ANALISA BANJIR AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DI JAYAPURA

Deliana Mangestu
Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil- Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

ABSTRAK

Distrik Jayapura Selatan yakni Kelurahn Entrop merupakan salah satu kawasan hutan lindung yang dapat berfungsi dalam menjaga keseimbangan Ekologi di kota Jayapura. Namun tingginya jumlah penduduk akan meningkatkan permintaan terhadap rumah tinggal yang tentunya akan berdampak pada keseimbangan lingkungan. Dampak yang akan ditimbulkan sebagai akibat dari lahan yang terganggu/beralih fungsi adalah : semakin menurunya kemampuan penyerapan air dan semakin besarnya debit air larian (Run-Off), sehingga kawasan ini akan menjadi daerah kawasan longsor dan rawan banjir. Hal ini membuat aliran yang mengalir masuk ke drainase membawa juga beberapa sedimen/material yang mengakibatkan kapasitas tampung saluran drainase/sungai menjadi berkurang atau tidak optimal.

Metode yang digunakan adalah dengan menganalisa debit banjir puncak (QP)yang turun ke lokasi penelitian, yakni dengan : Metode rata-rata aljabar, Metode Log Person III, Metode Rasional, dimana terlebih dahulu dilakukan analisa terhadap persamaan koefisien DAS, nilai Intensitas curah hujan dan nilai luasan Areal daerah tangkapan air (Catchman Area).

Perubahan tataguna lahan yang tadinya hutan telah menjadi daerah/lahan yang terbangun pada lokasi penelitian. Perubahan tersebut berdampak pada debit yang di terima oleh drainase. Dari hasil analisa penelitian ini besarnya perubahan nilai koefisien limpasan (C) pada tahun 1993-2002 nilai koefisien limpasan (C) = 0,184, dengan luas Areal (A) = 1,267196 KM^2, pada tahun 2002-2012 nilai koefisien limpasan (C) = 0,385 dengan luas Areal (A) = 1,267196 KM^2, dan pada tahun 2012-2021 nilai koefisien limpasan (C) = 0,51123, dengan luas Areal (A) = 1,593466 KM^2.

Kata Kunci : Banjir, tata guna lahan, Run-Off

1. PENDAHULUAN

Kawasan hutan lindung berfungsi dalam menjaga keseimbangan Ekologi di kota Jayapura. Namun tingginya tingkat pertumbuhan penduduk akan berkibat pada tingginya permintaan (Demand) akan kebutuhan tempat tinggal, tetapi meperhatikan daya beli masyarakat yang masih relatif rendah mengakibatkan masyarakat cenderung untuk memanfaatkan lahan pada lereng-lereng gunung yang sekaligus digunakan sebagai tempat bercocok tanam. Hal ini mengakibatkan terjadinya konfersi (alih fungsi lahan) dari kawasan lindung (hutan) menjadi kawasan permukiman. Dampak yang ditimbulkan sebagai akibat dari alih fungsi lahan ini adalah : semakin menurunnya kemampuan penyerapan air, tingginya nilai terhadap koefisien limpasan (C) serta semakin besarnya debit air larian (Run-Off). Kondisi ini mengakibatkan aliran yang cukup besar mengalir masuk ke drainase, aliran itu membawa juga beberapa sedimen/material sehingga kapasitas tampung saluran drainase/sungai menjadi berkurang atau tidak optimal. Akibatnya kawasan ini akan menjadi daerah kawasan rawan banjir dan longsor setiap datangnya musim penghujan.

Dalam melakukan analisa pada penelitian ini, metode yang digunakan yakni melakukan analisa curah hujan, analisa debit banjir puncak (QP) dengan memperhatikan intensitas curah hujan 10 tahunan, luas catchment area, serta variasi koefisien limpasan (di DAS akibat adanya perubahan tata guna lahan).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hidrologi dalam Ekosistem DAS.

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Dalam Ekosistem DAS aliran sungai biasanya dibagi menjadi daerah ***hulu, tengah*** dan ***hilir***. Daerah **hulu DAS** dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut : merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng besar, bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air di tentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya merupakan hutan. Sementara daerah **hilir DAS** dicirikan oleh : merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil, pada beberapa tempat merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air di tentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi di dominasi tanaman pertanian kecuali daerah esturia. Daerah aliran sungai bagian **tengah** merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda di atas.

