

KAJIAN OPTIMALISASI FUNGSI WADUK BENANGA TERHADAP KAPASITAS TAMPUNG AIR SUNGAI DI KOTA SAMARINDA

STUDY OF OPTIMIZATION OF BENANGA RESERVOIR FUNCTION ON RIVER WATER CAPACITY IN SAMARINDA CITY

Yayuk Sri Sundari

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda
Jln. Ir. H. Juanda Samarinda
Email : yayudari@gmail.com

Diterima: 31 Oktober 2020; Direvisi: 14 November 2020; Disetujui: 8 Desember 2020

ABSTRACT

The purpose of this study was to obtain technical specifications for the improvement of the Benanga Reservoir. The benefit of this research is to obtain a comprehensive picture of the current condition of the Benanga Reservoir based on the results of previous studies and based on current studies. It is hoped that with a review of the construction of the Benanga Reservoir, a plan to increase the construction of the Benanga Reservoir will be obtained so that the function and stability of the dam can be improved. Flood discharge at inflow (I) $Q_{25}=706,4578\text{m}^3/\text{s}$ which occurs at the 5th hour. Flood discharge on outflow (O) $Q=443,9300\text{m}^3/\text{s}$ that occurs during the 9th hour. cutting discharge of $Q_{25}=706.4578\text{m}^3/\text{s}-443.9300\text{m}^3/\text{s} = 262.5278\text{m}^3/\text{s}$ this is the meaning of flood control using a Reservoir. The decrease in peak discharge is due to the discharge that is stored in the Reservoir. the required storage volume $V=27,1554\times 10^6\text{m}^3$, inundation area $108\text{ha} = 1,080,000\text{m}^2$, height of the dam $=3\text{m}$, volume of Reservoir $=1,080,000\times 3=3,24\times 10^6\text{m}^3$. The planned storage volume that occurred during the incoming 9hours $=27.1454\times 10^6\text{m}^3$. The recommended storage volume is $=27.1454\times 10^6\text{m}^3>$ the actual Reservoir volume is $=3.24\times 10^6\text{m}^3$. If seen from the recommended storage volume $=27.1454\times 10^6\text{m}^3>$ actual Reservoir volume $=3.24\times 10^6\text{m}^3$ so that the Benanga Reservoir is no longer able to accommodate rainfall, because the recommended Reservoir volume is $=27.1454\times 10^6\text{m}^3$.

Keywords: reservoir function, reservoir optimization, increasing reservoir capacity

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan spesifikasi teknis peningkatan Waduk Benanga. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran menyeluruh terhadap kondisi Waduk Benanga saat ini berdasarkan hasil kajian terdahulu dan berdasarkan kajian yang dilakukan saat ini. Diharapkan dengan adanya kajian kembali konstruksi Waduk Benanga akan didapat rencana peningkatan konstruksi Waduk Benanga sehingga fungsi dan stabilitas bendungan dapat ditingkatkan. Debit banjir pada inflow (I) $Q_{25}=706,4578\text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada saat jam ke 5. Debit banjir pada outflow (O) $Q=443,9300\text{m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada saat jam ke 9. Penelusuran banjir lewat Waduk pemotongan debit sebesar $Q_{25}=706,4578\text{m}^3/\text{dt}-443,9300\text{m}^3/\text{dt}=262,5278\text{m}^3/\text{dt}$ disinilah arti pengendalian banjir dengan menggunakan Waduk. Berkurangnya puncak debit tersebut disebabkan karena adanya debit yang tertampung dalam Waduk volume tampung yang dibutuhkan $V=27,1554\times 10^6\text{m}^3$, luas genangan $108\text{ha} = 1.080.000\text{m}^2$, tinggi bendungan $=3\text{m}$, volume Waduk $=1.080.000\times 3=3,24\times 10^6\text{m}^3$. Volume tampung rencana yang terjadi selama 9 jam yang masuk $=27,1454\times 10^6\text{m}^3$. Volume tampung yang direkomendasikan sebesar $=27,1454\times 10^6\text{m}^3>$ volume Waduk aktual sebesar $=3,24\times 10^6\text{m}^3$. Jika dilihat dari volume tampung yang direkomendasikan sebesar $=27,1454\times 10^6\text{m}^3>$ volume Waduk aktual $=3,24\times 10^6\text{m}^3$ sehingga Waduk Benanga tidak mampu lagi menampung curah hujan, karena volume Waduk yang direkomendasikan sebesar $=27,1454\times 10^6\text{m}^3$.

