

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281422758>

Aplikasi Model Regresi Dalam Pengalihragaman Hujan Limpasan Terkait Dengan Pembangkitan Data Debit (Studi Kasus: DAS Tukad Jogading)

Preprint · April 2014

DOI: 10.13140/RG.2.2.29175.98726

CITATIONS

0

READS

1,538

1 author:



Putu Doddy Heka Ardana
Universitas Ngurah Rai

19 PUBLICATIONS 1 CITATION

SEE PROFILE

**Aplikasi Model Regresi Dalam Pengalihragaman Hujan Limpasan Terkait Dengan
Pembangkitan Data Debit
(Studi Kasus: DAS Tukad Jogading)**

Putu Doddy Heka Ardana¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Ngurah Rai, Jln. Padma Penatih Denpasar

Email: doddyhekaardana@gmail.com

ABSTRAK

Pengalihragaman curah hujan menjadi limpasan pada daerah aliran sungai adalah suatu fenomena hidrologi yang sangat kompleks, dimana ini merupakan proses nonlinear, dengan waktu yang berubah-ubah dan terdistribusi secara spasial. Untuk mendekati fenomena tersebut, maka telah dikembangkan suatu analisa sistem hidrologi dengan menggunakan model yang merupakan penyederhanaan kenyataan alam yang sebenarnya. Model tersebut dibentuk oleh satu set persamaan matematis yang mencerminkan perilaku dari parameter dalam hidrologi.

Pada penelitian ini, analisis mengenai hubungan curah hujan-limpasan sekaligus untuk pembangkitan data debit untuk daerah aliran sungai (DAS) digunakan model regresi. Model regresi pada prinsipnya adalah mencari suatu kurva yang mewakili satu set data dimana yang dibahas hubungan fungsional dua variabel atau lebih. Karena modelnya yang sederhana, diharapkan bisa menjadi alternatif atau metode awal di dalam mencari hubungan curah hujan limpasan dan peramalan debit. Model regresi linier dan regresi non linier (logaritmik dan eksponensial) digunakan untuk mempelajari hubungan hujan-limpasan pada DAS Tukad Jogading serta memverifikasi model tersebut secara statistik berdasarkan nilai kesalahan absolute rata-rata (KAR) dan nilai koefisien korelasi (r).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan model regresi linier dan regresi non linier logaritmik dapat diterapkan dalam modelisasi hubungan curah hujan limpasan. Model regresi linier memberikan nilai $r = 58,17\%$ dan $KAR = 0,0127$ sedangkan model regresi non linier logaritmik memberikan nilai $r = 60,37\%$ dan $KAR = 0,96$. Dari hasil tersebut terlihat bahwa model regresi memiliki kemampuan yang relatif cukup baik dalam mereplikasi fluktuasi debit yang acak ke dalam bentuk model buatan yang memiliki fluktuasi yang hampir sama dan juga dapat diterapkan dalam modelisasi curah hujan limpasan.

Kata kunci: pemodelan curah hujan limpasan, DAS, regresi linier dan regresi non linier

1. PENDAHULUAN

Proses hidrologi secara sederhana dapat digambarkan dengan adanya hubungan antara unsur masukan yakni hujan, proses dan keluaran yaitu berupa aliran (Hadi, 2006). Hubungan curah hujan-limpasan merupakan masalah penting dalam hidrologi dan menjadi komponen yang paling mendasar

dalam proses evaluasi sumber daya air (Junsawang, et.al., 2007). Hubungan curah hujan limpasan, khususnya pengalirragaman curah hujan menjadi limpasan, pada suatu daerah aliran sungai adalah suatu fenomena hidrologi yang sangat kompleks. Dimana, proses ini adalah non linear dengan waktu yang berubah-ubah dan terdistribusi secara spasial (Rajurkar, et.al., 2003). Untuk mendekati fenomena tersebut, maka telah dikembangkan suatu analisa sistem hidrologi dengan menggunakan model yang merupakan penyederhanaan kenyataan alam yang sebenarnya (Hadihardaja dan Sutikno, 2005).

Hujan yang jatuh di suatu DAS akan berubah menjadi aliran di sungai. Dengan demikian terdapat hubungan antara hujan dan debit aliran, yang tergantung pada karakteristik DAS. Hujan dapat diukur dengan cara yang sederhana. Stasiun pengukuran hujan bisa cukup banyak di suatu DAS, dan pengukuran juga dapat dilakukan dalam waktu panjang. Sementara itu pengukuran debit biasanya lebih sedikit daripada pengukuran hujan, baik dalam hal jumlah stasiun maupun waktu pengukuran. Dengan demikian jumlah data hujan biasanya jauh lebih banyak daripada data debit. Apabila data debit tidak tersedia, analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan menggunakan model pengalirragaman hujan aliran (Triatmodjo, 2008). Di suatu daerah aliran sungai, pada umumnya data hujan tersedia dalam jangka waktu panjang, sementara data debit adalah pendek. Untuk itu dibuat hubungan antara data debit dan data hujan dalam periode yang sama, selanjutnya berdasarkan hubungan tersebut dibangkitkan data debit berdasar data hujan yang tersedia (Triatmodjo, 2008).

Terkait model pengalirragaman hujan limpasan di dalam mendapatkan hubungan antara data debit dan data hujan, ada beberapa model yang dapat digunakan antara lain model regresi, model FJ. Mock, model Tangki, model NRECA, model IHACRES, model jaringan syaraf buatan dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil penelitian mengenai hubungan curah hujan-limpasan dengan beberapa model yang telah disebutkan di atas (FJ. Mock, tangki, NRECA, IHACRES ataupun jaringan syaraf buatan), didapatkan hasil bahwa model tersebut telah banyak dan dapat diterapkan dengan baik. Tetapi, untuk mendapatkan hasil yang akurat diperlukan berbagai macam variabel pendukung serta kemampuan di dalam pengolahan data ke dalam model atau program.