Ekosistem bagian hulu DAS merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan dalam arti dari segi fungsi tata air. Oleh karena itu, DAS hulu seringkali menjadi fokus dalam perencanaan-perencanaan yang berkaitan dengan pengelolaan DAS mengingat ada keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi.

Dalam hubungannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tataguna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah DAS tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air laran, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai. Di antara faktor-faktor yang berperan dalam menentukan sistem hidrologi tersebut, faktor tataguna lahan dan kemiringan serta panjang lereng dapat di rekayasa oleh manusia. Faktor-faktor yang lain bersifat alamiah dan oleh karenanya, tidak di bawah kontrol manusia.

Proses yang terjadi dalam suatu ekosistem DAS, di awali dengan input berupa curah hujan sedangkan output berupa debit aliran dan/atau muatan sedimen. Komponen-komponen ekosistem DAS di kebanyakan daerah terdiri atas manusia, vegetasi, tanah dan sungai. Hujan yang jatuh di suatu DAS akan mengalami interaksi dengan komponen-komponen ekosistem DAS tersebut, dan pada gilirannya akan menghasilkan keluaran debit bermuatan sedimen dan material lainnya yang terbawa oleh aliran sungai.

Aktivitas manusia di hulu DAS seperti bercocok tanam yang tidak atau kurang mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air di hulu DAS telah mengakibatkan proses sedimentasi yang serius pada sungai di bagian hilir DAS tersebut. Besarnya proses sedimentasi yang berlangsung di dalam waduk/sungai, tidak hanya mempengaruhi kualitas dan umur pakai waduk, tetapi juga mengakibatkan terjadinya pendangkalan pada sungai-sungai/saluran-saluran yang mendapatkan air dari sungai tersebut. Pendangkalan tersebut dapat mengurangi kapasitas tampung saluran-saluran tersebut.

Banjir

Banjir adalah aliran yang relatif tinggi dan tidak tertampung oleh sungai atau saluran, dalam kondisi terendam/tergenang. Maksudnya bahwa air dalam saluran tersebut sudah melebihi kapasitasnya.Menurut beberapa ahli hidrologi di indonesia, banjir ada tiga jenis antara lain :

Banjir karena sungainya meluap.

Banjir jenis ini biasanya terjadi akibat dari sungai tidak mampu lagi menampung aliran air yang ada di sungai itu akibat debit airnya sudah melebihi kapasitas. Kondisi ini mengakibatkan air

mencari tempat lain.luapan dari sungai bisa terjadi juga akibat kiriman. Bila curah hujan yang tinggi di hulu sungai dan sistem DAS sungai itu rusak maka luapan airnya akan terjadi di hilir sungai.

Banjir lokal.
Merupakan banjir yang terjadi akibat air yang berlebihan di tempat itu dan meluap di tempat itu. Pada saat curah hujan tinggi dilokasi setempat dimana kondisi tanah di lokasi itu sulit dalam melakukan penyerapan air (dapat terjadi karena padat, karena kondisinya lembab dan bisa juga karena daerah resapannya tinggal sedikit) maka kemungkinan terjadinya banjir lokal akan sangat tinggi sekali.

Banjir akibat pasang surut.
Saat air laut pasang, ketinggian muka air laut akan meningkat, otomatis aliran air di bagian muara sungai akan lebih lambat di bandingkan bila saat laut surut.

Faktor penyebab terjadinya banjir akibat perubahan ada dua yakni :
a) Perubahan lingkungan dimana didalamnya ada perubahan iklim, perubahan geomorfologi, perubahan geologi dan perubahan tata ruang.
b) Perubahan dari masyarakat sendiri.

Debit banjir rencana/design flood adalah debit sungai yang dipakai sebagai dasar untuk pengendalian banjir yang diperoleh dari data-data hujan di sekitar lokasi sungai. Rumus untuk menganalisa debit rencana : $Q = 0{,}002778.\ C.\ I.\ A$

Keterangan :
Q : debit puncak banjir (m3/det)
C : koefisien limpasan (Run-off)
I : intensitas curah hujan selama konsentrasi (mm/jam)
A : luas daerah aliran (KM^2)

Elemen Daerah Pengaliran
Faktor – faktor yang termasuk dalam elemen daerah pengaliran antara lain :
a. Kondisi Penggunaan Tanah (Land Use)
b. Daerah Pengaliran
c. Kondisi topografi dalam daerah pengaliran
d. Jenis tanah
e. Faktor lain yang memberikan pengaruh, misalnya : karakteristik jaringan sungai-sungai, adanya daerah pengaliran yang tidak langsung, drainase buatan dan lain-lain.

