

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode

Metode atau pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa penelitian eksperimental murni (*true-experiment*), yaitu dengan mempelajari hubungan sebab-akibat dengan cara menginventarisir perubahan yang terjadi pada DAS beserta karakteristiknya dan fenomena banjir di sungai.

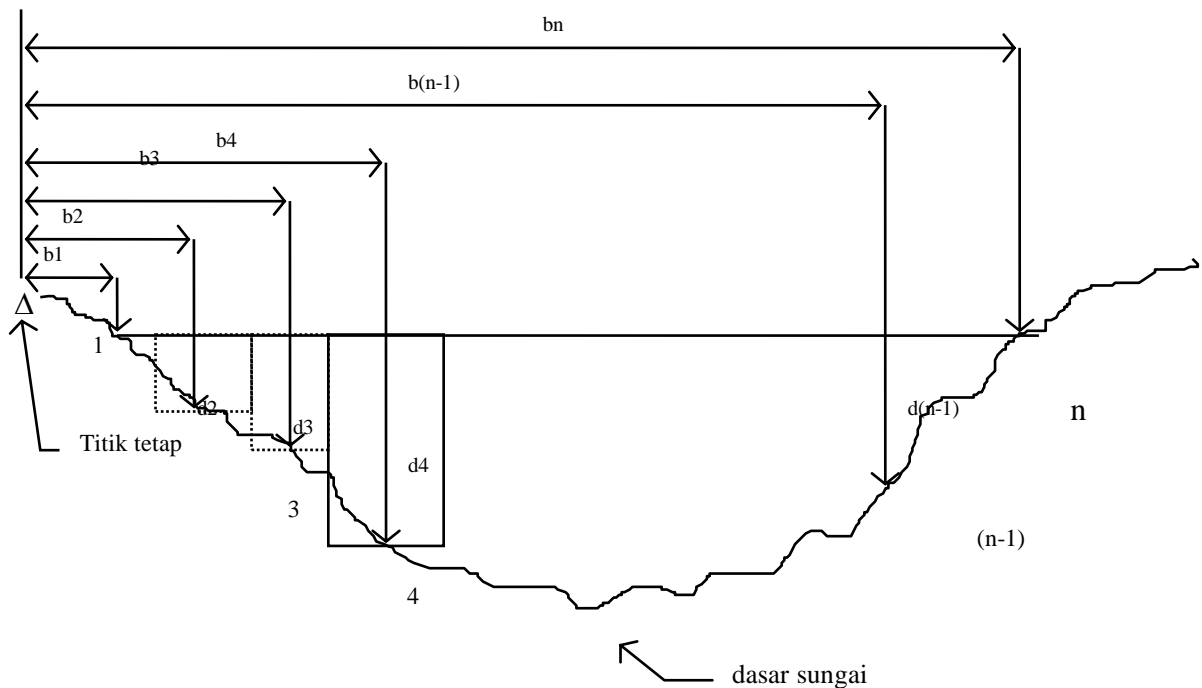
Perhitungan debit banjir hasil pengukuran di lapangan dapat dilakukan berdasar salah satu metode berikut.

- a) Metode Aritmatik, diantaranya adalah metode Interval tengah (*mid-section method*) dan interval rata-rata (*mean-section method*);
- b) Metode Grafis diantaranya adalah interval kecepatan kedalaman (*depth velocity integration method*) dan kontur kecepatan (*velocity contour method*).

Pemilihan metode perhitungan debit pengukuran tergantung kepada; peralatan dan metode pengukuran debit, keadaan aliran saat pengukuran debit, jenis sungai dan ketelitian yang diinginkan. Perhitungan debit pengukuran dengan metode aritmatik lebih banyak disukai karena akan dapat memberikan hasil perhitungan yang cukup teliti, sederhana dan cepat serta dapat dilaksanakan dengan program komputer. Metode grafis biasanya digunakan untuk mengetahui sifat dari aliran dan memerlukan banyak titik pengukuran debit di setiap vertikal.

