

ANALISIS POLA ALIRAN PERMUKAAN SUNGAI DENGKENG MENGUNAKAN HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER – RIVER ANALYSIS SYSTEM (HEC-RAS)

Amiroh Lina Fauziyyah¹⁾, Suyanto²⁾, Adi Yusuf Muttaqien,³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: amirohlinaf@gmail.com

Abstract

River is one of water resources made by nature that have a multifunctional benefit for humans. However, it can cause a dangerous disaster like flood if it doesn't well handled and maintained. The aim of this research is to prevent flood by analyze surface flow pattern and back water. Knowing the surface flow pattern will be useful to build and maintain the river and its structures. This research is going to analyze Dengkeng River, a river that often threatened by flood. Dengkeng River is Bengawan Solo River's tributary located at Klaten. Surface flow pattern of this river will be analyzed using Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) and standard method calculation. Rate of flow that used on this analysis is the maximum rate of flow that happened in Dengkeng River and Bengawan Solo River on 2002-2013 period of time. Results of analysis showed that the downstream depth is bigger than upstream. This is caused by the wider size of the bottom river on the downstream. Dengkeng River surface flow pattern is classified as a mild (M) profile because the critical slope is bigger than basis slope. It also classified as a mild profile because the normal depth of the river is bigger than the critical depth in every month. The maximum depth happened in December with 5,00 m of normal depth and 2,464 m of critical depth. Mild profile happens because Dengkeng River's downstream is located under water of Bengawan Solo River's which had a bigger depth. Results of back water analysis concluded that the biggest back water is happen on Januari with 18096 meter long. According to program analysis by HEC-RAS, the occured back water is higher than the embankment. With this result, the embankments of Dengkeng River should be repaired and reconstructed so the after effect flood caused by back water could be avoided.

Keywords: *Back water, Flood, HEC-RAS, Surface pattern flow*

Abstrak

Sungai merupakan sumber air yang terbuat dari alam dan mempunyai fungsi serba guna bagi kehidupan manusia. Namun, apabila tidak ada penanganan dan pemeliharaan secara khusus, sungai dapat menimbulkan bahaya yang merugikan manusia seperti banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah salah satu upaya untuk mencegah terjadinya hal tersebut dengan cara mengetahui pola aliran permukaan sungai dan back water. Pola aliran yang diketahui dapat digunakan untuk melakukan perbaikan dan pengaturan sungai serta pertimbangan untuk pembangunan bangunan air. Penelitian ini akan dilakukan pada salah satu sungai yang selalu terancam bahaya banjir yaitu Sungai Dengkeng. Sungai Dengkeng adalah anak Sungai Bengawan Solo yang terletak di Kabupaten Klaten. Analisis pola aliran permukaan sungai akan dilakukan menggunakan program Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) dan metode tahapan standar. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah debit maksimum yang terjadi pada Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo selama tahun 2002-2013. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai kedalaman air pada bagian hilir lebih besar daripada kedalaman air pada bagian hulu. Hal tersebut disebabkan karena aliran berakhir pada sungai yang lebih lebar. Sungai Dengkeng termasuk pada penggolongan pola aliran permukaan landai / profil M (Mild) karena kemiringan dasar sungai lebih besar dibandingkan kemiringan kritis dan nilai yn lebih besar daripada yc pada setiap bulan. Nilai yn maksimum terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 5,00 m dengan nilai yc lebih kecil yaitu sebesar 2,464 m. Pola aliran ini terjadi karena ujung hilir dari Sungai Dengkeng yang landai terendam dalam Sungai Bengawan Solo yang kedalaman airnya lebih besar. Hasil perhitungan back water menunjukkan bahwa back water paling besar terjadi pada Bulan Januari sepanjang 18906 m. Berdasarkan hasil analisis program HEC-RAS, dapat dilihat bahwa back water yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan tanggul. Oleh karena itu, harus diadakan perbaikan tanggul yang ada pada sepanjang Sungai Dengkeng sehingga adanya banjir yang terjadi akibat back water dapat dihindari.

Kata kunci: *Back water, Banjir, HEC-RAS, Pola aliran permukaan*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan sumber air yang terbuat dari alam dan mempunyai fungsi serba guna bagi kehidupan manusia. Namun, apabila tidak ada penanganan dan pemeliharaan secara khusus, sungai dapat menimbulkan bahaya yang merugikan manusia seperti banjir. Salah satu upaya pencegahan bahaya yang dapat dilakukan adalah dengan adanya pengetahuan tentang pola aliran permukaan sungai. Pengetahuan tentang pola ini diperlukan untuk mengetahui adanya kenaikan muka air sungai. Pola aliran yang diketahui dapat digunakan untuk melakukan perbaikan dan pengaturan sungai serta pertimbangan untuk pembangunan bangunan air. Metode yang dapat digunakan untuk perhitungan pola aliran meliputi metode integrasi grafis, metode langkah langsung, dan metode tahapan. Selain metode yang disebutkan diatas, analisis pola aliran juga dapat dilakukan menggunakan program aplikasi/*software*. Salah satu *software* yang berhubungan dengan hidrolika adalah *Hydrologic Engineering Center – River*

