



KAJIAN KOEFISIEN ALIRAN TERHADAP PERUBAHAN DEBIT BANJIR PADA DAS KARALLOE DENGAN APLIKASI ARCGIS

Riswal Karamma¹, Ahmad Syarif Sukri^{*2}

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, ²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari
e-mail: ¹riswalchiwal@gmail.com, ^{*2}ahmad.syarif.sukri@uho.ac.id

Abstrak

Perubahan fungsi lahan mengakibatkan kondisi DAS secara fisik dan lingkungan semakin menurun. Hal ini akan berhubungan dengan peningkatan debit banjir dalam DAS tersebut. Demikian juga pada DAS Karalloe, yang mengalami peristiwa banjir pada tahun 2018 yang lalu. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan koefisien aliran yang terjadi di dalam DAS Karalloe. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan, luas DAS, panjang sungai dan perubahan penggunaan lahan di dalam DAS Karalloe. Metode rasional digunakan untuk menganalisis peningkatan koefisien aliran permukaan (*run off*) akibat perubahan fungsi lahan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada DAS Karalloe, telah terjadi perubahan fungsi lahan dari tahun 2009 sampai 2018, hal ini menunjukkan peningkatan koefisien *run off* 0,166 menjadi 0,173 pada tahun 2018. Peningkatan debit banjir menunjukkan pada tahun 2009 sebesar 363.394 m³/detik dan untuk tahun 2018 sebesar 392.283 m³/detik pada kala ulang 20 tahun.

Kata kunci; Koefisien *Run Off*, Banjir, DAS

Abstract

Land use change cause watershed condition physically and environmentally decreases. This would be associated with an increased flood discharge in watershed mentioned. Likewise, in the Karalloe watershed, this was corrected by the floods in 2018 ago. This research was conducted to analyze the changes in coefficients flow that occur in the Karalloe watershed. The data used in this study is rainfall data, watershed area, river length and land use change within the Karalloe watershed. Rational methods are used to analyze the increase in the coefficient of run off due to changes in land use that occur. The results shows that in the Karalloe watershed, there has been a change in land use from 2009 to 2018, this show an increase in the run off coefficient of 0.166 to 0.173 in 2018. The increase in flood discharge shows that in 2009 it was 363,394 m³ / second and for 2018 it was 392,283 m³ / second during a 20-year return period.

Keywords; *Run Off Coefficient, Flood, Watershed*

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan debit puncak banjir di sub DAS Brantas menunjukkan perubahan debit banjir pada tahun 2003 dengan rata-rata puncak banjir

sebesar 96,79 m³/detik menjadi 189,19 m³/detik pada tahun 2007 [1]. Analisis aliran permukaan dengan menggunakan sistem informasi geografis untuk kasus DAS Poleang Roraya bahwa terjadi peningkatan aliran permukaan berdasarkan analisis sebelumnya pada sub DAS yang sama, debit yang

