

Jurnal Sipil	Vol. 9	No. 2	Hlm. 41 - 87	Jakarta September 2009	ISSN 1411-9064
---------------------	---------------	--------------	---------------------	-----------------------------------	---------------------------



Jurnal Sipil

**Penerapan Manajemen K3 dengan OHSAS 18001:1999 dan
Permenaker 05/Men/1996 pada Kontraktor Lokal**
Jan Agustina, Astri Paramitha, Tri Rahmat E., Darmawan Pontan

Analisis Kapasitas dan Kecepatan Aliran Sungai Bekasi Hulu
Trihono Kadri, Naik Sinukaban, Hidayat Pawitan, Suria Darma Tarigan

**Model Simulasi HEC-HMS pada Sistem Pengendalian Banjir
Kawasan Gde Bage Bandung**
Suharyono, Trihono Kadri

Analisis Neraca Air DAS Bekasi
Fennani Arpan

• Struktur • Geoteknik • Transportasi
• Sumber Daya Air • Manajemen Konstruksi

ANALISIS KAPASITAS DAN KECEPATAN ALIRAN SUNGAI BEKASI HULU¹

Trihono Kadri², Naik Sinukaban³, Hidayat Pawitan³, Suria Darma Tarigan³

ABSTRAK

Sungai Bekasi adalah sungai utama yang mengalir di Kota Bekasi dengan luasan sekitar 21.049 ha. Pada tahun 2002 dengan hujan sebesar 250 mm selama 8 jam, elevasi muka air naik +18,75 m dan menyebabkan banjir 138 ha di permukiman selama 2-3 hari, lebih jauh lagi pada tahun 2005 dengan hujan hanya 127 mm selama 6 jam, elevasi muka air naik + 18,90 m dan menyebabkan banjir sebesar 164 ha dipermukiman selama 3 hari. Kejadian ini menunjukkan bahwa masalah banjir di Kota Bekasi semakin memburuk dikemudian hari. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah (1) menganalisis kapasitas alir dan kecepatan izin maksimum dari sungai bekasi; (2) merancang penanggulangan banjir disebabkan keterbatasan kapasitas alir. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, metoda analisis dibagi dalam 3 bagian yaitu (1) kapasitas alir dengan HEC-RAS; (2) kecepatan izin maksimum sungai dan (3) peningkatan kapasitas alir. Berdasarkan hasil penelitian, kapasitas alir dievaluasi dengan model hidraulik dan didapat kapasitas alir terbesar 764 m³/dt dan terkecil 462 m³/dt. Untuk menaikkan kapasitas dan melindungi daerah banjir, maka dibangun tanggul di bantaran sungai, tetapi harus memperhatikan gaya tarik yang disebabkan kecepatan aliran.

Kata kunci: kapasitas alir sungai, kecepatan, dan muka air sungai

ABSTRACT

Bekasi River is one major river flowing through Bekasi City, total extent of the Bekasi City is about 21,049 ha. In 2002 with rainfall of 250 mm for 8 hours, water elevation raised to +18.75 m and caused about 138 ha flooded in residents area for 2-3 days, furthermore in 2005 with rainfall only 127 mm for 6 hours, water elevation raised to +18.90 m and caused about 164 ha flooded in residents area for 3 days. This evidence showed that flood problem in Bekasi City is become worse, and seem to be more horrifying in the future. Therefore, the objectives of this research is (1) analyze the flow capacity and permissible flow velocity of Bekasi river; (2) set plans to prevent flood due to the limited of Bekasi river flow capacity. To obtain the purposes of this research, the method of analysis is divided into three main subjects is (1) river flow capacity using HEC-RAS and (2) river permissible flow velocity and (3) plan to increase river flow capacity. Based on research results, the river flow capacity is evaluated using hydraulic mode and obtained the biggest capacity is around 764 m³/s and the smallest is around 462 m³/s. To increase the flow capacity and prevent the flood area, the levee built in the river bank, but must be cared to the attractive force due to the flow velocity.

