



Analisis Efektivitas Jalur Evakuasi Bencana Banjir

Pranoto Samto Atmodjo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang
E-mail: pranotosa2001@yahoo.com

Sri Sangkawati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang
E-mail: srisangkawati@gmail.com

Arief Bayu Setiaji

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang
E-mail: absetiaji@gmail.com

Abstract

The flood disaster is one of the natural phenomena that are difficult to avoid. The risk of flood losses that occur in urban areas is generally greater than that occur in the countryside, which it is more due to the differences in the level of public welfare facilities and population density factors. The increase in population and the high cost of residential land in urban areas, the greater the pressure of land use for settlement penetrated even in areas that have the potential to floodwaters. To avoid big losses due to flooding and loss of life, it is necessary to disaster management which includes the establishment of alternative evacuation routes, the storage location of refugee. This study will analyze and choose the path of evacuation of the population that are effective and safe as a result of flood-based Geographic Information System (GIS). Stages study began with an analysis of the magnitude of flooding, inundation extents, data collection and analysis of population, density and location of concentrations of residential quarters, global topography and the existing road network system. The study used a case in West Semarang Regency, with a fairly dense population and prone to flooding. Results of this study are expected to be applied to the area of research and can be used as a model for the evacuation of residents due to floods elsewhere.

Keywords: *Evacuation routes, Flood disaster, Road system.*

Abstrak

Bencana banjir adalah salah satu fenomena alam yang sulit dihindari. Resiko kerugian banjir yang terjadi di perkotaan pada umumnya lebih besar dari pada yang terjadi di pedesaan, yang hal ini lebih dikeranakan pada perbedaan tingkat fasilitas kesejahteraan masyarakat dan faktor kepadatan penduduk. Bertambahnya penduduk dan mahalnya lahan hunian di perkotaan, maka makin besar tekanan pemanfaatan lahan untuk pemukiman bahkan merambah pada areal yang berpotensi/riskan terhadap genangan banjir. Untuk menghindari kerugian yang besar akibat banjir dan korban jiwa, maka perlu pengelolaan bencana yang antara lain meliputi penetapan alternatif arah jalur evakuasi, lokasi tampungan pengungsi. Penelitian ini akan menganalisis dan memilih jalur evakuasi penduduk yang efektif dan aman akibat bencana banjir berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS). Tahapan penelitian dimulai dengan analisis besarnya banjir, luasan genangan banjir, pendataan dan analisis jumlah penduduk, kepadatan dan lokasi konsentrasi tempat tinggal penduduk, kondisi topografi global dan sistem jaringan jalan yang ada. Penelitian menggunakan kasus di Kecamatan Semarang barat, dengan penduduk yang cukup padat dan rawan banjir. Hasil penelitian ini diharapkan akan dapat diaplikasikan pada daerah penelitian dan dapat digunakan sebagai model evakuasi penduduk akibat bencana banjir ditempat lain.

Kata-kata Kunci: *Bencana banjir, Jalur evakuasi, Sistem jaringan jalan*

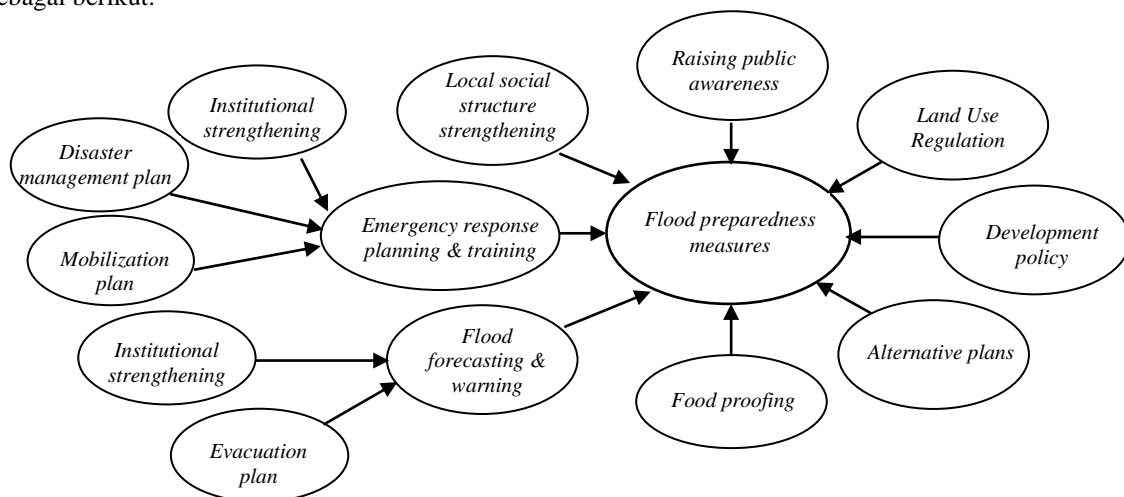
Pendahuluan

Bencana banjir adalah salah satu fenomena alam yang sulit dihindari. Resiko kerugian banjir yang terjadi di perkotaan pada umumnya lebih besar dari pada yang terjadi di pedesaan, yang hal ini lebih dikeranakan pada perbedaan tingkat fasilitas kesejahteraan masyarakat dan faktor kepadatan penduduk. Bertambahnya penduduk dan mahalnya lahan hunian di perkotaan, maka makin besar tekanan pemanfaatan lahan untuk pemukiman bahkan merambah pada areal yang berpotensi/risikn terhadap genangan banjir

Kerugian akibat banjir dapat berupa materi, rusaknya infrastruktur, hilangnya kesempatan beraktifitas (misalnya: terganggunya kerja mencari nafkah) dan bahkan korban jiwa. Risiko kerugian akibat banjir akan meningkat pada daerah yang padat penduduknya (Suprpto, 2011). Kerugian dapat diminimalisir dengan perencanaan tataguna lahan yang baik, ketaatan pada aturan, dan pengelolaan bencana mitigasi non fisik misalnya penetapan jalur evakuasi penduduk akibat banjir yang baik dan sosialisasi yang benar. Analisis penetapan jalur evakuasi yang efektif (terdekat) dan aman (tidak membahayakan) dalam rangka mitigasi sangat penting. Mitigasi adalah salah satu tindakan kesiap-siagaan dengan proses yang panjang dan terus menerus. Perencanaan tindakan kesiap-siagaan banjir merupakan serangkaian rencana termasuk perencanaan dan pelatihan tanggap darurat, meningkatkan kesadaran masyarakat, peramalan dan peringatan banjir, pengembangan kebijakan, regulasi penggunaan lahan, *flood proofing*, pengaturan alternatif lokasi (Gambar 1).