Pada penelitian ini digunakan analisis metode interval tengah, pada metode ini kecepatan aliran pada setiap vertikal dianggap sebagai kecepatan aliran rata-rata dari luas segi empat yang dibatasi oleh dua garis vertikal yang berurutan. Gambar

penampang melintang dapat diperoleh dengan menghubungkan titik-titik kedalaman (1, 2, 3, ... n) yang berurutan. Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Sketsa Penampang Pengukuran Debit

Penyebaran kecepatan rata-ratanya ke arah vertikal stiap garis kedalaman dapat diukur dengan alat ukur arus (*current meter*). Secara matematis debit pada setiap bagian tampang basah dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut.

$$q_x = V_x \frac{b_x - b_{(x-1)}}{2} + \frac{b_{(x+1)} - b_x}{2} d_x \dots\dots\dots 3.1)$$

$$q_x = V_x d_x \frac{b_{(x+1)} - b_{(x-1)}}{2} \dots\dots\dots 3.2)$$

dengan, q_x = debit pada bagian penampang x

V_x = kecepatan rata-rata pada garis kedalaman vertikal x

b_x = jarak vertikal x dari titik tetap

$b_{(x-1)}$ = jarak vertikal sebelum titik x dari titik tetap

$b_{(x+1)}$ = jarak vertikal sesudah titik x dari titik tetap

d_x = kedalaman aliran pada vertikal x

Sebagai contoh dapat diambil perhitungan debit pada vertikal 4 (pada gambar bidang yang diarsir), maka :

$$q_4 = V_4 d_4 \frac{b_5 - b_3}{2} \dots\dots\dots 3.3)$$

Perhitungan tersebut sama juga jika x terletak pada titik awal atau akhir yang dirumuskan sebagai berikut.

$$q_1 = V_1 d_1 \frac{b_2 - b_1}{2} \dots\dots\dots 3.4)$$

$$q_n = V_n d_n \frac{b_n - b_{(n-1)}}{2} \dots\dots\dots 3.5)$$

Dari gambar 3.1 terlihat bahwa nilai $q_1 = 0.0$ karena kedalaman aliran pada titik pengukuran 1 = 0,0. Melakukan pengukuran debit pada vertikal paling tepi dengan teliti dan benar kadang-kadang sangat sulit oleh karena itu perlu dibandingkan dengan hasil pengukuran yang berdampingan.

Jumlah debit dari setiap bagian penampang basah adalah merupakan debit yang melalui penampang melintang sungai yang bersangkutan. Cara interval tengah banyak digunakan di Indonesia, karena prosedur perhitungannya tidak terlalu rumit dan cukup teliti.

Mengingat terbatasnya potensi untuk melakukan pengumpulan data perubahan tata guna lahan, maka mengamati adanya perubahan tata guna lahan

dalam penelitian ini dilakukan studi dokumentasi dengan melakukan survey data pada instansi-instansi yang berwenang dalam hal kepengurusan masalah tata gunalahan, dalam hal ini dilakukan survey pada Bappeda Propinsi Jawa Barat.

3.2 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengukuran debit di lapangan terdiri dari :

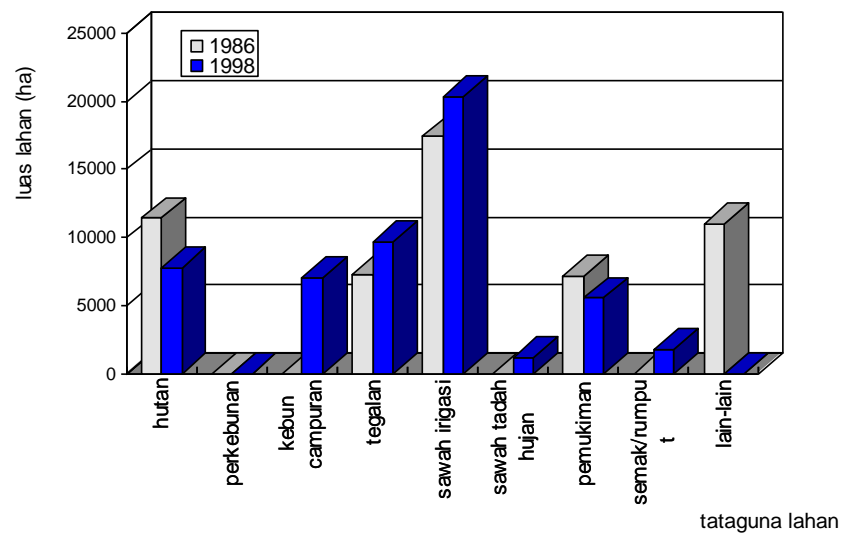
- a) Alat ukur kecepatan arus air (current meter) satu set lengkap
- b) Theodolit satu set (bak ukur, jalon, tripod, payung)
- c) Benang kasur dan benang plastik
- d) Mistar baja
- e) Roll meter
- f) Form pencatatan pengamatan
- g) Palu dan paku 10 cm secukupnya
- h) Patok-patok kayu
- i) Slang waterpass
- j) Alat bantu lainnya (golok tebas, dll.)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Tata Guna Lahan