Berkaitan dengan hal tersebut, dipandang perlu dilakukan suatu penelitian sederhana mengenai pengalirragaman hujan limpasan di dalam peramalan debit dengan mengaplikasikan model regresi pada suatu DAS guna lebih memahami bagaimana kinerja dari model regresi tersebut di dalam modelisasi hujan aliran. Model regresi pada prinsipnya adalah mencari suatu kurva yang mewakili satu set data dimana yang dibahas hubungan fungsional dua variabel atau lebih (Luknanto, 1992). Karena modelnya yang sederhana tersebut, diharapkan bisa menjadi alternatif atau metode awal di dalam peramalan debit. Obyek studi yang diambil adalah DAS Tukad Jogading di Jembrana yang memiliki luas 32,38 m². Verifikasi model dilakukan secara statistik berdasarkan nilai kesalahan absolute rata-rata (KAR) dan nilai koefisien korelasi (r). Pada verifikasi model, akan dibandingkan antara debit observasi ($Q_{observasi}$) dengan debit simulasi ($Q_{simulasi}$)

2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengkaji penerapan model regresi di dalam modelisasi hubungan curah hujan limpasan untuk DAS Tukad Jogading di Propinsi Bali.
- b. Mengkaji tingkat kinerja model regresi di dalam penggambaran hubungan curah hujan limpasan untuk DAS Tukad Jogading di Propinsi Bali.

3. LOKASI STUDI

Lokasi studi adalah daerah aliran sungai (DAS) Tukad Jogading yang berada di Kabupaten Jembrana Propinsi Bali. Daerah aliran sungai (DAS) Tukad Jogading memiliki luas kurang dari 100 km² yakni 32,38 km² (Anonim, 2007) dengan bentuk daerah pengaliran secara umum memanjang (Anonim, 2009). Data yang diambil untuk digunakan dalam pengalihragaman curah hujan menjadi limpasan adalah data hidrologi (data curah hujan dan data debit). Ketersediaan data hidrologi berupa data curah hujan bulanan yang didapat dari stasiun hujan Dauh Waru, stasiun hujan Pohsanten, dan stasiun hujan Negara. Data curah hujan yang terkumpul sebanyak 10 tahun dari tahun 1994 – 2003.

4. METODOLOGI

4.1 Teknik Analisis Data

4.1.1 Analisis Data Hujan

Dalam penelitian ini, data hidrologi yang digunakan bersumber dari beberapa stasiun hujan, dan data tersebut berupa data curah hujan bulanan pada beberapa stasiun hujan. Data curah hujan bulanan digunakan sebagai data masukan (*input*) di dalam pemodelan. Analisis data hujan ini meliputi uji konsistensi data, curah hujan rata-rata areal (*areal rainfall*).

1. Uji Konsistensi Data

Pada suatu seri data hujan, bisa terjadi *nonhomogenitas* data dan ketidaksamaan (*inconsistency*) data. Data tidak homogen maupun tidak konsisten menyebabkan hasil analisis tidak teliti. Oleh karena itu sebelum data tersebut dipakai untuk analisis, terlebih dahulu harus dilakukan uji konsistensi.

Uji konsistensi dilakukan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan terhadap nilai reratanya.

$$S_o^* = 0, S_k^* = \sum_{i=1}^{k=1} (Y_i - Y') \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad (2)$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y')^2}{n} \quad (3)$$

$$Q = \max |S_k^{**}| \quad (4)$$

$$0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**} \quad (5)$$

$$0 \leq k \leq n$$

Dengan melihat nilai statistik, maka dapat dicari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} . Hasil yang dapat dibandingkan nilai Q/\sqrt{n} syarat dan R/\sqrt{n} . Sebagai syarat jika Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} dihitung lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten. Syarat nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} sesuai dengan tabel dari Sri Harto (1990).

2. Hujan wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk pengalihan hujan limpasan adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Stasiun-stasiun pengamat hujan yang tersebar pada suatu daerah aliran sebagai hujan titik (*point rainfall*).

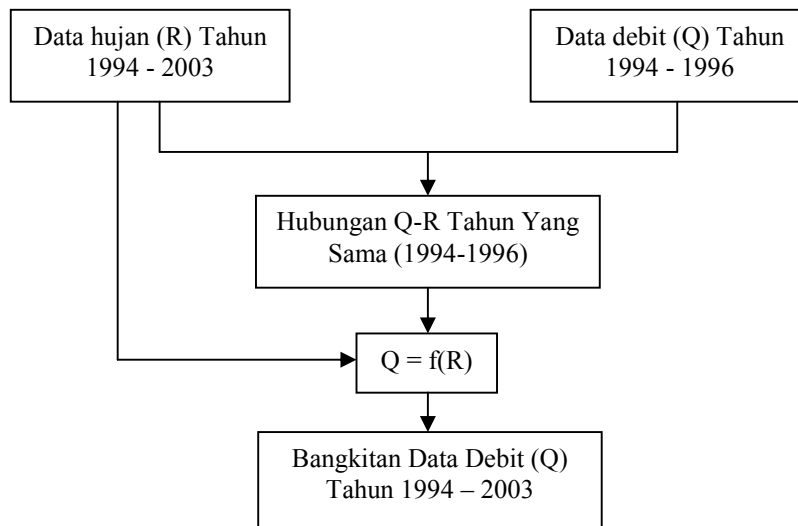
Untuk mengubah hujan titik (*point rainfall*) menjadi hujan wilayah (*regional rainfall*) digunakan pendekatan dengan metode rerata aritmatik. Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Persamaan hujan wilayah dengan metode rerata aritmatik adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n} \quad (6)$$

4.2 Penurunan Data Debit Berdasar Data Hujan

4.2.1 Input Data dan Proses Penurunan Data Debit Berdasar Data Hujan

Di dalam membangkitkan data debit berdasarkan data hujan, diperlukan beberapa data sebagai input. Secara sederhana, data yang diperlukan adalah data hujan dan debit berupa data harian yang kemudian disusun dalam bentuk data dua mingguan atau bulanan. Untuk data hujan dibuat menjadi data hujan rerata kawasan. Pada penelitian ini, di DAS Tukad Jogading terdapat 3 (tiga) stasiun hujan yang mencatat data hujan selama 10 tahun (tahun 1994 – 2003). Data debit di titik control dari DAS tersebut diambil data selama 3 (tiga) tahun yakni tahun 1994 – 1996. Akan diturunkan data debit berdasar data hujan dari tahun 1994 sampai 2003. Berdasar data hujan dan debit pada tahun yang sama, yaitu tahun 1994 sampai 1996, dibuat suatu persamaan yang merupakan hubungan antara kedua parameter. Dengan menggunakan persamaan tersebut dan data hujan dari tahun 1993 sampai 2003 dapat dihitung debit aliran pada tahun tersebut.