Peta rawan bencana, mitigasi bencana, jalur evakuasi dan tempat evakuasi di definisikan sebagai berikut:

- Peta rawan bencana adalah adalah peta petunjuk zonasi tingkat risiko satu jenis ancaman bencana pada suatu daerah pada waktu tertentu. Peta ini bersifat dinamis, sehingga harus direvisi tiap waktu tertentu dan merupakan hasil perpaduan antara peta bahaya (*hazard map*) dan peta kerentanan (*vulnerability map*)
- Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Peraturan Pemerintah RI No.21, 2008). Mitigasi bencana dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak yang diakibatkan oleh bencana terhadap masyarakat yang berada pada kawasan rawan bencana.
- Jalur Evakuasi. Di dalam Pedoman Penanggulangan Bencana Banjir Bakornas PB (2007) pola penangan bencana banjir mengutamakan kesiapsiagaan. Selain penyiapan peta rawan bencana, kegiatan yang termasuk kesiapsiagaan bencana banjir adalah penyiapan jalur evakuasi. Penyiapan jalur evakuasi merupakan salah satu upaya untuk mengurangi dampak kerugian yang diakibatkan oleh bencana banjir.
- Tempat evakuasi atau penampungan sementara adalah tempat tinggal sementara selama korban bencana mengungsi, baik berupa tempat penampungan massal maupun keluarga, atau individual (Peraturan Kepala BNPB No.7, 2008). Penduduk yang harus dievakuasi adalah penduduk yang terkena risiko genangan banjir (berdasarkan peta genangan banjir yang telah dibuat) dan wajib dievakuasi, dikarenakan wilayahnya terkena genangan banjir.



Gambar 1. Tindakan kesiap-siagaan banjir (Andjelkovic, 2001)

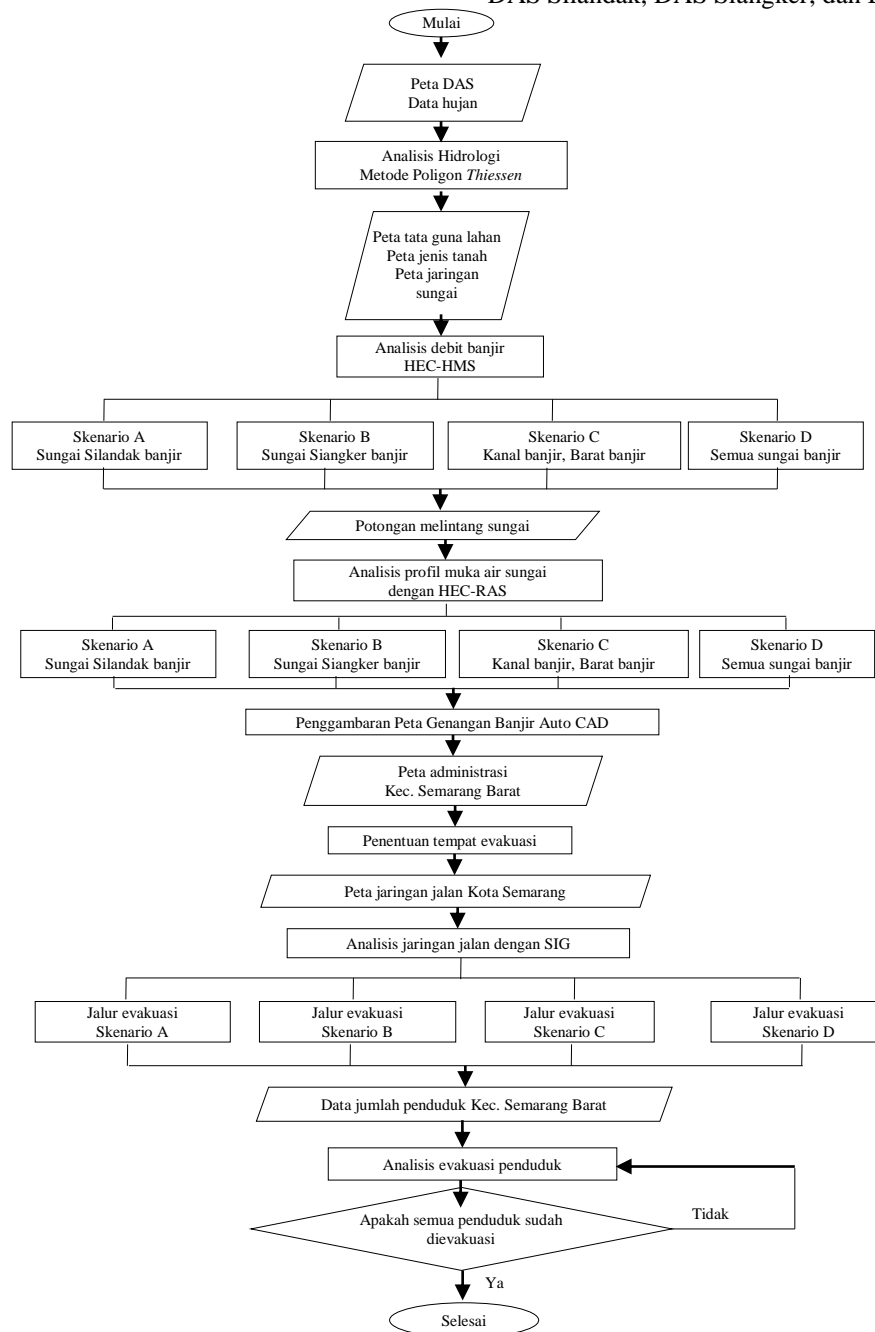
Pemilihan jalur evakuasi yang tepat, pemilihan lokasi pengungsian (tampung) yang memenuhi syarat, sangat membantu mengurangi kerugian dan khususnya penyelamatan jiwa. Pada penelitian ini, dipilih Kecamatan Semarang Barat sebagai *study* kasus karena sering terjadi banjir, penduduknya padat, dan mewakili wilayah perkotaan. Penelitian dimaksudkan guna menjawab pertanyaan:

1. Bagaimana analisis banjir yang terjadi dan penyediaan peta rawan bencana banjir di Kecamatan Semarang Barat.
2. Bagaimana memilih lokasi tempat evakuasi yang aman dari genangan banjir.