Koefisien Limpasan
Koefisien limpasan (C) didefinisikan sebagai perbandingan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Koefisien pengaliran biasanya ditentukan berdasarkan perbedaan jenis tanah dan jenis penggunaan/pola pemanfaatan lahan (apakah untuk bisnis atau pemukiman). Jadi besar kecilnya nilai koefisien limpasan di pengaruhi oleh faktor-faktor tutupan tanah/penggunaan tanah, kemiringan lahan/topografi dan lamanya hujan.

Tata Guna Lahan
Perubahan tata guna lahan daerah aliran sungai (DAS) akan memberikan pengaruh yang dominan terhadap debit benjir yang terjadi. Di sisi lain, terjadinya peningkatan jumlah penduduk yang pesat akan menambah luas permukiman dan wilayah pertanian. Kondisi tersebut akan mengakibatkan semakin besar aliran permukaan. Pengaruh negatif lain adalah peningkatan laju endapan DAS yang melewati batas ambang (tolerabh soil luss).

Adanya perubahan fungi lahan dari hutan menjadi wilayah pertanian dan wilayah pertanian menjadi non pertanian akan menyebabkan terjadinya erosi permukaan pada tahapan awalnya. Selanjutnya tanah yang tererosi tersebut akan terbawa ke sungai dan menyebabkan laju sedimentasi DAS meningkat.

Perubahan tata guna lahan dapat meningkatkan ataupun mengurangi volume run-off dan waktu konsentrasi dari suatu area. Faktor yang paling besar mempunyai volume aliran adalah infiltrasi dan tampung permukaan. Volume run-off akan meningkat jika perubahan tata guna ini menyebabkan berkurangnya laju infiltrasi dan tampungan permukaan. Peningkatan volume run-off dan berkurangnya waktu konsentrasi ini akan meningkatkan debit maksimum yang pada akhirnya akan terjadi banjir.

Curah Hujan

Dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata disuatu areal tertentu memakai data curah hujan di berbagai titik pos pencatat dengan menggunakan Metode Aljabar, Isohyet, dan Polygon thiesen, lalu analisa probabilitas dengan Distribusi Log Person III dan Chi Kuadrat.

Rumus metode aljabar adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{R1 + R2 + R3 + \cdots Rn}{n}$$

Keterangan :

R : rata-rata curah hujan (mm)

R1,R2,R3,Rn : besar curah hujan masing-masing pos

n : banyaknya pos hujan

Perhitungan Koefisien Pengaliran

$$CDAS = \frac{\sum_{i=1}^{n} CiAi}{\sum_{i=1}^{n} Ai}$$

Dimana :

Ai : luas lahan dengan jenis penutup tanah

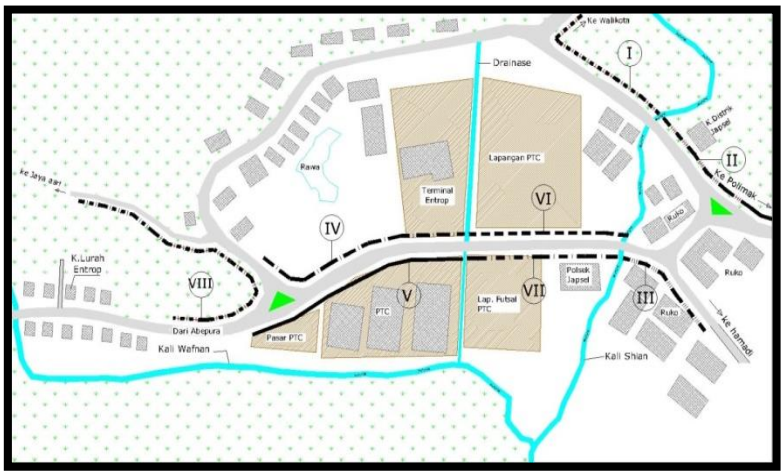
n : jumlah jenis penutup tanah

3. METODE ANALISA

Metode yang dilakukan untuk menganalisa lokasi penelitian yakni dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder, kemudian melakukan analisa –analisa yang berkaitan dengan judul, antara lain terhadap tataguna lahan, hidrologi, dan Catchment Area.