Gambar berikut menunjukkan tata guna lahan yang ada di Sub DAS Citarik, yang terdiri dari hutan, perkebunan, kebun campuran, tegalan, sawah irigasi, sawah tadah hujan, pemukiman, semak/rumput dan lain-lain. Masing-masing penggunaan lahan tersebut diperoleh untuk kondisi tata guna lahan tahun 1986 dan tahun 1998.



Gambar 4.1 Grafik Tata Guna Lahan di Sub DAS Citarik

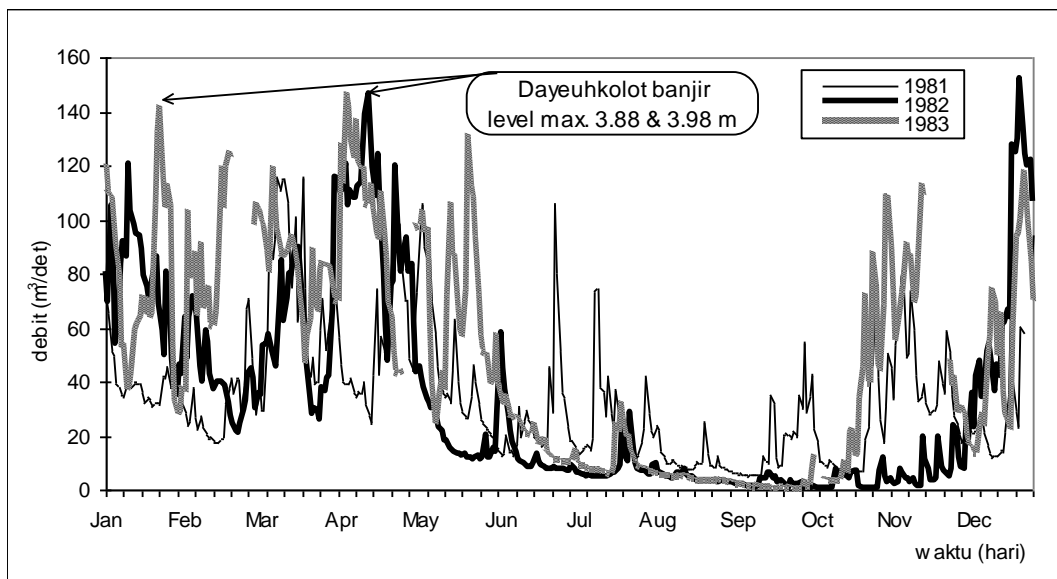
Diantara tata guna lahan yang bervariasi dalam Sub DAS Citarik ini, yang paling banyak memberikan kontribusi pada peningkatan *peak discharge* di sungai-sungai adalah kondisi hutan. Hutan berpengaruh dalam proses infiltrasi dan proses aliran *runoff* yang keduanya memberikan kontribusi pada proses *recharge* kondisi air tanah (*ground water flow*) dan kondisi air permukaan (*surface water*) saat terjadi hujan. Laju infiltrasi yang diharapkan dalam proses recharge adalah laju infiltrasi yang besar, sehingga produk air (*water yield*) menjadi besar pula demi