3. Belum adanya jalur evakuasi akibat bencana banjir yang disepakati bersama dan dapat digunakan oleh setiap stakeholder.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan disajikan di dalam bagan alir pada Gambar 2. Data hujan yang digunakan adalah dari 4 stasiun hujan yaitu Sta.42 Simongan, Sta. 44 Mijen, Sta. 65 Ungaran dan Sta. 41 Tugu, dengan panjang data hujan 23 tahun dimulai dari 1991 – 2013. Pada lokasi penelitian terdapat 3 (tiga) daerah aliran sungai (DAS), yaitu DAS Silandak, DAS Siangker, dan DAS Garang.



Gambar 2. Metode penelitian

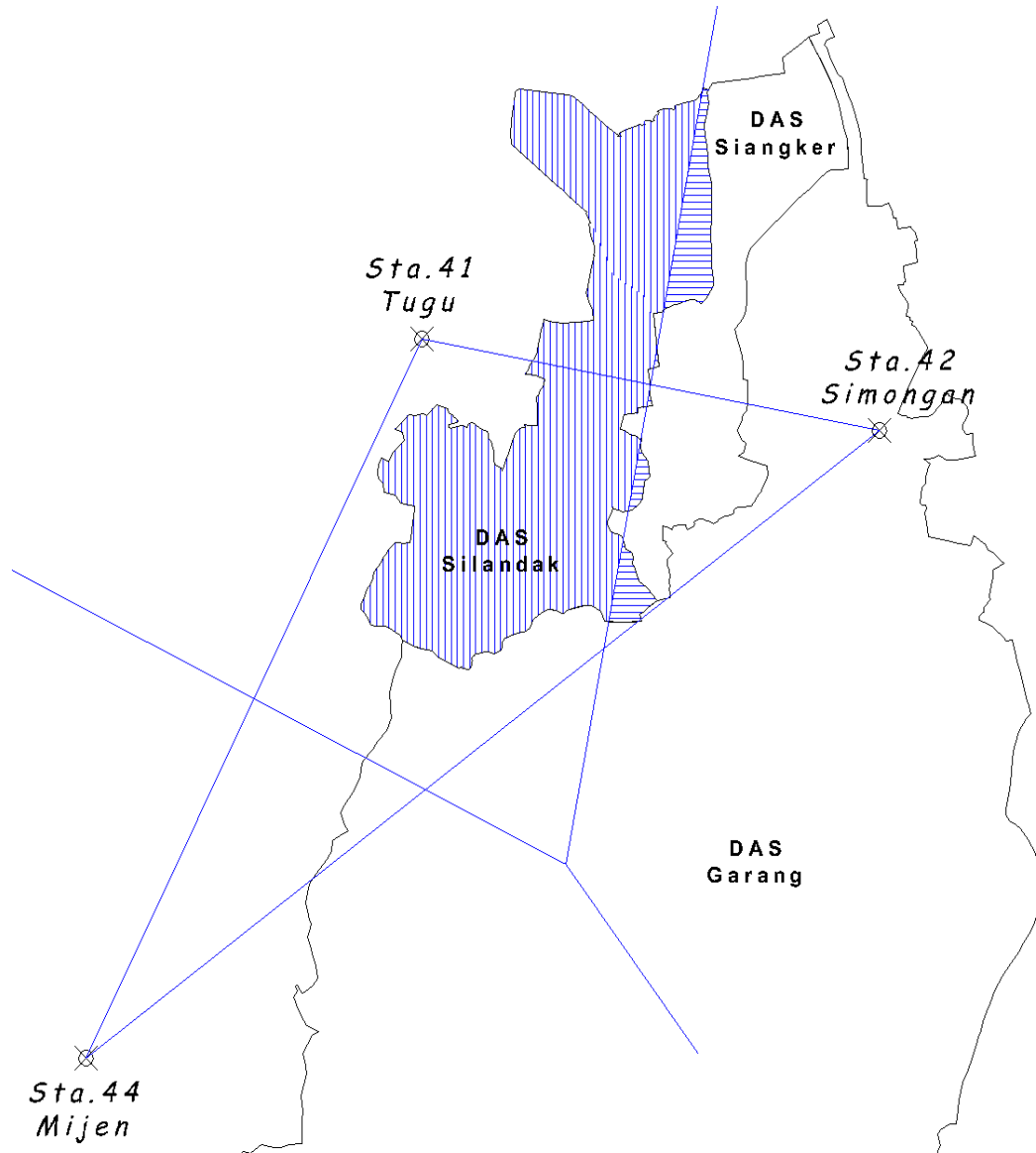
Hasil dan Pembahasan

Analisis debit banjir

Luas pengaruh keempat stasiun hujan pada masing-masing daerah aliran sungai disajikan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Sedangkan jenis distribusi yang paling mendekati untuk semua

DAS adalah Log Normal. Curah hujan rencana periode ulang 100 tahun untuk masing-masing DAS adalah sebagai berikut:

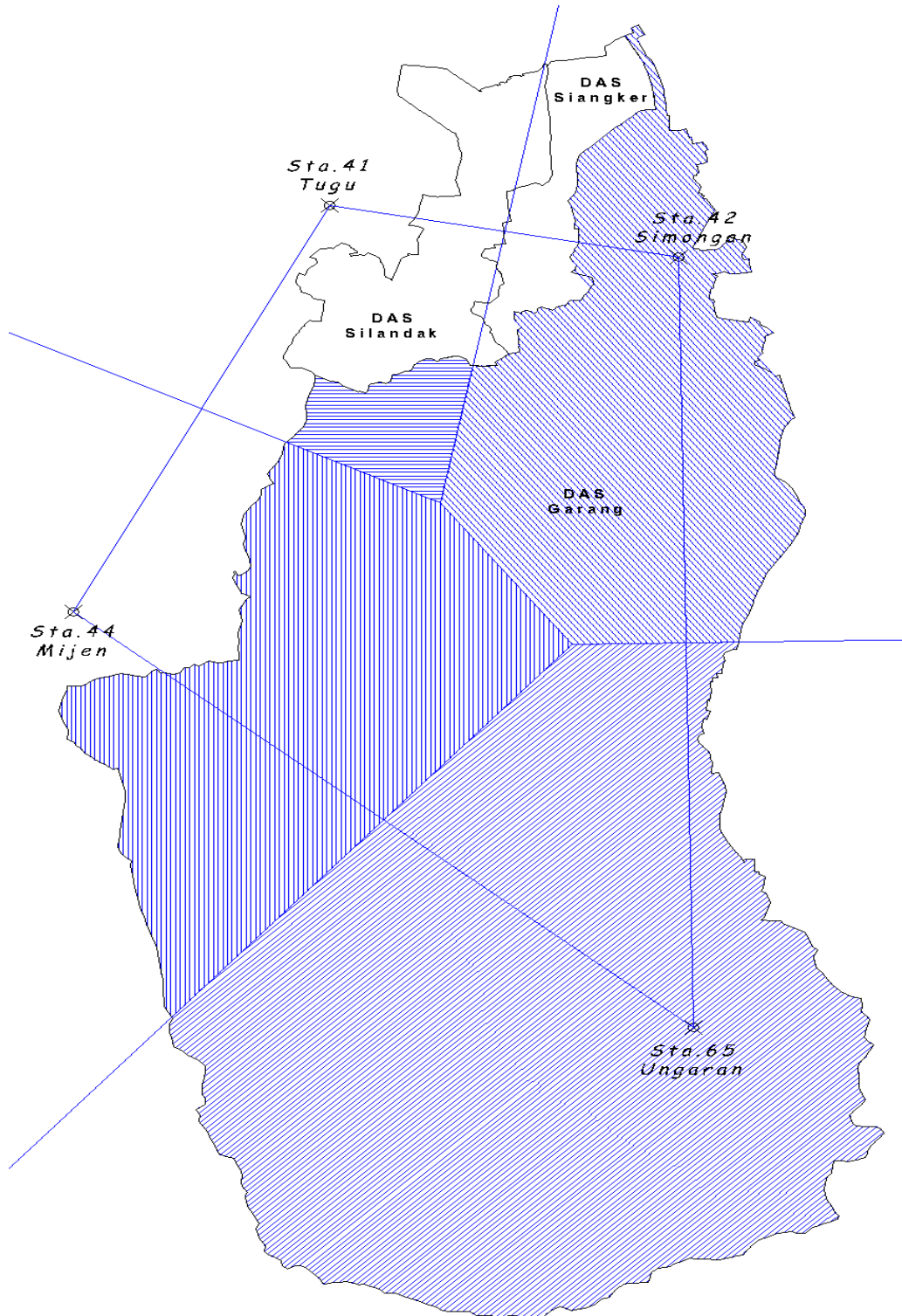
1. DAS Silandak adalah 322 mm.
2. DAS Siangker adalah 560 mm.
3. DAS Garang adalah 401 mm.



Gambar 3. Poligon Thiessen DAS Silandak

Tabel 1. Bobot Thiessen untuk DAS Silandak

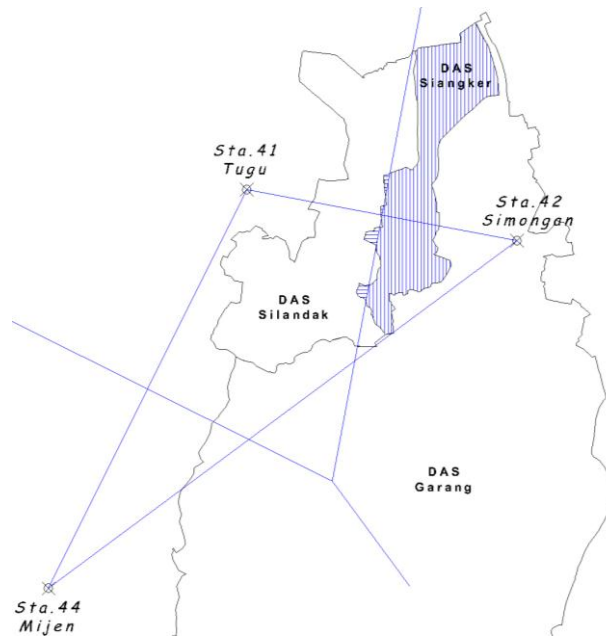
No	Stasiun hujan	Luas (m ²)	Bobot
1	Simongan (sta. 42)	1248210,53	8,70
2	Mijen (Sta. 44)	0,00	0,00
3	Ungaran (Sta. 65)	0,00	0,00
4	Tugu (Sta. 41)	13098590,37	91,30
Total		14346800,9.	100,00



Gambar 4. Poligon Thiessen DAS Garang

Tabel 2. Bobot Thiessen untuk DAS Garang

No	Stasiun hujan	Luas (m ²)	Bobot
1	Simongan (sta. 42)	43096892,81	20,94
2	Mijen (Sta. 44)	47480305,24	23,07
3	Ungaran (Sta. 65)	109544064,07	53,24
4	Tugu (Sta. 41)	5647034,25	2,74
Total		205768296,36	100,00



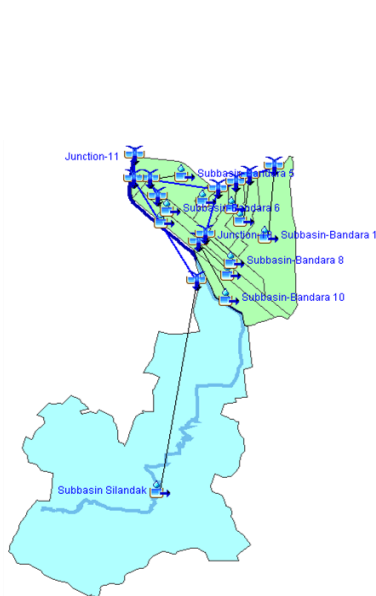
Gambar 5. Poligon Thiessen DAS Siangker

Tabel 3. Bobot Thiessen untuk DAS Siangker

No	Stasiun hujan	Luas (m ²)	Bobot
1	Simongan (sta. 42)	6980088,01	97,55
2	Mijen (Sta. 44)	0,00	0,00
3	Ungaran (Sta. 65)	0,00	0,00
4	Tugu (Sta. 41)	175648,60	2,45
Total		7155736,61	100,00

Analisis debit banjir dilakukan dengan menggunakan *software* HEC-HMS. Sehingga output yang dihasilkan adalah debit banjir rencana (grafik dan tabel). Curah hujan rencana yang digunakan sebagai input direncanakan

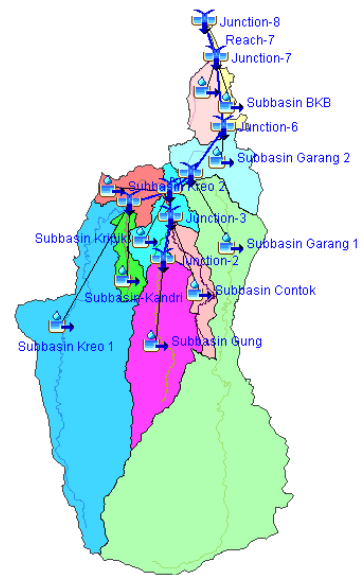
menggunakan periode ulang 100 tahun. Model basin untuk masing-masing daerah aliran sungai seperti terlihat pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



