

EVALUASI KAPASITAS WADUK SETIABUDI BARAT DALAM PENANGGULANGAN BANJIR JAKARTA SELATAN DENGAN PEMODELAN HEC-RAS 4.1.0

Farah Akbar¹⁾, Vitta Pratiwi²

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur No. 112-116, Bandung, 40132, Indonesia
E-mail: farahakbar@gmail.com¹⁾

diterima: 14 Juli 2020
dipublikasi: 26 Oktober 2020

ABSTRAK

Waduk Setiabudi Barat terletak di pusat kota Jakarta dengan luas waduk 4 ha dan luas daerah layanan ± 170 ha. Waduk Setiabudi Barat ini termasuk dalam jenis waduk banjir, yang pengoperasiannya menggunakan pompa, atau lebih dikenal dengan waduk sistem polder. Fungsi dari suatu waduk banjir adalah menampung sebagian aliran banjir dan memperkecil puncak banjir pada suatu wilayah agar tidak terjadi genangan/banjir. Selain itu juga Waduk Setiabudi Barat ini berfungsi menampung air dari perumahan dan perkantoran untuk memindahkan air ke banjir kanal. Waduk Setiabudi Barat ini telah dibangun sejak tahun 1982, tetapi setelah 23 tahun waduk ini melayani daerah yang berkembang dengan banyaknya gedung-gedung perkantoran, pusat bisnis, perdagangan, dan hotel, maka dari itu diperlukan suatu perhitungan ulang kembali volume Waduk Setiabudi Barat ini. Setiabudi Barat yang dihitung berdasarkan periode ulang tertentu. Waduk ini menggunakan 7 pompa dalam pengoperasiannya, terdiri dari 5 pompa dengan kapasitas masing-masing $1.1 \text{ m}^3/\text{det}$ dan 2 pompa dengan kapasitas masing-masing $1.7 \text{ m}^3/\text{det}$ yang baru dioperasikan pada tahun 2005 ini. Data yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini adalah data curah hujan dari BMG, data komponen waduk, data denah lokasi. Tujuan dari pemodelan ini adalah untuk mendapatkan gambaran pendekatan kondisi eksisting dan mengetahui kondisi tampungan waduk apakah melebihi kapasitas ataupun mencukupi kapasitas dengan bantuan sebuah program komputer. Dengan pemodelan ini diharapkan agar mengetahui kondisi waduk ketika terjadi banjir maka akan dilakukan pemodelan ulang untuk alternatif penanggulangannya. Program komputer yang nantinya akan digunakan untuk pendekatan model hidrodinamik adalah aplikasi HEC-RAS 4.1.0.

Kata kunci: Banjir, Waduk Setiabudi Barat, Pengendalian Banjir, Hec-Ras 4.1.0

1. Pendahuluan

Bencana banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia dan banyak negara akhir-akhir ini. Banjir adalah fenomena alam yang tak dapat dihindari pada hampir semua sungai dan sistem pengairan alam (*water body*). Bencana banjir tidak hanya merusak lingkungan dan sumber daya alam, tetapi juga menyebabkan kehilangan jiwa dan kerugian ekonomi. Banjir (bencana banjir) sebagai kejadian alam tidak dapat dihindari tapi dapat dikelola dengan maksud untuk mengurangi resiko dampak negatifnya. Salah satu upaya pengendalian banjir adalah dengan menggunakan waduk.

Prinsip kerja suatu waduk dalam pengendalian banjir adalah meredam banjir yang masuk (inflow) dari daerah tangkapan air waduk dengan debit puncak (Q_p) tinggi untuk ditampung sementara ke dalam waduk dan selanjutnya

dikeluarkan dari waduk (*outflow*) dengan debit terkendali yang lebih kecil sehingga resiko banjir di hilir waduk dapat diminimalkan, tentunya dengan pertimbangan kapasitas tampungan waduk, batas-batas elevasi kritis dan operasi pengaturan bukaan pintu pelimpah (*spillway*) waduk.

Waduk Setiabudi Barat terletak di pusat kota Jakarta dengan luas waduk 4 ha dan luas daerah layanan ± 170 ha. Waduk Setiabudi Barat terletak di daerah Setiabudi yang merupakan penampungan air hujan dari daerah sekitar waduk, yaitu meliputi daerah Kelurahan Guntur, Kelurahan Menteng Atas, Kelurahan Tebet-Manggarai dan sebagian daerah Kuningan.

Permukaan daerah Setiabudi yang rendah menyebabkan sebagian daerah tergenang air apabila musim hujan tiba. Agar penduduk daerah sekitar waduk Setiabudi Timur merasa aman dari banjir pada waktu hujan, maka dibuat waduk Setiabudi

Barat yang bertujuan untuk melindungi wilayah sekitar waduk Setiabudi Barat terhadap banjir. Waduk ini diharapkan mampu menampung limpasan air hujan sekitar wilayah waduk Setiabudi Barat.

Waduk Setiabudi Barat ini termasuk dalam jenis waduk banjir, yang pengoperasiannya menggunakan pompa, atau lebih dikenal dengan waduk sistem polder. Fungsi dari suatu waduk banjir adalah menampung sebagian aliran banjir dan memperkecil puncak banjir pada suatu wilayah agar tidak terjadi genangan/banjir. Selain itu juga Waduk Setiabudi Barat ini berfungsi menampung air dari perumahan dan perkantoran untuk memindahkan air ke banjir kanal. Waduk Setiabudi Barat ini telah dibangun sejak tahun 1982, tetapi setelah 23 tahun waduk ini melayani daerah yang berkembang dengan banyaknya gedung-gedung perkantoran, pusat bisnis, perdagangan, dan hotel, maka dari itu diperlukan suatu perhitungan efektivitas Waduk Setiabudi Barat untuk mengetahui berapa banyak kemampuan waduk untuk menampung sehingga membantu pengendalian banjir..

2. Studi Literatur

2.1 Banjir

Banjir berasal dari aliran limpasan yang mengalir melalui sungai atau menjadi genangan. Sedangkan limpasan adalah aliran air mengalir pada permukaan tanah yang ditimbulkan oleh curah hujan setelah air mengalami Infiltrasi dan evaporasi, selanjutnya mengalir menuju sungai. Sehingga limpasan merepresentasikan output dari daerah aliran sungai yang ditetapkan dengan satuan waktu. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan dibagi menjadi dua faktor utama yaitu faktor hujan dan faktor daerah aliran sungai.