Gambar 1. Skema penurunan data debit berdasar data hujan

4.2.2 Model Regresi Dalam Penurunan Data Debit Berdasar Data Hujan

Model regresi yang digunakan di dalam penelitian ini ada model regresi kurva linier dan model regresi kurva non linier. Untuk kurva linier digunakan model regresi kuadrat terkecil sedangkan untuk kurva non linier digunakan model regresi berpangkat dan eksponensial. Bentuk paling sederhana dari regresi kuadrat terkecil adalah apabila kurva yang mewakili titik-titik data merupakan garis lurus, sehingga persamaannya adalah (Triatmodjo, 2002) :

$$g(x) = a + b \cdot x \quad (7)$$

Di dalam kenyataannya sering ditemukan bahwa sebaran data pada sistem koordinat mempunyai kecenderungan yang membentuk kurva lengkung (non linier) sehingga Persamaan 7 tidak bisa langsung digunakan. Agar persamaan regresi linier dapat digunakan untuk mempresentasikan kurva non linier, maka perlu dilakukan transformasi koordinat sedemikian sehingga sebaran titik data bisa dipresentasikan dalam kurva linier. Dua transformasi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi berpangkat dan fungsi eksponensial. Adapun persamaan untuk fungsi berpangkat adalah sebagai berikut:

$$y = a_2 \cdot x^{b_2} \quad (8)$$

Dan persamaan untuk fungsi eksponensial adalah sebagai berikut:

$$y = a_1 \cdot e^{b_1 \cdot x} \quad (9)$$

4.2.3 Proses Pengujian

Pengujian terhadap model yang dibuat sangatlah penting artinya. Untuk menilai kedekatan atau kecocokan data hasil pemodelan dengan data hasil pengamatan, dilakukan uji kecocokan dengan menggunakan fungsi objektif atau fungsi kesalahan yang merupakan persamaan dari perhitungan dan pengamatan. Dalam penelitian ini 2 (dua model) untuk proses pengujian dengan fungsi objektif untuk perhitungan kesalahan berupa parameter statistik, antara lain:

$$a. \text{ Koefisien Korelasi : } r = \sqrt{\frac{D_i^2 - D^2}{D_i^2}} \quad (10)$$

dimana :

$$D_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2$$

$$b. \text{ Kesalahan Absolute Rata-Rata (KAR) : } KAR = \frac{1}{n} \sum \frac{Abs(Q_{sim} - Q_{obs})}{Q_{obs}} \quad (11)$$

5. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berikut diberikan hasil analisa data curah hujan dan debit serta penggunaan model regresi di dalam pembangkitan data debit.

5.1 Uji Konsistensi Data Hujan

Berdasarkan hasil uji konsistensi data dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), diperoleh bahwa data hujan konsisten dan homogen sehingga data tersebut dapat dipergunakan dalam proses analisa selanjutnya. Hal ini ditunjukkan dari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} lebih kecil dari harga yang didapat dari Tabel Sri Harto (1993). Adapun analisa RAPS dapat dilihat pada tabel berikut:

**UJI KONSISTENSI HUJAN
METODE "Rescaled Adjusted Partial Sums" Stasiun Dauh Waru**

No	Tahun	Hujan (mm)	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1994	1878,00	5,10	2,60	0,0048	0,0048
2	1995	2231,60	358,70	12.866,21	0,3363	0,3363
3	1996	2271,00	398,10	15.847,96	0,3732	0,3732
4	1997	0,00	(1.872,91)	350.777,31	-1,7557	1,7557
5	1998	2478,40	605,50	36.662,42	0,5676	0,5676
6	1999	3778,90	1.906,00	363.281,69	1,7868	1,7868
7	2000	1990,15	117,25	1.374,64	0,1099	0,1099
8	2001	2041,60	168,70	2.845,80	0,1581	0,1581
9	2002	0,00	(1.872,91)	350.777,31	-1,7557	1,7557
10	2003	2059,40	186,50	3.478,04	0,1748	0,1748
	Jumlah =	18.729,05				
	Rerata =	1872,905		1.137.913,99		
<p style="text-align: center;"> n = 10 Dy = 1.066,73 Sk**mak = 1,7868 Sk**min = -1,7557 Q = Sk**maks = 1,7868 R = Sk**mak - Sk**min = 3,5425 Q/n^{0.5} = 0,565024187 < 1.05 90% -----> oke R/n^{0.5} = 1,120238983 < 1.21 90% -----> oke </p>						
Kesimpulan ; Data hujan konsisten						

Tabel 1. Uji RAPS Stasiun Hujan Dauh Waru

**UJI KONSISTENSI HUJAN
METODE "Rescaled Adjusted Partial Sums" Stasiun Poh Santen**

No	Tahun	Hujan (mm)	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1994	2444,60	216,00	4.665,60	0,3372	0,3372
2	1995	2904,00	675,40	45.616,52	1,0543	1,0543
3	1996	3200,00	971,40	94.361,80	1,5163	1,5163
4	1997	1359,00	(869,60)	75.620,42	-1,3574	1,3574
5	1998	2384,00	155,40	2.414,92	0,2426	0,2426
6	1999	2717,00	488,40	23.853,46	0,7624	0,7624
7	2000	2515,00	286,40	8.202,50	0,4470	0,4470
8	2001	1811,00	(417,60)	17.438,98	-0,6518	0,6518
9	2002	1123,00	(1.105,60)	122.235,14	-1,7258	1,7258
10	2003	1828,40	(400,20)	16.016,00	-0,6247	0,6247
	Jumlah =	22.286,00				
	Rerata =	2228,6		410.425,31		
<p>n = 10 Dy = 640,64 Sk**mak = 1,5163 Sk**min = -1,7258 Q = Sk**maks = 1,7258 R = Sk**mak - Sk**min = 3,2420 Q/n^{0.5} 0,545733937 < 1.05 90% -----> oke R/n^{0.5} 1,025225567 < 1.21 90% -----> oke</p>						
Kesimpulan ; Data hujan konsisten						

