

PERMODELAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DALAM ANALISIS DISTRIBUSI RUANG DEBIT BANJIR (SPATIAL DISTRIBUTION OF FLOOD) SUNGAI BERINGIN

Oleh : Pranoto SA^{*)}, Priyo Nugroho Parmantoro^{*)},
Dyah Ari Wulansari^{*)}, Suharyanto^{*)}

ABSTRACT

The significant and un-controlled land use change in Bringin River has affected the downstream area i.e., increased flooding intensity and frequency. This condition is becoming worse with the increase number developer opening the area at the upstream area. Therefore, the impact of the downstream flooding should also be the responsibility of those developers.

This paper focused on the evaluation of spatial distribution of the river discharge over the Bringin River's catchment area, which therefore able to give some indication on the responsibility proportion on floodings.

The paper demonstrate the use of GIS to model the spatial distribution of floods over the catchment area. This paper show that there's 6.39 % increase in 2002 floodings. In general, the total proportion of the overall developer in less than 15 % compared to the "contribution of traditional housing of about more than 25 %.

Latar Belakang

Perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali dapat menyebabkan peningkatan debit banjir dan mengurangi air yang meresap ke dalam tanah. Kasus perubahan tata guna lahan yang cukup signifikan terjadi di daerah tangkapan Sungai Beringin, dimana terdapat 12 (dua belas) pengembang kawasan permukiman di DAS Bringin. Permasalahan banjir yang terjadi di daerah hilir Sungai Beringin merupakan akibat kumulatif (*simultaneous results*) dari perubahan setiap

aspek tata guna lahan di daerah tangkapan. Namun demikian, polemik yang muncul di berbagai media (dan timbul persepsi masyarakat) bahwa banjir di Sungai Bringin lebih disebabkan oleh salah satu pengembang. Pemerintah Kota Semarang sebagai pengatur, pengawas, dan pengontrol pembangunan Kota harus melihat setiap isu lebih proporsional dan mempunyai dasar teknis, kelembagaan, dan peraturan yang jelas. Untuk dapat menjalankan fungsinya secara optimal dalam hal banjir di Sungai Bringin ini, Pemerintah Kota Semarang sangat memerlukan masukan tentang proporsi sumbangan banjir yang keluar dari tiap-tiap kawasan pengembang

^{*)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

sehingga proporsi risiko (*risk sharing*) sebagai penyebab banjir di bagian hilir dapat lebih disepakati secara kuantitatif dan jelas. Penentuan proporsi banjir yang di “sumbangkan” dari tiap kawasan pengembangan ini akan dapat memberi informasi tentang kapan, siapa, dan berapa banyak resiko yang harus di tanggung oleh “penyebab” banjir. Jika polemik demikian tidak ditangani secara tepat, proporsional, dan mendasar maka dapat terjadi konflik yang meluas antara pengembang yang menjurus pada persaingan iklim investasi pembangunan yang tidak sehat dan konflik dengan masyarakat yang dirugikan.

PERUMUSAN MASALAH

1. Terjadinya perubahan tata guna lahan di daerah tangkapan sungai Bringin secara signifikan cenderung kurang terkendali dan kurang memperhitungkan dampaknya terhadap daerah bagian hilir. Keadaan ini lebih diperparah dengan banyaknya pengembang (developer) yang saat ini mengembangkan kawasan permukiman di DAS Bringin.
2. Peningkatan frekuensi dan besarnya (magnitude) banjir yang terjadi di Sungai Beringin bagian hilir seharusnya merupakan tanggung jawab dari tiap-tiap pengembang dan para pelaku perubahan tata guna lahan di DAS Bringin secara bersama-sama, sehingga biaya perbaikan lingkungan (sarana dan prasarana serta normalisasi sungai) akibat banjir juga seharusnya dapat dibebankan secara proporsional kepada pihak-pihak penyebab masalah.
3. Diperlukannya suatu perangkat analisa yang dapat secara tepat, akurat, dan *acceptable* dapat menentukan proporsi dan distribusi ruang dari de-

bit banjir yang terjadi di tiap-tiap lokasi pengembangan/perubahan lahan, sehingga dapat membantu dalam pengembalian keputusan dalam pengelolaan DAS secara tepat dan benar.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini diarahkan untuk dapat mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap besarnya debit banjir yang terjadi dengan menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis dan untuk menentukan proporsi/kontribusi debit banjir dari setiap pengembang.

MANFAAT/ KEGUNAAN PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat :

1. Menghasilkan distribusi ruang dari debit banjir (*spatial distribution of floods*) secara lebih tepat, dapat dipertanggungjawabkan, dan informatif sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan secara benar dan proporsional.
2. Memberi masukan bagi pengambil keputusan untuk menentukan seberapa besar kontribusi dari tiap pengembang dalam bertanggungjawab terhadap banjir di hilir sungai Bringin
3. Meningkatkan kepedulian institusi terhadap masalah banjir
4. Meningkatkan dan mengembangkan wawasan serta kepedulian dosen-dosen muda pada permasalahan di sekitarnya.

DESKRIPSI DAERAH STUDI

Sungai Bringin alirannya berawal dari sebelah utara Mijen dan mengalir terus

ke arah utara menuju ke laut Jawa, secara administrasi terletak di Kecamatan Mijen, Kecamatan Tugu dan Kecamatan Ngaliyan yang semuanya terletak di wilayah Kota Semarang. Peta lokasi dapat dilihat pada lampiran. Panjang sungai Bringin kurang lebih 15,5 km dengan *Cathment Area* 32,8 km².