kepentingan kehidupan manusia. Untuk tujuan ini hutan akan dipengaruhi oleh jenis tutupan vegetasinya (*vegetal cover*), kondisi hutan yang asli dengan lapisan humus yang baik dapat memberikan laju infiltrasi sebesar 72 mm/menit; untuk hutan tanpa lapisan humus memberikan laju infiltrasi sebesar 17,5 mm/menit dan untuk tanah yang gundul sekitar 5,5 mm/menit, laju infiltrasi inipun masih tergantung kepada jenis tanah, kepadatan tanah, kelembaban tanah dan *vegetal cover*. Akibat dari aktivitas manusia yang meningkat karena didesak kebutuhan ekonomi, maka hutan sering menjadi sasaran empuk penjarahan, pohon-pohon ditebangi yang artinya mengurangi/menghilangkan jenis tutupan lahan, akan terjadi respon menurunnya laju infiltrasi dan sebaliknya aliran runoff akan meningkat, sehingga akumulasi air di alur-alur sungai akan meningkat pula. Resikonya akibat intervensi manusia yang berlebihan ini akan terjadi banjir, sejalan dengan pengurangan luas hutan, maka catatan kejadian banjir akibat penggundulan hutan telah banyak melahirkan kerugian fisik, material bahkan nyawa. Pada tahun 1993 dan tahun 1994 tercatat di sekitar cekungan Dayeuhkolot terjadi genangan banjir dengan frekuensi cukup lama.

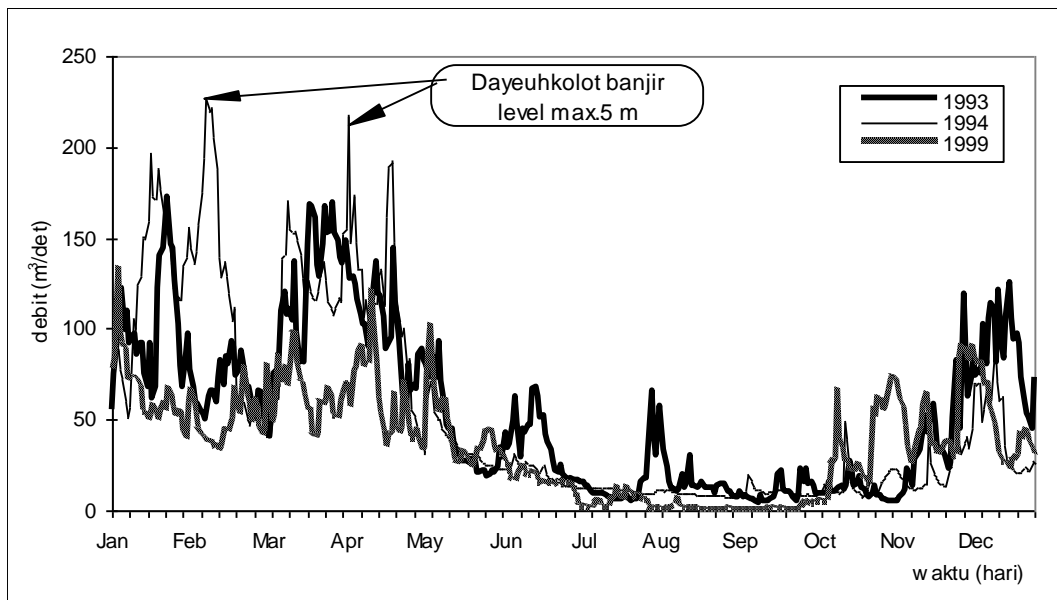
Dari gambar tersebut nampak bahwa selama periode dua belas tahun telah terjadi perubahan hutan dari tahun 1986 seluas 11.439,41 Ha (21,07 % dari luas DAS yang ada) menjadi 7.745,78 Ha (14,48 % dari DAS yang ada) pada tahun 1998, sehingga telah terjadi kehilangan luas hutan sebesar 3.693,63 Ha selama dua belas tahun terakhir.

4.2 Debit Aliran

Seiring dengan terjadinya kehilangan hutan atau telah terjadi konversi hutan menjadi lahan yang berfungsi lain, maka dampaknya terhadap aliran runoff menjadi meningkat. Pada alur-alur sungai di sekitar Sub DAS Citarik yang diukur di stasiun pencatat muka air di Dayeuhkolot menunjukkan adanya peningkatan peak discharge. Pada dekade tahun 1982 - 1983 telah terjadi peak discharge sebesar masing-masing adalah $152 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang terjadi pada tanggal 25 Desember 1982 dan sebesar $147 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang terjadi pada tanggal 5 April 1983 (gambar 4.2)