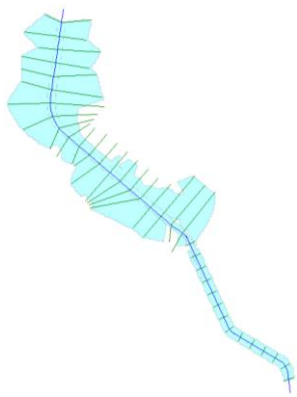
Gambar 6. Basin Model DAS Silandak



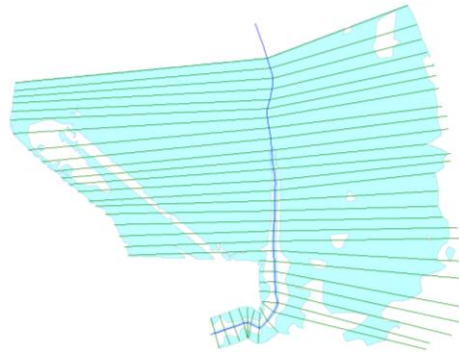
Gambar 7. Basin Model DAS Siangker



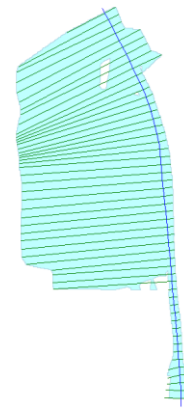
Gambar 8. Basin Model DAS Garang



Gambar 9. Luas genangan banjir Sungai Silandak



Gambar 10. Luas genangan banjir Sungai Siangker



Gambar 11. Luas genangan banjir Kanal Banjir Barat

Hasil *running* HEC-HMS menunjukkan debit puncak untuk DAS Silandak sebesar 258,5 m³/s. Debit puncak untuk DAS Siangker sebesar 285,2 m³/s. Debit puncak DAS Garang sebesar 3.591,9 m³/s.

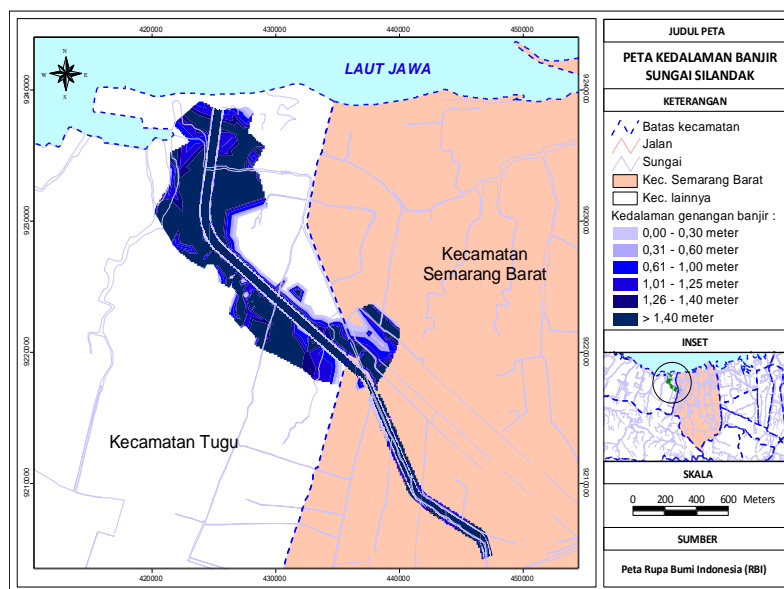
1. Analisis Hidrolika

Analisis profil muka air sungai (hidrolika) menggunakan *software* HEC-RAS, dan dengan bantuan HEC-RAS dan RAS Mapper, penelitian ini mampu mengetahui berapa luas genangan banjir yang meluap di masing-masing sungai.

Batas (luasan) genangan yang terjadi berdasarkan hasil *running* HES-RAS ditampilkan dengan RAS Mapper dan disajikan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11. Peta Genangan Banjir

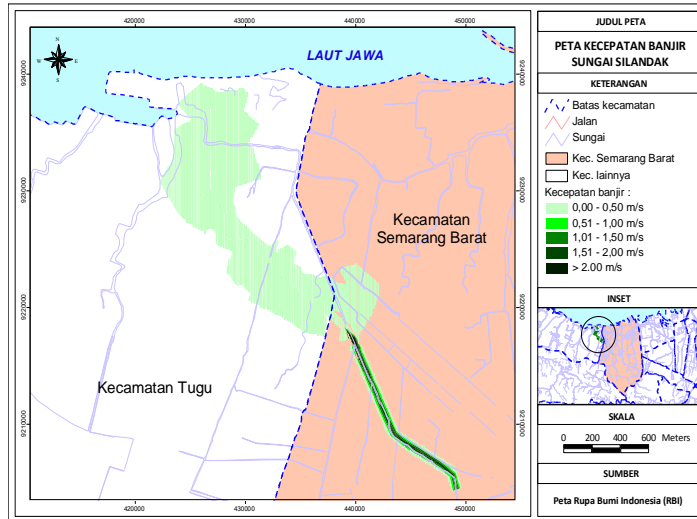
Hasil analisis dengan HEC-RAS dan RAS Mapper menghasilkan peta genangan banjir yang terdiri dari dua jenis yaitu kedalaman dan kecepatan banjir. Plotting kedua jenis peta tersebut ke dalam peta administrasi dengan 4 skenario adalah sebagai berikut :

- a. Skenario A: Peta genangan banjir didasarkan pada meluapnya Sungai Silandak saja seperti terlihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.
- b. Skenario B: Peta genangan banjir didasarkan pada meluapnya Sungai Siangker saja seperti terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.
- c. Skenario C: Peta genangan banjir didasarkan pada meluapnya Kanal Banjir Barat saja seperti terlihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.
- d. Skenario D: Peta genangan banjir didasarkan pada meluapnya ketiga sungai (keseluruhan) seperti terlihat pada Gambar 18 dan Gambar 19.