Tabel 2. Uji RAPS Stasiun Hujan Poh Santen

**UJI KONSISTENSI HUJAN
METODE "Rescaled Adjusted Partial Sums" Stasiun Negara**

No	Tahun	Hujan (mm)	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1994	7320,00	4.636,82	2.150.009,97	2,2990	2,2990
2	1995	3166,00	482,82	23.311,52	0,2394	0,2394
3	1996	2931,70	248,52	6.176,22	0,1232	0,1232
4	1997	0,00	(2.683,18)	719.945,49	-1,3304	1,3304
5	1998	3645,50	962,32	92.605,98	0,4771	0,4771
6	1999	3922,25	1.239,07	153.529,45	0,6143	0,6143
7	2000	1582,30	(1.100,88)	121.193,68	-0,5458	0,5458
8	2001	1812,90	(870,28)	75.738,73	-0,4315	0,4315
9	2002	0,00	(2.683,18)	719.945,49	-1,3304	1,3304
10	2003	2451,15	(232,03)	5.383,79	-0,1150	0,1150
	Jumlah =	26.831,80				
	Rerata =	2683,18		4.067.840,31		
<p>n = 10 Dy = 2.016,89 Sk**mak = 0,4771 Sk**min = -1,3304 Q = Sk**maks = 1,3304 R = Sk**mak - Sk**min = 1,8075 Q/n^{0.5} 0,420695494 < 1.05 90% -----> oke R/n^{0.5} 0,57157754 < 1.21 90% -----> oke</p>						
Kesimpulan ; Data hujan konsisten						

Tabel 3. Uji RAPS Stasiun Hujan Negara

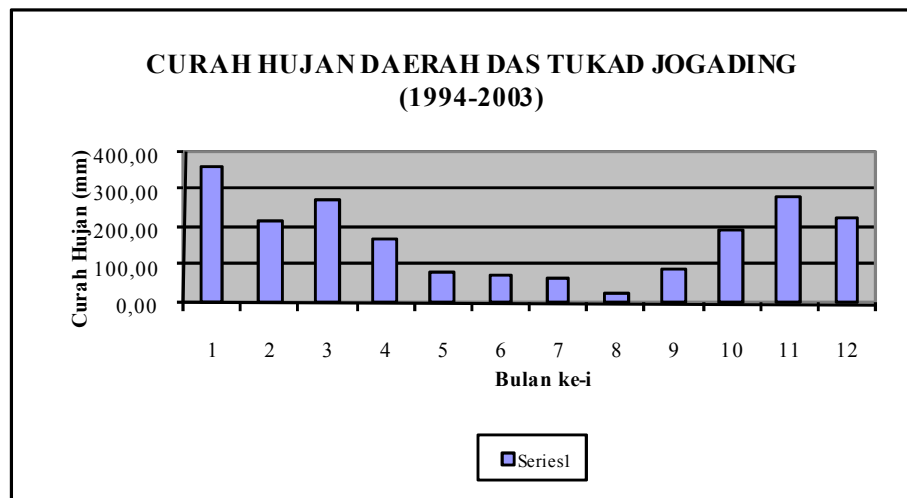
5.2 Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan yang didapat dari stasiun hujan Dauh Waru, stasiun hujan Pohsanten, dan stasiun hujan Negara, merupakan curah hujan di suatu titik. Curah hujan untuk suatu kawasan DAS (*areal rainfall*), dalam hal ini untuk DAS Tukad Jogading, dianalisis dengan menggunakan metode *Rerata Aritmatik*. Adapun hasil analisis dapat dilihat pada Tabel dan Grafik berikut. Data hujan yang digunakan dalam input model regresi adalah data hujan tahun 1994 sampai 1996.

Tabel 4. Curah Hujan Rerata Daerah (1994 – 2003) Dengan Metode Rerata Aritmatik

Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1994	689,03	335,50	479,00	145,17	1,67	8,00	7,50	1,00	21,00	38,17	31,00	157,50
1995	216,50	263,83	357,67	218,67	48,67	229,00	13,33	19,00	46,67	188,17	328,70	377,00
1996	513,00	251,17	317,00	125,00	120,00	28,33	31,50	93,17	11,83	354,83	474,67	221,17
1997	278,67	190,33	51,00	52,67	26,33	22,00	15,00	4,67	6,67	13,33	98,67	131,33
1998	256,17	107,67	217,97	127,67	111,00	156,00	229,17	52,00	269,17	417,50	282,50	253,33
1999	459,57	386,20	343,70	383,70	87,97	43,67	150,77	10,13	25,23	357,00	407,60	439,30
2000	451,70	139,30	309,13	231,13	132,37	58,17	47,53	18,95	27,50	257,90	534,30	74,20
2001	247,83	165,90	253,70	231,77	93,60	136,93	61,43	0,33	152,13	178,63	236,70	200,30
2002	266,90	197,03	192,17	70,87	16,23	0,00	0,00	17,40	113,63	0,00	86,97	107,63
2003	250,97	123,93	176,57	57,80	157,17	42,87	53,47	2,70	176,13	98,47	290,13	277,37
Rerata	363,03	216,09	269,79	164,44	79,50	72,50	60,97	21,94	85,00	190,40	277,12	223,91

Sumber: Hasil Analisis



Grafik 1. Curah Hujan Rerata Daerah DAS Tk. Jogading (1994 – 2003)