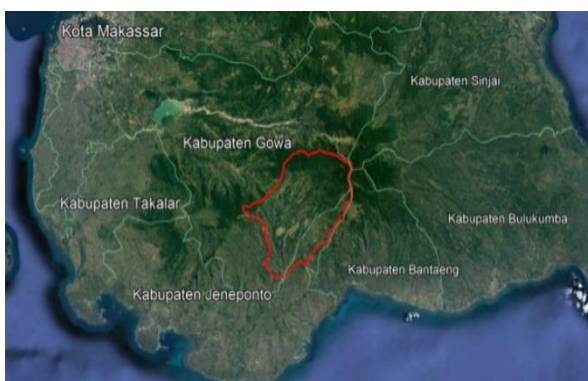


diperoleh sebesar 514,49 m³/detik terjadi peningkatan menjadi 1.122,93 m³/detik pada kala ulang yang sama yaitu kala ulang 25 tahun [2]. Dampak yang ditimbulkan dari perubahan penggunaan lahan dari ruang hijau menjadi kawasan terbangun akan mempengaruhi kemampuan resapan air oleh tanah dan kualitas air di sepanjang Daerah Aliran Sungai sehingga menyebabkan terjadinya banjir [3]. Pola penggunaan lahan dalam berbagai bentuk dan cara akan berdampak terhadap lingkungan. Banjir, kekeringan, erosi, sedimentasi, dan abrasi merupakan beberapa indikasi terjadinya penurunan daya dukung lingkungan di suatu wilayah [4]. Dalam penelitian ini akan melihat bagaimana perubahan fungsi lahan yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai Karalloe dan terhadap debit banjir pada DAS Karalloe. Perubahan fungsi lahan yang terjadi dalam DAS Karalloe dengan menggunakan aplikasi ArcGis. Data hujan yang digunakan selama sepuluh tahun terakhir tahun 2009 – 2018 dari tiga stasiun hujan dan dianalisis dengan metode Mononobe. Analisis Debit banjir dengan menggunakan metode Rasional.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Karalloe yang berada di Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.1 Metode Rasional

Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS disebut kecil apabila

distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi. Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, dan konsentrasi aliran [5]. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut:

$$Q = 0,278 CIA \quad (1)$$

dimana,

Q = debit puncak (m³/d)
 I = intensitas hujan (mm/jam)
 A = luas daerah tangkapan (km²)
 C = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan

Koefisien aliran permukaan adalah hubungan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan (I) yang terjadi pada saat waktu konsentrasi (T_c). Nilai koefisien aliran permukaan (C) berkisar $0 \leq C \leq 1$ [6]. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan (*slope*) yang dipengaruhi oleh tutupan lahan permukaan tanah suatu DAS serta intensitas hujan (I) dari suatu kejadian hujan di DAS. Di dalam DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan, sehingga nilai koefisien aliran permukaan (C) akan beragam pula [7]. Untuk menganalisis nilai koefisien aliran permukaan suatu DAS menggunakan persamaan:

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

dimana

C_{DAS} = koefisien aliran permukaan suatu DAS
 C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup lahan i
 A_i = luas lahan dengan jenis penutupan lahan i
 n = jumlah jenis penutup lahan.

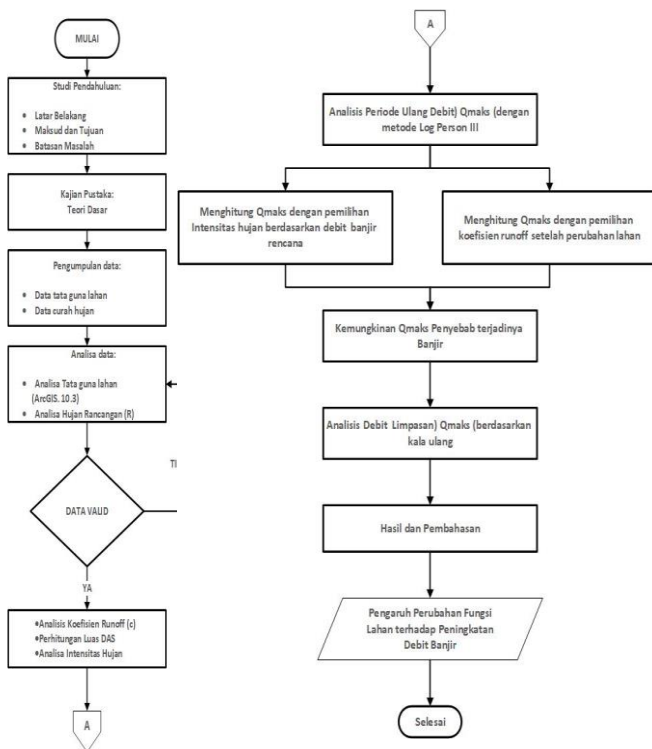
Nilai koefisien aliran C dengan mengintegrasikan beberapa faktor dapat dilihat pada Tabel 1 [7].