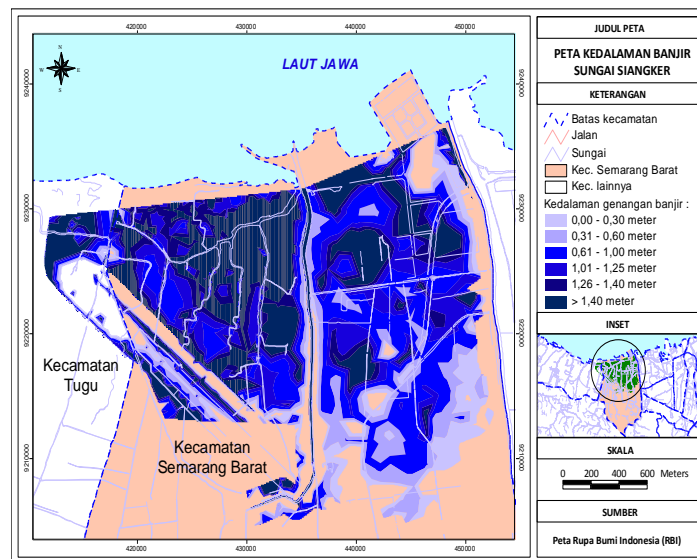


Gambar 12. Peta kedalaman banjir Sungai Silandak

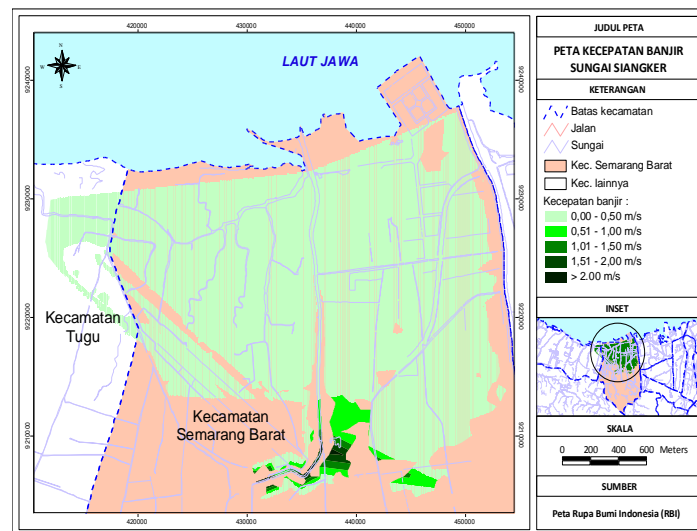
Pranoto Samto Atmodjo, Sri Sangkawati, Arief Bayu Setiaji
Analisis Efektivitas Jalur Evakuasi Bencana Banjir



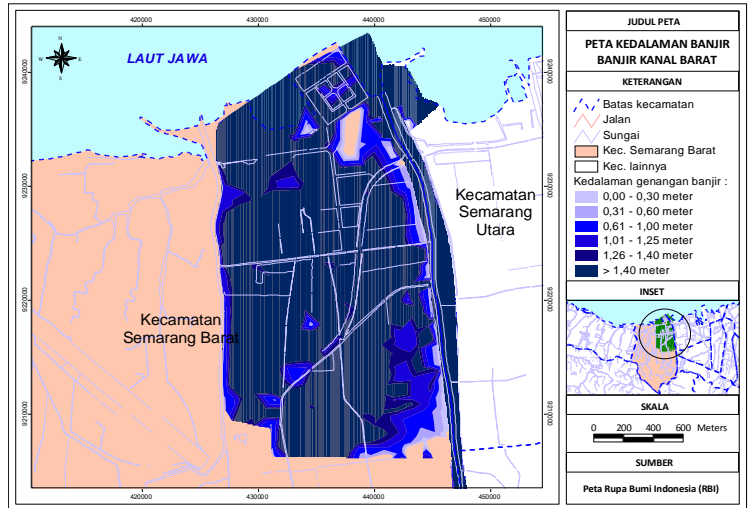
Gambar 13. Peta kecepatan banjir Sungai Silandak



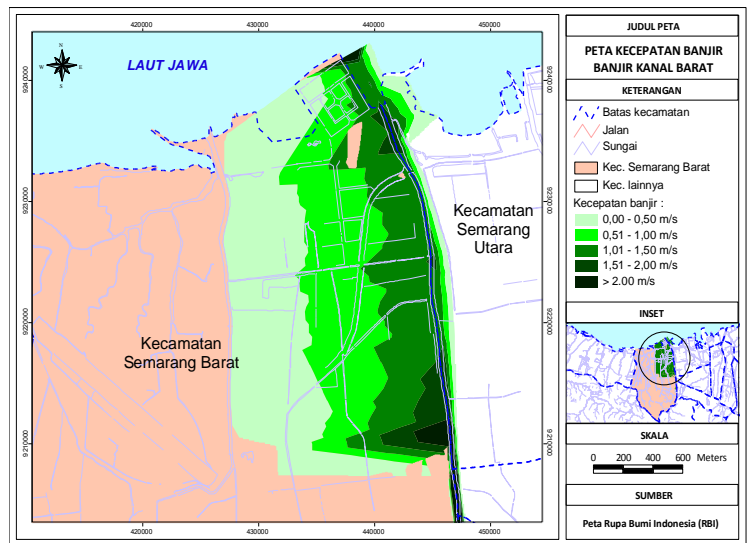
Gambar 14. Peta kedalaman banjir Sungai Siangker



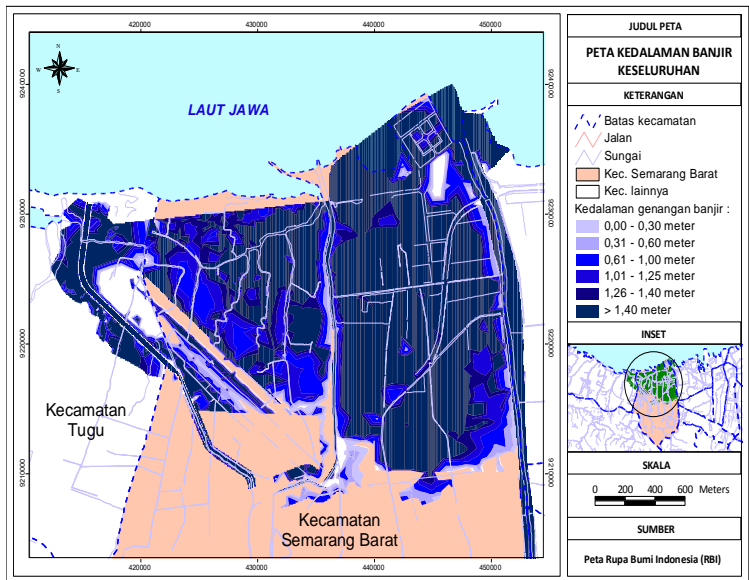
Gambar 15. Peta kecepatan banjir Sungai Siangker



