

## PERENCANAAN *BOX CULVERT* PADA RUAS JALAN LITO-BAGELOKA KABUPATEN SUMBAWA

Tulus Ariadi<sup>1</sup>, Padusung<sup>2</sup>, Didin Najimuddin<sup>3\*</sup>  
Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia<sup>123</sup>  
Email: [didinnajimuddin@universitassamawa.ac.id](mailto:didinnajimuddin@universitassamawa.ac.id)

**Abstrak:** Penelitian ini dilakukan di ruas jalan Lito - Bageloka, yang terletak di kecamatan Moyo Hulu. Jalan ini memiliki panjang 4.2 km dengan lebar 6.00 m. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan survey langsung ke lokasi serta pengumpulan data – data sekunder dari instansi terkait. Adapun data yang di butuhkan dalam perhitungan berupa data curah hujan, data topografi, serta data lain yang berkaitan dengan perencanaan box culvert. Dari data tersebut kemudian di peroleh nilai hujan Rancangan, debit banjir rancangan, dimensi dan desain. Berdasarkan penelitian perencanaan ini dimulai dari analisa hidrologi, hidraulika serta stabilitas konstruksinya. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, bangunan box culvert direncanakan memiliki fisik seperti sebagai berikut tinggi 1.80 m dengan lebar 2.56 m dengan panjang bentang 6.00 m. Konstruksi berupa pasangan batu beton direncanakan periode ulang Q 10 tahun sebesar 200.005 m<sup>3</sup>/det.

**Kata kunci:** *Desain, Box Culvert, Jalan Lito Bageloka*

### Pendahuluan

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi, karena jumlah kedalaman hujan (*raifall depth*) akan dialih ragamkan menjadi aliran, baik melalui limpasan permukaan (*surface run off*), limpasan antara (*sub surface flow*) maupun sebagai aliran tanah (*ground water*). Aliran tersebut sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan dan intensitas hujan yang terjadi pada suatu wilayah. Perubahan tata gunalahan menjadi kawasan pemukiman maupun pusat kegiatan manusia menyebabkan air tidak meresap dengan maksimal kedalam tanah sehingga sebagian besar akan melimpas. Hal ini menyebabkan air yang mengalir di permukaan akan semakin besar pula. Karena hal tersebut saluran drainase harus dirancang sedemikian rupa sehingga air yang melimpas tersebut tidak menjadikan masalah seperti banjir.

Dalam perancangannya *Box culvert* di ruas Lito – Bageloka perlu dilakukan perhitungan yang akurat baik secara hidrologi maupun hidrolika. Karena lahan hijau yang ada di daerah ini sudah beralih fungsi, selain itu kontur dari daerah ini sendiri berada pada cekungan. Analisa hidrologi digunakan untuk memprediksi debit air yang masuk pada kala ulang tertentu, biasanya 5 tahun atau 10 tahun untuk daerah komersial (SNI 03-2406-1991, tentang tata cara perencanaan umum drainase perkotaan).

Analisa hidrolika digunakan untuk menentukan kapasitas saluran *box Culvert* dengan memperhatikan sifat-sifat hidrolika yang terjadi pada saluran drainase tersebut. Sifat-sifat tersebut meliputi jenis aliran (*steady* atau *unsteady*), angka kekasaran (*manning*) dan sifat alirannya (*kritis*, *sub-kritis* dan *super kritis*). Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menanggulangi persoalan kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan intensitas hujan yang tinggi atau akibat durasi hujan yang tinggi. Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau dibawah tanah, baik yang terbentuk secara

alami maupun dibuat oleh manusia (wikipedia,2014). Bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*),saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving water*). Disepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong,siphon, pelimpah, bangunan terjun dan stasiun pompa (Suripin, 2004). Saluran *Box Culvert* adalah saluran gorong-gorong dari beton bertulang yang berbentuk kotak yang memiliki sambungan pada setiap segmennya sehingga bersifat kedap air. Box Culvert ini umumnya digunakan untuk saluran drainase. Ukuran yang besar bisa digunakan sebagai jembatan (wikipedia, 2013).

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena), seperti besarnya : curah hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai dan lain - lain akan selalu berubah terhadap waktu. Debit rencana adalah debit yang dijadikan dasar perencanaan, yaitu besarnya debit banjir dalam periode ulang tertentu (QTh). Yang dimaksud dengan debit banjir periode ulang tertentu adalah debit banjir yang rata – rata terjadi satu kali dalam 1 tahun. Untuk mendapatkan debit banjir rencana dapat dilakukan melalui dua cara yaitu melalui pengolahan data debit dan melalui pengolahan data hujan.