Tabel 1. Koefisien aliran dengan metode rasional menurut Hassing (1995)

Koefisien Aliran $C = C_t + C_s + C_v$					
Topografi, C_t	Tanah, C_s		Vegetasi, C_v		
Datar (<1 %)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10 %)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitann (10-20 %)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20 %)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

2.2 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem untuk manajemen, analisis, dan tampilan informasi geografis. Informasi geografis diwakili oleh serangkaian data geografis yang memodelkan geografi menggunakan struktur data sederhana dan generik. SIG mencakup seperangkat alat komprehensif untuk bekerja dengan data geografis [8]. Analisis Perubahan Penggunaan lahan di dalam DAS Karalloe melalui *overlay* peta tata guna lahan dengan menggunakan ArcGIS. 10.3.

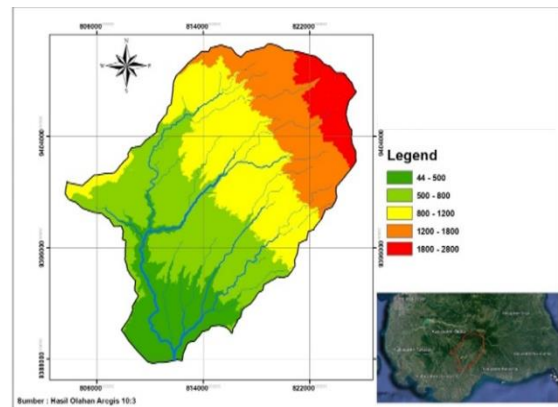


Gambar 2. Alur penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Topografi Daerah Penelitian

Hasil Analisis dengan menggunakan ArcGIS 10.3 terhadap peta digital dan foto satelit, ketinggian wilayah DAS Karalloe berkisar 150 – 2800 m di atas permukaan laut (DPL) dengan kemiringan (*slope*) berkisar antara 0 – 58% seperti pada Gambar 3.

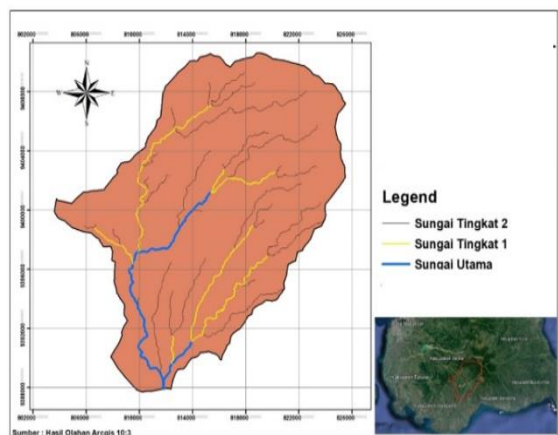


Sumber: Hasil Olahan ArcGIS 10.3

Gambar 3. Peta topografi DAS Karalloe

3.2 Kondisi Hidrologi

Terdapat tiga stasiun pengukur curah hujan di sekitar wilayah DAS Karalloe yaitu Stasiun Kelara, Stasiun Malakaji, dan Stasiun Malino. Metode polygon Thiessen digunakan dalam menganalisis data hujan dari tiga stasiun tersebut. DAS Karalloe memiliki panjang sungai utama kurang lebih 19.40 km yang mengalir dari bagian utara menuju bagian selatan dapat dilihat pada Gambar 4.