Kata kunci: fungsi waduk, optimalisasi waduk, peningkatan kapasitas waduk

PENDAHULUAN

Waduk Benanga merupakan salah satu bendungan yang ada di wilayah Kota Samarinda. Waduk Benanga saat ini berfungsi sebagai Waduk penyedia air baku untuk irigasi dan air bersih, disamping itu Waduk Benanga secara tidak langsung juga berfungsi sebagai bendungan pengendali banjir di sub DAS Karang Mumus. Waduk Benanga dibangun kurang lebih pada tahun 1978 yang pada awalnya merupakan bendung irigasi sederhana, namun pada perkembangannya menjadi bendungan multiguna. Berbagai kegiatan terkait dengan Waduk Benanga telah banyak dilakukan baik kegiatan fisik maupun perencanaan. Perbaikan konstruksi Waduk Benanga telah beberapa kali dilakukan. Kegiatan rekonstruksi pelimpah utama dan bangunan penunjangnya merupakan kegiatan peningkatan konstruksi Waduk. Saat ini di daerah tangkapan air Waduk Benanga sudah banyak mengalami perubahan dalam pemanfaatan ruang, dibandingkan saat Waduk Benanga dibangun. Perubahan kondisi daerah aliran sungai secara langsung akan mempengaruhi perubahan kondisi hidrologi di daerah tangkapan air. Waduk Benanga membendung Sungai Karang Mumus, permasalahannya untuk menampung kapasitas air pada Sungai Karang Mumus pada Waduk Benanga dan untuk mengupayakan optimalisasi fungsi Waduk Benanga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan spesifikasi teknis peningkatan Waduk Benanga. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran terhadap kondisi Waduk Benanga saat ini, berdasarkan hasil kajian terdahulu dan berdasarkan kajian yang dilakukan saat ini. Diharapkan dengan adanya kajian kembali konstruksi Waduk Benanga akan didapat rencana peningkatan konstruksi Waduk Benanga sehingga fungsi dan stabilitas bendungan dapat ditingkatkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kemiringan permukaan tanah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan limpasan mengalir ke Sungai. Panjang lereng juga berpengaruh terhadap limpasan, semakin panjang lereng pada DAS kecepatan limpasan menuju Sungai semakin lambat, namun tangkapannya lebih besar apabila dibandingkan dengan aliran yang terjadi pada lereng yang pendek atau terjal (Hadisusanto, 2011).

Faktor geologi dipertimbangkan dalam karakteristik DAS adalah dalam kaitannya dengan bahan induk batuan yang ada dalam DAS. Tipe bahan induk secara umum akan mempengaruhi bentuk hidrograf aliran jenis batuan yang kedap air seperti batu lempung atau granit akan menghasilkan hidrograf aliran dengan debit puncak yang tinggi dan jenis batuan seperti batu kapur atau gamping akan menghasilkan hidrograf aliran yang lebih landai dengan debit puncak yang rendah dan waktu konsentrasi yang relatif lama (Herman, 2010).

Jenis tanah berpengaruh terhadap kapasitas penyimpanan air dalam tanah yang selanjutnya berpengaruh terhadap karakteristik limpasan permukaan. Tanah bertekstur kasar lebih tinggi infiltrasinya dibanding tekstur lempung, jenis tanah yang memiliki laju infiltrasi tercepat sampai dengan paling lambat secara berurutan yaitu *alluvial*, *litosol*, *latosol-litosol*, *mediteran* dan *grumosol* (Siradz, 2010).

Jenis tanah mempunyai tekstur berbeda-beda pada tanah berpasir pengaruhnya terhadap kapasitas infiltrasi lebih besar apabila dibandingkan dengan jenis tanah yang bertekstur lempung dan debu (Hadisusanto, 2011).