Di wilayah DAS ini telah banyak dikembangkan menjadi kawasan pemukiman dimana sebelum tahun 1955 ada enam pengembang (Wahyu Utomo, Bukit Permata Puri, Bringin Indah, Griya Pandana Merdeka, Perumahan Griya Raya dan Griya Bringin Asri) dan setelah tahun 1955 sampai 2002 ada enam pengembang (Bukit Semarang Baru, Bukit Bringin Permai, Bringin Putih, Pondok Bringin Permai, Perumahan Bumi Palir Sejahtera dan Griya Ngaliyan Asri).

Tata guna lahan yang ada saat ini berdasarkan peta topografi yang ada dan hasil survey lapangan terdiri dari jalan 58,44 ha, rumah 714,45 ha, sawah 189,38 ha, tanah kosong 127,52 ha, sungai/danau 56,79 ha, dan tanah galian 4,57 ha.

Banjir yang terjadi diantaranya adalah pada tahun 1990, tahun 1998 dan tahun 1999 dengan kedalaman genangan sekitar 0,5 m dan lama genangan 2 jam yang mengakibatkan banyak kerusakan dan kerugian yang tidak sedikit. Pengendalian banjir telah dilakukan antara lain dengan normalisasi Sungai Bringin, peninggian tanggul sungai, pembuatan saluran drainase dengan prediksi mampu menampung debit dengan kala ulang 25 tahunan.

TINJAUAN PUSTAKA

Debit Aliran

Debit aliran yang terjadi di dalam DAS dihitung dengan menjumlahkan debit aliran dari tiap-tiap sub DAS. Setiap parameter yang mempengaruhi debit aliran seperti kemiringan lahan, tata guna lahan, jarak tempuh aliran di lahan, dan hujan masukan di'ekstrak' di tiap-tiap sub DAS. Selanjutnya debit aliran dihitung dengan menggunakan rumus Rasional sebagai berikut :

$$q = \sum_{i=1}^n c_i \cdot n_i \cdot a_i$$

dimana :

- q : debit aliran DAS yang keluar dari outlet pada waktu *t*
- C_i : koefisien aliran dari sub DAS *i* (yang tergantung dari komposisi penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan di sub DAS tersebut)
- i_i : intensitas hujan yang terjadi di sub DAS *i* (yang tergantung dari waktu konsentrasi sub DAS *i*)
- a_i : Luasan area di sub DAS *i*

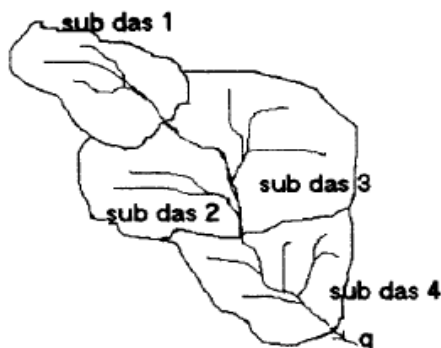
Langkah-langkah yang diperlukan untuk menghitung Debit Aliran :

1. Menentukan batas dan luas tiap-tiap SUB-DAS
2. Menentukan nilai koefisien air larian C yang sesuai dengan daerah penelitian
3. Menentukan lama waktu aliran air permukaan

4. Menentukan nilai intensitas hujan I berdasarkan lama waktu aliran permukaan
5. Menentukan debit dengan rumus rasional

Untuk suatu DAS dengan pembagian sub DAS seperti pada gambar 1 maka perhitungan besarnya debit aliran di *outlet* DAS (q) adalah sebagai berikut :

$$q = (c_1.i_1.a_1) + (c_2.i_2.a_2) + (c_3.i_3.a_3) + (c_4.i_4.a_4)$$



Gambar 1. Sket pembagian sub DAS

Koefisien Aliran

Koefisien aliran permukaan (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air permukaan terhadap besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan fisik. Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi air permukaan. Angka C berkisar antara 0 sampai 1. Angka $C = 0$ berarti semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan infiltrasi, sedang angka $C = 1$ berarti semua air hujan menjadi air permukaan.

Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Daerah bervegetasi umumnya mempunyai nilai C kecil, sedang pada daerah pembangunan dengan sebagian besar tanah beraspal atau bentuk permukaan tanah kedap jenis lainnya mempunyai nilai C besar.

Untuk suatu daerah dengan beberapa penggunaan lahan, nilai C_{gab} dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_{gab} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i A_i}{A_{total}}$$

Dimana :

- i = indek yang menunjukkan penggunaan lahan
- C_i = Koefisien aliran permukaan untuk masing-masing penggunaan lahan
- A_i = Luasan masing-masing penggunaan lahan dalam satu sub DAS
- A_{total} = luas sub DAS

Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu Konsentrasi T_c (*Time of Concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*). Hal ini terjadi ketika tanah sepanjang kedua titik tersebut telah jenuh dan semua cekungan bumi lainnya telah terisi oleh air hujan. Diasumsikan bahwa bila lama waktu hujan sama dengan T_c berarti seluruh bagian DAS tersebut telah ikut berperan untuk terjadinya aliran air (debit) yang sampai ke titik pengamatan.