5.3 Data Debit Sebagai Input Model Regresi

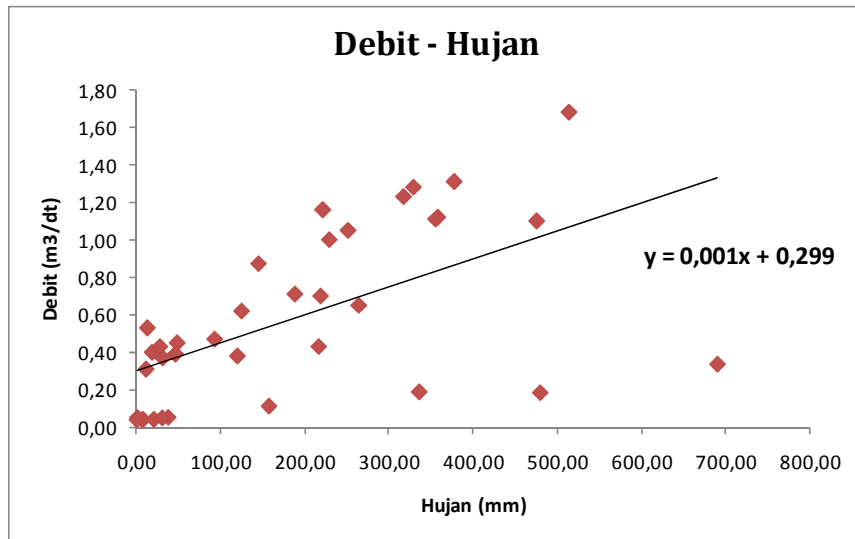
Berikut disajikan data debit Tukad Jogading dari tahun 1994 sampai dengan 1996 yang dipergunakan sebagai input di dalam model regresi.

Tabel 5. Data Debit Sebagai Input Dalam Model Regresi

Tahun	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1994	0,34	0,19	0,18	0,87	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,11
1995	0,43	0,65	1,12	0,70	0,45	1,00	0,53	0,40	0,39	0,71	1,28	1,31
1996	1,68	1,05	1,23	0,62	0,38	0,43	0,37	0,47	0,31	1,11	1,10	1,16

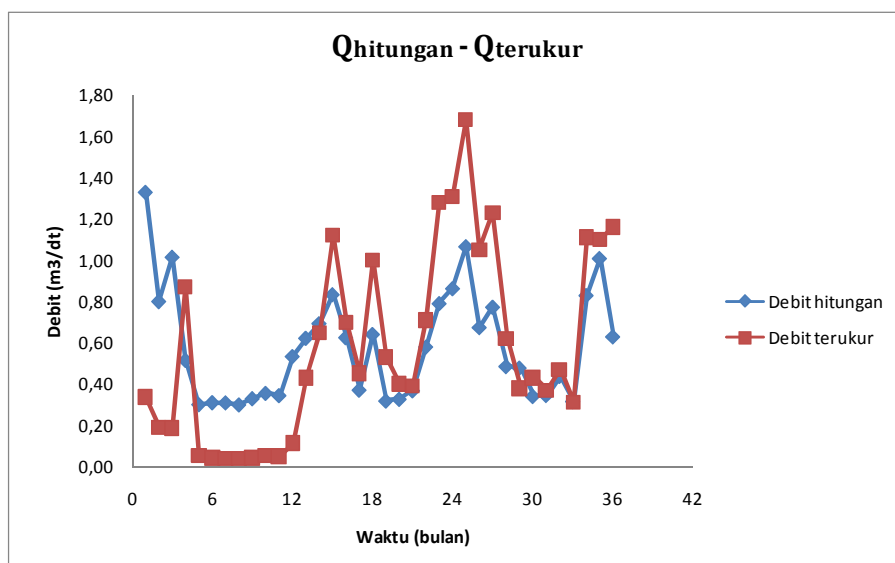
5.4 Model Regresi Linier

Dari data hujan dan data debit pada tahun yang sama, yaitu tahun 1994 sampai 1996, dibuat persamaan regresi yang memberikan hubungan antara hujan (mm) sebagai absis dan debit (m^3/dt) sebagai ordinat seperti ditunjukkan dalam Grafik 2. Persamaan garis tersebut mempunyai bentuk sebagai berikut: $Q = 0,2996 + 0,0015 \cdot R$ (12)



Grafik 2. Hubungan debit Q dan hujan R dengan regresi linier

Berdasarkan Persamaan (12) dan data hujan pada tahun 1994 sampai tahun 1996, dapat dihitung debit aliran. Grafik 3 menunjukkan perbandingan antara debit hasil perhitungan berdasarkan persamaan (12) dengan debit hasil pengukuran. Dari Grafik tersebut terlihat bahwa pada saat tidak terjadi hujan, masih terdapat aliran yang berasal dari aliran dasar. Antara debit hitungan dan debit terukur terdapat suatu perbedaan yang cukup signifikan tetapi masih cukup mampu untuk menginterpretasikan hubungan curah hujan limpasan.



Grafik 3. Perbandingan antara debit hitungan dan pengukuran dengan regresi linier

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (12) dan data hujan dari tahun 1994 sampai tahun 2003, dapat diturunkan debit aliran pada tahun-tahun tersebut. Hasil analisis dan perbandingannya (debit perhitungan dengan debit terukur) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 6. Hitungan debit berdasar data hujan dengan menggunakan persamaan regresi linier