Penutupan lahan jika hujan berhenti maka aliran permukaan tanah tidak terjadi tapi kalau hujan masih berlangsung maka aliran permukaan tanah akan terjadi dan mengalir secara perlahan ke sungai. Jadi proses dari hujan menjadi aliran permukaan dan akhirnya masuk ke sistem sungai memerlukan waktu yang cukup lama, tergantung jenis tanaman, jenis tanah dan kemiringan tanah. Sebagian pepohonan ditebang maka hujan langsung jatuh ke tanah atau

rerumputan di tanah dan setelah tanahnya jenuh air maka akan terjadi aliran permukaan dan relatif lama mengalir ke hilir (Kemar, 2011).

Aliran permukaan merupakan bagian dari air hujan yang mengalir di permukaan tanah menuju sungai, danau dan laut. Dengan adanya perubahan penutupan lahan dan hilangnya daerah resapan maka kesempatan air hujan untuk tertahan dan meresap ke dalam tanah akan semakin kecil sehingga berakibat pada meningkatnya debit banjir yang akhirnya meningkatkan banjir (Asdak, 2010).

Adapun tindakan manusia yang dapat menyebabkan banjir adalah perubahan tata guna lahan, pembuangan sampah, kawasan kumuh di sepanjang sungai, perencanaan system drainase lahan dan kerusakan bangunan pengendali banjir (Kodoatie, 2010).

Siklus hidrologi menunjukkan gerakan air di permukaan bumi, selama berlangsungnya siklus hidrologi yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti, air tersebut akan tertahan sementara di sungai. Danau/waduk dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya (Asdak, 2010).

METODE

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Waduk Benanga. Waktu diperlukan dalam penelitian ini selama satu bulan yang meliputi kegiatan studi pustaka, pengumpulan data sekunder, data primer, pengolahan dan analisis data. Obyek penelitian dalam kajian ini obyek penelitian adalah Waduk Benanga.



Gambar 1.
Waduk Benanga Kota Samarinda,
Sumber: Hasil Penelitian (2020)

Analisis penelusuran banjir lewat Waduk

Analisis penelusuran banjir lewat Waduk diantaranya meliputi:

1. Menentukan konstanta penampungan K
2. Menentukan waktu mengalirnya gelombang banjir di dalam bagian salurannya Δt
3. Menentukan harga X antara 0–0,5 (makin curam kemiringan sungai maka harga X makin besar)

$$C_0 = \frac{\Delta t/K}{2 + (\Delta t/K)}$$

4. Menghitung konstanta
5. Menghitung konstanta $C_1 = C_0$;

$$C_2 = \frac{2 - \Delta t/K}{2 + (\Delta t/K)}$$

6. Menghitung konstanta
7. Menghitung harga $C_0 + C_1 + C_2 = 1$
8. Menghitung debit banjir pada *outflow* $O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1$.

Keterangan :

I_1 = aliran masuk pada permulaan waktu

I_2 = aliran masuk pada akhir waktu t ,

O_1 = aliran kekuar pada permulaan waktu t ,

O_2 = aliran keluar pada akhir waktu t ,

Δt = interval waktu,

C_0, C_1, C_2 adalah konstanta,

K = konstanta penampungan harganya kira-kira sama dengan waktu perpindahan banjir dalam bagian Sungai,

X = antara 0–0,5 makin curam kemiringan suatu sungai maka harga X makin besar.