Analysis System (HEC-RAS). Analisis pola aliran permukaan akan dilakukan pada Sungai Dengkeng. Sungai ini merupakan anak Sungai Bengawan Solo yang terletak di Kabupaten Klaten. Pada tanggal 22 Februari 2014, intensitas hujan yang tinggi di daerah Klaten menyebabkan tanggul Sungai Dengkeng di Kecamatan Gantiwarno jebol. Hal tersebut menyebabkan puluhan rumah pada lima kecamatan di Klaten terendam air. Pada tanggal 6 April 2014, Sungai Dengkeng kembali meluap dan menyebabkan lahan pertanian di tiga kecamatan terendam. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk membantu pertimbangan pembangunan bangunan air sehingga Sungai Dengkeng tidak lagi membanjiri pemukiman dan lahan pertanian warga sekitar. Analisis pola aliran akan dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan menggunakan software HEC-RAS 4.1.0. dan metode tahapan standar sebagai pembanding.

LANDASAN TEORI

Sasaran utama dari penelitian ini ialah menentukan bentuk profil aliran. Analisis profil aliran dalam penelitian ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan *software Hydrologic Engineering Center - River Analysis System* (HEC-RAS) dan metode tahapan standar. HEC-RAS merupakan paket program dari USACE (*US Army Corps of Engineer*). Software ini memiliki empat komponen hitungan hidrolika, yaitu: profil muka air aliran permanen, simulasi aliran tak permanen, transpor sedimen, serta hitungan kualitas air. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur graphical user interface, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan. Fasilitas grafik yang disediakan oleh HEC-RAS mencakup antara lain grafik tampang lintang, tampang memanjang. Hasil dari program dapat pula ditampilkan dalam bentuk tabel. Selain menggunakan HEC-RAS, analisis juga dilakukan dengan metode tahapan standar. Metode ini dinyatakan dengan membagi saluran menjadi bagian-bagian saluran yang pendek lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung saluran yang lainnya dengan sifat-sifat hidraulik yang sudah ditetapkan.

Tahapan Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data hidraulik meliputi debit dan *cross section* Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo. Dari data yang diperoleh, diambil debit maksimum yang terjadi pada kedua sungai untuk menganalisis terjadinya *back water*. Analisis pola aliran permukaan dihitung menggunakan metode tahapan standar kemudian dihitung besarnya *back water* yang terjadi akibat pertemuan Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo. Data *cross section* digunakan untuk analisis pola aliran menggunakan HEC-RAS. Pola aliran sebelum dan sesudah terjadi *back water* dapat dibandingkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Debit yang diambil adalah debit maksimum yang terjadi antara tahun 2002-2013 pada Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo. Besarnya debit Sungai Sungai Bengawan Solo adalah 2401,5 m³/dt, sedangkan besarnya debit Sungai Dengkeng dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Debit Sungai Dengkeng

Bulan	Debit (m ³ /dt)	Bulan	Debit (m ³ /dt)
Januari	300,066	Juli	54,217
Februari	290,334	Agustus	62,879
Maret	233,870	September	229,559
April	241,144	Oktober	147,147
Mei	271,353	November	325,095
Juni	129,395	Desember	439,187

Sumber: BPSDA Bengawan Solo

Analisis hidrolika dilakukan sepanjang 6300 m pada Sungai Dengkeng. Analisis tersebut terdiri dari 63 titik dimana titik 0 merupakan titik pertemuan Sungai Dengkeng dengan Sungai Bengawan Solo yang terletak pada elevasi +86,15, sedangkan titik 62 merupakan titik pertama penelitian yang terletak pada hilir Sungai Dengkeng dengan elevasi +89,91. Perhitungan luas penampang sungai dapat dilakukan dengan mengetahui data penampang sungai berupa lebar sungai (B) dan kemiringan talud (m). Elevasi tiap dasar sungai dipakai untuk mengetahui ketinggian energi tiap penampang pada perhitungan tahapan standar dan mengetahui kemiringan dasar sungai rata-rata (So). Dari uraian diatas dapat dihitung besarnya kemiringan dasar sungai rata-rata sebagai berikut:

$$S_o = \Delta H / X = (89.91 - 86,15) / 6300 = 0,00059$$

Jenis kemiringan sungai dapat diketahui dengan membandingkan So dan kemiringan kritis. Kemiringan kritis dapat dihitung menggunakan persamaan Manning dengan memasukkan kedalaman kritis yang diperoleh.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kemiringan Sungai Kritis