Tahun	Debit	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1994	Debit Hitungan	1,33	0,80	1,02	0,52	0,30	0,31	0,31	0,30	0,33	0,36	0,35	0,53
	Debit Terukur	0,34	0,19	0,18	0,87	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,11
1995	Debit Hitungan	0,62	0,69	0,83	0,63	0,37	0,64	0,32	0,33	0,37	0,58	0,79	0,86
	Debit Terukur	0,43	0,65	1,12	0,70	0,45	1,00	0,53	0,40	0,39	0,71	1,28	1,31
1996	Debit Hitungan	1,07	0,67	0,77	0,49	0,48	0,34	0,35	0,44	0,32	0,83	1,01	0,63
	Debit Terukur	1,68	1,05	1,23	0,62	0,38	0,43	0,37	0,47	0,31	1,11	1,10	1,16
1997	Debit Hitungan	0,72	0,58	0,38	0,38	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31	0,32	0,45	0,50
	Debit Terukur	0,98	1,26	0,55	0,61	0,45	1,23	0,70	0,62	0,57	0,58	1,05	1,41
1998	Debit Hitungan	0,68	0,46	0,63	0,49	0,47	0,53	0,64	0,38	0,70	0,92	0,72	0,68
	Debit Terukur	2,43	0,96	3,06	1,20	0,63	0,65	2,15	0,21	1,06	13,92	3,67	13,17
1999	Debit Hitungan	0,99	0,88	0,81	0,87	0,43	0,36	0,52	0,31	0,34	0,83	0,91	0,96
	Debit Terukur	0,28	0,24	0,24	0,56	0,21	0,04	0,04	0,06	0,05	0,55	0,59	0,42
2000	Debit Hitungan	0,97	0,51	0,76	0,65	0,50	0,39	0,37	0,33	0,34	0,68	1,10	0,41
	Debit Terukur	0,45	0,59	0,87	0,45	0,24	0,26	0,28	0,17	0,08	0,15	0,89	0,20
2001	Debit Hitungan	0,67	0,55	0,68	0,65	0,44	0,50	0,39	0,30	0,53	0,57	0,65	0,60
	Debit Terukur	1,07	1,09	1,15	1,15	0,94	1,11	1,04	0,96	1,01	1,04	1,09	1,08
2002	Debit Hitungan	0,70	0,59	0,59	0,41	0,32	0,30	0,30	0,33	0,47	0,30	0,43	0,46
	Debit Terukur	2,09	2,04	2,56	1,74	1,19	0,90	0,87	0,89	0,87	0,82	3,48	2,85
2003	Debit Hitungan	0,67	0,48	0,56	0,39	0,53	0,36	0,38	0,30	0,56	0,45	0,73	0,71
	Debit Terukur	1,37	1,57	1,52	1,28	1,38	1,08	0,85	0,81	0,96	1,18	1,64	1,72

Sumber : Hasil analisis, 2014

5.5 Model Regresi Non Linier

Dua transformasi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi berpangkat dan fungsi eksponensial. Fungsi pertama adalah fungsi berpangkat dengan persamaan sebagai berikut: $y = a_2 x^{b_2}$ dimana fungsi tersebut dapat dilinierkan dengan menggunakan fungsi logaritmik sehingga didapat : $\log y = b_2 \log x + \log a_2$

Selanjutnya dengan fungsi kedua dengan menggunakan fungsi eksponensial: $y = a_1 e^{b_1 x}$ dimana fungsi tersebut dilinierkan dengan menggunakan logaritma natural sehingga menjadi: $\ln y = \ln a_1 + b_1 x$.

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi yang memberikan hubungan antara hujan (mm) sebagai absis dan debit (m^3/dt) sebagai ordinat adalah sebagai berikut.

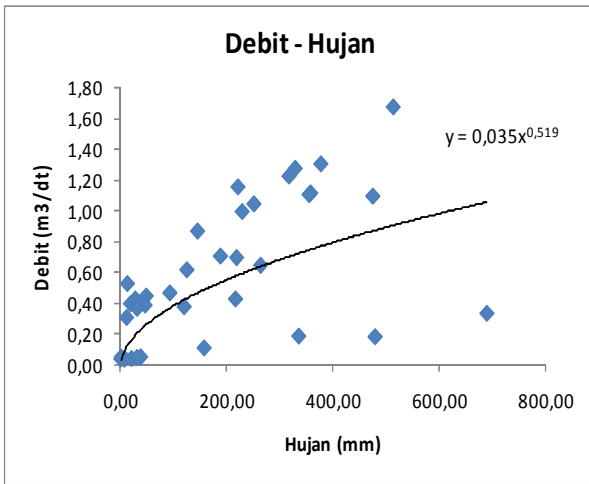
- Berdasarkan fungsi logaritmik didapat persamaan regresi:

$$Q = 0,0357 R^{0,519} \quad (13)$$

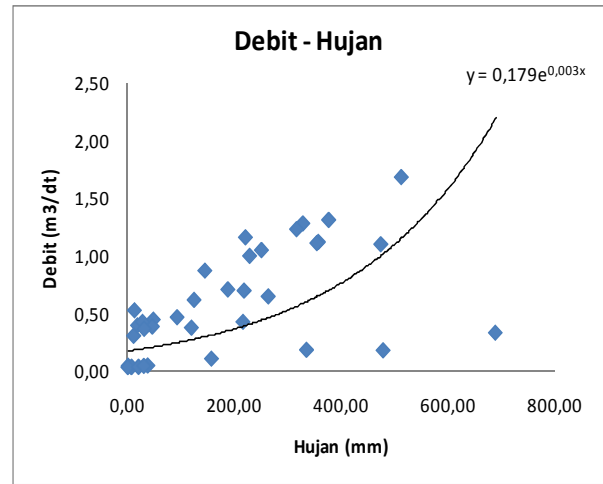
- Berdasarkan fungsi eksponensial didapatkan persamaan regresi:

$$Q = 0,1798 e^{0,0036R} \quad (14)$$

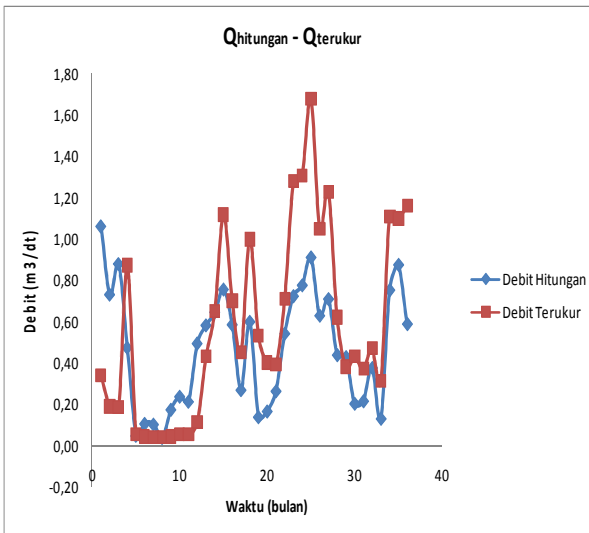
Berdasarkan Persamaan (13) dan data hujan pada tahun 1994 sampai tahun 1996 maupun Persamaan (14) dan data hujan tahun 1994 sampai 1996, dapat dihitung debit aliran. Grafik 4 dan 5 menunjukkan perbandingan antara debit hasil perhitungan berdasarkan persamaan (13) dan persamaan (14) dengan debit hasil pengukuran. Antara debit hitungan dan debit terukur terdapat suatu perbedaan yang cukup signifikan tetapi masih cukup mampu untuk menginterpretasikan hubungan curah hujan limpasan.