Waktu Konsentrasi terdiri dari dua bagian

1. Waktu yang diperlukan air larian sampai ke saluran terdekat, dapat dicari dengan menggunakan persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich tahun 1940 sebagai berikut :

$$T_{c1} = 0,0195L^{0,77}S^{-0,385}$$

Dimana :

- T_{c1} : waktu konsentrasi air larian permukaan (menit)
 L : panjang maksimum aliran (m)
 S : beda tinggi antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh pada DAS dibagi panjang maksimum aliran
2. Waktu yang diperlukan air larian dari saluran terdekat menuju kelokasi pengamatan.

$$T_{c2} = L/V$$

Dimana :

- T_{c2} = waktu konsentrasi air larian saluran (menit)
 L = panjang maksimum aliran (m)
 V = Kecepatan air di saluran (m/dt)
- $$\frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$T_c = T_{c1} + T_{c2}$$

Dimana :

T_c = Waktu Konsentrasi

Intensitas Hujan

Faktor-faktor hidrologi yang sangat berpengaruh dalam pengendalian banjir adalah curah hujan dan intensitasnya. Curah hujan merupakan salah satu

faktor yang menentukan besarnya debit banjir (banjir kiriman dan banjir lokal) bagi daerah tersebut. Semakin besar curah hujan yang ada maka semakin besar pula banjir yang terjadi. Dengan diketahui besarnya curah hujan pada suatu daerah maka dapat diketahui pula besarnya intensitas hujan pada daerah tersebut, yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya debit banjir pada daerah tersebut.

Untuk mendapatkan besarnya intensitas hujan rencana, data curah hujan yang ada harus diolah dengan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Perhitungan curah hujan rata-rata DAS
- b. Analisa hujan rencana
- c. Uji jenis sebaran
- d. Analisa intensitas hujan rencana

Prosedur Pengolahan Data

AUTOCAD

Peran Autocad dalam Sistem Informasi Geografis lebih ditekankan pada aspek 2 (dua) dimensinya. Aspek dua dimensi yang dimaksud di sini adalah dalam hal pembuatan dan pendigitasian peta serta pengaturan dari struktur peta yang dinyatakan dalam layer. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam lingkungan pengoperasian perangkat lunak *Autocad for Windows* untuk pendigitasian peta adalah :

1. Memulai dengan program *Autocad*
Setelah memasuki lingkungan *Autocad*, langkah-langkah yang perlu diperhatikan adalah :
 - a. Pembuatan layer (lapisan gambar) dimaksudkan untuk mempermudah proses penggambaran dan editing gambar.

- b. Pengaturan jenis garis, warna garis, dan pengaktifan garis yang ditampilkan
2. Menyeting lingkungan Digitasi
Maksud dari penyetingan lingkungan digitasi di sini adalah pengaturan fungsi gambar dari masing-masing jenis garis yang ada di dalam gambar peta.
3. Proses pendigitasian Peta
Proses digitasi merupakan proses pemindahan data manual (peta manual) ke dalam bentuk data digital (peta digital) yang bisa dibaca dan diterjemahkan ke dalam sistem komputer.
4. Menyimpan hasil Digitasi
Penyimpanan hasil digitasi dapat dilakukan pada proses digitasi sedang berlangsung atau pada saat yang diinginkan.

ARCINFO

Arcinfo merupakan salah satu perangkat lunak SIG yang telah banyak digunakan oleh para ahli di bidang SIG. Pada prinsipnya Arcinfo ini sangat mendukung dalam pembuatan dan pembangunan data-base sebuah peta yang berdasarkan pada prinsip-prinsip informasi pemetaan yang terpadu. Prinsip informasi peta ini pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu :

- a. Informasi keruangan, yang menggambarkan lokasi dan bentuk dari unsur-unsur geografi dan hubungannya dengan unsur-unsur yang lain (unsur-unsur ini meliputi : garis, titik, dan luasan/area).
- b. Informasi deskriptif, berhubungan dengan unsur-unsur geografi tersebut (atribut peta).

Proses-proses yang dilakukan dalam Arcinfo adalah Pengubahan Format Peta, Pembangunan Topologi, Pengeditan

Coverage (ArcEdit), Pembuatan Label Atribut, Penambahan Atribut dan Pengisian Atribut (*ArcPlot*)

ARCVIEW

ArcView digunakan untuk melihat dan mengatur tampilan dari peta yang telah diolah serta memiliki beberapa bagian yang saling berhubungan. Bagian-bagian *ArcView* yang dimaksud adalah jendela (*window*) yang terdiri dari Jendela utama, Tampilan peta, Tabel Windows, Grafik dari suatu Tabel, Setting Peta untuk Dicitak dan Perintah Tambahan.

Selain itu juga ada beberapa bagian lain yaitu menu utama (*main menu*), menu *button (button)*, dan menu *tool (tools)*. Masing-masing bagian (*window*) memiliki menu-menu yang berlainan saat bagian tersebut diaktifkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan pemanfaatan data sekunder seoptimal mungkin yang didukung dengan data primer (pengukuran langsung di lapangan), digitasi peta-peta yang terkait, pemodelan Sistem Informasi Geografis, kalibrasi model dan kajian pada hasil *spatial distribution of floods*.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Area DAS Bringin

Langkah awal dalam perhitungan Luasan DAS Bringin adalah terlebih dahulu ditentukan batasan dari DAS Bringin, DAS dimulai dari daerah Mijen dan berakhir (batas hilir) pada jembatan sungai Bringin di ruas Jalan Raya Semarang-Jakarta (untuk penelitian ini). Selanjutnya DAS dibagi menjadi delapan

Sub DAS dengan luasan yang lebih kecil. Peta DAS Bringin yang telah ditentukan batas DAS maupun Sub DAS-nya kemudian dijadikan Peta Digital dengan menggunakan perangkat SIG. Pembagian sub DAS dan letak Outlet masing-masing Sub DAS serta lokasi pengembang di DAS Bringin dapat dilihat pada lampiran.