4. PEMBAHASAN.

Gambar 1. Catchmen Area penelitian Tahun 2002-2012



Gambar 2. Sketsa Situasi Saluran Diwilayah Penelitian (PTC)

Tabel 1. Besaran Tataguna Lahan dan Nilai Koefisien C analisa 2002-2012

No	Nama Area	Jenis Tata Guna Lahan	Luas areal (Ai) KM2	Nilai koefisien C	∑ Ai.Ci
(1)	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*
1	ZON A	Rerumputan	0.18065	0.05	0.00903
2	ZON B	Perkantoran	0.13785	0.75	0.10338
3	ZON C	Rerumputan	0.10012	0.10	0.01001
4	ZON D	Rerumputan	0.16762	0.13	0.02179
5	ZON E	Perumahan	0.19192	0.60	0.11515
6	ZON F	Perumahan	0.09389	0.50	0.04694
7	ZON G	Halaman	0.07386	0.13	0.00960
8	ZON H	Business	0.03446	0.80	0.02675
9	ZON I	Business	0.08458	0.80	0.06766
10	ZON J	Rerumputan	0.07525	0.10	0.00075
11	ZON K	Business	0.00661	0.80	0.00528
12	ZON L	Perumahan (jaya Asri)	0.120386	0.60	0.07223
Jumlah			A=1.267196	C = 0,385	∑=0.48857

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 2 Nilai Intensitas Hujan analisa 2002 - 2012

No	Nama Lokasi	R24			tc	Nilai Intensitas Hujan (mm/jam)		
		2 thn	5 thn	10 thn		I2	I5	I10
1	Kantor Walikota	243,22	310,45	356,45	0,332	252,478	322,267	370,018
2	Hotel Muspagco	243,22	310,45	356,45	0,940	342,385	437,536	502,367
3	POM Bensin Entrop	243,22	310,45	356,45	0,986	350,488	447,369	513,657
4	PTC – Drainase Tengah (kiri)	243,22	310,45	356,45	0,424	482,740	616,177	707,478
5	PTC – Drainase Tengah (kanan)	243,22	310,45	356,45	0,435	469,951	599,853	688,735
6	DAS Sihan–Drain Tngh (kanan)	243,22	310,45	356,45	0,350	487,199	621,870	714,013
7	DAS Sihan–Drain Tengah (kiri)	243,22	310,45	356,45	0,341	487,199	621,870	714,013
8	Jaya Asri – Gorong-Gorong	243,22	310,45	356,45	0,870	333,728	425,976	489,094

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 3 Nilai Debit Banjir dengan metode rasional untuk analisa 2002 - 2012

No	Nama Lokasi	C	I (mm/jam)			A (KM2)	Nilai Debit Banjir (m3/det)		
			I2	I5	I10		Q2	Q5	Q10
1	Kantor Walikota	0,385	252,478	322,267	370,018	1,2672	0,342	0,437	0,501
2	Hotel Muspagco	0,385	342,385	437,536	502,367	1,2672	0,464	0,593	0,681
3	POM Bensin Entrop	0,385	350,488	447,369	513,657	1,2672	0,475	0,606	0,696
4	PTC – Drainase Tengah (kiri)	0,385	482,740	616,177	707,478	1,2672	0,654	0,835	0,959
5	PTC–Drainase Tengah (kanan)	0,385	469,951	599,853	688,735	1,2672	0,637	0,813	0,933
6	DAS Sihan – Drain Tngah (kanan)	0,385	487,199	621,870	714,013	1,2672	0,660	0,843	0,968
7	DAS Sihan – Drain Tngah (kiri)	0,385	487,199	621,870	714,013	1,2672	0,660	0,843	0,968
8	Jaya Asri – Gorong-Gorong	0,385	333,728	425,976	489,094	1,2672	0,136	0,173	0,199