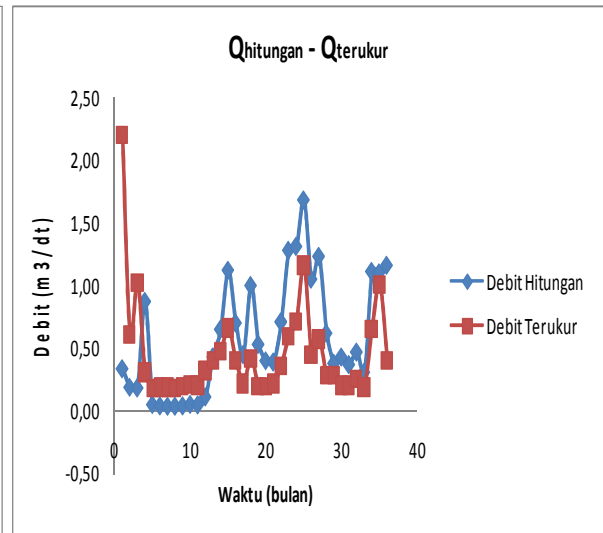
Grafik 4. Hubungan debit Q dan hujan R dengan regresi non linier logaritmik



Grafik 5. Hubungan debit Q dan hujan R dengan regresi non linier eksponensial



Grafik 6. Perbandingan antara debit hitungan dan pengukuran dengan regresi non linier logaritmik



Grafik 7. Perbandingan antara debit hitungan dan pengukuran dengan regresi non linier eksponensial

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (13) dan data hujan dari tahun 1994 sampai tahun 2003 maupun Persamaan (14) dan data hujan tahun 1994 sampai 1996, dapat diturunkan debit aliran pada tahun-tahun tersebut. Hasil analisis dan perbandingannya (debit perhitungan dengan debit terukur) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 7. Hitungan debit berdasar data hujan dengan menggunakan persamaan regresi non linier logaritmik

Tahun	Debit	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1994	Debit Hitungan	1,061	0,730	0,879	0,473	0,047	0,105	0,102	0,036	0,173	0,236	0,212	0,493
	Debit Terukur	0,336	0,189	0,185	0,872	0,052	0,042	0,039	0,040	0,042	0,053	0,050	0,113
1995	Debit Hitungan	0,582	0,645	0,755	0,585	0,268	0,599	0,137	0,165	0,262	0,541	0,723	0,776
	Debit Terukur	0,430	0,650	1,120	0,700	0,450	1,000	0,530	0,400	0,390	0,710	1,280	1,310
1996	Debit Hitungan	0,911	0,629	0,709	0,438	0,428	0,202	0,214	0,376	0,129	0,752	0,875	0,588
	Debit Terukur	1,680	1,050	1,230	0,620	0,380	0,430	0,370	0,470	0,310	1,110	1,100	1,160
1997	Debit Hitungan	0,663	0,544	0,275	0,279	0,195	0,178	0,146	0,079	0,096	0,137	0,387	0,449
	Debit Terukur	0,980	1,260	0,554	0,613	0,450	1,230	0,695	0,620	0,574	0,579	1,050	1,415
1998	Debit Hitungan	0,635	0,405	0,584	0,442	0,411	0,491	0,599	0,278	0,652	0,818	0,668	0,631
	Debit Terukur	2,434	0,960	3,061	1,203	0,631	0,647	2,155	0,208	1,057	13,916	3,667	13,166
1999	Debit Hitungan	0,860	0,786	0,740	0,783	0,365	0,253	0,482	0,119	0,191	0,754	0,808	0,840
	Debit Terukur	0,280	0,240	0,240	0,560	0,210	0,040	0,040	0,060	0,050	0,550	0,590	0,420
2000	Debit Hitungan	0,852	0,463	0,700	0,602	0,451	0,294	0,265	0,164	0,199	0,637	0,930	0,334
	Debit Terukur	0,450	0,590	0,870	0,450	0,240	0,260	0,280	0,170	0,080	0,150	0,890	0,200
2001	Debit Hitungan	0,624	0,507	0,632	0,603	0,377	0,459	0,303	0,020	0,484	0,527	0,609	0,559
	Debit Terukur	1,070	1,090	1,150	1,150	0,940	1,110	1,040	0,960	1,010	1,040	1,090	1,080
2002	Debit Hitungan	0,649	0,554	0,547	0,326	0,152	0,000	0,000	0,157	0,416	0,000	0,362	0,405
	Debit Terukur	2,094	2,042	2,562	1,737	1,192	0,901	0,870	0,888	0,874	0,817	3,483	2,853
2003	Debit Hitungan	0,628	0,436	0,523	0,293	0,493	0,251	0,282	0,060	0,523	0,387	0,677	0,662
	Debit Terukur	1,373	1,569	1,521	1,276	1,385	1,084	0,847	0,807	0,958	1,184	1,643	1,725

Sumber : Hasil analisis, 2014

Tabel 8. Hitungan debit berdasar data hujan dengan menggunakan persamaan regresi non linier eksponensial