Analisis Lengkung Massa Dan Kapasitas Waduk

Lengkung massa digunakan untuk menentukan kapasitas/volume Waduk yang diperlukan untuk memenuhi fungsi tertentu, debit Sungai yang masuk ke Waduk yang diperlukan untuk memenuhi fungsi tertentu. debit Sungai yang masuk ke Waduk dengan $Q_{1.2}$ setelah $t=t_1$ sebesar $Q_{1.2}$ sampai $t_{1.2}$ kapasitas Waduk yang diperlukan guna mengatur pengeluaran debit konstan Q_0 yang besarnya sama dengan harga rata-rata debit masuk antara $t_1=0$ hingga $t=t_2$

Penentuan sampel dalam studi ini dilakukan berdasarkan dari perkalian antara jumlah indikator variabel dengan sepuluh kali lipat (Sekaran & Bougie, 2016). Hasil penentuan sampel tersebut ditemukan jumlah indikator dari tiga variabel = 10 butir pertanyaan x 10 = 100 sampel. Diambil sebanyak 100 responden berdasarkan *cluster* yang tersebar di beberapa kafe yang ramai pengunjungnya pada malam hari di kota Samarinda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelusuran Banjir Lewat Waduk

Penelusuran banjir lewat Waduk pada Sub DAS Karang Mumus

$K = 5$ (konstanta penampungan)

$\Delta t = 1$ jam (waktu mengalirnya gelombang banjir di dalam bagian salurannya)

$X = 0,3$ (antara 0–0,5)

$C_0, C_1, C_2 =$ konstanta

$$C_0 = \frac{\Delta t/K}{2 + (\Delta t/K)} = \frac{1/5}{2 + 1/5} = \frac{0,2}{2,2} = 0,0909$$

$$C_1 = C_0$$

$$C_2 = \frac{2 - \Delta t/K}{2 + (\Delta t/K)} = \frac{2 - 1/5}{2 + 1/5} = \frac{1,8}{2,2} = 0,8182$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

$$0,0909 + 0,0909 + 0,8182 = 1$$

$$O_2 = C_0I_2 + C_1I_1 + C_2O_1$$

Tabel 1.
 Penelusuran Banjir Lewat Waduk Pada Sub DAS Karang Mumus

Waktu t (Jam)	Debit <i>inflow</i> (m ³ /dt)	C0I2	C1I1	C2O1	Debit <i>outflow</i> (m ³ /dt)
0	0,0000	0,0909	0,0909	0,8182	0,0000
1	24,6759	0,0000	0,0000	0,0000	2,2430
2	136,6618	0,0000	2,2430	1,8353	16,5009
3	383,0428	0,0000	12,4226	13,5010	60,7421
4	702,5186	0,0000	63,8589	49,6992	148,3768

Waktu t (Jam)	Debit <i>inflow</i> (m ³ /dt)	C0I2	C1II	C2OI	Debit <i>outflow</i> (m ³ /dt)
		0,0909	0,0909	0,8182	
5	706,4578	64,2170	63,8589	121,4019	249,4778
6	673,7353	61,2425	64,2170	204,1227	329,5823
7	626,2023	56,9218	61,2425	269,6642	387,8286
8	565,6540	51,4179	56,9218	317,3213	425,6611
9	486,6468	44,2362	51,4179	348,2759	443,9300
10	398,8803	36,2582	44,2362	363,2236	443,7180
11	332,0539	30,1837	36,2582	363,0500	429,4920
12	279,0484	25,3655	30,1837	351,4103	406,9595
13	236,5210	21,4998	25,3655	332,9743	379,8395
14	210,1993	19,1071	21,4998	310,7847	351,3916
15	176,1658	16,0135	19,1071	287,5086	322,6292
16	151,6579	13,7857	16,0135	263,9752	293,7744
17	130,7527	11,8854	13,7857	240,3662	266,0373
18	113,9080	10,3542	11,8854	217,6717	239,9114
19	100,2563	9,1133	10,3542	196,2955	215,7630
20	87,8845	7,9887	9,1133	176,5373	193,6393
21	78,0203	7,0920	7,9887	158,4357	173,5164
22	69,5145	6,3189	7,0920	141,9711	155,3821
23	62,1513	5,6496	6,3189	127,1336	139,1020
24	55,6412	5,0578	5,6496	113,8133	124,5206
25	49,8117	4,5279	5,0578	101,8828	111,4684
26	44,5936	4,0536	4,5279	91,2035	99,7849
27	39,9227	3,6290	4,0536	81,6440	89,3265
28	35,7418	3,2489	3,6290	73,0870	79,9649
29	31,9970	2,9085	3,2489	65,4273	71,5847
30	28,6460	2,6039	2,9085	58,5706	64,0831