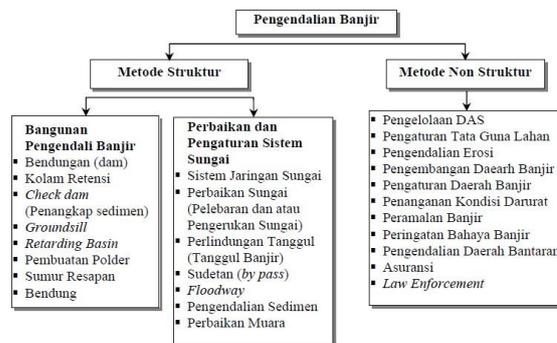
Gambar 1. Banjir Periuk, Kota Tangerang

(Sumber: <http://www.koran-sindo.com/read/963436/149/atasi-banjir-jakarta-andalkan-pompa-1423710874>)

2.2 Penanggulangan Banjir

Pada hakekatnya pengendalian banjir merupakan suatu hal yang kompleks. Dimensi rekayasanya (*engineering*) melibatkan banyak disiplin ilmu teknik antara lain: hidrologi, hidrolika, erosi DAS, teknik sungai, morfologi & sedimentasi sungai, rekayasa sistem pengendalian banjir, sistem drainase kota, bangunan air, dll. Disamping itu suksesnya program pengendalian banjir juga tergantung dari aspek lainnya yang menyangkut sosial, ekonomi, lingkungan, institusi, kelembagaan, hukum dan lainnya.

Cara penanganan pengendalian banjir dapat dilakukan secara struktur dan non struktur. Cara ini harus ditinjau dalam satu sistem pengaliran sungai. Secara lebih detail kedua metode ini ditunjukkan dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 2. Pengendalian Banjir Metode Struktur dan Non-Struktur

(Sumber: Robert J. Kodoatie & Roestam Sjarief, "Pengelolaan Banjir Terpadu")

2.3 Waduk

Suatu waduk penampung atau waduk konservasi dapat menahan air kelebihan pada masa-masa aliran air tinggi untuk digunakan selama masa-masa kekeringan. Waduk semacam ini memungkinkan pengoperasian sarana pengolahan air atau pemompaannya dengan laju yang kira-kira seragam, kemudian memberikan air dari waduk bila kebutuhannya malampai laju tersebut.

Berapapun ukuran suatu waduk atau apapun tujuan akhir dari pemanfaatan airnya, fungsi utama dari suatu waduk adalah untuk menstabilkan aliran air, baik dengan cara pengaturan persediaan air yang berubah-ubah pada suatu sungai alamiah, maupun dengan cara memenuhi kebutuhan yang berubah-ubah dari pada konsumen.

Berhubung fungsi utama dari suatu waduk adalah untuk menyediakan simpanan (tampung),

maka ciri fisiknya yang paling penting adalah kapasitas simpanan. Kapasitas waduk yang bentuknya beraturan dapat dihitung dengan rumus-rumus untuk menghitung volume benda padat. Suatu lengkung elevasi kapasitas simpanan dibuat dengan cara mengukur luas yang dikelilingi oleh tanggul waduk yang ada, dan luas pada elevasi air dalam waduk (rata-rata kedua luasan) dikalikan dengan jarak antara elevasi tanggul terhadap elevasi air dalam waduk. Pertambahan simpanan antara dua buah elevasi biasanya dihitung dengan mengalikan luas rata-rata pada kedua elevasi adalah merupakan volume simpanan dibawah ketinggian tersebut. Bila peta-peta topografi tidak ada, maka kadang-kadang dilakukan pengukuran penampang melintang waduk dan kapasitasnya dihitung dari penampang ini berdasarkan rumus prisma.

Aspek yang paling penting dalam perencanaan waduk penyimpanan adalah suatu analisis tentang hubungan antara produksi dan kapasitas. Produksi pada waduk penampung adalah jumlah air yang dapat ditampung oleh waduk dalam suatu interval waktu tertentu. Interval waktu tersebut dapat berbeda-beda (Linsley, 1994). Produksi aman atau produksi pasti waduk pengatur (*Regulation pond*) adalah jumlah air maksimum yang dapat disimpan selama suatu periode tertentu yang kritis. Dalam praktek, masa kritis tersebut sering diambil sebagai periode aliran.

2.4 Analisis Hidrologi

Dalam analisa hidrologi, salah satu aspek yang diharapkan untuk menunjang perancangan bangunan-bangunan hidrolis adalah penetapan banjir rencana pada suatu tahun periode ulang tertentu.

Dalam laporan ini, analisa hidrologi dimaksudkan sebagai dasar perencanaan teknis tata air, membatasi pokok bahasan pada :

2.4.1 Perhitungan Catchment Area.

Untuk penentuan luas Daerah Pengaliran Sungai (DPS) digunakan Peta Rupa Bumi DKI Jakarta dan sekitarnya skala 1 : 25.000 yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal, 1994, yang disempurnakan dengan hasil studi terdahulu dan hasil kunjungan lapangan.

2.4.2 Analisa Data Hujan dan Penentuan Curah Hujan Rencana.

Lingkup kegiatan yang dilaksanakan dalam penentuan curah hujan rencana antara lain

penentuan stasiun curah hujan yang berpengaruh untuk masing- masing lokasi pekerjaan, analisa distribusi frekuensi dengan berbagai metode, pengujian dan pemilihan hasil analisa distribusi frekuensi curah hujan serta penentuan intensitas curah hujan rencana.

2.4.3 Analisa Debit Banjir Rencana.

Perhitungan debit banjir rencana untuk masing- masing lokasi dilakukan dengan cara rasional yang sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI. Setelah debit banjir rencana diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis hidraulis untuk mendapatkan kapasitas saluran eksisting sehingga dapat diketahui kapasitas rencana saluran untuk digunakan dalam perencanaan.

Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga macam cara:

- Metode Arithmatik

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n}{n} \quad (\text{pers.1})$$

Di mana :

R = curah hujan rata-rata (mm)

R₁...R_n = besarnya curah hujan pada masing- masing stasiun (mm)

n = banyaknya stasiun hujan

- Metode Perhitungan Curah Hujan Rencana
Pada analisis ini digunakan beberapa metoda untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu, yaitu:

a. Metoda Distribusi Normal

Tabel 1. Harga δ Distribusi Normal

No.	Tr (tahun)	δ	Peluang
1	2	1.0000	0.999
2	5	1.1638	0.993
3	10	1.3497	0.990
4	20	1.5340	0.980
5	25	1.5853	0.940
6	50	1.7634	0.800
7	100	1.9249	0.750

b. Metoda Distribusi Log Normal 2 Parameter

Tabel 2. Variasi Koef. Cv Perhitungan Log Normal 2 Parameter

Variasi Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
	EXCEEDENCE PROBABILITY						
CV	0.500	0.200	0.100	0.050	0.040	0.020	0.010
0.05	0.0235	0.3271	1.3967	1.6561	1.7909	2.1341	2.4570
0.10	-0.0959	0.5111	1.3073	1.7347	1.8061	2.2189	2.5485
0.15	-0.0753	0.5693	1.3156	1.7593	1.8482	2.2824	2.5607
0.20	-0.0671	0.7925	1.3209	1.7511	1.8395	2.3640	2.7741
0.25	-0.1254	0.7793	1.3209	1.8183	1.9106	2.4333	2.8553
0.30	-0.2406	0.7647	1.3153	1.8414	1.9514	2.5013	2.9659
0.35	-0.1909	0.7331	1.3126	1.8601	1.9775	2.5639	3.0993
0.40	-0.1733	0.7100	1.3057	1.8746	1.9990	2.6211	3.1870
0.45	-0.1895	0.6671	1.2936	1.8846	2.0162	2.6751	3.2798
0.50	-0.2111	0.6623	1.2773	1.8909	2.0191	2.7201	3.3677
0.55	-0.2254	0.6579	1.2611	1.8931	2.0178	2.7621	3.4495
0.60	-0.2379	0.6129	1.2421	1.8913	2.0171	2.7971	3.5211
0.65	-0.2169	0.5879	1.2229	1.8890	2.0131	2.8379	3.5933
0.70	-0.2852	0.5654	1.2011	1.8788	2.0410	2.8713	3.6677
0.75	-0.2667	0.5337	1.1784	1.8677	2.0733	2.8733	3.7413
0.80	-0.2739	0.5113	1.1543	1.8543	2.0188	2.8801	3.7617
0.85	-0.2501	0.4893	1.1306	1.8381	2.0111	2.9001	3.8033
0.90	-0.2542	0.4663	1.1066	1.8211	2.0013	2.9000	3.8127
0.95	-0.2395	0.4446	1.0800	1.8021	1.9989	2.9101	3.8276
1.00	-0.2929	0.4224	1.0500	1.7813	1.9901	2.9000	3.9033

c. Metoda Distribusi Log Normal 3 Parameter

Tabel 3. Variasi Koef. Cv Perhitungan Log Normal 2 Parameter

Skew Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
	EXCEEDENCE PROBABILITY						
CV	0.500	0.200	0.100	0.050	0.040	0.020	0.010
2.0	0.7166	0.6144	-1.2417	1.8016	-2.0421	2.7943	-2.3191
-1.8	0.1290	-0.0353	-1.2621	-1.8924	-2.0370	-2.7578	-2.4433
1.6	0.2092	-0.0654	-1.2792	-1.8901	-2.0374	-2.7188	-2.3570
-1.4	0.1920	-0.0930	-1.2907	-1.8817	-2.0123	-2.6615	-2.3601
1.2	0.1771	-0.1249	-1.3029	-1.8638	-1.9814	-2.6002	-2.3571
1.0	0.1495	-0.1448	-1.3156	-1.8501	-1.9633	-2.5294	-2.3323
-0.8	0.1241	-0.1709	-1.3201	-1.8255	-1.9278	-2.4492	-2.3043
0.6	0.0979	-0.1920	-1.3194	-1.7891	-1.8846	-2.3970	-2.2991
-0.4	0.0924	-0.2171	-1.3178	-1.7478	-1.8337	-2.2631	-2.2623
0.2	0.0332	-0.2256	-1.3002	-1.6999	-1.7761	-2.1622	-2.2475
0.0	0.0630	-0.2309	-1.2800	-1.6500	-1.7100	-2.0833	-2.2330
-0.2	0.0332	-0.2394	-1.2601	-1.5992	-1.7061	-2.1602	-2.2475
0.4	0.0694	-0.2131	-1.2128	-1.7478	-1.8337	-2.2631	-2.2623
0.6	0.0950	-0.1940	-1.2194	-1.7891	-1.8333	-2.3630	-2.2665
0.8	0.1241	-0.1700	-1.2201	-1.8232	-1.8218	-2.4492	-2.2943
1.0	0.1495	-0.1448	-1.2194	-1.8701	-1.8333	-2.5291	-2.3233
1.2	0.1772	-0.1180	-1.2067	-1.8596	-1.8914	-2.6007	-2.3471
1.4	0.1920	-0.0920	-1.1942	-1.8327	-2.1125	-2.6615	-2.3601
1.6	-0.2092	-0.0654	-1.1792	-1.8901	-2.1774	-2.7188	-2.3570
1.8	-0.2290	-0.0353	-1.1621	-1.8928	-2.0370	-2.7578	-2.4433
2.0	-0.2566	-0.0147	-1.1427	-1.8916	-2.0121	-2.7943	-2.5191

- d. Metoda Distribusi Pearson Type III
- e. Metoda Distribusi Log Pearson Type III
- f. Metoda Distribusi Gumbel.

2.5 Pemodelan Dengan Program HEC-RAS Versi 4.1.0

Hydrologic Engineering Center—River Analysis System (HEC-RAS) dikembangkan oleh ahli teknik hidrologi dibawah U.S Army Corps. Perangkat lunak (software) ini merupakan generasi terbaru dan pengembangan dari program teknik hidrologi sebelumnya. HEC-RAS adalah program

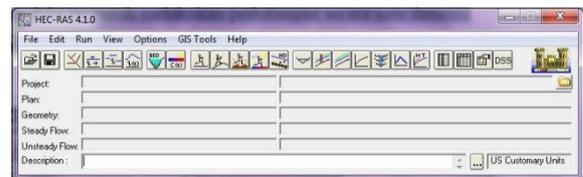
yang dirancang untuk membuat simulasi aliran satu dimensi (artinya aliran yang dirancang hanya mengalir pada satu arah yang sama). Perangkat lunak HEC-RAS memberikan kemudahan kepada pemakai dengan tampilan grafisnya. Persamaan dasar yang digunakan pada model numerik ini adalah persamaan konservasi massa dan konservasi momentum.