Bulan	y_c (m)	S_c	Bulan	y_c (m)	S_c
Januari	1,933	0,00754	Juli	0,635	0,01051
Februari	1,892	0,00759	Agustus	0,700	0,01020
Maret	1,647	0,00789	September	1,627	0,00792
April	1,680	0,00785	Oktober	1,220	0,00861
Mei	1,812	0,00768	November	2,035	0,00743
Juni	1,122	0,00883	Desember	2,464	0,00705

Analisis Kedalaman Air dan Back Water Metode Tahapan Standar

Kedalaman air akan diperoleh dari cara coba-coba dengan memasukkan nilai debit (Q), lebar sungai (B), kemiringan talud (m), kemiringan dasar sungai (So), dan koefisien kekasaran (n). Kedalaman normal dihitung menggunakan persamaan Manning: $Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S_o^{1/2} A$. Sedangkan kedalaman kritis terjadi pada keadaan kritis dimana bilangan froude sama dengan satu, dihitung menggunakan persamaan: $1 - \frac{Q^2}{gA^3} T = 0$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kedalaman Air

Bulan	Debit (m3/dt)	y_n (m)	y_c (m)
Januari	300,066	4,031	1,933
Februari	290,334	3,956	1,892
Maret	233,870	3,495	1,647
April	241,144	3,557	1,680
Mei	271,353	3,806	1,812
Juni	129,395	2,482	1,122
Juli	54,217	1,489	0,635
Agustus	62,879	1,625	0,700
September	229,559	3,459	1,627
Oktober	147,147	2,675	1,220
Nopember	325,095	4,219	2,035
Desember	439,187	5,000	2,464

Perhitungan diawali dengan trial nilai tinggi muka air sampai diperoleh y tertentu, dimana ketinggian energi di kedua penampang adalah sama. Setelah memasukkan nilai y, diperoleh nilai A sehingga v dan kehilangan energi akibat kecepatan dapat dihitung. Tinggi tekanan total H = elevasi dasar + kedalaman air + kehilangan energi akibat kecepatan harus sama dengan besarnya tinggi tekanan total pada penampang sebelumnya + kehilangan tekanan akibat gesekan + kehilangan tekanan akibat pusaran. Kehilangan tekanan akibat gesekan merupakan hasil perkalian antara kemiringan gesekan dan jarak antar penampang, sedangkan kehilangan akibat pusaran terjadi pada daerah belokan. Analisis pola aliran dihitung pada 63 sta pada bulan Januari-Desember. Contoh hasil perhitungan pola aliran Sungai Dengkeng pada bulan Januari pada sta 0-15 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Pola Aliran Bulan Januari

sta	z	B	m	y	A	v	$v^2/2g$	H	P	R	Sf	Sfbar	dx	hf	rc	teta	C	he	H
0	86,15	33,58	2	4,031	167,8359	1,7879	0,1629	90,3435	51,6051	3,2523	0,0005970	0,0000000	0	0	0	0	40,5737	0	90,343
1	86,82	27,72	2	3,277	112,3211	2,6715	0,3638	90,4609	42,3758	2,6506	0,0017510	0,0011740	100	0,117402	0	0	39,2135	0	90,461
2	86,57	31,65	2	3,815	149,8447	2,0025	0,2044	90,5892	48,7104	3,0762	0,0008067	0,0012789	100	0,127885	0	0	40,1990	0	90,589
3	86,47	29,10	2	4,297	161,9938	1,8523	0,1749	90,9424	48,3190	3,3526	0,0006154	0,0007110	100	0,071105	70	2,0944	40,7795	0,283	90,942
4	82,65	29,89	2	8,295	385,5587	0,7783	0,0309	90,9760	66,9869	5,7557	0,000528	0,0003341	100	0,033413	0	0	44,6234	0	90,976
5	85,72	25,79	2	5,145	185,6359	1,6164	0,1332	90,9983	48,7995	3,8040	0,0003960	0,0002244	100	0,022442	0	0	41,6473	0	90,998
6	85,72	23,44	2	5,599	193,9298	1,5473	0,1220	91,4408	48,4787	4,0003	0,0003393	0,0003677	115	0,04228	70	2,3562	41,9979	0,4	91,441
7	86,53	24,95	2	4,780	164,9725	1,8189	0,1686	91,4790	46,3283	3,5609	0,0005476	0,0004434	85	0,037692	0	0	41,1914	0	91,478
8	86,04	27,45	2	5,373	205,2027	1,4623	0,1090	91,5215	51,4766	3,9863	0,0003045	0,0004260	100	0,042601	0	0	41,9734	0	91,521
9	85,82	22,55	2	6,002	207,3788	1,4469	0,1067	91,9284	49,3904	4,1988	0,0002782	0,0002913	100	0,029132	70	2,0944	42,3382	0,378	91,928
10	85,49	20,72	2	6,364	212,8468	1,4098	0,1013	91,9549	49,1791	4,3280	0,0002536	0,0002659	100	0,026589	0	0	42,5526	0	91,955
11	85,79	24,30	2	6,097	222,4879	1,3487	0,0927	91,9794	51,5651	4,3147	0,0002331	0,0002433	100	0,024333	0	0	42,5308	0	91,979
12	86,33	24,97	2	5,563	200,8101	1,4943	0,1138	92,0070	49,8493	4,0283	0,0003135	0,0002733	100	0,027329	0	0	42,0468	0	92,006
13	86,3	28,65	2	5,644	225,4167	1,3312	0,0903	92,0344	53,8913	4,1828	0,0002366	0,0002751	100	0,027508	0	0	42,3113	0	92,034
14	86,52	23,30	2	5,410	184,6024	1,6255	0,1347	92,0650	47,4956	3,8867	0,0003891	0,0003129	100	0,031288	0	0	41,7968	0	92,065
15	87,26	28,39	2	4,702	177,7264	1,6884	0,1453	92,1077	49,4198	3,5963	0,0004656	0,0004274	100	0,042737	0	0	41,2592	0	92,108