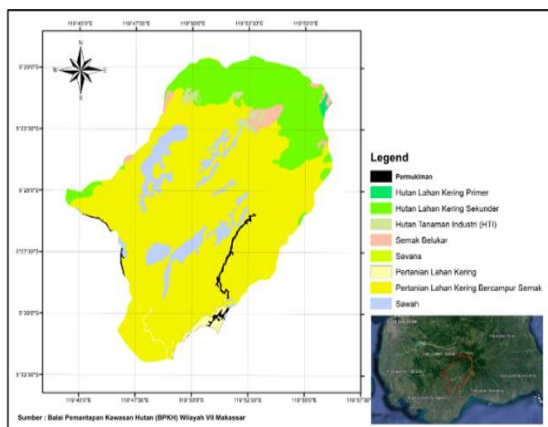
Sumber: Hasil Olahan ArcGIS 10.3

Gambar 4. Peta DAS Karalloe

3.3 Analisis Tata Guna Lahan

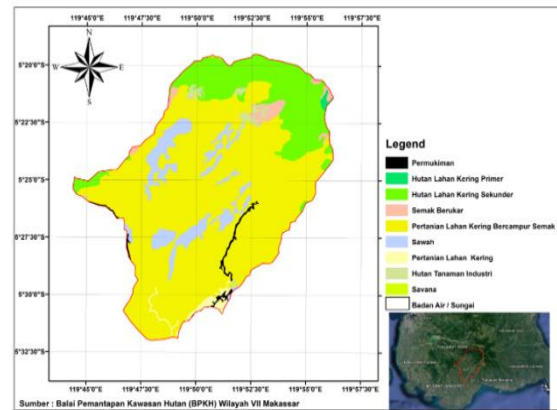
Analisis perubahan tata guna lahan dilakukan dengan menggunakan ArcGIS 10.3, dan peta tutupan lahan tahun 2009 dan 2011 dalam bentuk *shapefile* yang diperoleh dari Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH). Analisis perubahan tata guna lahan juga menggunakan peta citra satelit yang diolah menggunakan ArcGIS 10.3 untuk tata guna lahan tahun 2014, 2017, dan 2018. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan peta tata guna lahan sebagai berikut :

- Membuat referensi geografis pada peta citra satelit, yaitu membuat layer pada peta citra satelit ke dalam bentuk KML (*Keyhole Markup Language*) menjadi bentuk *shapefile* untuk mempermudah editing peta dan perhitungan pada program ArcGIS 10.3.
- Editing peta, untuk mempersiapkan peta dasar yang akan digunakan dalam proses perhitungan penggunaan lahan, serta membuat layer-layer turunan yang akan digunakan dalam proses perhitungan tiap-tiap luasan penggunaan lahan.
- Pembuatan batas DAS Karalloe, dan penentuan titik kontrol pada DAS penelitian.
- Membandingkan penggunaan dan perubahan lahan di DAS Karalloe pada tahun 2009, 2011, 2014, 2017 dan 2018.



Sumber: Hasil Olahan ArcGIS 10.3

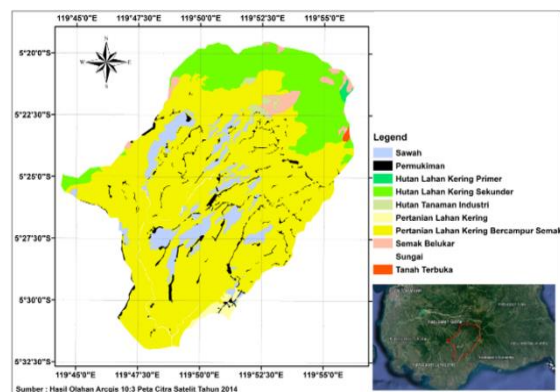
Gambar 5. Peta tata guna lahan DAS Karalloe tahun 2009



Sumber: Hasil Olahan ArcGIS 10.3

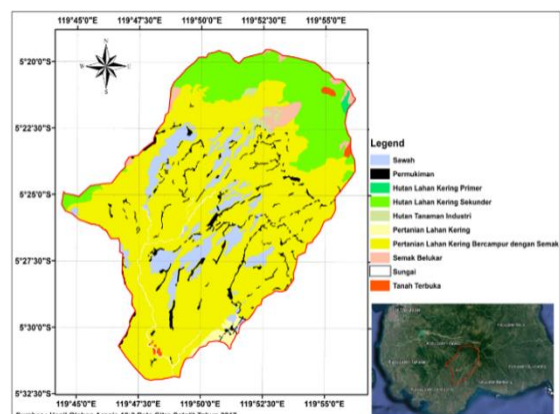
Gambar 6. Peta tata guna lahan DAS Karalloe tahun 2011

Penggunaan lahan berdasarkan foto citra satelit tahun 2014, 2017, dan 2018 dapat dilihat pada Gambar 7, 8 dan 9.