Data curah hujan didapatkan dari stasiun hujan yang tersebar di daerah pengaliran sungai. Data yang tercatat merupakan data curah hujan harian, yang kemudian akan diolah menjadi data curah hujan harian maksimum tahunan. Baru setelah itu diubah menjadi debit banjir rencana periode ulang tertentu. Pengukuran tinggi muka air banjir dan kecepatan air banjirnya dilakukan per segmen dalam suatu penampang melintang sungai (*cross section*). Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui desain *Box Culvert* yang sesuai dengan topografi ruas jalan Lito-Bageloka dan besaran anggaran yang akan digunakan dalam membangun bangunan *Box Culvert*.

## Metode Penelitian

Studi ini dilakukan pada daerah ruas Lito - Bage Loka yang berada di kecamatan Moyo Hulu. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif berupa studi kasus. Survey di lapangan dilakukan antara bulan Maret-Agustus yang dilanjutkan dengan pengolahan data dan pembuatan desain *Box Culvert*. Pemilihan lokasi survei didasarkan pada kondisi Jalan yang sesuai dengan studi yang dilakukan.

Jenis data yang digunakan dalam studi kasus ini berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Contoh data kualitatif yang digunakan seperti kondisi lapangan sedangkan data kuantitatif, digunakan data-data seperti data curah hujan, luasan DAS Moyo Hulu. Untuk sumber data, digunakan data berupa data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari survey langsung di lapangan. Sedangkan data sekunder berupa catatan yang sifatnya valid dan telah ada sebelumnya, yang didapatkan melalui instansi-instansi setempat yang terkait dengan studi ini.

Pengumpulan data primer dilakukan dengan survey dan pengukuran langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan juga dilengkapi dengan hasil wawancara yang bersumber dari pihak-pihak yang dirasa dapat membantu untuk memberikan informasi. Kegiatan survei dan pengukuran ini juga dilengkapi dengan dokumentasi. Adapun untuk data sekunder, dikumpulkan

dari berbagai instansi-instansi terkait yang memiliki data yang diperlukan dalam studi ini.

Analisis data penelitian ini terdiri dari dua yaitu analisis data hidrologi, dan perencanaan desain *Box Culvert*. Data hidrologi yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis untuk mencari debit banjir yang digunakan pada perencanaan bangunan pengendali sedimen Langkah – langkah dalam analisis hidrologi tersebut yaitu (1) Perhitungan curah hujan wilayah. (2) Perhitungan curah hujan rancangan. (3) Uji sebaran menggunakan *Chi square test*. (4) Perhitungan debit banjir rancangan, dengan metode *Log Pearson Type III*. Setelah melakukan analisis data hidrologi, selanjutnya dilakukan perencanaan desain box Culvert mengingat belum adanya standar perhitungan khusus desain bangunan pengendali sedime yang telah dibukukan, maka untuk menentukan detail konstruksi, diambil referensi dari pedoman perencanaan yang dikeluarkan oleh kementerian pemukiman dan prasarana wilayah, serta dari berbagai referensi yang terkait dengan perancangan *Box Culvert*.

## Hasil dan Pembahasan

Secara umum analisa hidrologi adalah melakukan analisa hidroklimatologi dengan teknik analisa secara kuantitatif yang mengacu pada berbagai metode yang relevan dengan Standar Nasional Indonesia yang berlaku. Dengan memperhatikan berbagai karakteristik geografis yang terkait, diharapkan dapat diperoleh informasi besaran hidrologi yang diperlukan untuk perencanaan Bangunan pengedali Sedimen.

Dalam perencanaan *box culvert* analisis hidrologi merupakan faktor penting untuk menentukan banjir rancangan. Banjir rancangan dimaksudkan untuk menentukan besaran erosi dan sedimentasi yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan box culvert. Tahapan dalam analisis hidrologi adalah analisis data curah hujan dan analisis debit banjir rancangan. Banjir rancangan ditetapkan melalui analisis hidrologi dari sungai moyo dengan periode ulang tertentu sesuai dengan kriteria desain yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan data curah hujan selama Dua Belas tahun yang tercatat mulai tahun 2007 sampai dengan 2017 pada stasiun Moyo Hulu. Data Curah Hujan secara lengkap ditunjukkan tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode E.J Gumbel