Pada penentuan luasan ini dengan asumsi bahwa area pada masing-masing pengembang sudah dikembangkan seluruhnya dengan perincian seperti pada lampiran Tabel 1, sedang untuk luas tata guna lahan pada tiap sub DAS dapat dilihat pada lampiran Tabel 2.

Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan

Masing-masing sub DAS terdiri dari beberapa tata guna lahan sehingga koefisien aliran permukaannya (C) merupakan C gabungan dari beberapa tata guna lahan, hasil perhitungan C_{gab} untuk masing-masing Sub DAS dapat dilihat pada lampiran Tabel 4.

Perhitungan Intensitas Hujan

Pada penelitian ini, data curah hujan didapat dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang selama 20 tahun dari tahun 1980 sampai dengan tahun 1999 di empat lokasi stasiun hujan yang berpengaruh di DAS Bringin, sebagai berikut :

- Stasiun 33A di daerah Plumbon kecamatan Ngaliyan
- Stasiun 41C di daerah Mangkang Kecamatan Tugu

- Stasiun 41D di daerah Mangkang Kecamatan Tugu
- Stasiun 44 di daerah Mijen Kecamatan Mijen

Pada stasiun hujan yang tidak tercatat datanya diambil data hujan pada tahun yang sama dari stasiun hujan yang terdekat.

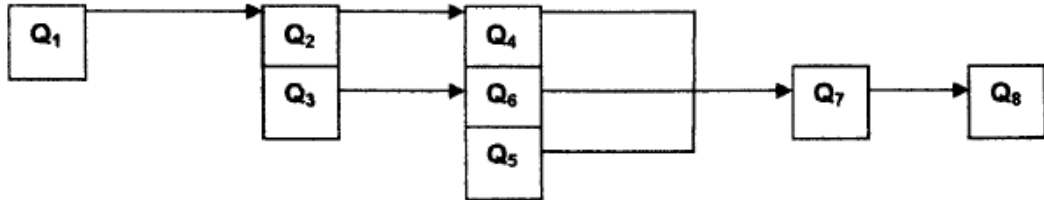
Berdasarkan hasil analisa data maka didapat bahwa distribusi log Pearson memenuhi syarat, sehingga perhitungan tinggi curah hujan dengan kala ulang tertentu dapat dihitung dengan rumus log-Pearson dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran Tabel 5.

Setelah didapatkan nilai curah hujan dengan kala ulang tertentu kemudian dihitung intensitas hujan dengan kala ulang tertentu dan lama hujan tertentu sehingga diperoleh grafik lengkung intensitas hujan untuk DAS Bringin.

Kapasitas Penampang Sungai dan Anak Sungai Bringin

Pada titik-titik tertentu penampang sungai dan anak sungai diukur dengan menggunakan bak ukur dan meteran, penampang ini digunakan untuk menentukan kapasitas sungai dan anak sungai yang diperlukan dalam perhitungan besarnya kecepatan dengan rumus Manning. Kecepatan yang didapat digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi.

Arah Aliran sungai Bringin berdasarkan outlet tiap sub DAS-nya adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Arah aliran dari outlet ke outlet

Perhitungan Debit Aliran Permukaan

Debit aliran permukaan tiap sub DAS dihitung dengan menggunakan rumus rasional. Luasnya merupakan luas tiap sub DAS menurut lampiran Tabel 2, koefisien aliran permukaan (C) sesuai dengan nilai C_{gab} dalam Tabel 4. Intensitas Hujan dihitung untuk lama waktu hujan sama dengan waktu konsentrasinya menggunakan teknik interpolasi untuk tiap kala ulang. Hasil perhitungan debit aliran permukaan tiap sub DAS dan debit puncak DAS untuk tiap kala ulang dapat dilihat pada lampiran Tabel 6 dan Tabel 7.

Berdasarkan lampiran Tabel 6 dan Tabel 7 dapat dihitung proporsi kenaikan debit puncak DAS Bringin antara tahun 1995 dan tahun 2002, hasilnya dapat dilihat pada lampiran Tabel 8. Proporsi luas pemukiman pada tiap sub DAS terhadap luas sub DAS-nya dapat dilihat pada lampiran Tabel 9 sedang proporsi lahan pengembang pada tiap sub DAS dapat dilihat pada lampiran Tabel 10. Lampiran lampiran Tabel 11 menyajikan hasil perhitungan proporsi sumbangan debit banjir dari tiap pengembang pada tahun terakhir (tahun 2002).

Pada DAS Bringin terdapat dua belas perumahan yang telah dan sedang dikembangkan. Enam lokasi diantaranya merupakan lokasi baru dan sedang dikembangkan dengan progress bervariasi

dari 0% pada lahan Bukit Semarang Baru di sub DAS Bringin 2 sampai dengan 89,35% pada lahan Perumahan Bumi Palir Sejahtera di sub DAS Bringin 6. Proporsi lahan pengembang pada tiap sub DAS dapat dilihat pada lampiran Tabel 10 dimana lahan pengembang terluas ada di sub DAS Bringin 3 dengan proporsi 83,23% dari luas sub DAS dan lahan pengembang terkecil ada di sub DAS Bringin 2 dengan proporsi 0,42% dari luas sub DAS. Sedang proporsi lahan pengembang diseluruh DAS Bringin ada 20,48% dari luas DAS.