Untuk memudahkan sistem sungai pada HEC-RAS dibuat model/project. Suatu model sungai di dalam HEC-RAS adalah kumpulan beberapa file yang membangun model yang akan disimulasi. Secara umum data yang disiapkan untuk project meliputi data geometri, data aliran dan data Plan. Skema sungai dibangun atas nama sungai (River) dan Reach. River dapat terdiri satu atau lebih reach. Setiap reach digambarkan dengan titik-titik koordinat. Titik-titik yang telah digambarkan dapat diedit kembali (dapat dipindah atau ditambah / dikurangi).

Proyek HEC-RAS generasi terbaru ini meliputi beberapa aspek dari teknik hidrolika yaitu :

- Hidrolika sungai
- Simulasi sistem reservoir
- Analisa kerusakan akibat banjir
- Perkiraan waktu riil (real-time) sungai untuk pengoperasian reservoir

Program ini didisain untuk melakukan perhitungan secara satu dimensi pada saluran alami dan buatan yang memiliki hubungan/jaringan antara yang satu dengan lainnya.



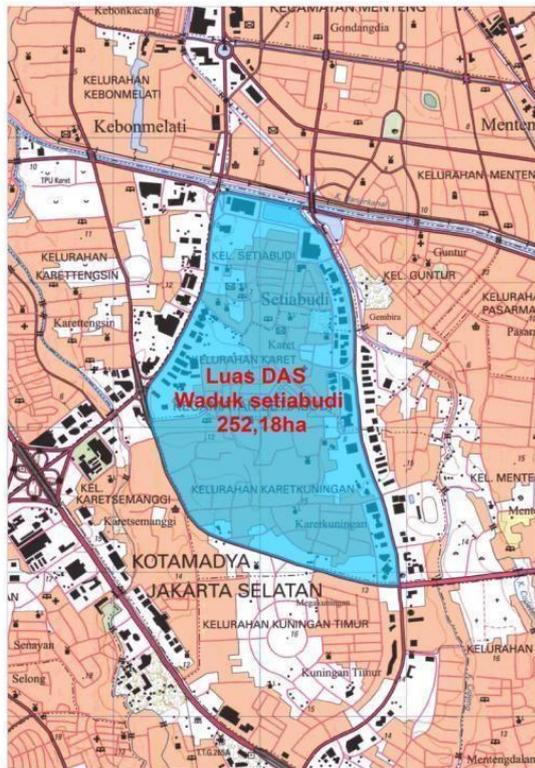
Gambar 3. Jendela Utama HEC-RAS 4.1.0

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai

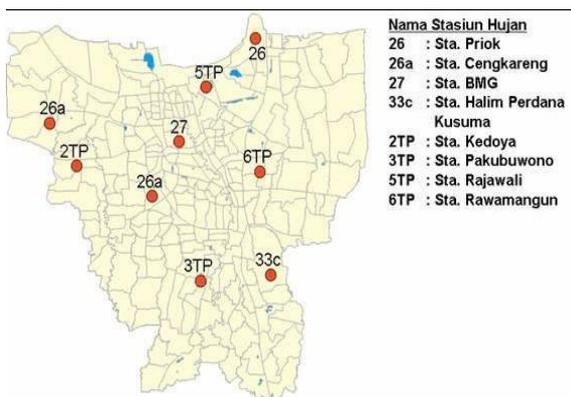
Waduk Setiabudi Barat melayani drainase dari kawasan Jalan Denpasar Raya, Jalan Prof. Dr. Satrio dan Jalan Sudirman dengan luas DAS sebesar 252,18 Ha. Hasil analisa terhadap kondisi lapangan dan peta rupa bumi yang digunakan mendapatkan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) untuk lokasi Waduk Setiabudi Barat adalah 223 Ha. Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) pada daerah Waduk

Setiabudi Barat, Jakarta Selatan dilakukan berdasar pada peta rupa bumi skala I : 25.000 yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL Tahun 2000. Perhitungan luasan DAS ini diukur dengan menggunakan alat planimeter. Luas DAS Waduk Setiabudi Barat dapat dilihat pada Gambar dibawah.



Gambar 4. DAS Waduk Setiabudi Barat

3.2 Pengamatan Stasiun Hujan



Gambar 5. Peta Lokasi Stasiun Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk menyusun rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Stasiun- stasiun pengamat hujan

yang tersebar pada suatu daerah aliran dapat dianggap sebagai titik (point). Tujuan mencari hujan rata-rata adalah mengubah hujan titik (*point rainfall*) menjadi hujan wilayah (*regional rainfall*) atau mencari suatu nilai yang dapat mewakili pada suatu daerah aliran.

Oleh karena data-data yang tersedia hanya data hujan historis maka perhitungan hidrologi berdasarkan data curah hujan tersebut yaitu pada stasiun hujan yang berpengaruh terhadap DPS yang bersangkutan. Stasiun Hujan yang dipakai sebagai dasar perhitungan hidrologi adalah Stasiun Cengkareng (No. Stasiun 26a) dan Stasiun BMG (No. Stasiun 27) data dari kedua stasiun hujan tersebut adalah 15 tahun. Data hujan yang dipergunakan adalah hujan harian maksimum tahunan dari ketiga stasiun hujan tersebut.

Metoda yang dipilih adalah metode arithmatik karena lokasi daerah studi daerah datar, stasiun- stasiun penakarnya banyak dan tersebar merata, dan masing-masing data tidak bervariasi banyak dari nilai rata-ratanya.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan :

Tabel 4. Perhitungan Curah Hujan harian Maksimum Regional Waduk Setiabudi

TAHUN	STASIUN	STASIUN	Curah Hujan Regional
	No. 26 a Cengkareng	No. 27 BMG	
1998	55.00	162.20	108.60
1999	97.90	147.10	122.50
2000	94.00	68.00	81.00
2001	84.30	82.30	83.30
2002	88.00	168.10	128.05
2003	115.00	88.70	101.85
2004	114.00	129.30	121.65
2005	158.10	160.00	159.05
2006	60.00	72.00	66.00
2007	153.00	234.70	193.85
2008	78.00	193.00	135.50
2009	81.40	122.50	101.95
2010	86.00	93.00	89.50
2011	110.00	119.00	114.50
2012	101.00	105.00	103.00
Maximum	158.10	234.70	193.85
Rerata	98.38	129.66	114.02
Minimum	55.00	68.00	66.00
Standar Deviasi	28.97	47.79	32.27

3.3 Analisis Frekuensi Hujan

Dari hasil analisa frekuensi untuk masing-masing Lokasi Pekerjaan diatas, diperoleh intensitas curah hujan untuk beberapa periode ulang yang lazim digunakan untuk perencanaan.