Analisis back water dihitung berdasarkan ketinggian air Sungai Bengawan Solo pada pertemuan dengan Sungai Dengkeng yaitu sebesar 10,6 m. Perhitungan back water dimulai dari hilir ke hulu Sungai Dengkeng menggunakan ketinggian muka air Sungai Bengawan Solo pada debit maksimum. Perhitungan tersebut dilakukan tahap demi tahap setiap perubahan ketinggian 0,4 m sampai kedalaman air normal pada Sungai Dengkeng.

Tabel 5. Perhitungan *Back Water* Bulan Januari

y1	delta y	y	y ³	A	P	R	$So*(1-(An^2*Rn^4/3)/(A^2*R^4/3))$	T	$1-((yc/yo)^3*(Tc/T)^2)$	delta x	y2
10,20	0,4	10,40	1124,864	565,552	80,0902	7,0614	0,00057813	46,5102	0,999778243	692	10,60
9,80	0,4	10,00	1000	535,8	78,3014	6,8428	0,000575104	44,7214	0,999730199	695	10,20
9,40	0,4	9,60	884,736	506,688	76,5125	6,6223	0,000571452	42,9325	0,999669107	700	9,80
9,00	0,4	9,20	778,688	478,216	74,7237	6,3998	0,000567013	41,1437	0,999590641	705	9,40
8,60	0,4	8,80	681,472	450,384	72,9348	6,1752	0,000561574	39,3548	0,999488754	712	9,00
8,20	0,4	8,40	592,704	423,192	71,1459	5,9482	0,000554854	37,5659	0,999354871	720	8,60
7,80	0,4	8,00	512	396,64	69,3571	5,7188	0,000546475	35,7771	0,999176634	731	8,20
7,40	0,4	7,60	438,976	370,728	67,5682	5,4867	0,000535917	33,9882	0,998935918	746	7,80
7,00	0,4	7,20	373,248	345,456	65,7794	5,2517	0,000522464	32,1994	0,998605622	765	7,40
6,60	0,4	6,80	314,432	320,824	63,9905	5,0136	0,000505104	30,4105	0,998144339	790	7,00
6,20	0,4	6,40	262,144	296,832	62,2017	4,7721	0,000482387	28,6217	0,997487285	827	6,60
5,80	0,4	6,00	216	273,48	60,4128	4,5269	0,000452184	26,8328	0,996530341	882	6,20
5,40	0,4	5,60	175,616	250,768	58,6240	4,2776	0,000411302	25,0440	0,99510105	968	5,80
5,00	0,4	5,20	140,608	228,696	56,8351	4,0239	0,000354815	23,2551	0,992903791	1119	5,40
4,60	0,4	4,80	110,592	207,264	55,0463	3,7653	0,000274894	21,4663	0,98941144	1440	5,00
4,20	0,4	4,40	85,184	186,472	53,2574	3,5013	0,00015863	19,6774	0,983640135	2480	4,60
4,03	0,17	4,12	69,69385	172,0616	51,9840	3,3099	0,000042089	18,4040	0,977141259	3934	4,20

Besarnya panjang *back water* didapat dari jumlah delta x yang terjadi yaitu sebesar 18906 m. Perhitungan *back water* juga dilakukan pada bulan Februari-Desember.