Selain pemukiman yang dikembangkan oleh pengembang juga terdapat rumah kampung dan rumah-rumah baru yang dibangun secara individual, dimana untuk pemukiman ini mengalami kenaikan dari 18,45% pada tahun 1995 menjadi 22,65% pada tahun 2002.

Dengan adanya perubahan penggunaan lahan menjadi lahan pemukiman menyebabkan kenaikan debit aliran permukaan dari tahun 1995 sampai tahun 2002 rata-rata sebesar 6,39% (lihat lampiran Tabel 8).

Dari lampiran Tabel 6 dan Tabel 7 dapat dilihat prosentase sumbangan debit puncak DAS Bringin dari tiap-tiap sub DAS, yang paling besar sumbangan debit banjirnya adalah sub DAS Bringin 8 sebesar rata-rata 25,71% pada tahun 1995 dan 24,90% pada tahun 2002,

sumbangan debit banjir terkecil dari sub DAS Bringin 2 sebesar rata-rata 3,57% pada tahun 1995 dan 3,57 pada tahun 2002.

Dari lampiran Tabel 11 dapat dilihat prosentase rata-rata sumbangan debit puncak DAS Bringin dari tiap-tiap pengembang dimana penyumbang terbesar adalah Bukit Semarang Baru di sub DAS Bringin 1, 2 dan 3 sebesar 6,47% dan terkecil adalah Bringin Putih di sub DAS Bringin 7 sebesar 0,09%.

Sebagai kontrol terhadap nilai debit yang didapat dari hasil perhitungan dipakai referensi debit rencana dari SMEC tahun 1999 untuk DAS Bringin (lihat lampiran Tabel 12).

Dengan menggunakan kontrol debit SMEC maka untuk debit dengan kala ulang 2 tahunan nilai debit dari perhitungan lebih besar, untuk debit dengan kala ulang 5 tahunan, 10 tahunan dan 25 tahunan nilainya hampir mendekati sedang untuk debit dengan kala ulang 50 tahunan nilai debit perhitungan yang didapat SMEC.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan diatas maka dapat kami tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kenaikan debit banjir sungai Bringin tahun 2002 dibandingkan dengan tahun 1995 adalah 6,39%
2. Lahan pemukiman yang ada di DAS Bringin adalah 18,45% dari luas seluruh DAS pada tahun 1995 dan 22,65% pada tahun 2002 dari luas seluruh DAS, sedang lahan milik pengembang ada 20,48% dari luas seluruh DAS.

3. Pengembang dengan penyumbang debit terbesar adalah Bukit Semarang Baru di sub DAS Bringin 1, 2 dan 3 sebesar 6,47% dan penyumbang debit terkecil adalah Bringin Putih sebesar 0,09% dengan total kontribusi sumbangan debit banjir untuk seluruh pengembang sebesar 12,11%.
4. Sub DAS yang menyumbang debit terbesar adalah sub DAS 8 sebesar rata-rata 24,9%

Adapun sarannya adalah :

Untuk lebih mempertajam akurasi perhitungan harus digunakan luas penggunaan lahan dan nilai koefisien aliran permukaan (C) dari data primer (pengukuran langsung di lapangan).

DAFTAR PUSTAKA

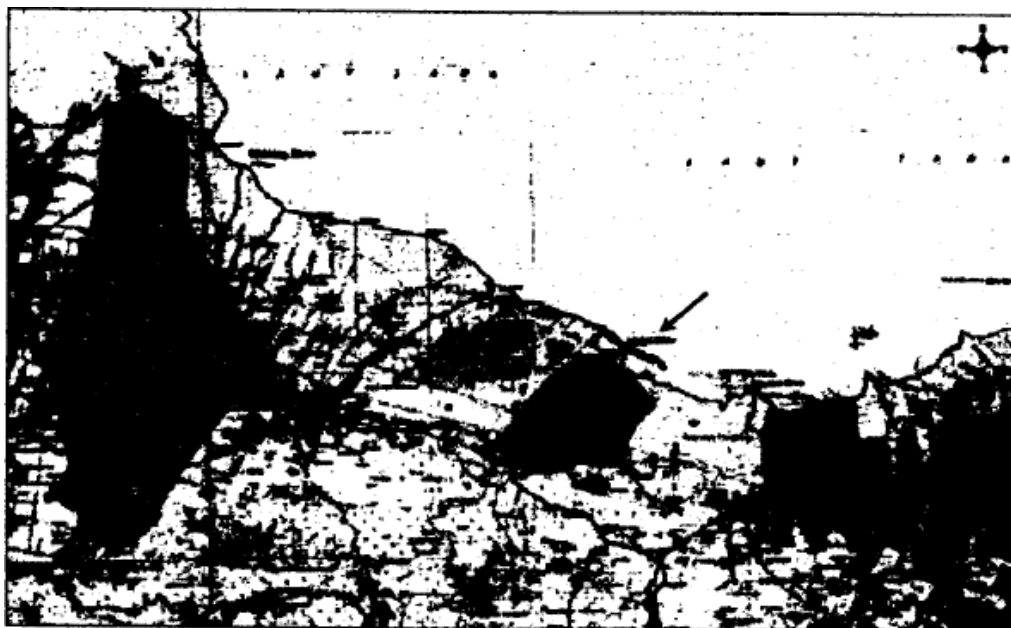
1. Anonim. (1989). *Command's Reference Manual for MapInf*
2. Anonim. (1989). *User's Guide : Advance Application for MapInfo*
3. Anonim. (1989). *User's Guide : Basic Users for MapInfo*
4. Aronov, T. V. (1991). *Introduction to Geographics Information System : A Practical Approach*.
5. Asdak, 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajahmada University Press.
6. Bina Karya, P. T. (1999). *Pengembangan Sistem Informasi Sumber Air Baku*, Laporan Penunjang "Buku Manual SIG".
7. Chang, H.H., (1994). *Section of Gravel Transport Formula for Stream Modeling*. J. Hyd. Eng., Vol. 120, No 5 p. 646-651.
8. Chen, S., C., (1996). *Land Use Change and Reservoir Sedimentation in Wusheh Watershed, Taiwan*, Proce-