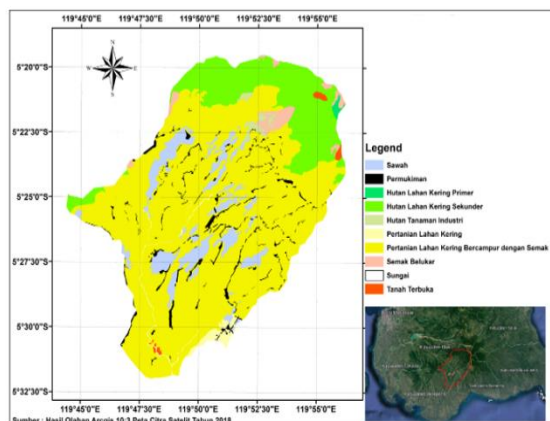
Sumber: Hasil Olahan ArcGIS 10.3

Gambar 7. Peta tata guna lahan DAS Karalloe tahun 2014



Sumber: Hasil Olahan ArcGIS 10.3

Gambar 8. Peta tata guna lahan DAS Karalloe tahun 2017



Sumber: Hasil Olah ArcGIS 10.3

Gambar 9. Peta tata guna lahan DAS Karalloe tahun 2018

Dari hasil analisis tata guna lahan dapat dilakukan perbandingan kenaikan dan penurunan perubahan luasan tata guna lahan dari tahun 2009-2018 seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil analisis perubahan tata guna lahan DAS Karalloe tahun 2009-2018

No	Jenis Lahan	Tahun 2009		Tahun 2018		Kenaikan / Penurunan (%)
		Luas (Km ²)	%	Luas (Km ²)	%	
1	Perumahan	1.863	0.653	9.788	3.432	2.78
2	Sawah	22.165	7.772	24.166	8.473	0.70
3	Hutan Lahan Kering Primer	0.666	0.234	0.663	0.232	0.00
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	51.552	18.076	46.810	16.413	-1.66
5	Hutan Tanaman Industri	3.621	1.270	2.317	0.812	-0.46
6	Pertanian Lahan Kering	3.104	1.088	2.765	0.969	-0.12
7	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	197.794	69.353	191.288	67.072	-2.28
8	Semak Belukar	4.838	1.696	4.925	1.727	0.03
9	Savana (Padang Rerumputan)	0.096	0.034	-	0.000	-0.03
10	Tanah Terbuka	-	0.000	1.114	0.391	0.39
11	Tubuh Air / Sungai	1.369	0.480	1.369	0.480	0.00
Σ		285.205		285.205		-0.653

3.4 Analisis Koefisien Aliran (C)

Koefisien aliran diperoleh dengan menghitung data luasan dari masing-masing tata guna lahan secara manual pada ArcGIS 10.3 dengan bantuan *spreadsheet* (Ms Excel). Dilakukan *Reclassify* untuk nilai (C) tata guna lahan dan kemiringan lahan (*slope*) dengan menggunakan koefisien aliran (C) pada Tabel 10. Untuk menentukan nilai koefisien aliran (C) dengan nilai *Reclassify* digunakan rumus penjumlahan (C) : $C_{resultan} = C_{slope} + C_{lahan}$. Hasil analisa koefisien aliran (C) berdasarkan *Reclassify* nilai (C) dari nilai kemiringan (*Slope*) dan nilai tata guna lahan dengan bantuan aplikasi ArcGIS 10.3 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai C untuk tata guna lahan DAS Karalloe

No	Jenis Lahan	Nilai C
1	Perumahan	0.37
2	Sawah	0.17
3	Hutan Lahan Kering Primer	0.29
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	0.19
5	Hutan Tanaman Industri	0.15
6	Pertanian Lahan Kering	0.16
7	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	0.15
8	Semak Belukar	0.27
9	Savana (Padang Rerumputan)	0.45
10	Tanah Terbuka	0.4
11	Tubuh Air / Sungai	0.9