Keywords: river flow capacity, velocity, and river water surface

1. PENDAHULUAN

Kota Bekasi memiliki luas wilayah sebesar 21.049 ha terdiri dari 10 kecamatan dengan total penduduk sebesar 2.143.804 jiwa dan kepadatan 9.023 jiwa per km² (BPS,2008). Pada Kota Bekasi mengalir Sungai Bekasi dan terdapat Bendung Bekasi yang memisahkan Sungai Bekasi menjadi bagian Hulu dan Hilir. DAS Bekasi Hulu sebesar 39.045,0 ha memberikan kontribusi

¹ Makalah adalah sebagian Disertasi dari penulis pertama, mahasiswa S3 Program Studi Pengelolaan DAS Sekolah Pascasarjana IPB Bogor

² Dosen Biasa Jurusan Teknik Sipil FTSP-USAKTI

³ Komisi Pembimbing, Staf Pengajar SPs IPB Program Studi Pengelolaan DAS

terbesar terhadap banjir Kota Bekasi. Akibat curah hujan harian sebesar 250 mm selama 6 jam pada tahun 2002 mengalir debit sebesar 578,63 m³/dt dengan tinggi muka air di Bendung Bekasi mencapai + 18,75 m yang mengakibatkan banjir di Kota Bekasi. Genangan seluas 138 ha terjadi di permukiman sedalam 0,5-2,0 meter selama 2-3 hari.

Sebagai akibat banjir tersebut, pada tahun 2003 telah dibangun tanggul di sepanjang Sungai Bekasi Hulu dan pengerukan di beberapa ruas sungai, akan tetapi dengan curah hujan yang lebih kecil di Bekasi yaitu sebesar 127 mm dan di Cibinong sebesar 88 mm terjadi banjir sebagai akibat debit yang mengalir di Sungai Bekasi sebesar 545,05 m³/dt dengan elevasi muka air pada pintu air mencapai + 18,90 m. Hujan tersebut mengakibatkan genangan yang lebih besar yaitu seluas 164 ha sedalam 0,5-2,0 meter selama 3 hari khususnya di Kecamatan Bekasi Selatan dan Bekasi Timur.

Genangan air akibat banjir tahun 2005 tersebut tidak hanya mengakibatkan genangan akan tetapi terjadi kerusakan tanggul di beberapa ruas sungai seperti tanggul pada perumahan Kemang Pratama dan Jaka Kencana. Kerusakan tanggul ini mengakibatkan masuknya air ke dalam permukiman dalam waktu yang relatif singkat, sehingga masyarakat tidak dapat menyelamatkan harta benda mereka. Kelongsoran tanggul tersebut disebabkan oleh derasnya aliran atau gaya tarik aliran yang kemudian mengakibatkan gerusan pada dasar dan tepi sungai.

Masalah banjir disebabkan oleh berbagai faktor yang saling terkait satu dengan lainnya, tulisan ini akan memaparkan dan menganalisis satu tinjauan penyebab banjir yaitu kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu dikaitkan dengan elevasi muka air pada debit rancangan banjir dan sebab terjadi kerusakan tanggul pada saat banjir.

2. TUJUAN PENELITIAN

Secara rinci penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Menganalisis kapasitas alir dan kecepatan aliran Sungai Bekasi Hulu;
- b. Menyusun rencana penanggulangan banjir akibat terbatasnya kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu.

3. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, metoda analisis pada penelitian ini dibagi dalam tiga bagian yaitu (1) analisis kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu, (2) analisis kecepatan izin maksimum Sungai Bekasi Hulu dan (3) rencana penanggulangan banjir.

3.1. Lokasi Penelitian

Wilayah admistrasi DAS Bekasi Hulu terletak di Kabupaten Bogor, Kabupaten dan Kota Bekasi Provinsi Jawa Barat. Koordinat geografis DAS Bekasi Hulu terletak pada 106° 49' 05" - 107° 01'