No.	Xi	Xi terurut	P (%)	$X_i^2$
1	69	21	92.31	441.0
2	79	30	84.62	900.0
3	105	62	76.92	3844.0
4	62	69	69.23	4761.0
5	30	78	61.54	6084.0
6	21	79	53.85	6241.0
7	78	82	46.15	6724.0
8	93	89	38.46	7921.0
9	99	93	30.77	8649.0
10	82	99	23.08	9801.0
11	89	105	7.69	11025.0
Jumlah		910		77000
Rerata		75.83		6417
Std. Deviasi		26.954		

Dari pengolahan Data Curah hujan maka di dapatkan nilai Rata 75.83 (mm) dan Standar Deviasi 26.954 (mm). Uji Distribusi Analisa Frekuensi E.J Gumbel

Metode : Chi Square

Lokasi :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kelas : } K &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \times 1,079 \\ &= 4,475 \sim 4\end{aligned}$$

Distribusi Tiap kelas 100%  $k = 100\% / 4 = 25\%$

**Tabel 2.** Uji Distribusi Analisa Frekuensi E.J Gumbel

No	Distribusi Prob.				Interval Kelas			Ej	Oj	(Oj - Ej) <sup>2</sup> /Ej
	Pr	Tr	Yt	K						
1	0.75	1.333	-	-	0	-	53.07792	3	3	0.0000
			0.326	0.8442						
			6							
2	0.50	2.000	0.366	-	53.078	-	72.0783	3	2	0.3333
			5	0.1393						
3	0.25	4.000	1.245	0.7550	72.078	-	96.1838	3	4	0.3333
			9							
4					96.184	-	~	3	3	0.0000
Jumlah								1	1	0.6667
								2	2	

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2_{hitung} = 0,667 < X^2_{Kritis} = 21,026$  (Tabel) dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya 5 % sehingga Distribusi E.J Gumbel di terima. Uji Distribusi Frekwensi EJ Gumbel dengan metode Smirnov- Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Uji Distribusi Frekwensi EJ Gumbel

No	Xi	Sn(X)	Yt	Tr	Pr	Px(X)	D max
1	21	0.0769	-2.1535	1.000	0.9998	0.0002	0.0767
2	30	0.1538	-1.9455	1.001	0.9991	0.0009	0.1529
3	62	0.2308	-1.2058	1.037	0.9645	0.0355	0.1953
4	69	0.3077	-1.0440	1.062	0.9416	0.0584	0.2493
5	78	0.3846	-0.8360	1.111	0.9005	0.0995	0.2851
6	79	0.4615	-0.8129	1.117	0.8951	0.1049	0.3566
7	82	0.5385	-0.7436	1.139	0.8780	0.1220	0.4164
9	93	0.6923	-0.4893	1.243	0.8043	0.1957	0.4966
10	99	0.7692	-0.3506	1.319	0.7583	0.2417	0.5275
11	103	0.8462	-0.2582	1.377	0.7260	0.2740	0.5721
12	105	0.9231	-0.2119	1.409	0.7095	0.2905	0.6326

Agar distribusi frekuensi Ej Gumbel dapat diterima, maka perbandingan dapat di lihat  $\Delta$  Max = 0,6326 <  $\Delta$  Kritis yaitu = 0,375 dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikasi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya 5 % sehingga Distribusi EJ Gumbel ditolak. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person type III.

**Tabel 4.** Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person type III

No.	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log Xrt)	(Log Xi - Log Xrt) <sup>2</sup>
1	21.0	1.322	-0.518	0.268
3	62.0	1.792	-0.048	0.002
4	69.0	1.839	-0.001	0.000
5	78.0	1.892	0.052	0.003
6	79.0	1.898	0.057	0.003
7	82.0	1.914	0.074	0.005
8	89.0	1.949	0.109	0.012
9	93.0	1.968	0.128	0.016
10	99.0	1.996	0.155	0.024
11	103.0	2.013	0.173	0.030
12	105.0	2.021	0.181	0.033
<b>Jumlah</b>		22.1	0.00	0.53
<b>Rerata</b>		1.840	0.000	0.044
<b>Std. Deviasi</b>		0.219		
<b>Skewness (Cs)</b>		-1.737		

Dari perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person type III di dapatkan nilai rerata 1,840, standar deviasi 0,219 dan skewness (Cs) – 1,737. Untuk Uji Distribusi Frekwensi Log Person type III Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 5.** Uji Distribusi Frekwensi Log Person type III