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan *Back Water*

Bulan	Debit (m ³ /dt)	Panjang Backwater (m)
Januari	300,066	18906
Februari	290,334	18318
Maret	233,870	17856
April	241,144	18205
Mei	271,353	17508
Juni	129,395	17009
Juli	54,217	17369
Agustus	62,879	17778
September	229,559	17677
Oktober	147,147	17570
Nopember	325,095	17609
Desember	439,187	17542

Software HEC-RAS 4.1.0

Data yang diperlukan untuk analisis pola aliran dengan *software* HEC-RAS adalah data debit, cross section, elevasi muka air hilir yang diperoleh dari metode tahapan standar. Berikut adalah langkah analisis pola aliran dengan *software* HEC-RAS pada bulan Januari:

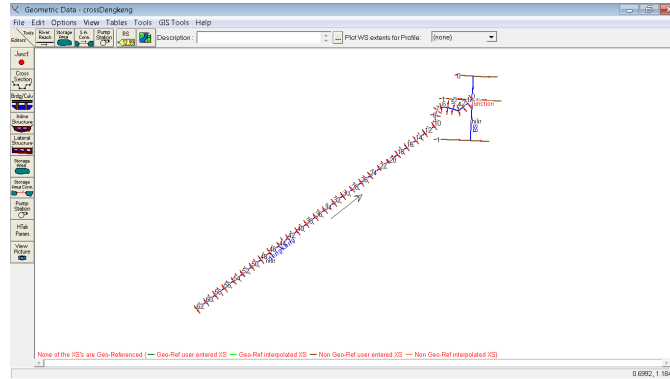
1. Pembuatan *File Project*

Langkah pertama perhitungan HEC-RAS yaitu mengeset sistem satuan yang akan digunakan yaitu *System International (Metric System)*. Setelah sistem satuan telah disesuaikan, dilanjutkan dengan pembuatan *file project* yaitu menentukan judul dan tempat penyimpanan.

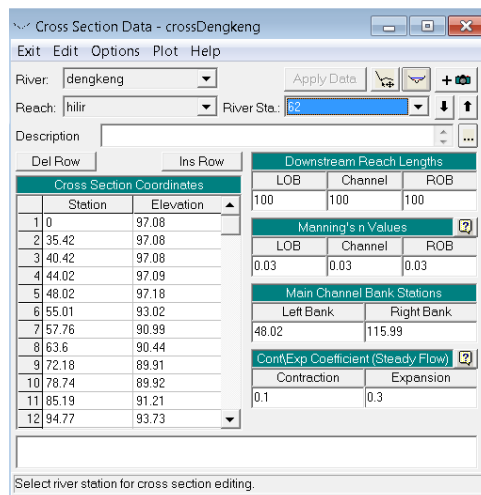
2. Memasukkan Data Geometrik

Data geometri dimasukkan dengan memilih menu *Edit* pada HEC-RAS *main window*, kemudian dipilih *Geometric Data*. Langkah selanjutnya adalah pembuatan skema sungai yang dimulai dari hulu ke hilir. Setelah pembuatan

skema sungai, langkah selanjutnya adalah memasukkan data cross section. Masukkan data potongan melintang sungai, jarak potongan melintang ke potongan melintang selanjutnya di hilir, nilai manning, bank station, nilai koefisien kontraksi dan ekspansi.