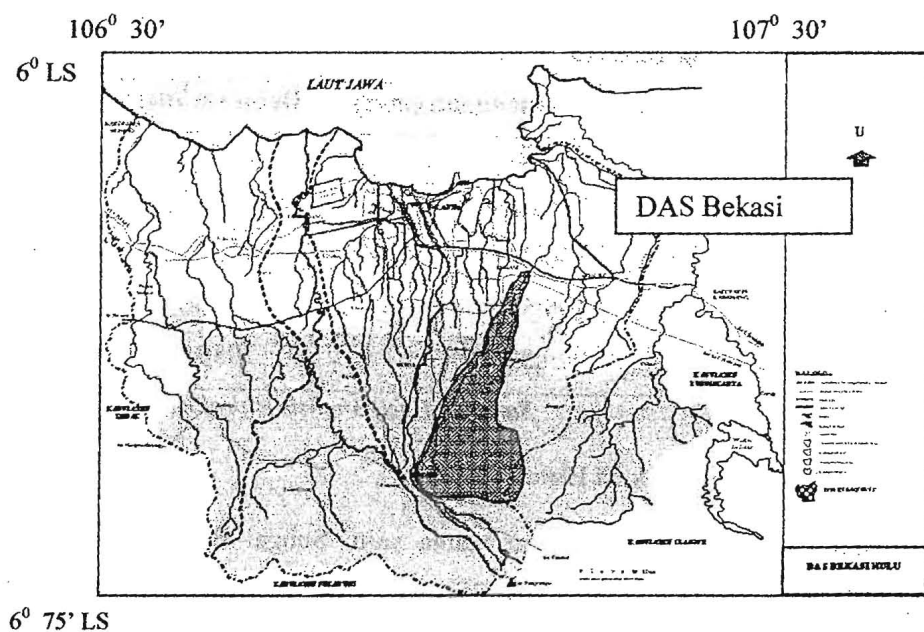
47" Bujur Timur, 06° 14' 09" - 06° 42' 21" Lintang Selatan. Sungai Bekasi mengalir ke Utara melewati Kota Bekasi, dan sumber air berasal dari Sungai Cileungsi dan Cikeas. Sungai Cileungsi merupakan pertemuan Sungai Cileungsi dan Citeureup. Sungai Citeurep merupakan pertemuan Sungai Cikeruh dan Ciherang, sedangkan Sungai Cileungsi berasal dari pertemuan Sungai Cibadak dan Cijanggal. Di tengah Kota Bekasi terdapat bendung Bekasi yang memisahkan Sungai Bekasi menjadi Sungai Bekasi Hulu dan Sungai Bekasi Hilir. Penentuan batas hilir dari DAS Bekasi Hulu didasarkan pada letak bendung Bekasi pada 106° 59' 35" Bujur Timur, 06° 14' 09" Lintang Selatan yang memisahkan sistem tata air Sungai Bekasi Hulu dan Hilir.

3.2. Analisis Kapasitas Alir Sungai Bekasi Hulu

Analisis kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu dilakukan dengan tujuan mengetahui elevasi muka air banjir dan kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu sehingga dapat digunakan sebagai dasar rancangan tinggi elevasi puncak tanggul untuk pengendalian banjir.

Analisis kapasitas alir penampang pada penelitian ini menggunakan program HEC-RAS versi 4.0 (*Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System*). Data yang digunakan ialah potongan penampang dan peta situasi Sungai Bekasi Hulu hasil pengukuran PWS Ciliwung Cisadane pada Februari 2003.

Masukkan data untuk program HEC-RAS terdiri dari dua bagian yaitu data geometri dan data aliran. Kedua komponen model dalam HEC-RAS tersebut saling terkoneksi satu sama lain untuk tujuan simulasi ini.



Gambar 1. Sungai Bekasi Hulu (PWSCC, 2003)

3.3 Analisis Kecepatan Aliran Sungai

Analisis kecepatan sungai dimaksudkan untuk mengetahui stabilitas tepi sungai. Hal ini didasarkan seringnya terjadi longsor pada saat terjadi banjir, sehingga perlu diketahui gerusan akibat kecepatan aliran yang terjadi pada saat banjir. Kecepatan aliran kemudian dibandingkan dengan kecepatan izin maksimum yang diperbolehkan agar tidak terjadi gerusan. Kecepatan maksimal yang diizinkan melewati sungai/saluran yang ditutupi rumput campuran pada jenis tanah yang mudah tererosi untuk kemiringan talud 5-10 % sebesar 1,8 m/dt (Lencastre, 1987). Hitungan kecepatan aliran menggunakan keluaran model hidrolika HEC-RAS yang digunakan pada analisis kapasitas alir di atas.