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. Besaran nilai Tataguna Lahan dan Koefisien C tahun 1993-2002

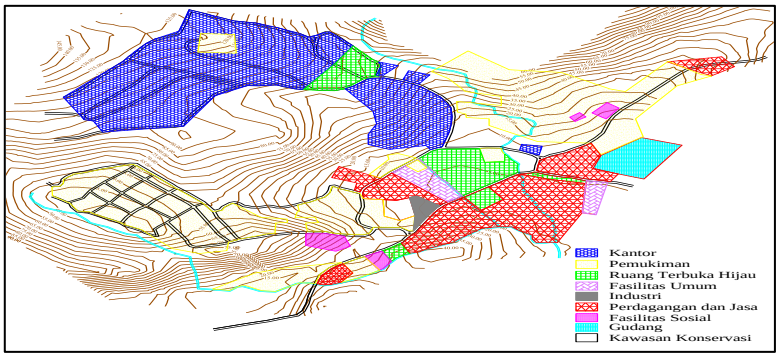
No	Nama Area	Jenis tata guna lahan	Luas areal (Ai) KM2	Nilai koefisien C	∑Ai.Ci
1	ZON A (Walikota)	Hutan	0.18065	0.04	0,00722
2	ZON B (Walikota)	Hutan	0.13785	0.04	0,00551
3	ZON C (Walikota)	Hutan	0.10012	0.04	0,00400
4	ZON D	Hutan	0.16762	0.04	0,00670
5	ZON E (Polimak)	Perumahan	0.19192	0.60	0,11515
6	ZON F	Perumahan	0.09389	0.50	0,04694
7	ZON G (Trm. Entrop)	Hutan	0.07386	0.04	0,00295
8	ZON H	Business	0.03446	0.70	0,024122
9	ZON I (PTC)	Hutan	0.08458	0.04	0,00338
10	ZON J	Perumahan	0.07525	0.10	0,00752
11	ZON K	Business	0.00661	0.70	0,00462
12	ZON L	Hutan	0.120386	0.04	0.00481
Jumlah			0,267196		∑=0,23297

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. Nilai Debit Banjir analisa tahun 1993 - 2002

No	Nama Lokasi	C	I (mm/jam)			A (KM2)	Nilai Debit Banjir (m3/det)		
			I2	I5	I10		Q2	Q5	Q10
1	Kantor Walikota	0,184	118,430	159,391	129,556	1,2672	0,077	0,103	0,084
2	Hotel Muspagco	0,184	161,938	217,946	177,152	1,2672	0,105	0,141	0,115
3	POM Bensin Entrop	0,184	308,844	415,660	337,858	1,2672	0,200	0,269	0,219
4	PTC – Drainase Tengah (kiri)	0,184	273,925	368,664	299,659	1,2672	0,177	0,239	0,194
5	PTC –Drain Tengah (kanan)	0,184	271,797	365,801	297,331	1,2672	0,176	0,237	0,193
6	DAS Sihan–Drain Tengah (knan)	0,184	297,763	400,746	325,736	1,2672	0,193	0,260	0,211
7	DAS Sihan – Drain Tengah (kiri)	0,184	271,797	365,801	297,331	1,2672	0,176	0,237	0,193
8	Jaya Asri – Gorong-Gorong	0,184	161,364	217,173	176,523	1,2672	0,031	0,042	0,034

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 3 Nilai Koefisien C sesuai Tata Guna Lahan 2012-2021

Tabel 6 Rekapitulasi Intensitas Curah Hujan 2, 5 & 10 Tahun Yang Terjadi Pada Tahun 1993-2002, Tahun 2002-2012 dan Tahun 2012-2021