Sumber: Hasil Data Diolah (2020)

Data dari tabel 1. debit banjir pada *inflow* (I) $Q_{25} = 706,4578 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada saat jam ke 5. Debit banjir pada *outflow* (O) $Q = 443,9300 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada saat jam ke 9. Penelusuran banjir lewat waduk pemotongan debit sebesar $Q_{25} = 706,4578 \text{ m}^3/\text{dt} - 443,9300 \text{ m}^3/\text{dt} = 262,5278 \text{ m}^3/\text{dt}$ disinilah arti pengendalian banjir dengan menggunakan waduk. Berkurangnya puncak debit tersebut disebabkan karena adanya debit yang tertampung dalam waduk. Dengan lengkung massa untuk menghitung kapasitas bendungan.

Tabel 2.
 Lengkung Massa Untuk Volume Bendungan

Waktu t (jam)	<i>Inflow</i>	<i>Outflow</i>	Δt	Volume (10^6 m^3)				<i>Residual</i>	<i>Required capacity</i>
				I	O	AI	AO		
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	27,1454
1	24,6759	6,1690	3600	0,0888	0,0222	0,0888	0,0222	0,0666	27,2120
2	136,6618	39,1253	7200	0,9840	0,2817	1,0728	0,3039	0,7689	27,9809
3	383,0428	126,5528	10800	4,1369	1,3668	5,2097	1,6707	3,5390	31,5199
4	702,5186	273,2520	14400	10,1163	3,9348	15,3259	5,6055	9,7204	41,2403
5	706,4578	383,2276	18000	12,7162	6,8981	28,0422	12,5036	15,5386	56,7789
6	673,7353	448,8627	21600	14,5527	9,6954	42,5949	22,1990	20,3958	77,1747

Waktu t (jam)	Inflow	Outflow	Δt	Volume (10^6 m				Residual	Required capacity
				I	O	AI	AO		
7	626,2023	479,8587	25200	15,7803	12,0924	58,3751	34,2915	24,0837	101,2584
8	565,6540	483,8966	28800	16,2908	13,9362	74,6660	48,2277	26,4383	127,6966
9	486,6468	464,8218	32400	15,7674	15,0602	90,4333	63,2879	27,1454	154,8420
10	398,8803	427,4534	36000	14,3597	15,3883	104,7930	78,6763	26,1168	180,9588
11	332,0539	382,7697	39600	13,1493	15,1577	117,9424	93,8339	24,1084	205,0673
12	279,0484	337,3416	43200	12,0549	14,5732	129,9973	108,4071	21,5902	226,6574
13	236,5210	294,4973	46800	11,0692	13,7825	141,0664	122,1896	18,8769	245,5343
14	210,1993	257,7864	50400	10,5940	12,9924	151,6605	135,1820	16,4785	262,0128
15	176,1658	223,8000	54000	9,5130	12,0852	161,1734	147,2672	13,9062	275,9190
16	151,6579	193,7621	57600	8,7355	11,1607	169,9089	158,4279	11,4810	287,4001
17	130,7527	167,5893	61200	8,0021	10,2565	177,9110	168,6844	9,2266	296,6267
18	113,9080	145,1420	64800	7,3812	9,4052	185,2922	178,0896	7,2027	303,8294
19	100,2563	126,1252	68400	6,8575	8,6270	192,1498	186,7165	5,4332	309,2626
20	87,8845	109,8336	72000	6,3277	7,9080	198,4775	194,6245	3,8529	313,1155
21	78,0203	96,0377	75600	5,8983	7,2604	204,3758	201,8850	2,4908	315,6063
22	69,5145	84,3376	79200	5,5055	6,6795	209,8813	208,5645	1,3168	316,9231
23	62,1513	74,3727	82800	5,1461	6,1581	215,0275	214,7226	0,3049	317,2280
24	55,6412	65,8221	86400	4,8074	5,6870	219,8349	220,4096	-0,5748	316,6532
25	49,8117	58,4177	90000	4,4831	5,2576	224,3179	225,6672	-1,3493	315,3039
26	44,5936	51,9570	93600	4,1740	4,8632	228,4919	230,5304	-2,0385	313,2654
27	39,9227	46,2857	97200	3,8805	4,4990	232,3724	235,0294	-2,6570	310,6084
28	35,7418	41,2843	100800	3,6028	4,1615	235,9751	239,1908	-3,2157	307,3927
29	31,9970	36,8571	104400	3,3405	3,8479	239,3156	243,0387	-3,7231	303,6697
30	28,6460	32,9276	108000	3,0938	3,5562	242,4094	246,5949	-4,1855	299,4842