3.4 Rencana Peningkatan Kapasitas Alir Sungai

Untuk meningkatkan kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu dilakukan dengan peningkatan tanggul di lokasi-lokasi berdasarkan hasil simulasi aliran. Dari hitungan kapasitas alir yang ada dapat diketahui tinggi dan letak tanggul yang diperlukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka analisis kapasitas alir dan kecepatan Sungai Bekasi Hulu menggunakan debit berdasarkan hujan rancangan DAS Bekasi Hulu, hasil hitungan analisis hidrologi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan dan Debit Rancangan DAS Bekasi Hulu dengan Periode Ulang Tertentu

Periode Ulang	Curah Hujan Rancangan (mm)	Debit (m ³ /dt)
2	91,72	421,45
5	126,02	481,77
10	150,72	620,36
25	195,53	866,73
50	229,53	1050,8

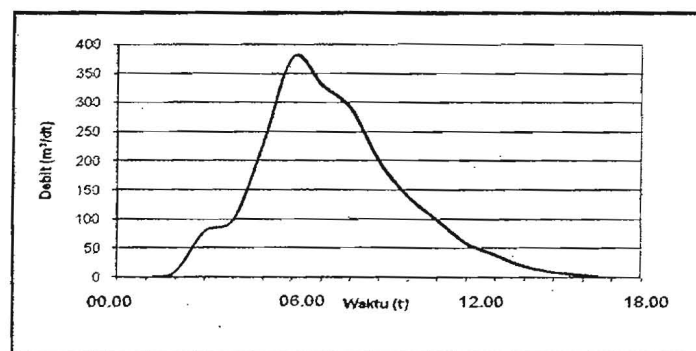
Sumber: Hasil Analisis Hidrologi

4.1 Karakteristik Hidrolika Sungai Bekasi Hulu

Pada DAS Bekasi Hulu, terdapat delapan sungai utama yaitu Sungai Bekasi Hulu, Cikeas, Cileungsi, Citeurep, Cikeruh, Ciherang, Cibadak dan Cijanggal. Sungai terpanjang adalah Sungai Cileungsi dengan panjang 41.829 m ditambahkan dengan Sungai Cibadak sehingga panjang total menjadi 50.670 m bahkan lebih panjang dari sungai Cikeas yaitu sebesar 49.924 m. Sungai sedangkan sungai terpendek adalah Sungai Bekasi Hulu sepanjang 10.596 m yang terletak di bagian hilir DAS Bekasi Hulu.

Sungai Bekasi Hulu terletak di sebelah hilir dari DAS Cikeas dan Cileungsi, dan merupakan daerah banjir di DAS Bekasi Hulu. Debit aliran yang melalui Sungai Bekasi Hulu, sangat tergantung pada aliran limpasan pada Sungai Cikeas dan Cileungsi. Sungai Bekasi Hulu berbelok-belok secara alamiah, akan tetapi saat ini disisi kanan dan kiri saat ini telah dibudidayakan secara maksimal menjadi lahan permukiman sehingga Sungai Bekasi Hulu tidak lagi merupakan sungai alam, akan tetapi menjadi bagian dari saluran drainase lingkungan. Ini yang menyebabkan kesetimbangan aliran tidak lagi mengikuti kesetimbangan alam, akan tetapi lebih mengikuti penataan wilayah permukiman.

Aliran rerata sungai Bekasi Hulu berdasarkan data aliran selama 15 tahun (1991-2005) menunjukkan bahwa debit rerata bulanan maksimum dan minimum terjadi pada bulan Februari dan September. Debit rerata terbesar terjadi pada bulan Februari sebesar $104,3 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan terkecil pada bulan September sebesar $4,5 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit kejadian terbesar terjadi pada 1 Februari 2002 sebesar $578,6 \text{ m}^3/\text{dt}$, sedangkan debit kejadian terkecil terjadi pada 3 September 2001 sebesar $1,3 \text{ m}^3/\text{dt}$. Fluktuasi ini menunjukkan kondisi DAS Bekasi Hulu mendekati DAS kurang sehat.