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan nilai koefisien aliran (C) pada Tabel 3, dilakukan perhitungan pada DAS Karalloe dimana luasan setiap tata guna lahan yang ada diubah dalam bentuk sel (*grid*) pada Microsoft Excel sesuai tata guna lahan pada masing-masing tahun. Untuk mengetahui nilai C rata-rata pada DAS Karalloe digunakan metode Poligon Thiessen. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 4. Nilai C tahun 2009 dan 2011

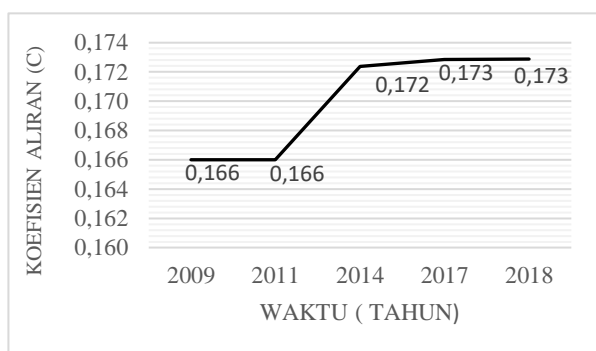
No	Jenis Lahan	Nilai C	Tahun 2009		Tahun 2011	
			Luas (Km ²)	C.A	Luas (Km ²)	C.A
1	Perumahan	0.37	1.863	0.689	1.863	0.689
2	Sawah	0.17	22.165	3.768	22.165	3.768
3	Hutan Lahan Kering Primer	0.29	0.666	0.193	0.666	0.193
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	0.19	51.552	9.795	48.525	9.220
5	Hutan Tanaman Industri	0.15	3.621	0.543	3.621	0.543
6	Pertanian Lahan Kering	0.16	3.104	0.497	3.104	0.497
7	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	0.15	195.931	29.390	198.958	29.844
8	Semak Belukar	0.27	4.838	1.306	4.838	1.306
9	Savana (Padang Rerumputan)	0.45	0.096	0.043	0.096	0.043
10	Tanah Terbuka	0.4	-	0	-	0
11	Tubuh Air / Sungai	0.9	1.369	1.232	1.369	1.232
Σ			285.205	47.456	285.205	47.335
$C_{terbobot} = (\Sigma(C.A_{tahun pengamatan})) / (\Sigma A)$				0.166		0.166

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 5. Nilai C tahun 2014, 2017 dan 2018

No	Jenis Lahan	Nilai C	Tahun 2014		Tahun 2017		Tahun 2018	
			Luas (Km ²)	%	Luas (Km ²)	%	Luas (Km ²)	%
1	Permukiman	0.37	9.785	3.620	9.782	3.619	9.788	3.622
2	Sawah	0.17	24.166	4.108	24.166	4.108	24.166	4.108
3	Hutan Lahan Kering Primer	0.29	0.663	0.192	0.663	0.192	0.663	0.192
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	0.19	46.810	8.894	46.810	8.894	46.810	8.894
5	Hutan Tanaman Industri	0.15	2.317	0.348	2.317	0.348	2.317	0.348
6	Pertanian Lahan Kering	0.16	2.765	0.442	2.765	0.442	2.765	0.442
7	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	0.15	191.635	28.745	191.315	28.697	191.288	28.693
8	Semak Belukar	0.27	5.347	1.444	4.925	1.330	4.925	1.330
9	Savana (Padang Rerumputan)	0.45	-	0	-	0	-	0
10	Tanah Terbuka	0.4	0.348	0.139	1.093	0.437	1.114	0.446
11	Tubuh Air / Sungai	0.9	1.369	1.232	1.369	1.232	1.369	1.232
Σ			285.205	49.165	285.205	49.300	285.205	49.307
C _{terbobot} = (Σ(C.A tahun pengamatan)) / (ΣA)			0.172		0.173		0.173	