Gambar 4.2 Debit Aliran Tahun 1981-1983 di Sub-DAS Citarik



Gambar 4.3 Debit Aliran Tahun 1993, 1994 & 1999 di Sub-DAS Citarik

Pada dekade tahun 1993 & 1994 telah terjadi peak discharge sebesar masing-masing adalah $173 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang terjadi pada tanggal 23 Januari 1993 dan sebesar $227 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang terjadi pada tanggal 7 Februari 1994 dan data terakhir pada tahun 1999 peak discharge mengalami penurunan hingga sebesar $134 \text{ m}^3/\text{det}$ hal ini disebabkan adanya upaya-upaya hidraulik pada Sungai Citarum dalam rangka mengurangi debit puncak (gambar 4.3) dan upaya mempertahankan luas hutan yang ada hingga beberapa tahun ke depan diusahakan luas hutan konstan. Dari kedua gambar di atas tampak bahwa telah terjadi peningkatan peak discharge antara periode 1980an dengan periode tahun 1990an yang cukup berarti. Dari record peristiwa kejadian banjir maksimum di Dayeuhkolot yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut (Detailed Design of Citarum Upstream, 1995).

Tabel 4.1 Elevasi Banjir Maksimum di Dayeuhkolot

Tahun	Level Banjir Maksimum (m)	Kedalaman Hujan Rata-rata DAS (mm)		Debit Maksimum di Nanjung (m ³ /det)
		5 harian	Bulanan	
11-15 April 1982	3,88	107	437	261
15-19 Februari 1983	3,98	109	351	303
11-15 Januari 1984	4,78	141	353	335
7-11 Maret 1986	5,38	116	357	310
20-24 Januari 1988	4,68	109	-	312
10-14 Januari 1994	-	117	301	-
30 Mar - 4 Apr 1994	5,00	77	-	-

4.3 Luas Genangan

Data dari beberapa catatan peristiwa banjir di wilayah Sub DAS Cutarik dapat dilihat pada tabel berikut yang bersumber dari hasil pemantauan Project Citarum Hulu tahun 1995.

Tabel 4.2 Hujan DAS 5-harian dan Luas Genangan

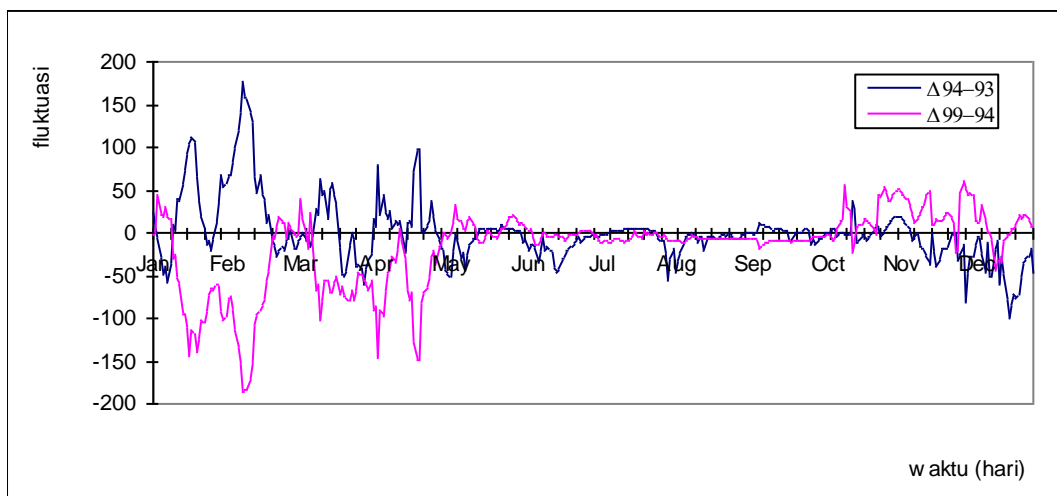
No	Tanggal Kejadian	Hujan 5-harian di Sub DAS Sapan (mm)	Hujan 5-harian di Sub DAS Dayeuhkolot (mm)	Luas Genangan (Ha)
1	7-11 Maret 1986	-	116	7.249
2	20-24 Jan. 1988	-	109	4.085
3	12-16 Maret 1992	96	88	1.800
4	9-13 April 1992	79	74	1.550
5	9-13 Desember 1992	90	76	605
6	10-14 Januari 1994	136	117	3.036
7	2-6 Februari 1994	95	76	-
8	8-12 Maret 1994	103	91	-
9	30 Mar-4 Apr 1994	96	77	3.500

Kedalaman dan durasi banjir pada lokasi-lokasi tertentu di wilayah sub DAS Citarik untuk beberapa kejadian hujan telah banyak menyita kerugian, terutama untuk peristiwa banjir tahun 1994 kedalaman banjir berkisar antara 30 cm hingga 150 cm dengan durasi yang bervariasi antara 6 jam hingga 4 hari. Banjir ini

telah menggenangi daerah-daerah potensial seperti tempat tinggal penduduk, jalan raya dan sawah. Peta luas genangan banjir dapat dilihat pada lampiran.