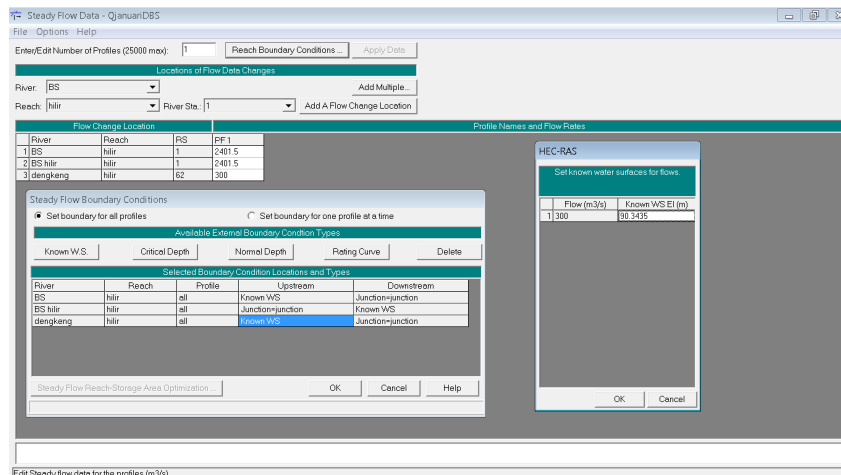
Gambar 1. Pembuatan Skema Sungai



Gambar 2. Memasukkan Data Cross Section

3. Memasukkan Data Hidrolika

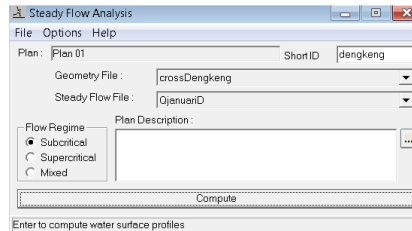
Data aliran dimasukkan dengan memilih *Edit* menu kemudian *Steady Flow Data* dari *main window*. Masukkan data debit Sungai Dengkeng dan elevasi muka air hilir Sungai Dengkeng untuk mendapatkan pola aliran Sungai Dengkeng. Masukkan data debit Sungai Bengawan Solo serta elevasi muka air pada Bengawan Solo untuk mengetahui apakah terjadi *back water* atau tidak.



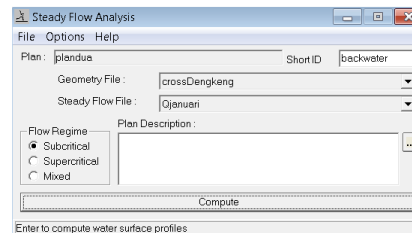
Gambar 3. Memasukkan Data Hidrolika

4. Running (analisis)

Langkah analisis aliran steady dimulai dengan memilih *Run* kemudian *Steady Flow Analysis* dari HEC-RAS *main window*. Tekan tombol *Compute* untuk melakukan *running*. Analisis dilakukan dua kali yaitu dengan membuat dua *plan* kemudian dibandingkan. *Plan* pertama digunakan untuk mengetahui pola aliran Sungai Dengkeng, sedangkan *plan* kedua digunakan untuk mengetahui terjadinya *back water*.



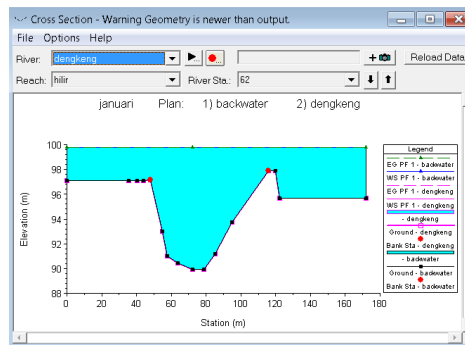
Gambar 4. *Steady Flow Analysis – Plan 01* (Pola Aliran Muka Air Dengkeng)



Gambar 5. *Steady Flow Analysis – Plan 02* (Back water)

5. Hasil Analisis / Output

Hasil analisis program terdiri dari gambar dan tabel pada *cross section* dan *long profile*. Gambar 6. menunjukkan hasil *cross section* pada sta 62 setelah terjadi *back water* dimana elevasi muka air melebihi tanggul yaitu sebesar 99.75 m. Hasil analisis *cross section* tersebut dapat dilihat lebih lengkap menggunakan tabel hasil analisis *cross section* seperti yang terlihat pada Gambar 7. Hasil analisis yang terlihat pada gambar tersebut meliputi antara lain data manning, luas area, lebar muka air, jarak dengan sta sebelumnya, debit, elevasi dasar, serta elevasi muka air.

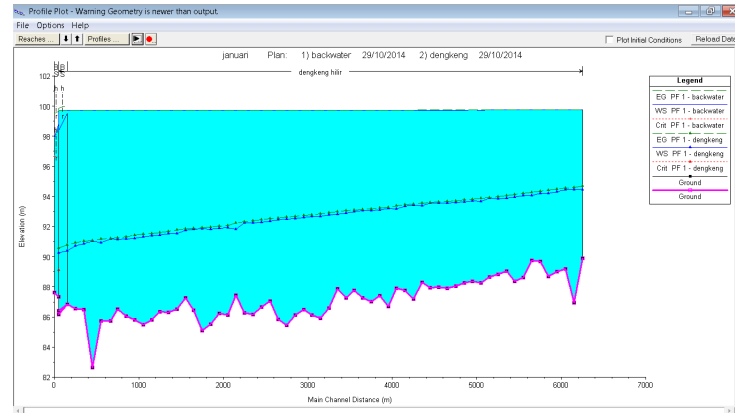


Gambar 6. Gambar *Cross Section*

Cross Section Output			
File Type Options Help			
River:	dengkeng	Profile:	PF 1
Reach:	hilir	RS:	62
Plan: backwater dengkeng hilir RS: 62		Profile: PF 1	
E.G. Elev (m)	99.75	Element	Left OB Channel Right OB
Vel Head (m)	0.01	Vel (m/s)	0.030 0.030 0.030
W.S. Elev (m)	99.75	Reach Len (m)	100.00 100.00 100.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m ²)	128.13 465.74 216.03
E.G. Slope (m/m)	0.000014	Area (m ²)	128.13 465.74 216.03
Q Total (m ³ /s)	300.00	Flow (m ³ /s)	30.00 206.56 63.44
Top Width (m)	171.88	Top Width (m)	48.02 67.97 55.89
Vel Total (m/s)	0.37	Avg Vel (m/s)	0.23 0.44 0.29
Max Ch Dpth (m)	9.84	Hydr. Depth (m)	2.67 6.85 3.87
Conv. Total (m ³ /s)	79244.0	Conv. (m ³ /s)	7925.1 54561.3 16757.6
Length Wtd. (m)	100.00	Wetted Per. (m)	50.69 70.69 60.85
Min Ch El (m)	89.91	Shear (N/m ²)	0.36 0.93 0.50
Alpha	1.16	Stream Power (N/m s)	8229.25 0.00 0.00
Frcn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m ³)	1962.51 3785.97 1834.93
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	302.73 393.00 293.08

Gambar 7. *Cross Section Output*

Gambar hasil profil memanjang dapat dilihat pada Gambar 8. dan Gambar 9. Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa elevasi muka air yang ada melebihi titik-titik tanggul sepanjang Sungai Dengkeng. Hal ini menunjukkan adanya back water yang terjadi sepanjang 6,3 km dan masih berlanjut. Hasil profil memanjang lebih detail dapat dilihat pada profile output table yang terlampir pada Gambar 9. Dari gambar tersebut dapat dilihat perbandingan elevasi muka air sebelum dan sesudah terjadi back water. Elevasi muka air pada plan Dengkeng merupakan elevasi muka air sebelum terjadi back water, sedangkan elevasi muka air pada plan backwater merupakan elevasi muka air yang terjadi setelah adanya back water. Pada sta 62, elevasi muka air sebelum back water adalah setinggi 94,47 m namun setelah terjadi back water, elevasi muka air pada sta ini berubah menjadi setinggi 99,75 m.



Gambar 8. Long Profile Plot

Profile Output Table - Standard Table 1														
HEC-RAS Profile: PF 1														
River	Reach	River Sta	Profile	Plan	O Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W/S Elev (m)	Crit W/S (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
dengkeng	hilir	62	PF 1	backwater	300.00	89.91	99.75		99.76	0.000014	0.44	809.90	171.88	0.05
dengkeng	hilir	62	PF 1	dengkeng	300.00	89.91	94.47		94.69	0.000914	2.10	142.97	45.95	0.38
dengkeng	hilir	61	PF 1	backwater	300.00	86.93	99.75		99.76	0.000018	0.53	680.28	139.17	0.06
dengkeng	hilir	61	PF 1	dengkeng	300.00	86.93	94.46		94.61	0.000465	1.74	172.69	42.61	0.28
dengkeng	hilir	60	PF 1	backwater	300.00	89.18	99.75		99.76	0.000008	0.36	971.49	155.01	0.04
dengkeng	hilir	60	PF 1	dengkeng	300.00	89.18	94.47		94.55	0.000293	1.28	244.80	74.31	0.22
dengkeng	hilir	59	PF 1	backwater	300.00	89.01	99.75		99.76	0.000011	0.41	874.90	162.14	0.05
dengkeng	hilir	59	PF 1	dengkeng	300.00	89.01	94.30		94.50	0.000733	1.95	153.92	46.20	0.34
dengkeng	hilir	58	PF 1	backwater	300.00	88.68	99.75		99.75	0.000010	0.37	936.52	168.23	0.04
dengkeng	hilir	58	PF 1	dengkeng	300.00	88.68	94.22		94.42	0.000708	2.00	162.24	82.39	0.33
dengkeng	hilir	57	PF 1	backwater	300.00	89.70	99.75		99.75	0.000008	0.35	1003.00	175.09	0.04
dengkeng	hilir	57	PF 1	dengkeng	300.00	89.70	94.20		94.34	0.000592	1.69	177.59	57.18	0.31
dengkeng	hilir	56	PF 1	backwater	300.00	89.76	99.75		99.75	0.000009	0.38	951.53	169.96	0.04
dengkeng	hilir	56	PF 1	dengkeng	300.00	89.76	94.07		94.27	0.000738	1.98	151.22	44.20	0.34
dengkeng	hilir	55	PF 1	backwater	300.00	88.62	99.74		99.75	0.000010	0.41	894.43	167.42	0.05
dengkeng	hilir	55	PF 1	dengkeng	300.00	88.62	94.05		94.19	0.000511	1.66	180.54	53.12	0.29
dengkeng	hilir	54	PF 1	backwater	300.00	88.38	99.74		99.75	0.000010	0.42	867.48	157.31	0.05
dengkeng	hilir	54	PF 1	dengkeng	300.00	88.38	93.94		94.12	0.000792	1.90	157.56	51.60	0.35
dengkeng	hilir	53	PF 1	backwater	300.00	89.04	99.74		99.75	0.000007	0.34	1044.11	168.62	0.04
dengkeng	hilir	53	PF 1	dengkeng	300.00	89.04	93.89		94.05	0.000603	1.74	173.36	66.47	0.31
dengkeng	hilir	52	PF 1	backwater	300.00	88.82	99.74		99.75	0.000008	0.36	946.47	149.66	0.04