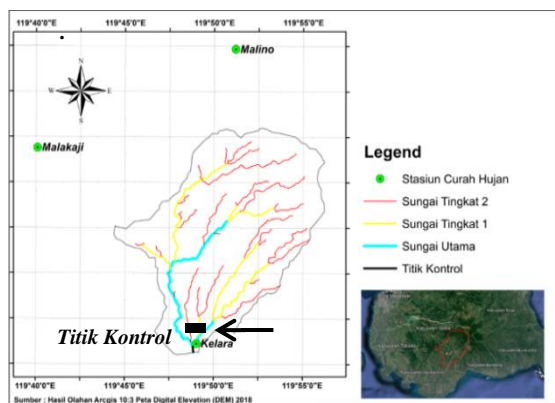
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 10. Grafik kenaikan nilai C tahun 2009–2018

3.5 Analisis Hidrologi

Untuk menghitung aliran permukaan digunakan metode Rasional dan intensitas curah hujan (I) dianalisis berdasarkan hujan harian rata-rata dari data curah hujan yang ada pada DAS Karalloe, yaitu stasiun Kelara, stasiun Malakaji, dan stasiun Malino, seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Letak stasiun curah hujan pada DAS Karalloe

Luas cakupan area masing-masing stasiun curah hujan dianalisis dengan

menggunakan metode Poligon Thiessen. Hasil analisis luas pengaruh stasiun curah hujan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Luas pengaruh stasiun curah hujan

Stasiun	Luas Daerah Pengaruh (km ²)	Koef. Thiessen	Bobot (%)
Malino	90.07	0.316	31.59
Kelara	191.72	0.672	67.23
Malakaji	3.38	0.012	1.18
Total	285.17	1.000	100.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil analisis koefisien Thiessen selanjutnya digunakan untuk menganalisis data hujan pada Tabel 7.

Tabel 7. Curah hujan dengan metode Poligon Thiessen

No.	Tahun	CH Maks. Sta. Malino	CH Maks. Sta. Kelara	CH Maks. Sta. Malakaji	CH Maks. Rata-Rata	
		Koef. Thiessen	0.316	0.672	0.012	1.000
1	2009	93	98	40	95.73	
2	2010	96	72	39	79.19	
3	2011	133	150	29	143.20	
4	2012	159	30	29	70.73	
5	2013	275	131	142	176.61	
6	2014	119	95	46	103.90	
7	2015	87	85	28	95.06	
8	2016	87	87	27	86.29	
9	2017	135	80	23	96.70	
10	2018	68	80	37	75.70	

Sumber: Hasil Perhitungan

3.6 Analisis Debit Banjir

Untuk mengetahui terjadinya perubahan debit banjir akibat perubahan fungsi lahan pada DAS Karalloe, maka perlu dilakukan analisis debit aliran permukaan setiap tahun kemudian dilakukan perbandingan. Untuk mengetahui Koefisien limpasan pada tahun yang ditinjau maka dilakukan analisis $C_{\text{terbobot}} = \Sigma C.A / \Sigma A$. Dari hasil penjumlahan tersebut diperoleh C_{terbobot} untuk setiap tahun yang ditinjau. Berikut ini adalah hasil perhitungan untuk mengetahui koefisien limpasan pada tahun 2009 – 2018.

Tabel 8. Perhitungan koefisien limpasan tahunan

No	Jenis Lahan	Nilai C	2009 C.A	2011 C.A	2014 C.A	2017 C.A	2018 C.A
1	Perumahan	0.37	0.689	0.689	3.620	3.619	3.622
2	Sawah	0.17	3.768	3.768	4.108	4.108	4.108
3	Hutan Lahan Kering Primer	0.29	0.193	0.193	0.192	0.192	0.192
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	0.19	9.795	9.220	8.894	8.894	8.894
5	Hutan Tanaman Industri	0.15	0.543	0.543	0.348	0.348	0.348
6	Pertanian Lahan Kering	0.16	0.497	0.497	0.442	0.442	0.442
7	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	0.15	29.390	29.844	28.745	28.697	28.693
8	Semak Belukar	0.27	1.306	1.306	1.444	1.330	1.330
9	Savana (Padang Rerumputan)	0.45	0.043	0.043	0.000	0.000	0.000
10	Tanah Terbuka	0.4	0.000	0.000	0.139	0.437	0.446
11	Tubuh Air / Sungai	0.9	1.232	1.232	1.232	1.232	1.232
Σ			47.456	47.335	49.165	49.300	49.307
Cterbobot = (Σ(C.A tahun penggunaan)) / (ΣA)			0.166	0.166	0.172	0.173	0.173