Resume perhitungan intensitas curah hujan untuk beberapa periode ulang ini disajikan dalam tabel berikut ini

Tabel 5. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm)					
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Log Normal 3 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
2	114.02	109.72	109.10	109.40	108.59	109.05
5	141.12	138.85	137.94	145.23	138.37	137.97
10	155.32	156.57	156.43	168.95	157.26	156.90
25	166.94	176.63	177.49	198.93	180.13	180.71
50	180.16	193.98	195.93	221.17	196.40	198.39
100	189.20	209.20	212.39	243.24	212.08	216.15

3.4 Analisis Uji Keselarasan Distribusi

Perhitungan uji kecocokan distribusi intensitas curah hujan dapat disimak dalam tabel dan berikut ini.

Tabel 6. Resume Uji Kecocokan Curah Hujan

No.	Se isih Untuk Nil ai Kritis 5 %					
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Log Normal 3 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
1	33.88	28.15	27.43	9.40	27.64	31.36
2	9.41	10.70	10.69	2.41	10.46	13.70
3	11.87	2.70	2.30	12.00	2.79	0.67
4	7.59	2.95	2.25	9.15	2.92	1.96
5	6.93	2.91	1.99	6.34	2.80	2.93
6	2.19	0.80	1.91	0.03	0.98	0.16
7	4.13	2.49	1.22	0.78	2.25	4.32
8	5.42	5.05	3.64	0.80	4.76	7.70
9	0.28	7.70	6.17	0.83	7.37	11.12
10	7.72	6.11	4.48	3.53	5.74	10.25
11	16.11	3.83	2.10	8.82	3.42	8.64
12	2.90	14.00	12.18	2.02	13.55	19.46
13	29.43	18.20	16.29	1.78	17.72	24.26
14	12.63	18.64	16.66	6.34	18.14	25.29
15	9.36	31.91	29.86	0.43	31.38	39.11
Selisih Maks Uji Kecocokan	33.88	31.91	29.86	12.00	31.38	39.11
Korelasi	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Ditolak

Pengujian kecocokan sebaran adalah untuk menguji apakah sebaran yang di pilih dalam pembuatan duration curve cocok dengan sebaran empirisnya.

Pada analisis ini dilakukan uji kecocokan sebaran data menggunakan metode standar deviasi. Dari beberapa metode yang dilakukan kemudian dipilih sebaran yang cocok atau memenuhi standar deviasi. Dari hasil perhitungan resume uji kecocokan curah hujan regional di atas, maka dipilih metoda distribusi gumbel. Karena jumlah perhitungan gumbel lebih kecil dengan selisih untuk nilai kritis 5%, dan gumbel memiliki nilai selisih lebih kecil dengan metoda distribusi lainnya.

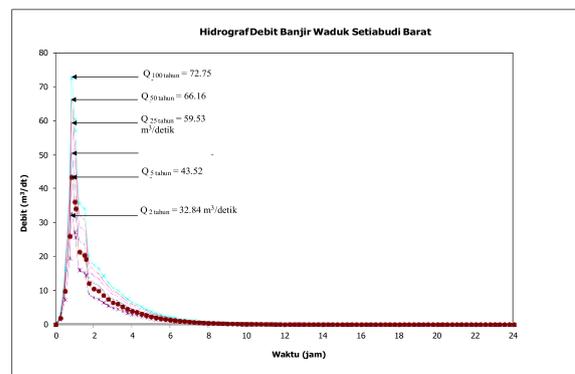
3.6 Perhitungan Debit Banjir

Berikut adalah perhitungan unit hidrograf waduk setiabudi barat yang mana penentuan parameter dan penguraian persamaan perhitungannya sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

Tabel 7. Perhitungan Unit Hidrograf

No	Parameter Unit Higograf
1	Panjang sungai/saluran (L)

L	=	2.230	km
2	Luas DAS		
F_{DAS}	=	2.522	km ²
3	Koef. Pengaliran DAS		
CW_{DAS}	=	0.800	
4	Time tag (Tg)		
Tg	=	0.529	jam
Syarat :			
	L < 15 km; Tg = 0,4 + 0,058L		
	L > 15 km; Tg = 0,21L ^{0.7}		
5	Satuan waktu hujan (tr)		
tr	=	0.397	jam
Syarat :			
	tr = 0,5 tg s.d 1,0 tg		
6	Peak time (Tp)		
$Tp = tg + 0,8.tr$	=	0.85	jam
7	Parameter hidrograf		
Parameter alfa (a)	=	2	
$T_{0,3}$	=	1.059	
$0,5T_{0,3}$	=	0.53	jam
$1,5T_{0,3}$	=	1.59	jam
$2,0T_{0,3}$	=	2.12	jam
8	Curah hujan spesifik (R ₀)		
R ₀	=	1	mm
9	Debit puncak		
Qp	=	0.43	m ³ /dt/mm
10	Base flow		
Qb	=	0.21	m ³ /dt/mm



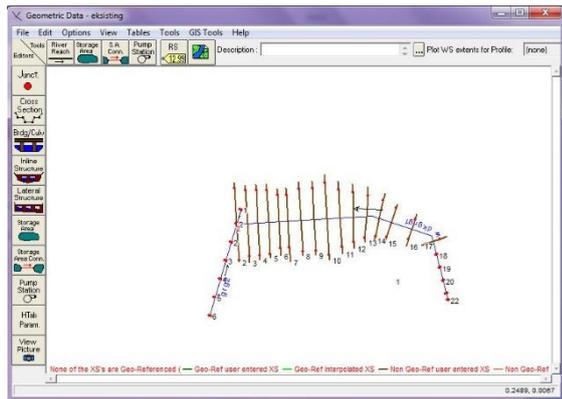
Gambar 6. Grafik Hidrograf Debit Banjir

Gambar diatas adalah Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang diambil dari masing-masing Periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