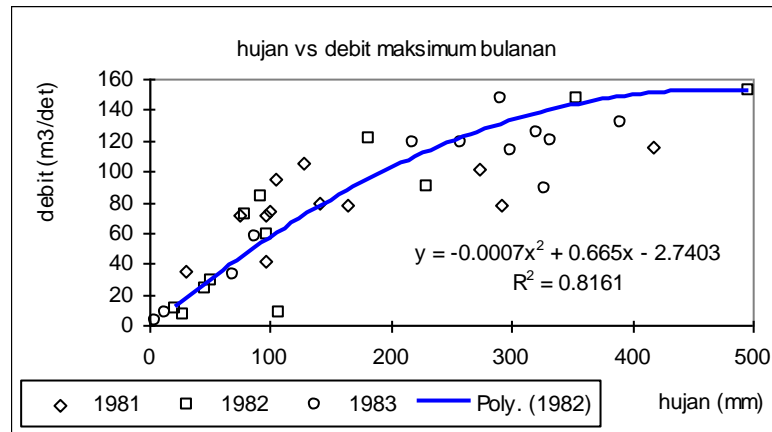
4.4 Fluktuasi Debit Aliran

Untuk melihat adanya variasi aliran dari waktu ke waktu, dari hasil pencatatan/pengamatan elevasi muka air di Stasiun Dayeuhkolot diperoleh tipikal fluktuasi debit aliran tahunan seperti pada Gambar 4.4. Fluktuasi aliran (debit) untuk kasus tinjauan dalam pembahasan ini, terlihat ada dua buah kecenderungan yang sangat mencolok, untuk fluktuasi 94-93 terjadi selisih nilai yang positif yang artinya pada akhir periode pengamatan terjadi penambahan debit yang cukup signifikan, hal dibuktikan dengan terjadinya banjir untuk tahun 1994 yang cukup besar dengan durasi yang cukup lama pula. Sedangkan kecenderungan kedua yaitu pada akhir periode tahun 1999 terjadi selisih nilai yang negatif yang berarti pada akhir periode pengamatan terjadi pengurangan debit.