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan pada Tabel 8, diperoleh nilai koefisien aliran permukaan pada tahun 2009, 2011, 2014, 2017 dan 2018 masing masing 0.166, 0.166, 0.172, 0.173, 0.173. Berdasarkan hasil analisis diperoleh luasan DAS Karalloe (A) = 28520 ha dan nilai koefisien aliran (C) akibat perubahan tata guna lahan pada tahun 2009 – 2018 serta intensitas hujan (I). Dari data yang telah diperoleh dapat dilakukan analisis debit banjir maksimum (Q_{maks}) akibat perubahan lahan. Berikut ini adalah debit banjir maksimum (Q_{maks}) DAS Karalloe sesuai dengan tata guna lahan untuk tahun 2009, 2011, 2014, 2017 dan 2018 pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi debit banjir maksimum 2009 – 2018

Periode Ulang T (Tahun)	Q 2009 m3/det	Q 2011 m3/det	Q 2014 m3/det	Q 2017 m3/det	Q 2018 m3/det
1.01	140.877	140.160	151.205	152.057	152.077
2	204.839	203.795	219.856	221.094	221.123
5	266.634	265.275	286.180	287.792	287.830
10	316.278	314.666	339.464	341.375	341.421
20	363.394	361.542	390.034	392.230	392.283

Sumber: Hasil Perhitungan

4 KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat ditarik kesimpulan antara lain :

1. Terjadi kecenderungan kenaikan nilai koefisien aliran permukaan (C) pada tahun 2009 sebesar 0.166 dan tahun 2018 sebesar 0.173.
2. Diperoleh debit banjir tahun 2009 untuk kala ulang 20 tahun sebesar 363.394 m³/detik dan tahun 2018 untuk kala ulang 20 tahun sebesar 392.283 m³/detik, ini menunjukkan terjadi perubahan debit banjir pada DAS Karalloe dari tahun 2009 sampai dengan 2018 sebesar 2.214% - 22.127%.

5 SARAN

Perlunya penelitian lebih lanjut tentang peningkatan debit banjir yang terjadi akibat perubahan fungsi lahan pada DAS Karalloe, dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti faktor sosial budaya masyarakat, ekonomi, infiltrasi, evaporasi, serta faktor hidro geologi pada DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erstayudha Hayyu Nurriszqi and Suyono, "Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Perubahan Debit Puncak Banjir Di Sub DAS Brantas Hulu," *Jurnal Ilmiah, Universitas Gadjah Mada*, 2012.
- [2] Karamma R, and Sukri S, "Study of Surface Runoff by Using Geographic Information System, Case Study Poleang Royo", *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 2018.
- [3] Chapin, Jr, F. Stuart and Edward "Perubahan Lahan di Sub DAS Citarik, Jawa Barat dan DAS Kaligarang Jawa Tengah," *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*, Bogor 1 Mei 2001.
- [4] Kaiser, *Urban Land Use and Planning. Fourth Edition*. Illinois: University of Illinois Press, 1995.
- [5] Triatmodjo, B, *Hidrologi Terapan (Cetakan Kedua)*. Yogyakarta: Beta Offset, 1995.

- [6] Chow, V. T., Maidment, D. R. & Mays, L. W, *Applied Hydrology*. New York, U.S.A: McGraw-Hill, 1988.

 - [7] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 1988

 - [8] Anonim, *What is ArcGIS 9.0*. Esri Press, 2004.
-