Sumber: Hasil Data Diolah (2020)

Luas genangan = 108 ha = 1.080.000 m², tinggi bendungan = 3 m data dari tabel 2, volume tampung yang dibutuhkan $V = 27,1554 \times 10^6$ m³, luas genangan 108ha = 1.080.000 m², tinggi bendungan = 3m, volume Waduk = 1.080.000 x 3 = 3,24 x 10⁶ m³. Volume tampung rencana yang terjadi selama 9 jam yang masuk = 27,1454 x 10⁶ m³. Volume tampung yang direkomendasikan sebesar = 27,1454 x 10⁶ m³ > volume Waduk aktual sebesar = 3,24 x 10⁶ m³. Jika dilihat dari volume tampung yang direkomendasikan sebesar = 27,1454 x 10⁶ > volume Waduk aktual = 3,24 x 10⁶ m³ sehingga Waduk Benanga tidak mampu lagi menampung curah hujan, karena volume Waduk yang direkomendasikan sebesar = 27,1454 x 10⁶ m³.

KESIMPULAN

Hasil analisis penelusuran banjir lewat Waduk Benanga diperoleh debit banjir yang masuk ke waduk (Q_{inflow}) sebesar $706,4578\text{m}^3/\text{dt}$ dan debit banjir yang keluar waduk ($Q_{outflow}$) sebesar $443,930\text{m}^3/\text{dt}$, sehingga Waduk Benanga dapat mereduksi debit banjir sebesar $262,528\text{m}^3/\text{dt}$ kapasitas tampung debit banjir Waduk Benanga sebesar $27,145 \times 10^6\text{m}^3$ dan kapasitas tampung air Waduk Benanga aktual sebesar $3,240 \times 10^6\text{m}^3$.

Mengingat kapasitas tampung debit banjir Waduk Benanga sebesar $27,145 \times 10^6\text{m}^3$ lebih besar bila dibandingkan dengan kapasitas tampung air Waduk Benanga aktual sebesar $3,240 \times 10^6\text{m}^3$ sehingga kapasitas tampung waduk tersebut perlu diperbesar secara proporsional agar dapat menampung debit banjir tersebut antara lain dapat dilakukan dengan cara pengerukan lumpur dan pembersihan gulma enceng gondok di waduk tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Editorial Jurnal Riset Inossa yang diterbitkan oleh Balitbangda kota Samarinda.
2. Kepala dan staf lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan penelitian.
3. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya yang telah memberikan bantuan baik dukungan moril maupun tenaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., (2010), Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta ISBN: 979 – 420 – 737 – 3
- Hadisusanto, N., (2011). Aplikasi Hidrologi. Jogja Mediautama, Malang, ISBN 978 – 602 - 9136 – 03 – 6.
- Herman, (2010). Identifikasi Degradasi Lahan dan Keseimbangan Tata Air dengan Pemodelan SIG pada Sub DAS Ohong sebagai Daerah Tangkapan Air Danau Jempang Di Kabupaten Kutai Barat.
- Kodoatie, (2010). Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Edisi Kedua, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Kemar, (2011). Konsep Tata Ruang Air Dalam Penanganan Banjir Kota Tangerang Selatan dan Wilayah Sekitarnya
- Siradz, (2010). Uji Laju Infiltrasi Dalam Pengelolaan DAS Grindulu Pacitan. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan VII (2) : 123-127.