Gambar 2. Hidrograf Hasil Pengukuran 8 Januari 2005 (curah hujan 82 mm)

Sebelum digunakan untuk simulasi aliran, terlebih dahulu dilakukan uji keberlakuan dengan cara membandingkan dengan hidrograf aliran hasil pengukuran pada pintu air Bendung Bekasi. Dari hasil hitungan diperoleh perbandingan parameter debit puncak (Q_p) dan waktu mencapai debit puncak (T_p). Secara rinci hasil perbandingan parameter hidrograf aliran dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil simulasi hidrolika untuk debit puncak (Q_p) dan Waktu puncak (T_p) didapat rerata model sebesar $172 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan 377 menit dengan nilai T (T-test) untuk Q_p sebesar 0,08 dan T_p sebesar 0,56, nilai ini masih lebih rendah dari nilai $T(\alpha=0.05/2)$, sehingga hasil model tidak berbeda nyata dengan pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa model simulasi HEC-RAS yang terbangun dengan parameter aliran dapat digunakan untuk melakukan simulasi hidrograf aliran langsung pada Sungai Bekasi Hulu.

Tabel 2. Verifikasi Hasil Simulasi Model Hidrologi HEC-RAS dengan Hasil Pengukuran dengan Metoda T-test.

Tanggal	Curah Hujan (mm)	Waktu Puncak (T_p) menit		Debit Puncak (Q_p) m ³ /dt	
		Pengukuran	Model	Pengukuran	Model
12 Mar 03	23	262	292	80	84,5
20 Apr 03	18	573	565	52	52,4
25 Mei 03	25	334	326	87	90,2
16 Okt 03	26	267	292	82	86,1
26 Okt 03	132	280	316	524	532,6
10 Jan 04	62	390	398	382	342,5
17 Feb 04	17	382	352	53	58,5
11 Apr 04	28	594	559	92	97,6
27 Mei 04	20	382	398	60	69,5
02 Okt 04	31	278	256	136	148,3
15 Jan 05	118	336	362	442	482,6
22 Jan 05	29	445	467	80	90,6
Rerata	44,1	377	382	172	178
	Nilai T (T-test)	0,08 < nilai T ($\alpha=0.05/2$)		0,57 < nilai T ($\alpha=0.05/2$)	

4.2 Kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu


Kapasitas alir dihitung dengan menggunakan model hidrolika satu dimensi yaitu program HEC-RAS. Untuk menganalisis besarnya kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu diambil 10 potongan penampang yang mewakili lokasi daerah rawan banjir di tepi Sungai Bekasi Hulu terhadap debit rancangan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa kapasitas alir penampang untuk setiap potongan berbeda tergantung pada bentuk dan ukuran penampang serta elevasi tanggul yang telah dibangun. Kapasitas terbesar pada penampang sta 6+300 sebesar 764 m³/dt dan yang terkecil pada penampang sta 5+100 sebesar 462 m³/dt (Gambar 3). Berdasarkan hitungan tersebut dapat ditentukan kapasitas alir keseluruhan Sungai Bekasi Hulu ditentukan berdasarkan kemampuan terkecil atau sebesar 462 m³/dt tinggi dari elevasi muka air banjir pada debit rancangan 10 tahunan, apabila terjadi tanggul jebol maka permukiman akan terendam sedalam 60 -140 cm.

Dari hitungan ini dapat diperkirakan fenomena banjir yang terjadi pada tahun 2005 sebesar 545 m³/dt akan melimpas di atas tanggul pada sta 3+600, 4+200, dan 5+100. Sedangkan pada penampang lain tidak terjadi limpasan, tetapi terjadi kerusakan tanggul, maka air akan masuk ke dalam permukiman karena elevasi muka air lebih tinggi dari elevasi dasar rumah. Pada perumahan Jaka Kencana (sta 4+100 s/d 5+100) elevasi dasar rumah sebesar + 22,10 m dan muka air banjir pada debit rancangan 10 tahunan sebesar + 22,70 m.