- dings of the International Conference on Reservoir Sedimentation Vol. 2, Editors: M. L. Albertson, L. Molinas, R. Hotchkiss, Colorado State University, Fort Collins, USA.
9. Chitale, S.V., (1966). *Hydraulics of Stable Channels*. Central Water and Power Commission, Ministry of Irrigation and Power, Government of India.
 10. Colby, B.R., (1964). *Practical Computations of Bed-material Discharge*. J. Hyd. Division, Vol.90, No. HY2 p. 217-246.
 11. Dade, W. Brian, and Friend, Pe.F., (1998). *Grain Size, Sediment-Transport Regime, and Channel Slope in Alluvial Rivers*. The Journal of Geology, Vol. 106 p. 661 - 675. Copyright by The University of Chicago.
 12. EM Wilson, *Hidrologi Teknik (terjemahan)*, Edisi ke-4, Penerbit ITB, Bandung, 1993.
 13. Gilbert, K.G., (1914). *The Transportation of Debris by Running Waters*. USGS Professional Paper #86.
 14. Gupta, R. S., (1989). *Hydrology & Hydraulic Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 07632.
 15. Hubbell, D.W., (1987). *Bed-load Sampling Analysis*. In Thorne, C.R., Bathurst, J.C., and Hey, R.D. (eds), *Sediment Transport in Gravel-bed Rivers Chichester*, Wiley, p. 89 – 106.
 16. Linsley, R. K., and Franzini, J. B., 1979. *Water Resources Engineering*, The McGraw-Hill Companies, Inc.
 17. Mantri Statistik Kecamatan Tugu, *Kecamatan Tugu dalam Angka*, BPS Semarang, 2000
 18. Mantri Statistik Kecamatan Mijen, *Monografi Kecamatan Mijen*, 2001
 19. Mantri Statistik Kecamatan Ngaliyan, *Monografi Kecamatan Ngaliyan*, 2001
 20. Pranoto SA., Priyo N., Dyah Ari W., Suharyanto, *Laporan akhir penelitian pemodelan sistem informasi geografis (SIG) dalam analisis distribusi ruang debit banjir (Spatial Distribution of Flood) Sungai Bringin*.
 21. PT. Karyadeka Alam Lestari, *Paparan Proyek Kota Baru BSB*, 2002
 22. Parker, G., Klingeman, P.C, and Mclean, D.G., (1982). *Bed load and Size Distribution in Paved Gravel Bed Streams*. J. Hyd. Division, Vol. 108, No. HY4 p. 544-571.
 23. Raphael, Nolan K., (1996). *An Examination of Gravel Bed-load Functions Applied to Observed Gravel Bed-load Discharge Measurements of Selected Streams*. Ph.D. Dissertation. Depart. Of Civil Eng., Colorado State University
 24. Sri Harto Br, *Analisis Hidrologi*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993
 25. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
 26. SMEC, *Interim Report Flood Studies*, 1999
 27. SMEC, *Draft Final Report " Flood Control For West Semarang Rivers"*. 1999
 28. Wurbs, R. A., 1996. *Modeling and Analysis of Reservoir System Operations*, Prentice-Hall, Inc.
 29. Yang, C.T., (1973). *Incipient Motion and Sediment Transport*. J.Hyd. Division., Vol. 99, No. HY10 p. 1679-170

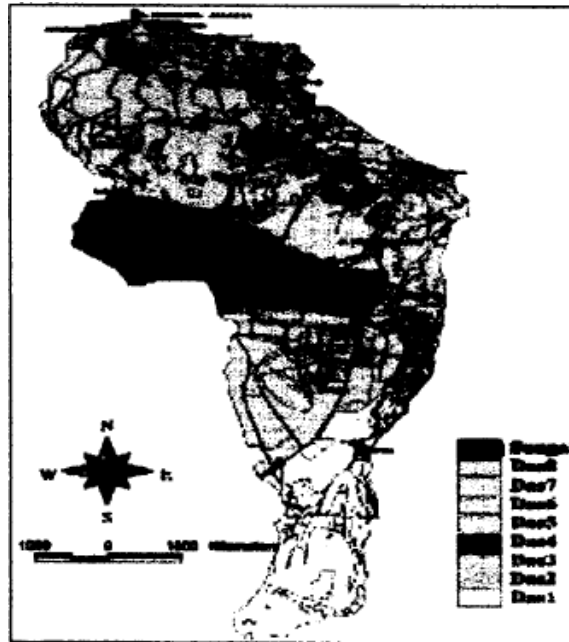
Tabel 1 Luasan perumahan yang dikembangkan di tiap SUB DAS Beringin