3.6 Pemodelan Hidrolika HEC-RAS 4.1.0

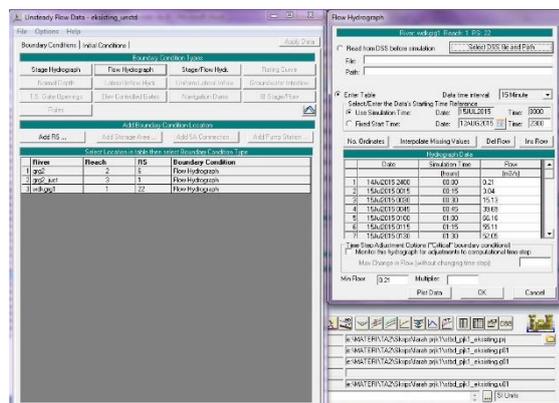
Data geometri waduk setiabudi dimasukkan dengan luas waduk sebesar 4 Ha. Dari data cross hasil pengukuran lapangan selanjutnya di hitung

elevasi tiap titik cross dan jarak kumulatif dari setiap titik hasil pengukuran. Dengan memasukkan data inflow dari dua gorong-gorong dengan data penampang melintang yang disesuaikan dengan kondisi eksisting. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan direncanakan dengan kondisi perencanaan tertentu. Hasil perencanaan inilah yang menjadi input data potongan melintang.



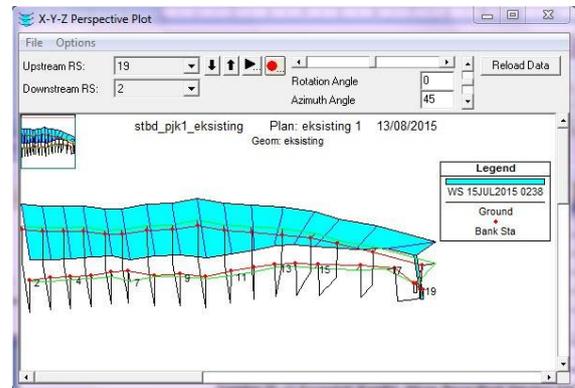
Gambar 7. Skematik Data Geometri

Besarnya debit yang harus dilayani oleh Waduk Setiabudi Barat yang direncanakan akan berlaku sebagai boundary condition dalam pemodelan matematik ini. Besaran debit yang digunakan sebagai input merupakan debit banjir dengan periode ulang 50 tahun untuk inflow dari kedua gorong-gorong menggunakan periode ulang 2 tahun yang didistribusikan dalam bentuk hidrograf debit. Analisa dilakukan dengan unsteady flow analysis. Berikut ini disajikan contoh inputing data boundary condition:



Gambar 8. Inputing Data Boundary Condition

3.7 Hasil Analisis Hidrolika Waduk Setiabudi Barat

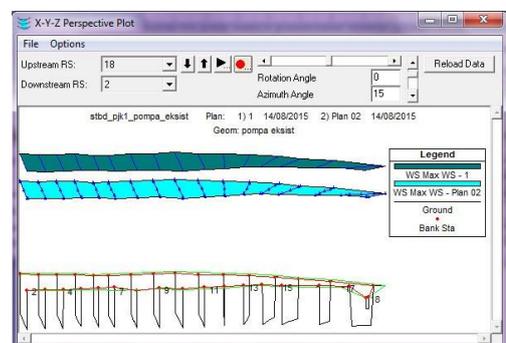


Gambar 9. Perspektif Kondisi Aliran Barat Hasil Simulasi Eksisting

Dari gambar profil aliran/muka air hasil simulasi tersebut terlihat bahwa pada kondisi muka air maksimum (akibat debit rencana dengan periode ulang 50 th dan inflow gorong-gorong dengan periode ulang 2 tahun), kapasitas saluran tidak cukup memadai untuk mengalirkan beban limpasan tersebut. Terlihat bahwa simulasi diatas menunjukkan di beberapa titik penampang waduk mengalami kebanjiran.

3.8 Alternatif Penanggulangan Banjir Dengan HEC-RAS

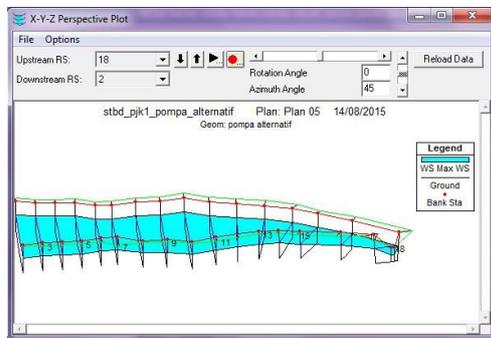
- Penanggulangan Dengan Pompa
Berikut adalah hasil pemodelan hec-ras dengan membandingkan hasil pemodelan hec-ras Waduk Setiabudi kondisi eksisting dengan hasil pemodelan hec-ras waduk Setiabudi menggunakan pompa kondisi eksisting. Kondisi di hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa kondisi eksisting dengan pompa masih menimbulkan banjir.



Gambar 10. Hasil Simulasi Perbandingan Eksisting Pompa dan Tanpa Pompa

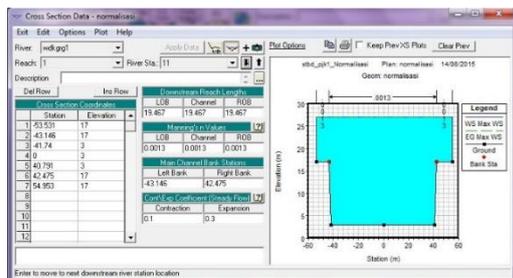
Untuk itu perlu adanya penambahan fasilitas pompa untuk menambah kapasitas dalam mengeluarkan air yang ada diwaduk. Penambahan kapasitas pompa yang diberikan yaitu 5 pompa dengan kapasitas 5 m³/s, jadi total pompa yang digunakan adalah 7 pompa, dengan dua kapasitas yang berbeda. Setelah itu dilakukan running kembali pada software dengan pemodelan pompa yang sudah ditambahkan.

Dari hasil penambahan pompa diketahui bahwa waduk tidak mengalami banjir, dengan begitu efektifitas waduk sudah terpenuhi dengan adanya penambahan fasilitas pompa. Ditunjukkan dengan gambar berikut ini.