Tabel 3. Kapasitas Alir Penampang Sungai Bekasi Hulu

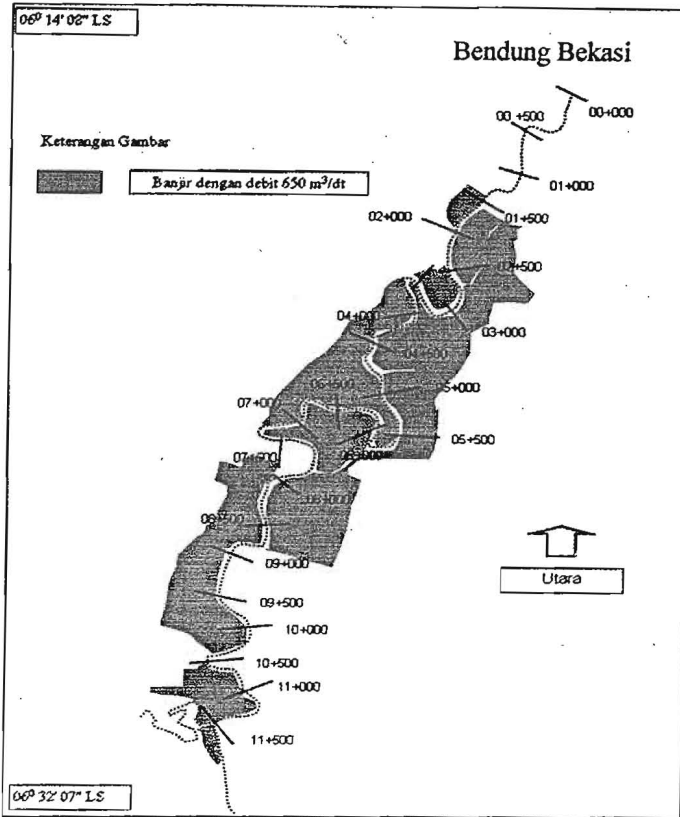
Pot. Penampang	Elevasi tanggul pada potongan		Elevasi muka air berdasarkan debit pada hujan rancangan pada potongan penampang					Kapasitas alir sungai (m ³ /dt)
	Barat	Timur	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	
			421,45 m ³ /dt	481,77 m ³ /dt	620,36 m ³ /dt	866,73 m ³ /dt	1050,8 m ³ /dt	
0+600	21,0	21,0	19,38	19,50	19,84	20,48	21,13	738
1+700	22,0	22,0	20,38	20,56	22,02	21,77	22,49	665
3+100	22,5	22,5	21,20	21,43	22,07	22,70	23,46	553
3+600	22,5	22,5	21,43	21,66	22,70	23,09	23,80	502
4+200	23,0	23,0	32,69	21,89	23,02	23,40	24,11	536
5+100	23,0	23,0	22,09	22,34	23,14	23,81	24,56	462
6+300	25,5	25,5	22,85	23,15	23,77	24,66	25,45	764
6+700	25,5	25,5	23,22	23,46	24,08	24,77	25,76	703
7+300	25,5	25,5	23,53	23,81	24,39	25,35	26,04	646
8+300	25,5	25,0	23,91	24,17	24,86	25,81	26,59	562

 Elevasi muka air di atas elevasi tanggul, sehingga terjadi luapan aliran.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa pada debit berdasarkan hujan rancangan 10, 25 dan 50 tahun (620,36; 866,73 dan 1050,8 m³/detik) hampir disemua titik elevasi muka air telah melewati elevasi tanggul atau kapasitas tanggul tidak mampu mengalirkan debit banjir.

Evaluasi elevasi muka air juga dapat dilakukan dengan mengamati elevasi tanggul pada potongan memanjang sungai dengan elevasi muka air seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Pada gambar ini terlihat hasil simulasi dengan debit berdasarkan hujan rancangan 10 tahunan telah melewati tanggul. Kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu menunjukkan bahwa tanggul yang ada tidak dapat menahan luapan air sebesar 620,36 m³/dt (Q_{10th}) pada kondisi penggunaan lahan sesuai data biofisik DAS tahun 2003.