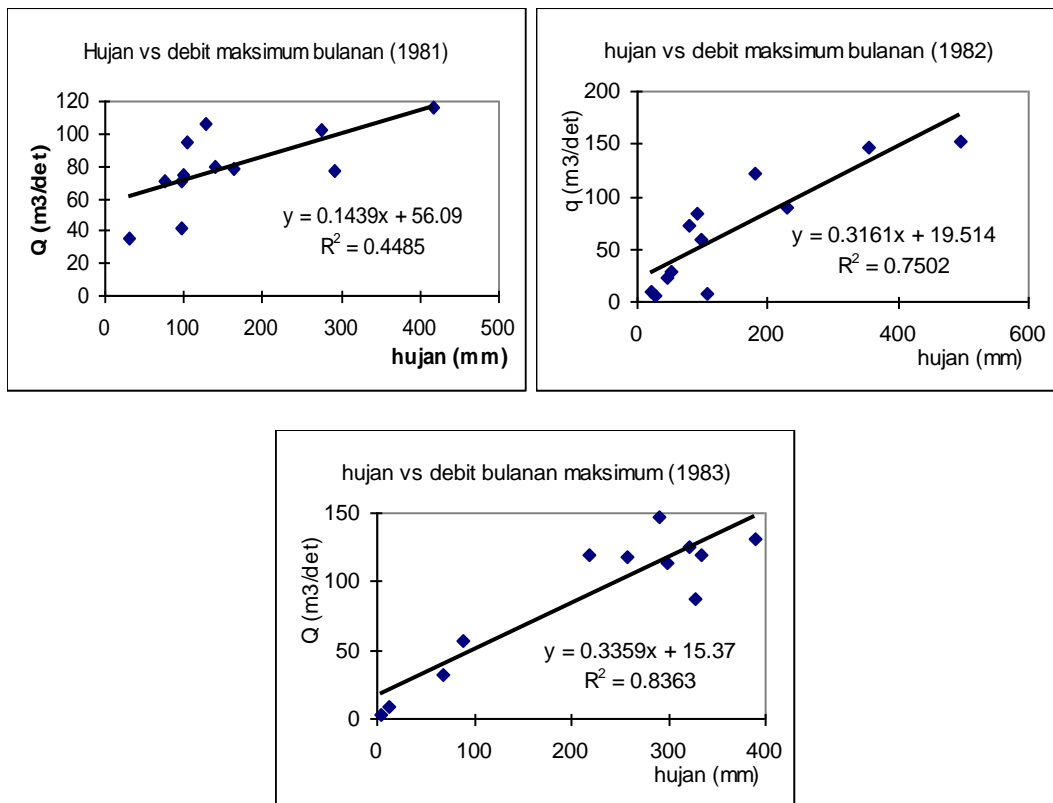
Gambar 4.4 Fluktuasi Debit

Kedua fenomena bertambah dan berkurangnya besaran debit di atas terjadi pada waktu ekstrim basah (Januari - Maret), sedangkan pada kondisi normal perubahan relatif tidak berarti.



Gambar 4.5 Korelasi Hujan - Debit Bulanan

Pada Gambar 4.5 berusaha menghubungkan fenomena hujan bulanan maksimum dengan debit aliran bulanan maksimum untuk waktu yang sama, ternyata dari kedua parameter data tersebut (diambil sampel lengkap untuk tiga tahun seri data) menunjukkan bahwa hujan tidak berkorelasi linier dengan fenomena debit aliran di sungai. Evaluasi ini membawa implikasi bahwa debit aliran yang berada di Sungai Citarum tidak terlalu banyak dipengaruhi hujan, tetapi faktor tata guna lahan pada DAS yang bersangkutan memberikan kontribusi berarti terhadap fluktuasi debit aliran di sungai, dari Gambar 4.5 di atas nilai R^2 terbesar diperoleh dengan jenis regresi polinomial orde-2 sebesar 0,82. Tetapi jika diplotkan untuk masing-masing data dengan regresi linier seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4.5 Regresi Linier Data Hujan - Debit

Dari ketiga data jika diplotkan secara regresi linier, masing-masing kasus memberikan nilai R^2 sebesar 0,45; 0,75 dan 0,84 atau rata-rata nilai $R^2 = 0,68$ yang secara kualitatif menunjukkan bahwa debit aliran di Sungai Citarum cukup mempunyai ketergantungan kepada kejadian hujan dalam DAS tersebut. Implikasinya bahwa debit aliran yang terjadi di Sungai Citarum masih dipengaruhi oleh unsur pemakaian lahan (tata guna lahan) dalam DAS Citarum Hulu ini. Sedangkan nilai koefisien korelasi untuk masing-masing data yang menghubungkan data hujan maksimum bulanan dengan debit maksimum bulanan berturut-turut diperoleh sebesar 0,67; 0,87 dan 0,91 (rata-rata 0,82). Jadi kejadian hujan cukup berpengaruh terhadap kejadian banjir di sungai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pembahasan sederhana di muka akhirnya membawa kepada suatu simpulan yang dapat memberikan telaah praktis pada fenomena perubahan lahan dan fenomena banjir di sungai. Simpulan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

- a) Parameter tata guna lahan yang paling besar pengaruhnya terhadap fluktuasi debit aliran di sungai adalah parameter areal hutan, yang terdiri dari luas hutan, jenis penutupan hutan, kemiringan lahan dan jenis tanah.
- b) Pola penggunaan lahan di sub-Daerah Aliran Sungai Citarik kurang terkendali, dari tahun 1986 hingga 1998 telah terjadi perubahan dari berbagai penggunaan lahan non-pemukiman (kebun campuran dan pertanian lahan kering) seluas 4600 ha berubah menjadi areal pemukiman dan industri. Areal hutan pada tahun 1986 hingga tahun 1998 berkurang seluas 3.694 ha. Areal pertanian berupa kebun campuran mengalami peningkatan menjadi 7.071,35 ha
- c) Selama kurun waktu 24 tahun, peningkatan *peak discharge* sangat berarti akibat adanya perubahan pola penggunaan lahan, beberapa *peak discharge* pada bulan-bulan tertentu berada di atas *peak discharge* tahun sebelumnya yang sudah bisa diperkirakan belum terlalu banyak perubahan pemakaian lahan.
- d) Debit aliran yang ada di Sungai Citarum hanya tergantung pada hujan sebesar 68% dalam kondisi ekstrim (banjir), sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti pemanfaatan lahan yang ada dalam Daerah Aliran Sungai.