No	PERUMAHAN	SUB DAS	LUAS (M ²)
1	Wahyu Utomo	7	158.813,50
2	Pondok Beringin Permai	7	101.995,00
3	Bringin Putih	7	104.017,90
4	Bukit Beringin Lestari	7	133.567,70
		8	252.819,30
5	Griya Bringin Asri	8	108.111,90
6	Perumahan Bumi Palir Sejahtera	6	120.247,30
7	Griya Pandana Merdeka	5	60.980,84
8	Bukit Permata Puri Indah	5	281.549,80
9	Perumahan Griya Raya	5	48.633,33
10	Griya Ngaliyan Asri	5	45.952,38
11	Bringin Indah	5	99.444,38
12	Bukit Semarang Baru	1	1.172.392,00
		2	118.082,40
		3	3.819.713,00

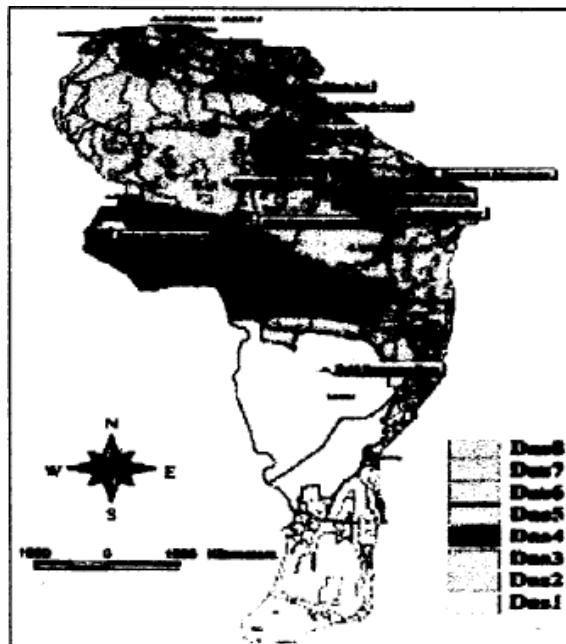
LOKASI DAS BERINGIN



PETA PEMBAGIAN SUBDAS BRINGIN & OUTLETNYA



PETA LOKASI PENGEMBANG DI DAS BRINGIN



Tabel 2. Luasan Penggunaan lahan Das Bringin

SUB DAS	LUAS PENGGUNAAN LAHAN (m ²)								JUMLAH (m ²)
	JALAN	RUMAH	SAWAH	LADANG	HUTAN	TANAH KOSONG	SUNGAI/DANAU	GALIAN	
1	54.892,12	484.314,47	630.326,28	735.386,26	2.965.753,53	7.957,03	42.813,32	-	4.921.444,01
2	17.646,17	143.524,97	22.843,03	376.733,74	89.206,31	205.540,50	4.277,19	-	859.773,91
3	88.702,67	2.596.581,70	-	617.101,98	724.409,04	115.732,30	381.575,59	-	4.524.106,28
4	45.610,89	668.308,80	861.673,65	576.706,91	2.819.723,79	14.135,17	8.737,78	-	4.994.900,99
5	20.516,78	219.905,03	24.584,61	1.191.500,89	559.096,80	45.542,65	15.807,81	-	2.076.959,57
6	93.522,86	567.718,94	4.439,61	420.924,54	1.215.931,59	110.063,60	7.139,24	-	2.419.766,38
7	91.111,73	949.689,93	214.068,26	160.732,16	686.222,48	753.587,80	38.171,55	-	2.893.590,71
8	172.373,74	1.514.478,10	135.871,78	1.694.911,86	5.291.915,45	22.588,94	69.409,99	45.717,06	8.847.274,92
JMLH (ha)	58,44	714,45	189,38	567,40	1.435,23	127,52	56,79	4,57	3.153,78

Tabel 3. Koefisien Aliran Permukaan yang digunakan

No.	Penutup	Koefisien C
1	Rumah	0.50
2	Jalan	0.70
3	Sawah/ladang	0.30
4	Hutan	0.15
5	Tanah kosong	0.30
6	Sungai/Danau	0.00
7	Galian	1.00

Tabel 4. Koefisien aliran permukaan tiap Sub DAS

SUB DAS	C _{gab}
1	0.231
2	0.331
3	0.373
4	0.245
5	0.282
6	0.286
7	0.339
8	0.254

Tabel 5. Tinggi curah hujan dengan kala ulang tertentu

Periode Ulang Tr (th.)	Curah Hujan dg Kala Ulang (mm)
2	0.231
5	0.331
10	0.373
25	0.245
50	0.282