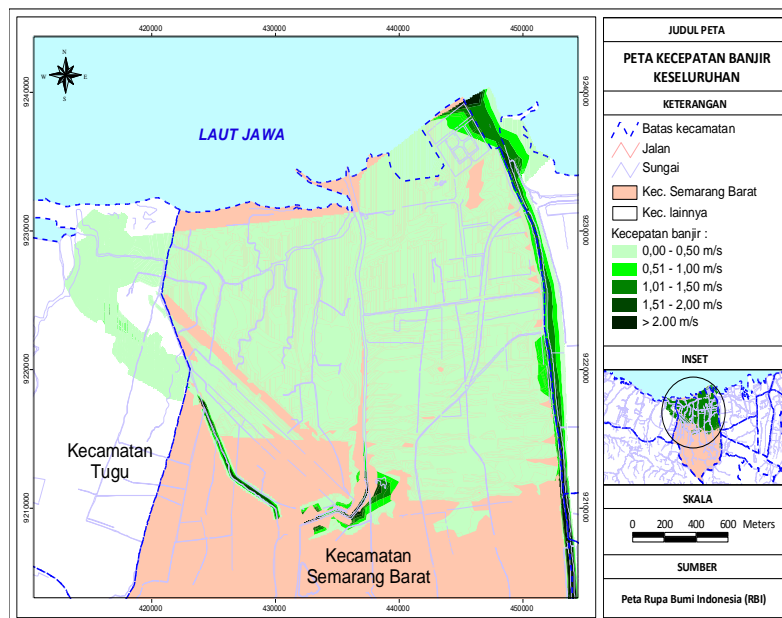
Gambar 16. Peta kedalaman banjir Kanal Banjir Barat



Gambar 17. Peta kecepatan banjir Kanal Banjir Barat



Gambar 18. Peta kedalaman banjir keseluruhan



Gambar 19. Peta kecepatan banjir keseluruhan

2. Skenario Evakuasi Penduduk

Empat skenario untuk mengevakuasi penduduk berdasarkan banjir yang terjadi adalah sebagai berikut:

1) Skenario A (Sungai Silandak banjir).

Pada skenario A, ditentukan 3 lokasi untuk tempat evakuasi. Semua tempat evakuasi tersebut telah di *survey* untuk mengetahui kelengkapan sarana prasarananya kemudian dievaluasi untuk mengetahui kesesuaiannya dengan kriteria tempat evakuasi yang disyaratkan. Setelah itu dilakukan analisis jaringan jalan (*network analysis*) untuk mendapatkan jalur evakuasi seperti terlihat pada Gambar 20. Waktu evakuasi adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk mengevakuasi penduduk dari tempat kumpul menuju tempat evakuasi. Waktu evakuasi diperhitungkan antara ketika banjir mulai datang (menggenangi daerah/pemukiman di sekitarnya) sampai dengan banjir mencapai debit puncak (debit maksimal Q 100 th).

Banjir mulai datang adalah pada saat air sungai meluap melewati tanggul Sungai Silandak yaitu 209 m³/detik dan terjadi pada jam 03:26 (dengan cara coba-coba memasukkan debit kemudian di-*running* dengan HEC-RAS) sedangkan debit maksimalnya sebesar 258,50 m³/detik dan terjadi pada jam 04:00. Maka

waktu evakuasinya adalah selisih antara jam 04:00 dengan jam 03:26 yaitu 34 menit.

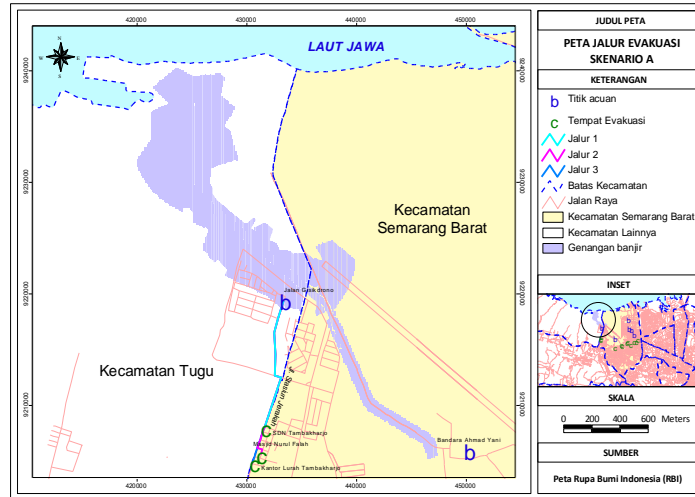
Dengan mengetahui waktu evakuasi maksimal yang diperbolehkan pada Skenario A, maka dapat diketahui alternatif jalur evakuasi mana saja yang mendekati atau bahkan melebihi batas waktu yang ditentukan. Demi keselamatan, penduduk yang termasuk di kedua kategori tersebut diharapkan untuk melakukan evakuasi lebih cepat, salah satunya dengan mengurangi waktu persiapan evakuasi. Saran tersebut juga berlaku untuk Skenario B, Skenario C dan Skenario D.

2) Skenario B (Sungai Siangker banjir).

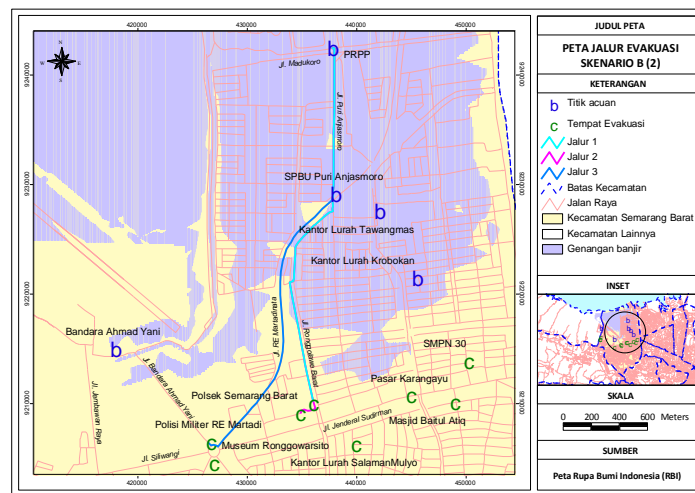
Pada skenario B, ditentukan 9 lokasi untuk tempat evakuasi. Semua tempat evakuasi tersebut juga telah di *survey* dan dievaluasi.