5.2 Saran

Dari materi yang telah diuraikan di atas, sedikit saran menyangkut hal-hal berikut ini.

- a) Upaya *bio-fisik* untuk melakukan perbaikan dan untuk menghindari terjadinya peningkatan *peak discharge*, penggunaan lahan harus diusahakan berubah kearah yang dapat mengurangi terjadinya *run off* yang besar sehingga dapat menekan fluktuasi debit aliran sampai berada pada batas yang normal (sesuai kapasitas sungai yang ada), mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi (yang berbanding lurus dengan pengurangan koefisien *run off*) , penutupan lahan (*vegetal cover*) yang representatif guna mengurangi bahaya erosi dan sedimentasi di sungai, serta upaya *bio-ekonomi* untuk meningkatkan produktifitas lahan bagi peningkatan pendapatan petani.
- b) Usahakan luas hutan konstan dan ada upaya untuk melakukan *afforestation* dengan melibatkan unsur-unsur masyarakat setempat, pendekatan yang digunakan adalah pendekatan sosial-edukasi yang dapat memberikan pengetahuan secara merata untuk seluruh lapisan masyarakat sekitar DAS Citarum umumnya dan Sub DAS Citarik khususnya, sehingga dicapai rasa sadar masyarakat akan pentingnya hutan untuk kelestarian sumber daya air dan untuk keselamatan mahluk hidup lainnya yang berada di hilir DAS.
- c) Penanganan Daerah Aliran Sungai harus terpadu, sinergi dan berkesinambungan antara unsur teknis dan non-teknis, pemerintah dengan masyarakat, biota dan fisik serta unsur lainnya, yang ditunjang dengan

penegakan hukum atau undang-undang yang mengatur eksploitasi alam/lingkungan yang tegas dan berwibawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Ilyas M. 1986, *Penelitian Pelestarian Sumber-sumber Air dan Erosi di DAS Citarum Hulu*, Puslitbang Pengairan, Bandung.
- Arsyad, S., 1979, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB Press, Bogor.
- Gustard, A., L.A. Roald, S. Demuth, H.S. Lumadjeng and R. Gross, 1989, *Modelling the Impact of Afforestation and Clear Felling*, In Flow Regimes from Experimental and Network Data (FRIEND), Vol 1: pp. 244-270.

- Hall, M.J., 1984, *Urban Hydrology*, Elsevier Applied Science Publisher, London.
- Hooghart, J.C, Posthumus, C.W.S. and Warmerdam, P.M.M., 1990, *Hydrological Research Basins and The Environment*, Proceedings of The International Conference, Netherlands.
- Lawrence S. Hamilton, 1992, *Daerah Aliran Sungai Hutan Tropika*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- O'Loughlin, G., Huber, W. And Chocat B., 1996, *Rainfall-runoff Processes and Modelling*, Journal of Hydraulics Research, Vol. 34, No. 6.
- Pacific Consultants International, 1995, *Detailed Design of Citarum (Upstream), Citarik and Cikeruh River Improvements*, Ministry of Public Work, Indonesia.
- Ren Mei-e, 1994, *Impact of Climate Change and Human Activity on Flow and Sediment of the Rivers the Yellow River (China) Example*, GeoJurnal, Vol. 33, No.4
- Said, Chairil Abdini A., 1994, *Pengembangan Sumber Daya Air dan Perencanaan Tata Ruang*.
- Sembiring, S., 1998, *Pengaruh Perubahan Penutupan Vegetasi Terhadap Fluktuasi Debit dan Sedimentasi pada Sub-DAS Cijambu Jawa Barat*, Tesis, Institut Pertanian Bogor, Tidak diterbitkan.
- Sub Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Citarum, 1998, *Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Citarik Tahun 1998/1999-2002/2003*, Bandung.
- Wischmeier W.H., Johnson and Cross, 1971, *Predicting Rainfall Erosion Losses, A Guide to Conservation Planning* USDA, Agriculture Handbook No. 537.