Tahun	Debit	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1994	Debit Hitungan	2,201	0,609	1,026	0,305	0,181	0,185	0,185	0,181	0,194	0,207	0,201	0,319
	Debit Terukur	0,336	0,189	0,185	0,872	0,052	0,042	0,039	0,040	0,042	0,053	0,050	0,113
1995	Debit Hitungan	0,395	0,469	0,660	0,398	0,215	0,414	0,189	0,193	0,213	0,356	0,594	0,708
	Debit Terukur	0,430	0,650	1,120	0,700	0,450	1,000	0,530	0,400	0,390	0,710	1,280	1,310
1996	Debit Hitungan	1,161	0,448	0,569	0,283	0,278	0,199	0,202	0,252	0,188	0,653	1,010	0,402
	Debit Terukur	1,680	1,050	1,230	0,620	0,380	0,430	0,370	0,470	0,310	1,110	1,100	1,160
1997	Debit Hitungan	0,495	0,359	0,217	0,218	0,198	0,195	0,190	0,183	0,184	0,189	0,257	0,290
	Debit Terukur	0,980	1,260	0,554	0,613	0,450	1,230	0,695	0,620	0,574	0,579	1,050	1,415
1998	Debit Hitungan	0,456	0,266	0,397	0,286	0,269	0,317	0,414	0,217	0,479	0,820	0,502	0,452
	Debit Terukur	2,434	0,960	3,061	1,203	0,631	0,647	2,155	0,208	1,057	13,916	3,667	13,166
1999	Debit Hitungan	0,956	0,732	0,627	0,726	0,248	0,211	0,311	0,187	0,197	0,659	0,791	0,888
	Debit Terukur	0,280	0,240	0,240	0,560	0,210	0,040	0,040	0,060	0,050	0,550	0,590	0,420
2000	Debit Hitungan	0,929	0,298	0,553	0,417	0,291	0,222	0,214	0,193	0,199	0,459	1,254	0,236
	Debit Terukur	0,450	0,590	0,870	0,450	0,240	0,260	0,280	0,170	0,080	0,150	0,890	0,200
2001	Debit Hitungan	0,443	0,329	0,452	0,418	0,253	0,296	0,225	0,180	0,313	0,344	0,425	0,373
	Debit Terukur	1,070	1,090	1,150	1,150	0,940	1,110	1,040	0,960	1,010	1,040	1,090	1,080
2002	Debit Hitungan	0,475	0,368	0,362	0,233	0,191	0,180	0,180	0,192	0,272	0,180	0,247	0,266
	Debit Terukur	2,094	2,042	2,562	1,737	1,192	0,901	0,870	0,888	0,874	0,817	3,483	2,853
2003	Debit Hitungan	0,448	0,282	0,342	0,222	0,319	0,210	0,218	0,182	0,341	0,257	0,516	0,493
	Debit Terukur	1,373	1,569	1,521	1,276	1,385	1,084	0,847	0,807	0,958	1,184	1,643	1,725

Sumber : Hasil analisis, 2014

5.6 Pengujian Kinerja Model Regresi

Analisa terakhir yang dilakukan adalah melakukan pengujian terhadap kinerja model regresi yang telah digunakan untuk mencari hubungan antara hujan dengan limpasan sekaligus sebagai salah satu alternatif di dalam pembangkitan data debit. Dalam penelitian ini digunakan parameter uji statistik koefisien korelasi (r) dan kesalahan absolute rata-rata (KAR). Nilai r bervariasi antara 0 dan 1. Untuk perkiraan yang sempurna, nilai $r = 1$ dan apabila $r = 0$ maka perkiraan suatu fungsi sangat jelek. Untuk nilai KAR , persamaan (11) yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan formulasi dari Adidarma, Hadidardaja dan Legowo (2004). Penerapan KAR dalam penelitian ini karena menurut Adidarma, Hadidardaja dan Legowo (2004), nilai KAR lebih memperhatikan debit kecil daripada debit besar sehingga sangat bermanfaat bagi pengembangan sumber daya air. Analisis kinerja dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 9. Kinerja Model

Model Regresi	Kinerja			Keterangan
	r	% r	KAR	
Linier	0,5817	58,17%	0,0127	kinerja cukup baik untuk merepresentasikan hubungan curah hujan limpasan dan pembangkitan data debit
Logaritmik	0,6037	60,37%	0,9600	kinerja cukup baik untuk merepresentasikan hubungan curah hujan limpasan dan pembangkitan data debit
Eksponensial	0,2190	21,90%	1,3361	kinerja tidak baik untuk merepresentasikan hubungan curah hujan limpasan dan pembangkitan data debit

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan model regresi di dalam modelisasi curah hujan limpasan memberikan hasil yang relatif cukup baik, dapat dilihat pada model regresi linier dengan nilai $r = 0,5817$ dan $KAR = 0,0127$ serta model regresi non linier (logaritmik) dengan nilai $r = 0,6037$ dan $KAR = 0,96$. Dari hasil tersebut terlihat bahwa model regresi memiliki kemampuan yang relatif cukup baik dalam mereplikasi fluktuasi debit yang acak ke dalam bentuk model buatan yang memiliki fluktuasi yang hampir sama dan juga dapat diterapkan dalam modelisasi curah hujan limpasan.
2. Dengan hasil yang relatif cukup baik tersebut, model regresi kiranya dapat dijadikan sebagai alternative atau cara pendahuluan yang paling sederhana di dalam pembangkitan data debit. Apabila data debit yang tersedia tidak lengkap atau kurang, model ini bisa diterapkan terlebih dahulu.

Saran yang bisa diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Di dalam modelisasi dengan menggunakan model regresi, data yang diperlukan (data curah hujan dan data debit) agar cukup lengkap dan valid. Data lengkap dan valid diperlukan agar hasil analisis yang didapatkan nantinya menjadi lebih optimal.
2. Dapat mempergunakan model yang lain untuk memodelisasi curah hujan menjadi limpasan sekaligus dalam pembangkitan data debit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2006). *Laporan Hidrologi*. Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Satuan Kerja NVT Pengembangan dan Pengelolaan Sumber Air Bali, Denpasar.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hadihardaja, I.K., Sutikno, S., 2005, “*Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan Metode Backpropagation*”, *Jurnal Teknik Sipil ITB*, Vol. 12 No. 4: 249-258.
- Kusumadewi, S. (2004). *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan Excel Link*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D. (1999). *Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sunaryo, T.M., dkk. (2004). *Pengelolaan Sumber Daya Air; Konsep dan Penerapannya*. Bayumedia Publishing, Malang.
- Triatmodjo, B. (2002). *Metode Numerik*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.