Gambar 9. Profile Output Table

Pembahasan

Analisis pola aliran dihitung dari debit maksimum yang terjadi di Sungai Dengkeng pada tahun 2002-2013. Dari data tersebut, debit terbesar terjadi pada bulan Desember sebesar 439,187 m³/dt dan debit terkecil terjadi pada bulan Juli sebesar 54,217 m³/dt. Perhitungan air balik dilakukan menggunakan data debit maksimum yang pernah terjadi pada Sungai Bengawan Solo pada rentang waktu yang sama yaitu sebesar 2401,49 m³/dt. Sungai Dengkeng termasuk pada penggolongan aliran permukaan landai / profil M (*Mild*) karena kemiringan dasar sungai lebih kecil dibandingkan kemiringan kritis dan nilai y_n lebih besar daripada y_c pada setiap bulan. Nilai y_n maksimum terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 5,00 m dengan nilai y_c lebih kecil yaitu sebesar 2,464 m. Pola aliran ini terjadi karena ujung hilir dari Sungai Dengkeng yang landai terendam dalam Sungai Bengawan Solo yang kedalaman airnya lebih besar. *Back water* paling besar terjadi pada Bulan Januari sepanjang 18906 m. Hasil analisis *back water* tersebut mendukung hasil analisis pola aliran dengan *software* HEC-RAS, karena pada hasil *running* program, sepanjang 6300 m dari hilir Sungai Dengkeng yang diteliti memang mengalami *back water*. Berdasarkan hasil analisis program HEC-RAS, dapat dilihat bahwa *back water* yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan tanggul. Oleh karena itu, harus diadakan perbaikan tanggul yang ada pada sepanjang Sungai Dengkeng sehingga adanya banjir yang terjadi akibat *back water* dapat dihindari.

SIMPULAN

Dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sungai Dengkeng termasuk pada penggolongan aliran permukaan landai / profil M (*Mild*) karena kemiringan dasar sungai lebih kecil dibandingkan kemiringan kritis dan nilai y_n lebih besar daripada y_c pada setiap bulan. Nilai y_n maksimum terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 5,00 m dengan nilai y_c lebih kecil yaitu sebesar 2,464 m.
2. Debit maksimum pada anak sungai dan sungai utama menyebabkan terjadinya *back water*. Pada debit yang berbeda-beda, panjang *back water* yang terjadi juga berbeda-beda setiap bulan. *Back water* paling besar terjadi pada bulan Februari dengan panjang 18906 m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Suyanto, MM dan Ir. Adi Yusuf Muttaqien, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Brunner, Gary W., 2010, HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1, US Army Corps of Engineers, United States.
- Chow, Ven Te, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
<http://cawas.wordpress.com/tag/kali-dengkeng>
- Istianto, 2011, *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar: Simple Geometry River*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pangesti, Nurdiah, 2001, *Analisa Pola Aliran Pada Anak Sungai Bengawan Solo Dengan Metode Tahapan*, Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Pratama, Harry D., 2012, *Simulasi Profil Muka Air Pada Bendung Mrican Menggunakan Program HEC-RAS 4.10*, Fakultas Teknik UNY, Yogyakarta
- Sumarno, 2014, *Penyusunan Peta Rawan Banjir Sungai Serayu Hilir Menggunakan HEC-RAS Dan Sistem Informasi Geografis*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Supriyaningsih, Marubi, 2012, *Simulasi Profil Muka Air Pada Bendung Tukuman Menggunakan Metode Langkah Langsung*, Fakultas Teknik UNY, Yogyakarta
- Suyanto dkk., 2001, *Analisis Hidrolika Dan Transportasi Sedimen Pada Jaringan Anak Sungai Bengawan Solo*, UNS, Surakarta.
- Syawal, Syahru, 2010, *Simulasi Pengaruh Pembangunan Waduk Jatibarang Terhadap Banjir Di Bantaran Sungai Garang, Semarang*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- Triatmodjo, Bambang, 2003, *Hidranlika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Waskito, Tri Nugroho, 2012, *Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet Kabupaten Bekasi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Wulandari, D.A dan Kirno, 2010, *Penyelidikan Pola Aliran Embung Samiran Dengan Uji Model Hidrolik Fisik*, Jurnal TEKNIK – Vol. 31 Universitas Diponegoro, Semarang