No	Xi	Log Xi	G	Pr	Sn(X)	Px(X)	D max
1	21.0	1.3222	-2.3619	95.9852	7.6923	4.0148	0.0368
2	30.0	1.4771	-1.6555	94.7715	15.3846	5.2285	0.1016
3	62.0	1.7924	-0.2177	73.3902	23.0769	26.6098	0.0353
4	69.0	1.8388	-0.0059	70.2396	30.7692	29.7604	0.0101
5	78.0	1.8921	0.2369	51.2348	38.4615	48.7652	0.1030
6	79.0	1.8976	0.2622	50.4276	46.1538	49.5724	0.0342
7	82.0	1.9138	0.3360	46.6845	53.8462	53.3155	0.0053
8	89.0	1.9494	0.4982	37.7863	61.5385	62.2137	0.0068
9	93.0	1.9685	0.5853	33.0108	69.2308	66.9892	0.0224
10	99.0	1.9956	0.7091	26.2195	76.9231	73.7805	0.0314
11	103.0	2.0128	0.7876	22.3190	84.6154	77.6810	0.0693
12	105.0	2.0212	0.8257	20.6374	92.3077	79.3626	0.1295

Agar distribusi frekuensi log Person type III dapat diterima, maka perbandingan dapat di

lihat  $\Delta \text{Max} = 0,1295 < \Delta \text{Kritis}$  yaitu  $= 0,3897$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya 5 % sehingga Distribusi Log Person III di terima. Penggunaan Uji Distribusi Frekwensi Log Person type III dengan metode Chi Square dapat dilihat seperti di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas : } K &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \times 1,079 \\ &= 4,475 \sim 4 \end{aligned}$$

Distribusi Tiap kelas  $100\% k = 100\% / 4 = 25 \%$

**Tabel 6.** Uji Distribusi Frekwensi Log Person type III

No	Distribusi Prob.		G	Interval Kelas		Ej	Oj	(Oj - Ej) <sup>2</sup> /Ej
	Pr	Tr						
1	0.75	1.333	-	0	-53.60448	3	3	0.0000
			0.5059					
2	0.50	2.000	0.2755	53.604	-79.53499	3	3	0.0000
3	0.25	4.000	0.7314	79.535	-100.118	3	3	0.0000
4				100.118	- ~	3	3	0.0000
				8				
Jumlah						12	12	0.0000

Dari Hasil Perhitungan diatas, maka harga  $X^2 \text{Cal}$   $0,000 < X^2 \text{Kritis}$  21,026 (Tabel) dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi  $\alpha$  dengan derajat kebebasannya 5 % sehingga Distribusi Log Person III di terima.

### Curah Hujan Rancangan

**Tabel 7.** Curah Hujan Rancangan

No	Periode	CH Rancangan (mm)	
	Tr (Tahun)	EJ Gumbel	Log Pearson Type III
1	2	72.078	79.535
2	5	103.147	104.834
3	10	123.718	113.123
4	25	149.709	117.979
5	50	168.990	119.287
6	100	188.130	119.299
7	200	207.199	118.874
8	500	232.357	120.958
9	1000	251.371	124.513
<b>Uji Smirnov-Kolmogorov</b>			
D Cal. Maximum, D P <sub>max</sub> (%)		0.633	0.129
Signification of degree,		5%	5%
D Kritis, D P <sub>kritis</sub> (%)		0.375	0.390
Hipotesa		Ditolak	Diterima

Uji Chi Square		
Chi-Square calculate	0.667	0.000
Chi-Square critical	21.026	2 <sup>1</sup> 1.026
Free of degree, $\nu$	1	1
Signification of degree,	5%	5%
Hipotesa	Diterima	Diterima

Dari hasil perhitungan curah hujan rancangan berdasarkan uji smirnov kolmogorof dan uji chi square didapat distribusi terbaik menggunakan metode Log Pearson type III.

#### Perhitungan Nilai Hidrograf Banjir Rencana.

Berikut adalah hasil analisa menggunakan metode distribusi gumbel dan distribusi log pearson type III.