No	Nama Lokasi	Tahun 1993-2002			Tahun 2002-2012			Tahun 2012-2021		
		I2	I5	I10	I2	I2	I10	I2	I2	I10
1	Kantor Walikota	118,430	159,391	129,556	252,478	322,267	370,018	188,574	240,699	276,364
2	Hotel Muspagco	161,938	217,946	177,152	342,385	437,536	502,367	257,850	329,125	337,892
3	POM Bensin Entrop	308,844	415,660	337,858	350,488	447,369	513,657	491,764	627,696	720,702
4	PTC – Drainase Tengah (kiri)	273,925	368,664	299,659	482,740	616,177	707,478	436,164	556,727	639,218
5	PTC – Drain Tengah (kanan)	271,797	365,801	297,331	469,951	599,853	688,735	432,776	552,403	634,253
6	DAS Sihan – Drain Tngh (kann)	297,763	400,746	325,736	487,199	621,870	714,013	474,120	605,174	694,844
7	DAS Sihan – Drain Tngh (kiri)	271,797	365,801	297,331	487,199	621,870	714,013	432,776	552,403	634,253
8	Jaya Asri – Gorong-gorong	161,364	217,173	176,523	333,728	425,976	489,094	256,935	327,956	376,550

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 7 Rekapitulasi Debit Puncak Banjir 2, 5 & 10 Tahun Yang Terjadi Pada Tahun 1993-2002, Tahun 2002-2012 dan Tahun 2012-2021

No	Nama Lokasi	Tahun 1993-2002			Tahun 2002-2012			Tahun 2012-2021		
		Q2	Q5	Q10	Q2	Q5	Q10	Q2	Q2	Q10
1	Kantor Walikota	0,077	0,103	0,084	0,342	0,437	0,501	0,427	0,545	0,625
2	Hotel Muspagco	0,105	0,141	0,115	0,464	0,593	0,681	0,583	0,745	0,765
3	POM Bensin Entrop	0,200	0,269	0,219	0,475	0,606	0,696	1,113	1,420	1,631
4	PTC – Drainase Tengah (kiri)	0,177	0,239	0,194	0,654	0,835	0,959	0,987	1,260	1,447
5	PTC – Drain Tengah (kanan)	0,176	0,237	0,193	0,637	0,813	0,933	0,979	1,250	1,435
6	DAS Sihan – Drain Tengah (kanan)	0,193	0,260	0,211	0,660	0,843	0,968	1,073	1,369	1,572
7	DAS Sihan – Drainase Tengah (kiri)	0,176	0,237	0,193	0,660	0,843	0,968	0,979	1,250	1,435
8	Jaya Asri – Gorong-gorong	0,031	0,042	0,034	0,136	0,173	0,199	0,174	0,222	0,256

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil analisa perhitungan debit puncak banjir tahun 1993-2002, tahun 2002-2012, dan tahun 2012-2021 diperoleh sebagai berikut :

- Nilai debit banjir (Q) dari tahun ke tahun (1993-2021) semakin meningkat.
- Semakin besar koefisien Limpasan (C) mengakibatkan nilai Debit Banjir (Q) semakin meningkat, hal ini disebabkan karena pengaruh perubahan tataguna lahan pada daerah penelitian dari mulai hutan (blm dimanfaatkan sepenuhnya) hingga menjadi areal yang terbangun.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Banjir yang terjadi akibat perubahan tataguna lahan dari areal yang tadinya hutan menjadi daerah/lahan yang terbangun, menyebabkan terjadinya perubahan nilai koefisien limpasan (C) yakni, pada tahun 1993-2002 nilai koefisien limpasan (C) = 0,184, dengan luas Areal (A) = 1,267196 KM^2, pada tahun 2002-2012 nilai koefisien limpasan (C) = 0,385 dengan luas Areal (A) = 1,267196 KM^2, dan pada tahun 2012-2021 nilai koefisien limpasan (C) = 0,51123, dengan luas Areal (A) = 1,593466 KM^2.

2. Nilai debit banjir (Q) dari tahun ke tahun (1993-2021) semakin meningkat. Semakin besar koefisien Limpasan (C) mengakibatkan nilai Debit Banjir (Q) semakin meningkat, hal ini disebabkan karena pengaruh perubahan tataguna lahan pada daerah penelitian dari mulai hutan (belum dimanfaatkan sepenuhnya) hingga menjadi areal yang terbangun (sudah dimanfaatkan).

DAFTAR PUSTAKA

H. Joice martha, Ir. Wanny adidarma dipl. *Mengenal dasar dasar hidrologi*, Nova, Bandung.

Kiyotoka Mori, dkk., Ir. Suyono Sosrodarsono 2006. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita

Sri Harto, BR. (1993). *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka

Suripin, Dr. Ir. M. Eng 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Wesli 2008, Drainase Perkotaan. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta