

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP DEBIT BANJIR DI WILAYAH HILIR ALIRAN KALI ANGKE

oleh :

Heldy Suherman

Sekolah Tinggi Teknik Sapta Taruna

Email : heldy.suherman@yahoo.com

Arief Firmansyah

PT. Sinar Mutiara Indah

Email : arief.firmansyah.230793@gmail.com

ABSTRAK : Permasalahan luapan air di Jakarta yang rutin menggenangi beberapa kawasan di wilayah Jakarta menjadi pekerjaan rumah tersendiri bagi pemerintah serta penduduk yang tinggal pada wilayah yang tergenang. Hal tersebut tidak terlepas dari pengaruh perubahan tata guna lahan yang ada pada setiap masing-masing wilayah. Perubahan tata guna lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) baik wilayah hulu maupun hilir tersebut mengakibatkan meningkatkannya debit banjir pada sungai yang mengelilingi suatu wilayah. Kembangan Utara adalah salah satu kelurahan di wilayah kecamatan Kembangan, Jakarta Barat yang tercatat rutin tergenang oleh banjir. Kelurahan Kembangan Utara merupakan salah satu wilayah bagian hilir Kali Angke yang rutin tergenangi oleh luapan air dari Kali Angke. Studi ini bertujuan untuk mengetahui besar curah hujan dan debit yang ada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) hilir Kali Angke sesuai dengan periode ulang, debit banjir *existing* pada daerah pengamatan, dan perubahan tata guna lahan yang terjadi pada daerah pengamatan dan debit banjir yang ada. Dalam kajian ini perencanaan pengendalian banjir menggunakan debit banjir rencana Q5th dan Q10th. Untuk perhitungan curah hujan kawasan digunakan metode Aljabar dan Poligon Thiessen. Intensitas curah hujan dihitung dengan metode Mononobe. Terjadi perubahan debit banjir pada DAS Angke dari periode 2009 sampai dengan 2015 untuk kala ulang 5 tahun adalah sebesar 42.83%, sedangkan untuk kala ulang 10 tahun perubahan debit yang ada sebesar 42.82%. Dan pada daerah pengamatan debit maksimum pada daerah pengamatan yang mampu ditampung adalah sebesar 122.96 m³/dtk.

Kata Kunci: Tata guna lahan, Kofisien limpasan (run off), Banjir, DAS, Sistem Drainase, Kali Angke, Kembangan Utara.

ABSTRACT : Water floods problem in Jakarta has regularly flooded several areas, and that must be a homework for the government and for residents who lives in areas that were flooded. It can not be separated from the effects of land use changed within each respective region. Land use changed in the watershed (DAS) both upstream and downstream areas that increasing flood discharge in river which surrounding region. North Kembangan is one of villages in the districts of Kembangan, West Jakarta recorded regularly inundate by floods. And North Kembangan is one of the areas downstream Angke who regularly inundated by floodwater from Angke. This study aims to determine the rainfall and discharge that exist in the Watershed (DAS) downstream Angke in accordance with return period, the flood discharge existing in observation area, and land use changed that occurs in the observation and flood discharge. In this study flood control planning using the design flood discharge Q5th and Q10th. The calculation method of precipitation used Algebra method and Thiessen Polygon. The intensity of rainfall is calculated by the Mononobe method. There is a change in the watershed Angke flood discharge from the period 2009 to 2015, for a return period of 5 years amounted to 42.83%, while for the 10-year return period changes to 42.82%. And in observation area Maximum discharge on the observation area that can be accommodated at 122.96m³/sec.

Keywords: Land use, Coefficient run off, Flood, DAS, Drainage Systems, Kali Angke, North Kembangan.

Pendahuluan

Permasalahan luapan air di Jakarta yang rutin menggenangi beberapa kawasan di wilayah Jakarta menjadi pekerjaan rumah tersendiri bagi pemerintah serta penduduk yang tinggal pada wilayah yang tergenang. Hal tersebut tidak terlepas dari pengaruh perubahan tata guna lahan yang ada pada setiap masing-masing wilayah. Perubahan tata guna lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) baik wilayah hulu maupun hilir tersebut mengakibatkan meningkatkannya debit banjir pada sungai yang mengelilingi suatu wilayah.

Kembangan Utara adalah salah satu kelurahan di wilayah kecamatan Kembangan, Jakarta Barat yang tercatat rutin tergenang oleh banjir. Dan Kelurahan Kembangan Utara merupakan salah satu wilayah bagian hilir Kali Angke yang rutin tergenangi oleh luapan air dari Kali Angke.

Identifikasi Masalah

Perubahan tata guna lahan pada wilayah hulu dan hilir (wilayah Bogor, Depok, Tangerang, serta DKI Jakarta) Kali Angke menyebabkan koefisien limpasan (run-off) dan juga debit banjir pada wilayah hilir Kali Angke berubah. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh curah hujan yang ada, sehingga perlu dikaji mengenai curah hujan rencana, serta debit banjir rencana pada daerah tersebut. Analisa dari perubahan tata guna lahan yang ada di hulu Kali Angke digunakan sebagai parameter perhitungan debit yang terjadi pada wilayah hilir Kali Angke.

Perumusan Masalah

1. Berapa curah hujan kawasan dan curah hujan rencana pada daerah pengamatan?
2. Berapa besar debit banjir pada daerah pengamatan?
3. Berapa besar nilai perubahan tata guna lahan yang terjadi pada daerah aliran sungai pengamatan?
4. Berapa pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir di daerah pengamatan?
5. Berapa debit banjir rencana pada daerah pengamatan yang mampu ditampung Kali Angke?

Batasan Masalah

1. Daerah Aliran Sungai (DAS) yang akan diteliti adalah DAS Kali Angke.
2. Pengamatan dilakukan di daerah yang rutin tergenang akibat luapan air Kali Angke yaitu di Wilayah Kelurahan Kembangan Utara yang merupakan salah satu kelurahan di Wilayah Administrasi Jakarta Barat.
3. Tidak membahas serta menghitung saluran primer, saluran sekunder atau pun saluran tersier.
4. Tidak membahas segi ekonomi maupun sosial yang diakibatkan adanya perubahan tata guna lahan.
5. Perubahan tata guna lahan yang diperhitungkan adalah pada DAS Kali Angke.
6. Data tutupan lahan yang digunakan adalah data dari Kementrian Lingkungan Hidup Kehutanan tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015.
7. Analisa perhitungan curah hujan kawasan digunakan metode Aljabar dan Poligon Thiessen.

8. Debit banjir yang dihitung hanya pada wilayah pengamatan, dan dianalisa dengan menggunakan metode Rasional.
9. Perhitungan Intensitas Curah Hujan menggunakan metode Mononobe.
10. Perhitungan curah hujan rencana di hitung dengan metode Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III.
11. Periode kala ulang untuk perhitungan curah hujan rencana dan debit banjir rancangan adalah 5 tahun dan 10 tahun.
12. Tidak memperhitungkan pasang surut air laut.

Maksud dan Tujuan

1. Mengetahui besar curah hujan dan debit yang ada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) hilir Kali Angke sesuai dengan periode kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.
2. Mengetahui debit banjir existing pada daerah pengamatan.
3. Mengetahui perubahan tata guna lahan yang terjadi pada daerah pengamatan dan debit banjir yang ada.
4. Mengetahui alternatif upaya penanggulangan debit limpasan berlebih.

Diagram Fish Bone



Gambar 1. Diagram Fish Bone

Hipotesis

1. Perubahan tata guna lahan yang terjadi telah menaikkan debit banjir yang ada di hilir Kali Angke.
2. Nilai koefisien limpasan (*run off*) pada tahun-tahun sebelumnya lebih kecil dibandingkan saat ini setelah adanya perubahan tata guna lahan.

Landasan Teori

Upaya pengendalian banjir pada suatu wilayah bisa berbeda dengan wilayah lain. Dalam sistem pengendalian banjir yang ditangani adalah air yang berlebih yang terdapat dalam sungai. Kelebihan air ini utamanya disebabkan kelebihan pasokan air di daerah hilir. Oleh karena itu penanganan masalah banjir memerlukan penanganan menyeluruh dari hilir sampai muara sungai.

Analisis Curah Hujan

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*). Maka untuk kawasan yang luas satu satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan wilayah hujan tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan/atau disekitar kawasan tersebut. Ada tiga macam cara yang umum dipakai untuk menghitung hujan kawasan. (1) Rata-rata Aljabar, (2) Poligon Thiessen, dan (3) Isohyet. Namun yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah Rata-rata Aljabar dan Poligon Thiessen.

Untuk cara rata-rata Aljabar, hujan kawasan diperoleh dari persamaan :

$$R = \frac{R_1+R_2+R_3+\dots+R_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

Dimana :

- R = Curah hujan rencana (mm/jam)
 - R₁, R₂ = Curah hujan pada setiap stasiun (mm/jam)
 - n = Banyaknya pos penakar hujan
- Untuk cara Poligon Thiessen, hujan kawasan diperoleh dari persamaan :

$$R = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + R_3 A_3 + \dots + R_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dimana :

- R₁, R₂, ..., R_n = Curah hujan pada setiap stasiun
- A₁, A₂, ..., A_n = Luas sub daerah yang mewakili stasiun
- R = Besaran curah hujan DAS

Analisis Curah Hujan Rencana

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan adalah:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson III
4. Distribusi Gumbel

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien skewness (kecondongan atau kemecengan).

Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir maksimum tidak mudah diperoleh, karena kelangkaan data dan pada kesulitan mengukur debit pada saat banjir. Oleh karena itu banyak rumus-rumus empiris yang dikembangkan oleh para pakar. Dalam penelitian ini, dipakai metode Rasional untuk perhitungan analisis debit

banjir rencananya, yang mempunyai persamaan:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dimana :

- Q = Debit banjir rencana (m³/detik)
- C = Koefisien limpasan
- I = Intensitas curah hujan maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = Luas daerah aliran (km²)

a. Koefisien Limpasan (*Run Off Coefisien*)

Berdasarkan koefisien limpasan tergantung dari beberapa faktor, misalnya faktor daerah pengalirannya yaitu jenis tanah, kemiringan, keadaan hutan penutupnya dan sebagainya juga tergantung dari besar kecilnya banjir.

Tabel 1. Kofisien Limpasan

Type Daerah Aliran		Harga C
Halaman	Tanah berpasir, datar 2%	0,05-0,10
	Tanah berpasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah berpasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah berat, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah berat, rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah berat, curam 7%	0,25-0,35
Business	Perkotaan	0,70-0,95
	Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Rumah tunggal	0,30-0,50
	Multiunit, terpisah	0,40-0,60
	Multiunit, tergabung	0,60-0,75
	Perkampungan	0,25-0,40
Industri	Apartemen	0,50-0,70
	Ringan	0,50-0,80
Perkerasan	Berat	0,60-0,90
	Aspal dan beton	0,70-0,95
hutan	Batu bata, paving	0,50-0,70
	Datar, 0-5%	0,10-0,40
	Bergelombang, 5-10%	0,25-0,50
Atap	Berbukit, 10-30%	0,30-0,60
		0,75-0,95
	Taman, perkuburan	0,10-0,25
	Tempat tempat bermain	0,20-0,35
Halaman kereta api		0,10-0,35

(Sumber : Mc-Guen, 1989)

(Sumber : Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, 2004)

- Penampang hidrolis saluran
- Panjang ruas saluran
- Kemiringan saluran

Dengan menggunakan persamaan manning berikut ini yaitu :

$$V=1/n.R^{2/3}.S^{1/2}$$

Dimana :

V = kecepatan aliran rata rata (m/dtk)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari jari hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran

Maka didapat debit saluran yang ada dengan :

$$Q= A.V$$

Dimana :

Q = Debit saluran (m³/dtk)

A = Luas penampang melintang basah (m²)

V = kecepatan aliran rata rata (m/dtk)