Tabel 8. Perhitungan Nilai hidrograf Banjir Rencana

No	t jam	Q m <sup>3</sup> /dt/m m	Debit Banjir Rancangan Dengan Berbagai Kala Ulang								
			2	5	10	25	50	100	200	500	1000
1	0	0.0000	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
2	0.638	0.0425	0.881	1.359	1.521	1.617	1.643	1.644	1.635	1.677	1.748
3	1	0.1251	2.396	3.801	4.278	4.560	4.636	4.637	4.612	4.734	4.942
4	1.638	0.4088	7.809	12.528	14.127	15.074	15.330	15.332	15.249	15.658	16.358
5	2	0.6600	12.816	20.598	23.235	24.797	25.220	25.223	25.086	25.761	26.916
6	2.638	1.2829	25.750	41.447	46.768	49.918	50.770	50.778	50.501	51.862	54.192
7	3	1.7465	35.738	57.547	64.940	69.317	70.501	70.512	70.127	72.018	75.256
8	3.638	2.7746	58.650	94.482	106.627	113.818	115.763	115.781	115.149	118.255	123.575
9	4	3.4836	74.943	120.746	136.270	145.462	147.949	147.972	147.164	151.134	157.935
10	4.638	4.9695	109.973	177.214	200.005	213.500	217.150	217.184	215.997	221.827	231.810
11	5	4.5666	108.182	174.327	196.746	210.020	213.611	213.644	212.477	218.212	228.032
12	6	3.6152	104.593	168.540	190.215	203.049	206.521	206.553	205.424	210.968	220.462
13	7	2.8620	94.478	152.235	171.812	183.403	186.539	186.568	185.549	190.556	199.131
14	8	2.2658	79.636	128.310	144.808	154.577	157.219	157.244	156.385	160.604	167.831
15	9	1.7937	63.065	101.599	114.660	122.393	124.485	124.504	123.825	127.165	132.886
16	10	1.4432	50.374	81.140	91.568	97.743	99.413	99.429	98.886	101.553	106.121
17	11	1.2351	41.710	67.174	75.805	80.915	82.298	82.311	81.861	84.069	87.849
18	12	1.0570	35.014	56.381	63.623	67.911	69.071	69.082	68.705	70.557	73.729
19	13	0.9045	29.734	47.869	54.016	57.656	58.640	58.650	58.330	59.902	62.594
20	14	0.7741	25.460	40.980	46.240	49.355	50.197	50.205	49.931	51.277	53.581
21	15	0.6624	21.802	35.084	39.585	42.251	42.972	42.979	42.744	43.896	45.868
22	16	0.5669	18.672	30.038	33.891	36.172	36.789	36.794	36.594	37.579	39.267
23	17	0.4851	15.994	25.720	29.017	30.969	31.497	31.502	31.331	32.174	33.618
24	18	0.4230	13.845	22.256	25.107	26.795	27.252	27.256	27.108	27.837	29.086
25	19	0.3763	12.163	19.546	22.048	23.530	23.931	23.935	23.804	24.444	25.540
26	20	0.3348	10.753	17.273	19.482	20.791	21.145	21.148	21.033	21.598	22.566
27	21	0.2979	9.555	15.342	17.303	18.465	18.779	18.782	18.680	19.181	20.040
28	22	0.2651	8.513	13.662	15.407	16.440	16.720	16.722	16.631	17.078	17.842
29	23	0.2359	7.586	12.167	13.719	14.639	14.887	14.890	14.809	15.206	15.886
30	24	0.2099	6.760	10.836	12.218	13.036	13.257	13.259	13.187	13.541	14.146
Q maximum (m <sup>3</sup> /dt)			109.973	177.214	200.005	213.500	217.150	217.184	215.997	221.827	231.810

Dari Tabel 8, diambil nilai debit maksimum sebagai debit banjir untuk periode kalah ulang 10 tahun yaitu  $200.005 \text{ m}^3/\text{det}$ .

### Kesimpulan

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa dari hasil analisis dibuat gambar perencanaan bangunan box culvert dan adapun rencana anggaran biaya perencanaan *Box Culvert* diperoleh sebesar Rp.44.709.000.00,-.

### Daftar Rujukan

- Anonim. 2016. *Data Curah Hujan Dan Hujan Harian*. Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Sumbawa.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah Dan Air*. UPT Produksi Media Informasi. Lembaga Sumber daya Informasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor, IPB Press.
- Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Ketiga (revisi). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
2007. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah mada University Press.
2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chow, VT. 1989. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Harijanto Didik, Perencanaan Sistem Drainase Saluran Rungkut Medokan, *Skripsi*, Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Karnisah Iin, 2010. *Aliran Dalam Saluran Terbuka*. KBK Sumber Daya Air. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung.
- Linsley, R. K., 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Jakarta: Erlangga.
- Triatmodjo Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo Bambang, 2008. *Hidrolika I*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Sasongko.Dj, 1991. *Teknik Sumber Daya Air Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.