), *Pengurusan Lingkungan di Malaysia: Isu dan Tantangan* (pp.127-146). Bangi: UKM.
- Pua Hock, W. (2009). *Aplikasi GIS & XPSWMM di dalam pemodelan peta risiko banjir dan pengurusan banjir di Damansara, Kuala Lumpur*. Tesis Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Sri Harto, B. (2001). *Kecenderungan teknik sipil era milenium baru*. Jakarta: Penerbit Yayasan John HI-TEC Idetama.
- Supranowo (1985). Usaha-usaha menanggulangi masalah tanah dalam pembangunan kota. *Seminar Perencanaan Tata Ruang Indonesia*, Jakarta.
- Yunus, H.S. (1994). *Metode dan model struktur ruang perkotaan*. Tesis Magister, Universitas Gadjah Mada.
- Yusri., Karim, O.A. & Toriman, M.E. (2006). Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap hujan dan aliran permukaan di kawasan Sungai Siak Pekanbaru. *Prosiding Seminar Penyelidikan Siswazah 2006*, Fakulti Kejuruteraan dengan kerjasama Pusat Pengajian Siswazah UKM, 41-44.
- Yusri., Karim, O.A, Maulud, K.N.A. & Toriman, M.E. (2007a). Analisis Perubahan tata guna lahan kawasan Sungai Siak Pekanbaru menggunakan sistem informasi geografi (GIS). *Prosiding Seminar Teknik JKAS-JPZ 2007*, Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur UKM dan Perunding Zaaba, 67-78.
- Yusri., Karim, O.A, Maulud, K.N.A. & Toriman, M.E. (2007b). Analisis perubahan penggunaan lahan Sungai Siak Kota Pekanbaru menggunakan sistem informasi geografi (SIG). *Jurnal Dinamika Pertanian*, XXII(3), 184-194.

---

 PENULIS:

Yusri ✉

 STT-US Teluk Kuantan, Riau, Indonesia  
 Alumni Program Doktor, Department of Civil and Structural Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi 43600, Selangor Darul Ehsan

 Othman A. Karim  
 Khairul Nizam Abdul Maulud

Department of Civil and Structural Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi 43600, Selangor Darul Ehsan.

 Mohd. Ekhwan Toriman  
 Mohd. Khairul Amri Kamarudin

Department of Geography, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi 43600, Selangor Darul Ehsan.

✉Email: yrsr\_eng68@yahoo.com

Diskusi untuk makalah ini dibuka hingga tanggal 1 Oktober 2010 dan akan diterbitkan dalam jurnal edisi November 2010.