Tabel 2. Koefisien Limpasan

Penutupan Lahan	Harga C
Hutan Lahan Kering Sekunder	0.03
Belukar	0.07
Hutan Primer	0.02
Hutan Tanaman Industri	0.05
Hutan Rawa Sekunder	0.15
Perkebunan	0.4
Pertanian Lahan Kering	0.1
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0.1
Pemukiman	0.6
Sawah	0.15
Tambak	0.05
Terbuka	0.2
Perairan	0.05

(Sumber : Kodoatie dan Syarief, 2005)

b. Intensitas Hujan

Intensitas hujan pada umumnya untuk wilayah Indonesia sangat sulit didapat, maka untuk mendapatkan intensitas hujan (RT) selama waktu konsentrasi (t) digunakan rumus yang telah dikembangkan oleh Dr. Mononobe.

$$Rt = \left(\frac{R24}{24}\right) \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

Dimana :

Rt = Intensitas dalam T jam (mm/jam)

R 24 = Hujan harian efektif (jam)

t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

Analisis Hidrolika

Hasil perhitungan banjir berdasarkan data yang diterima perlu dibandingkan dengan kapasitas saluran yang ada. Perhitungan kapasitas saluran yang ada berdasarkan data data sebagai berikut:

Konservasi Air

Konservasi air ditujukan tidak hanya meningkatkan volume air tanah, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaannya, sekaligus memperbaiki kualitasnya sesuai dengan peruntukannya. Perencanaan konversi secara teknis/ rekayasa yaitu dengan membuat sumur resapan atau kolam retensi. Sumur resapan air hujan adalah sarana untuk menampung dan meresapkan air hujan ke dalam tanah. Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi 2 macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan. Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Kolam buatan atau

kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton.

Metodologi Penelitian

Luas Kelurahan Kembangan Utara yaitu +/- 348 Ha terdiri dengan jumlah penduduk 15.721 jiwa, dan 5.148 KK. Kelurahan Kembangan Utara berada di ketinggian +/- 3.2 meter di atas permukaan laut. Sehingga terlalu rendahnya dataran di wilayah ini sering menjadi langganan banjir di wilayah Jakarta, terlebih ketika Kali Angke meluap. Kali Angke berhulu di daerah Bogor dan bermuara di Laut Jawa. Aliran Kali Angke melewati wilayah daerah administrasi Kab.Bogor, Kab. Tangerang, Kota Tangerang, dan Jakarta. Luas DAS ini \pm 48.732,38 Ha. Konsentrasi daerah pemukiman berada di bagian hulu, dan tersebar sampai bagian hilir, bagian hulu paling ujung lebih padat. Kawasan hijau lebih banyak tersebar di bagian hilir dan hulu bagian tengah walaupun tersebar tidak merata.

Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara melakukan pengukuran langsung di wilayah studi maupun diolah sendiri dari objek pengamatan. Data primer yang dibutuhkan untuk penelitian adalah :

- Dokumentasi genangan
- Wawancara
- Profil Sungai

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait. Data sekunder untuk penelitian ini adalah :

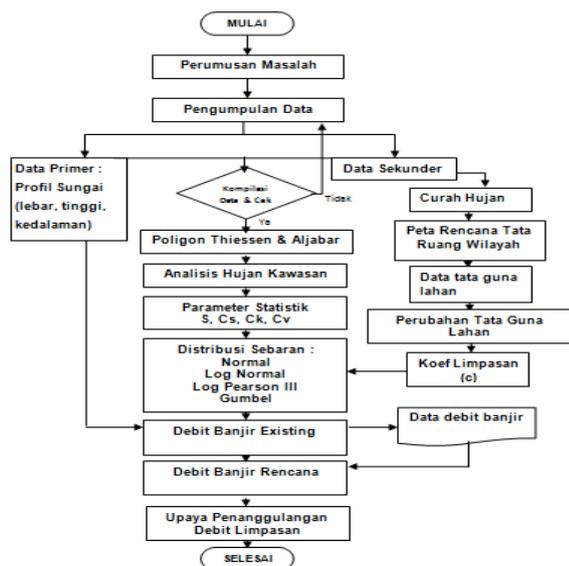
- a. Curah Hujan
- b. Tata guna lahan
- c. Peta : Peta Rupabumi, Peta Genangan Jakarta Utara, Peta Tutupan Lahan dari Departemen Kehutanan (tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015), Peta Rencana Pola Ruang (Rencana Tata Ruang Wilayah Jakarta).