Tabel 6. Perhitungan debit tiap sub DAS tahun 1995

SUB DAS	Tr= 2 th.		Tr= 5 th.		Tr= 10 th.		Tr= 25 th.		Tr= 50 th.	
	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit
1	10,22	7,65	13,37	7,63	15,87	7,65	19,14	7,70	21,68	7,72
2	4,97	33,27	6,61	3,77	7,86	3,79	9,51	3,82	10,79	3,84
3	19,15	14,32	25,43	14,51	30,34	14,63	36,55	14,69	41,44	14,75
4	19,23	14,36	25,24	14,39	29,80	14,38	35,79	14,39	40,42	14,39
5	13,91	10,40	18,49	10,55	22,00	10,61	26,60	10,70	30,17	10,74
6	14,61	10,92	19,45	11,09	23,26	11,22	28,02	11,27	31,80	11,32
7	16,36	12,23	21,29	12,14	25,03	12,08	29,93	12,04	33,71	12,00
8	35,27	26,38	45,44	25,92	53,14	25,63	63,17	25,40	70,89	25,24
Jumlah	133,71	100,00	175,32	100,00	207,30	100,00	248,72	100,00	280,90	100,00

Tabel 7. Perhitungan debit tiap sub DAS tahun 2002

SUB DAS	Tr= 2 th.		Tr= 5 th.		Tr= 10 th.		Tr= 25 th.		Tr= 50 th.	
	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit	Debit (m ³ /dt)	% Sumb. Debit
1	10,23	7,18	13,40	7,18	15,89	7,21	19,17	7,24	21,71	7,26
2	4,98	3,50	6,62	3,55	7,88	3,58	9,53	3,60	10,81	3,62
3	25,59	17,97	33,77	18,11	40,23	18,25	48,56	18,35	55,01	18,41
4	19,29	13,54	25,30	13,57	29,87	13,55	35,87	13,55	40,50	13,55
5	13,96	9,82	18,51	9,93	22,08	10,02	26,70	10,09	30,27	10,13
6	15,26	10,71	20,26	10,87	24,09	10,93	29,13	11,01	33,03	11,05
7	16,74	11,75	21,78	11,68	25,61	11,62	30,61	11,57	34,47	11,54
8	36,34	25,52	46,82	25,11	54,75	24,84	65,08	24,59	73,04	24,44
Jumlah	142,40	100,00	186,46	100,00	220,40	100,00	264,65	100,00	298,85	100,00

Tabel 8. Proporsi kenaikan debit puncak DAS Bringin

Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)		Proporsi kenaikan Q %
	th.1995	th. 2002	
2	133,71	142,40	6,50
5	175,32	186,46	6,35
10	207,30	220,40	6,32
25	248,72	264,65	6,40
50	280,90	298,85	6,39
Proporsi kenaikan Q rata-rata			6,39

Tabel 9. Proporsi pemukiman di tiap sub DAS Bringin

SUB DAS	Tahun 1995		Tahun 2002		Luas Sub DAS m ²
	Luas m ²	Proporsi %	Luas m ²	Proporsi %	
1	472.497,69	9,60	484.314,47	9,84	4.921.444,01
2	143.524,97	16,69	143.524,97	16,69	859.773,91
3	1.635.015,76	36,14	2.596.581,70	57,39	4.524.106,28
4	668.308,80	13,38	668.308,80	13,38	4.994.900,99
5	194.114,10	9,35	219.905,03	10,59	2.076.959,57
6	466.632,38	19,28	567.718,94	23,46	2.419.766,38
7	843.856,80	29,16	949.689,93	32,82	2.893.590,71
8	1.394.354,72	15,76	1.514.478,10	17,12	8.847.274,92
Jumlah	5.818.305,22	18,45	7.144.521,94	22,65	31.537.8116,77

Tabel 10. Proporsi lahan pengembang di tiap sub DAS Beringin

SUB DAS	Lahan Pengembang		Luas Sub DAS m ²
	Luas m ²	Proporsi %	
1	1.172.411,90	23,82	4.921.444,01
2	3.601,29	0,42	859.773,91
3	3.765.636,45	83,23	4.524.106,28
4	-	-	4.994.900,99
5	536.549,47	25,83	2.076.959,57
6	120.980,84	5,00	2.419.766,38
7	498.525,41	17,23	2.893.590,71
8	360.934,57	4,08	8.847.274,92
Jumlah	6.458.639,93	20,48	31.537.816,77

Tabel 11. Prosentase rata-rata Sumbangan Debit Puncak DAS Bringin dari tp-tiap pengembang (tahun 2002)

PENGEMBANG	SUB DAS	% SUMBANGAN DEBIT KALA ULANG					rata-rata %	% Total tiap Pengembang
		2 th.	5 th.	10 th.	25 th.	50 th.		
BSB	1	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,46	6,47
BSB	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
BSB	3	5,91	5,96	6,01	6,04	6,06	5,99	
GNA	5	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14
BPPI	5	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,24	1,25
PGR	5	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
GPM	5	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,26	0,27
BI	5	0,52	0,53	0,54	0,54	0,54	0,53	0,54
BPS	6	0,70	0,71	0,72	0,72	0,72	0,71	0,72
PWU	7	0,68	0,67	0,67	0,66	0,66	0,67	0,67
BP	7	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
PBP	7	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
BBL	7	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	1,10
BBL	8	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,71	
GBA	8	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,43	0,43

Tabel 12. Debit Banjir Rencana SMEC, 1999

Kala Ulang tahun	Rumus Debit	Debit M ³ /dt
2	$11.(A)^{0,7}$	123,168
5	$16.(A)^{0,7}$	179,154
10	$20.(A)^{0,7}$	223,943
25	$25.(A)^{0,7}$	279,928
50	$32.(A)^{0,7}$	358,308

Sumber : SMEC, 1999, diolah

Dimana : A = luas DAS (km²)