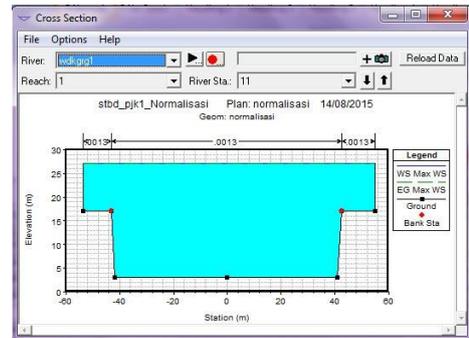
Gambar 11. Perspektif Kondisi Aliran Hasil Simulasi Pompa Baru

- Penanggulangan Dengan Normalisasi Waduk Dari persentase banjir yang telah diketahui. Maka hasil tersebut menjadi gambaran penanggulangan yang dilakukan seperti halnya normalisasi berikut ini. Untuk mengetahui kondisi dimana hasil normalisasi berfungsi sebagai alternatif penanggulangan selain pompa, maka dilakukan suatu pemodelan dengan menggunakan software hec-ras kembali. Pemodelan dilakukan dengan cara mengurangi elevasi dasar waduk yang sebelumnya.

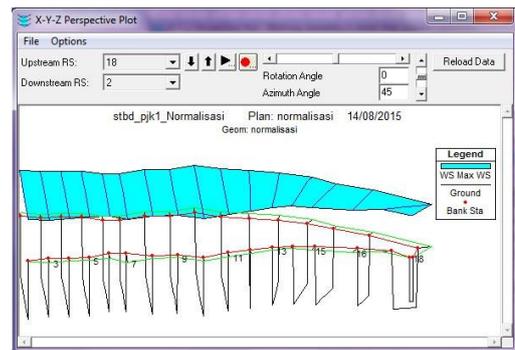


Gambar 12. Cross Section Kondisi Normalisasi

Gambar diatas menunjukkan bahwa cross section untuk kondisi normalisasi waduk Setiabudi Barat menambah kedalaman 7 m menjadi 14 m dari kondisi eksistingnya yang berkedalaman 7 m. Dari hasil pemodelan yang dilakukan maka dapat diketahui hasilnya sebagai berikut.



Gambar 13. Hasil Cross Section Kondisi Normalisasi



Gambar 14. Perspektif Hasil Simulasi Kondisi Normalisasi

Hasil pemodelan diatas diperoleh dengan melakukan uji coba pada software beberapa kali, untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Diketahui bahwa hasil software menunjukkan bahwa fungsi daripada normalisasi sudah tidak terpenuhi, dengan mengurangi dasar waduk sedalam 7 m, sehingga waduk memiliki kedalaman 14 m, maka hasil pada simulasi di atas waduk masih mengalami limpasan atau banjir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif penanggulangan dengan normalisasi tidak bisa di pakai di Waduk Setiabudi Barat.

3.9 Perhitungan Volume Normalisasi Waduk Setiabudi Barat

Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan software autocad untuk mengetahui kondisi penampang melintang dan memanjang di

lokasi waduk.

Dari penampang yang ada diketahui bahwa waduk tidak dapat menampung kapasitas air yang masuk, untuk itu dilakukan normalisasi guna memperdalam elevasi dasar sungai sehingga volume yang ada menjadi lebih besar. Pengerukan tersebut berdasarkan pada kondisi eksisting yang diketahui hanya dapat melayani 51% debit volume banjir. Sedangkan untuk debit volume yang diperoleh dari perhitungan debit nakayasu yaitu 326885.089 m³, Untuk itu pengerukan dilakukan sedalam tanggul waduk yang ada yaitu 7 meter, sehingga kedalaman waduk menjadi 14 meter. Perhitungan normalisasi dapat dilihat pada tabel berikut ini dan gambar potongan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 8. Tabel perhitungan Volume Waduk Setelah di Normalisasi 7 meter

Nama Cross	Panjang	Luas Penampang	Volume
c1	31.547	1484.962	0
c2	19.467	1475.763	46700.99579
c3	19.467	1341.1	27417.93601
c4	19.467	1318.032	25882.66132
c5	19.467	1286.583	25352.0201
c6	19.467	1066.081	22899.65504
c7	19.467	1060.17	20695.86411
c8	19.467	1255.497	22539.54474
c9	19.467	1271.59	24597.40131
c10	13.116	1446.512	26456.64582
c11	15.721	1155.434	17063.56187
c12	15.721	995.018	16903.62795
c13	15.721	842.962	14447.44179
c14	15.721	705.735	12173.53277
c15	15.721	593.255	10210.7109
c16	15.721	381.092	7658.854594
c17	15.721	252.17	4977.755951
Jumlah			325978.21

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume waduk adalah rumus empiris, sebagai contoh perhitungan dapat diketahui berikut ini:

$$\text{Volume} = \frac{L_{\text{penampang 1}} + L_{\text{penampang 2}}}{2} \times \text{Jarak Penampang} \quad (\text{pers.1})$$

$$\text{Volume 1} = \frac{1484.962 + 1475.763}{2} \times 31.547 = 31.547 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan volume setiap penampang maka dapat diketahui jumlah total volume waduk yaitu 325978,210m³ < 326885.089 m³ jadi waduk masih belum bisa efektif dalam pelayanannya. oleh sebab itu normalisasi diasumsikan kembali menjadi 8 meter. Sehingga kedalaman menjadi 15 meter. Hasil perhitungan dengan menggunakan excel dapat dilihat pada tabel

berikut ini.