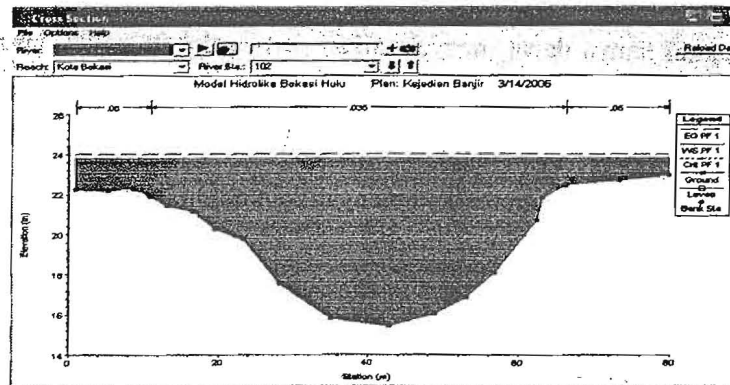
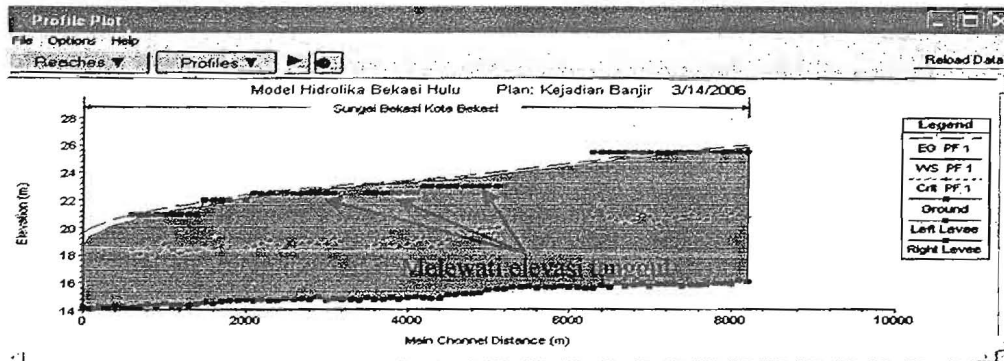
Kondisi ini mengindikasikan bahwa untuk mencegah meluapnya air di atas tanggul yaitu dengan menaikkan elevasi tanggul hanya dapat menyelesaikan permasalahan sesaat dan kemudian harus dievaluasi kembali sejalan dengan perubahan biofisik DAS. Menaikan elevasi tanggul tidak akan menyelesaikan akar permasalahan, apabila DAS bagian hulu tidak diperhatikan, maka pada akhirnya penampang sungai tidak akan mampu mengalirkan aliran limpasan tersebut.



106° 45' BT

107° 05' BT

Gambar 3. Sungai Bekasi Hulu dan Lokasi Genangan pada Debit 650 m³/dt.



Gambar 4. Elevasi Muka Air terhadap Elevasi Tanggul.

4.3 Kecepatan Aliran Sungai Bekasi Hulu

Permasalahan tidak hanya pada besarnya debit aliran yang mengalir pada Sungai Bekasi Hulu, akan tetapi juga pada kecepatan dan gaya tarik aliran yang menyebabkan terjadinya kelongsoran pada tebing. Melalui simulasi hidrolika dapat diketahui pertambahan kecepatan aliran pada debit rancangan seperti yang terlihat pada Tabel 4. Kecepatan aliran akan makin bertambah sebagai fungsi dari kenaikan debit. Dari Tabel 4 dapat dilihat pada perioda ulang 25 dan 50 tahunan kecepatan aliran telah melewati kecepatan izin maksimum, sehingga perlu diperhatikan agar tidak terjadi gerusan yang mengakibatkan kelongsoran tepi sungai.

Analisis menunjukkan bahwa untuk penanggulangan banjir tidak cukup dengan pembuatan tanggul untuk menaikkan kapasitas alir akan tetapi juga harus memperhatikan kecepatan aliran dan gaya tarik yang terjadi. Apabila ini tidak diperhatikan maka akan mudah terjadi kelongsoran tebing sungai.

Tabel 4. Kecepatan Aliran terhadap Kecepatan Izin Maksimum

Pot. Penam -pang	Kecepatan aliran rerata (m/dt) pada debit (m ³ /dt) berdasarkan hujan rancangan pada potongan				
	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
	421,45 m ³ /dt	481,77 m ³ /dt	620,36 m ³ /dt	866,73 m ³ /dt	1050,8 m ³ /dt
0+600	2,18	2,30	2,56	2,92	3,05
1+700	1,90	1,98	2,20	2,47	2,76
3+100	1,53	1,57	1,66	1,65	1,94
3+600	1,31	1,36	1,51	1,54	1,88
4+200	1,23	1,25	1,31	1,30	1,52
5+100	1,59	1,63	1,74	1,80	2,13
6+300	1,65	1,67	1,72	1,90	2,09
6+700	1,42	1,45	1,56	1,76	1,89
7+300	1,57	1,62	1,75	1,99	2,19
8+300	1,56	1,60	1,74	1,76	2,15

Kecepatan lebih besar dari kecepatan izin maksimum, mudah terjadi kelongsoran tepi sungai.