Kemudian dilakukan analisis jaringan jalan (*network analysis*) serta perhitungan waktu evakuasi. Jalur evakuasi pada Skenario B dapat dilihat pada Gambar 21.

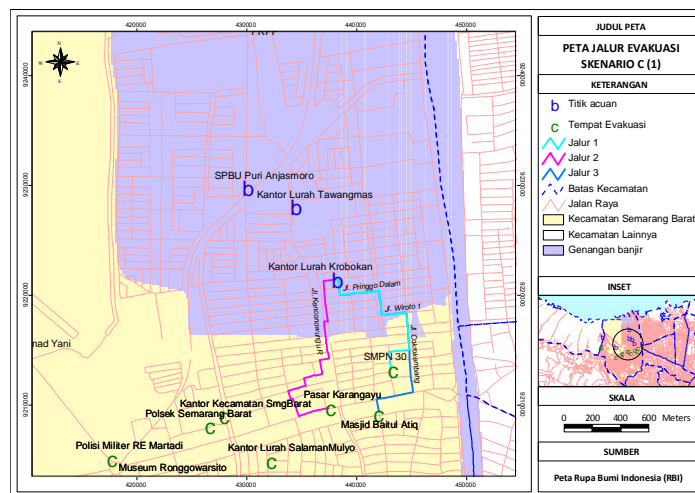
Banjir mulai datang pada jam 01:49 saat debit mencapai 170 m³/detik sedangkan debit maksimalnya sebesar 285,20 m³/detik dan terjadi pada jam 03:00. Maka waktu evakuasinya adalah selisih antara jam 03:00 dengan jam 01:49 yaitu 71 menit.



Gambar 20. Beberapa jalur tercepat menuju tempat evakuasi pada Skenario A



Gambar 21. Beberapa jalur tercepat menuju tempat evakuasi pada Skenario B



Gambar 22. Beberapa jalur tercepat menuju tempat evakuasi pada Skenario C

3) Skenario C (Kanal Banjir Barat banjir).

Pada skenario C, ditentukan 6 lokasi untuk tempat evakuasi. Jalur evakuasi pada Skenario

C dapat dilihat pada Gambar 22. Banjir mulai datang pada jam 07:15 saat debit mencapai 3000 m³/detik sedangkan debit maksimalnya sebesar 3717,60 m³/detik dan terjadi pada jam

08:00. Maka waktu evakuasinya adalah selisih antara jam 08:00 dengan jam 07:15 yaitu 45 menit.

- 4) Skenario D (Sungai Silandak, Siangker dan Kanal Banjir Barat banjir).

Pada skenario D, 12 lokasi untuk tempat evakuasi. Semua tempat evakuasi tersebut merupakan gabungan dari ketiga skenario sebelumnya. Waktu evakuasi untuk wilayah di sekitar Sungai Silandak adalah 34 menit mengacu pada hasil analisis waktu evakuasi untuk Skenario A (Sungai Silandak banjir). Waktu evakuasi untuk wilayah di sekitar Sungai Siangker adalah 71 menit mengacu pada hasil analisis waktu evakuasi untuk Skenario B (Sungai Siangker banjir). Waktu evakuasi untuk wilayah di sekitar Kanal Banjir Barat adalah 45 menit mengacu pada hasil analisis waktu evakuasi untuk Skenario C (Kanal Banjir Barat banjir).

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ada 3 (tiga) sungai penyebab terjadi banjir di Kecamatan Semarang Barat, yaitu S.Silandak, S.Siangker dan S.Kanal Banjir Barat. Kapasitas sungai tidak mampu melewati debit rencana Q100.
2. Areal yang tergenang meliputi pemukiman dan areal lain seluas 10,80 Km².
3. Berdasarkan genangan ketiga sungai bersamaan, ada 12 lokasi tempat penampungan yang aman.
4. Dari lokasi yang tergenang menuju lokasi tampungan ada 18 alternatif jalur evakuasi.
5. Ada 3 jalur evakuasi yang memerlukan waktu lebih besar dari waktu evakuasi ijin, yaitu dari areal PRPP dengan asumsi Jalan Kaki. Tetapi bila dengan menggunakan sepeda motor, semua jalur aman.

Saran

Dari hasil dan pembahasan ada beberapa saran yang disampaikan sebagai berikut:

1. Bila hasil penelitian ini akan diaplikasikan, maka sebaiknya diadakan kalibrasi kecepatan sepeda motor dan pejalan kaki di lokasi.
2. Kondisi jalan/data teknis jalan perlu dicek dilapangan agar asumsi yang digunakan pada analisis lebih cepat.

Daftar Pustaka

Andjelkovic, Ivan, 2001. *Guidelines on Non-Structural Measures in Urban Flood Management*, International Hydrological Programme, UNESCO, Paris.

Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 2014. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2014*, Badan Pusat Statistik Kota Semarang, Semarang.

Bakornas P. B., 2007. *Pedoman Penanggulangan Bencana Banjir*, Jakarta.

Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Buchori, I., Rudianto, I., Wijaya, H. B., Pigawati, B., Rahayu, S., Widjanarko, Sejati, A. W., Astuti, K. D, dan Pangi, 2010. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis untuk Perencanaan Tata Ruang*, Laboratorium Geomatika dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Corps of Engineers, 2006. *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System User's Manual*, U. S. Army, Washington DC.

Corps of Engineers, 2010. *Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System User's Manual*, U.S. Army, Washington DC.

Engelberg, Miriam, 1990. *Understanding GIS: The ArcInfo Method*, CA: Environmental System Research Institute, Redlands, USA.

ESRI, 2008. *Geographic Information Systems: Providing the Platform for Comprehensive Emergency Management*, Redlands, USA.

Kurniawan, L., Yunus, R., Amri, M. R., dan Narwawi Pramudiarta, 2011. *Indeks Rawan Bencana Indonesia*, BNPB, Jakarta.

Prahasta, E., 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*, Informatika Bandung, Bandung.

Peraturan Kepala BNPB Nomor 7, 2008. *Tata Cara Pemberian Bantuan Pemenuhan Kebutuhan Dasar*, Jakarta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21, 2008. *Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*, Jakarta.

Suprpto, 2011. Statistik Pemodelan Bencana Banjir Indonesia (Kajian 2001-2010), *Jurnal Penanggulangan Bencana Volume 2 Nomor 2*, hal 36.