Tabel 6. Tabel perhitungan Volume Waduk Setelah di Normalisasi 8 meter

Nama Cross	Panjang	Luas Penampang	Volume
c1	31.547	1588.248	0
c2	19.467	1578.174	49945.56
c3	19.467	1433.89	29317.92
c4	19.467	1409.174	27672.96
c5	19.467	1375.961	27109.11
c6	19.467	1139.228	24481.59
c7	19.467	1132.895	22115.71
c8	19.467	1342.277	24092.09
c9	19.467	1358.439	26287.42
c10	13.116	1545.012	28260.74
c11	15.721	1234.654	18229.05
c12	15.721	1062.79	18059.06
c13	15.721	899.877	15427.54
c14	15.721	752.943	12991.99
c15	15.721	632.255	10888.35
c16	15.721	404.876	8152.368
c17	15.721	266.553	5277.768
Jumlah			348309.2

Contoh Perhitungan Volume 1 :

$$\text{Volume 1} = \frac{1588.248 + 1578.174}{2} \times 31.547 = 49945.56 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan volume setiap penampang maka dapat diketahui jumlah total volume waduk yaitu 348309.233m³ Hasil tersebut lalu dibandingkan dan dicari selisih dengan volume dari debit hidrograf. 326885.089 m³ < 348309.233 m³, maka normalisasi yang harus dilakukan yaitu sedalam 8 meter, akan tetapi tanggul yang cukup tinggi, menghawatirkan untuk terjadinya longsor pada tanggul waduk. Sehingga alternatif yang dapat digunakan secara efektif yaitu penggunaan pompa pada waduk yang langsung dibuang ke Banjir Kanal Barat.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan untuk analisis penanggulangan banjir untuk waduk setiabudi barat sebagai berikut:

- Dalam perhitungan probalitas hujan maksimum yang digunakan pada analisis Waduk Setiabudi Barat sebagai upaya pengendali banjir di Kota Jakarta Selatan adalah probalitas hujan metode Distribusi Normal, Log Normal 1 Parameter, Log Normal 3 Parameter, Log Person III,

Pearson Type III dan Gumbel. Proporsi campuran beton yang menggunakan brangkal beton tidak dapat dirancang dengan bantuan standar-standar yang lazim digunakan, sebab agregat daur ulang tidak termasuk kategori agregat normal alam maupun agregat ringan buatan.

- b. Sebagai debit perbandingan untuk mengetahui fungsi saluran sebagai pengendali banjir penulis gunakan acuan debit banjir rencana periode ulang tahunan.
- c. Periode ulang rencana untuk perencanaan Waduk Setiabudi Barat, direncanakan terhadap banjir dengan periode ulang rencana 50 tahun. Curah hujan rencana yang digunakan untuk perencanaan sistem Waduk Setiabudi Barat adalah:
 - R50 tahun = 221,17 mm/ hari
- d. Luas DAS, Panjang Pengaliran dan Debit Banjir Rencana:.

	Luas Area Km ²	Panjang pengaliran Km	Q ₂ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s
Waduk	2,57	2,23	27,37	55,11
Gorong-gorong 1	1,302	2,393	14,24	28,67
Gorong-gorong 2	1,22	1,54	12,32	24,80

- e. Alternatif penanggulangan banjir untuk Waduk Setiabudi Barat adalah sebagai berikut :

GEDUNG POMPA BARU	DEBIT RENCANA 50 TH	RENCANA Q POMPA
2 x 1,7 m ³ /dtk	81,67 m ³ /dtk	(2 x 1,7) + (5 X 5) = 28,4 m ³ /dtk
Total = 3.4 m ³ /dtk		

Sehingga dengan penambahan pompa untuk alternatif penanggulangan debit yang bisa di tarik oleh pompa bisa lebih banyak dibandingkan dengan kondisi pompa yang sudah ada.

- f. Alternatif penanggulangan selain menggunakan pompa pada studi ini, dilakukan penanggulangan dengan melakukan normalisasi waduk. Yang sudah

di modelkan dan di simulasikan bahwa dengan melakukan normalisasi sedalam 7 meter dari kondisi eksisting waduk tidak mampu menampung debit, sehingga masih terjadi banjir.

- g. Model Hec-Ras tidak memperhitungkan limpasan sehingga apabila terjadi limpasan dalam model dengan muka air yang berada di atas tanggul realisasinya air tersebut akan melimpas keatas tanggul waduk. Sehingga muka air pada tanggul waduk tidak dapat digunakan sebagai acuan ketinggian muka air.
- h. Dengan menghitung secara manual untuk alternatif penanggulangan banjir dengan melakukan normalisasi perbandingan antara volume debit hidrograf dengan volume waduk yang sudah di normalisasi, di temukan dengan menormalisasikan 8 meter, waduk mampu menampung debit banjir dan tidak terjadi limpasan. Akan tetapi penanggulangan dengan normalisasi ini tidak efektif karena kedalaman waduk yang di keruk sedalam 8 meter mengakibatkan tanggul akan terjadi longsor atau amblas karena tidak adanya perkuatan dari tanah asli.
- i. Dengan demikian pada studi ini di simpulkan alternatif penanggulangan banjir yang efektif tersebut menggunakan pompa, karena tidak menimbulkan resiko yang begitu banyak.

4.2 Saran

Saran untuk penanggulangan banjir pada Waduk Setiabudi Barat adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan analisis hidrologi.
- b. Pelaksanaan penanggulangan banjir harus memperhatikan banyak kepentingan. Daerahdaerah yang bila banjir merugikan masyarakat harus didahulukan pelaksanaannya.
- c. Pompa Waduk Setiabudi Barat ditambahkan pompa dengan kapasitas 5 m³/dtk sebanyak 5 unit.
- d. Pemasangan saringan sampah pada Inlet Waduk Setiabudi Barat dengan Saringan Sampah Mekanis.
- e. Perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam mengenai hubungan antara penelusuran banjir dengan pendekatan hidrologi dan hidraulik dengan meneliti

rumus dan parameter lainnya serta dengan menambah sampel peneliti

Daftar Pustaka

- [1] Sri Harto, Br., Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian, Nafiri, Yogyakarta, 2000
- [2] Sri Harto, Br. 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta. HEC, HEC RAS Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, Davis, California, 2002.
- [3] Irwandi Dedy, Sujatmoko Bambang, Trimaijon. Jurnal Studi Penanggulangan Banjir Pada Sungai Retih Kecamatan Kemuning Indragiri Hilir : Universitas Riau, 2010.
- [4] Sosrodarsosno. S, Takeda. K, 1990, Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Gramedia Pustaka, Jakarta. Istiarto.. Modul Pelatihan : Simulasi Aliran 1- Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS, 2011.
- [5] Kodoatie, R.J. dan Roestam Sjarief. 2005. Pengelolaan Banjir Terpadu. Yogyakarta: Andi. Soemarto, CD. 1999. Hidrologi Teknik. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [6] Loebis, Joesron. 1987. Banjir Rencana untuk Bangunan Air. Departemen Pekerjaan Umum. SK SNI M-18-1989-F Metode Perhitungan Debit Banjir