4.4 Rencana Peningkatan Kapasitas Alir Sungai

Kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu ditingkatkan dengan membangun tanggul di sisi kiri dan kanan sungai, tanggul ini dimaksudkan untuk menghindari luapan air sungai apabila limpasan telah melebihi kapasitas aliran sungai. Pada tahun 2003 telah dibangun tanggul kiri pada Sta 01 + 400 s/d 01 + 900, Sta 02 + 500 s/d 04 + 500, Sta 06 + 600 s/d 06 + 800, Sta 10 + 400 s/d 11 + 250 dan tanggul kanan pada Sta 01 + 600 s/d 05 + 700, Sta 05 + 900 s/d 09 + 000. Tanggul tersebut mampu mencegah meluapnya air pada debit maksimal 462 m³/dt (debit rancangan sepuluh tahunan).

Untuk mencegah meluapkan aliran pada debit $650 \text{ m}^3/\text{dt}$ diperlukan peninggian tanggul $1,25 \text{ m}$ hampir dipanjang sisi kiri dan kanan sungai. Penambahan tinggi tanggul secara estetika kurang baik karena di beberapa permukiman lebih tinggi dari rumah dan akan mengganggu pandangan ke arah sungai, selain itu juga resiko jika terjadi jebolnya tanggul akan semakin berat.

5. KESIMPULAN

Kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu berdasarkan hasil simulasi hidrolika sebesar $462 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada sta 5+100 dan kapasitas penampang terbesar pada sta 6+300 sebesar $764 \text{ m}^3/\text{dt}$. Besarnya kapasitas alir ini sangat tergantung pada elevasi tanggul yang ada.

Kecepatan dan gaya gesek aliran terhadap dasar dan tepi saluran meningkat sebagai fungsi dari kenaikan debit aliran, bahkan saat ini kecepatan aliran pada debit berdasarkan hujan rancangan 10,25 dan 50 tahunan sudah di atas ambang kecepatan izin maksimum. Seiring dengan penambahan debit aliran maka resiko terjadinya gerusan dan kelongsoran semakin tinggi.

Berdasarkan pengalaman tersebut pada perencanaan dimensi tanggul atau pekerjaan normalisasi sungai lain untuk meningkatkan kapasitas alir sungai perlu memperhatikan perubahan biofisik DAS keseluruhan. Selain itu juga perlu diperhatikan kenaikan kecepatan dan gaya tarik aliran akibat naiknya debit dibandingkan dengan kemampuan dinding tepi sungai terhadap gaya tarik tersebut.

6. PUSTAKA

1. Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi kedua cetakan kedua, Bogor: IPB Press.
2. Benavides J, Pietruszewski B, Kirsch B, Bedient P. 2001. *Analysis Flood Control Alternatives for the Clear Creek Watershed in a Geographic Information System Framework*. Houston: Department of Environmental Science and Engineering Rice University, Texas.
3. Fongers D. 2002. *A Hydrologic Study of the Ryerson Creek Watershed*. Michigan: Hydrologic Studies Unit, Land and Water Management Division Michigan Department of Environmental Quality.
4. Johnson C, Yung A, Nixon K, Legates D. 2001. *The use of HEC-GeoHMS and HEC-HMS to Perform Grid-Based Hydrology Analysis of a Watershed*. Texas: Dodson & Associated, inc.
5. Lencastre A dan Holmes P. 1987. *Handbook of Hydraulic Engineering*. London: Ellis Horwood Limited.
6. Pistocchi A, Mazzoli P. 2001. *Use of HEC-RAS and HEC-HMS model with ArcView for Hydrologic Risk Management*. Forli : Italy
7. Siswoko. 2010. *Banjir, Masalah banjir dan upaya mengatasinya*, Jakarta: Badan Penerbit PU.