Analisis dan Pengolahan Data

Analisis dan pengolahan data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu :

1. Analisis terhadap tata guna lahan existing.
2. Analisis jumlah perkembangan dan perubahan tata guna lahan di wilayah tersebut, serta data sebarannya.
3. Analisis penentuan data curah hujan di wilayah pengamatan menggunakan perhitungan Cara Aljabar dan Poligon Thiessen.
4. Analisis frekuensi hujan nantinya berguna untuk memperkirakan distribusi curah hujan dengan periode ulang tertentu. Metode yang ada yaitu : Distribusi Sebaran Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel.
5. Analisis uji kecocokan.
6. Analisis terhadap Intensitas hujan menggunakan Metode Mononobe.
7. Analisis debit banjir rencana menggunakan rumus Rasional.
8. Analisis prosentase dan evaluasi perubahan tata guna lahan.
9. Analisis alternatif upaya penanggulangan debit limpasan.

Flow Chart



Gambar 2. Flow Chart

Analisis Hidrologi

Untuk analisis hidrologi di DAS Kali Angke, ditunjang dengan ketersediaan data sebagai berikut:

1. Data pencatatan berupa data curah hujan harian dari 4 Stasiun pengamat hujan berdasarkan data yang diterima dari BMKG dan Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane. Data yang akan dipakai adalah minimal 10 tahun data, didapat dari Stasiun Penakar Hujan berikut:
 - Sta. Ranca Bungur (Periode 2008-2015)
 - Sta. Sawangan (Periode 2009-2015)
 - Sta. Cengkareng Drain (Periode 2006-2015)
 - Sta. Meteorologi Soekarno Hatta (Periode 2006-2015)
2. Data Topografi berupa Peta Bakosurtanal 1:25.000, Peta DAS dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dan Landsat (Google Earth). Berdasarkan data tersebut, ditetapkan luas DAS Kali Angke adalah 48.732,38 Ha dengan slope rerata sungai 0,0004.

Data Curah Hujan

Berikut data curah hujan maksimum bulanan di 4 stasiun hujan selama 10 tahun terakhir (periode 2006 - 2015) yang nantinya akan dipakai untuk perhitungan curah hujan.

Tabel 3. Curah Hujan Rata-rata Maksimum

Tahun	Curah Hujan maksimum (mm)			
	Sta. Ranca Bungur (R1)	Sta. Sawangan (R2)	Sta. Cengkareng Drain (R3)	Sta. Meteorologi Soekarno Hatta (R4)
2006	46.9	94.9	60.0	61.5
2007	24.3	75.5	131.0	153.2
2008	30.0	96.6	54.0	316.3
2009	20.5	85.0	139.0	106.7
2010	20.2	108.0	75.0	106.2
2011	60.3	76.0	83.0	75.5

2012	64.8	83.4	54.0	101.1
2013	63.5	100.0	91.0	397.4
2014	8.1	100.0	105.0	104.1
2015	30.0	43.6	124.0	127.7

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisis Curah Hujan

Berdasarkan pada pertimbangan tersebut, dalam tugas akhir ini akan diuraikan 2 metode pengolahan data hujan yaitu :

- a. Metode Rata - rata Aljabar
 - b. Metode Poligon Thiessen
- a. Metode Rata-rata Aljabar

Tabel 4. Curah Hujan Metode Rata-rata Aljabar

Tahun	Curah Hujan maksimum (mm)				Curah Hujan maksimum rata-rata Aljabar (mm)
	(R1)	(R2)	(R3)	(R4)	
2006	46.9	94.9	60.0	61.5	65.8
2007	24.3	75.5	131.0	153.2	96.0
2008	30.0	96.6	54.0	316.3	124.2
2009	20.5	85.0	139.0	106.7	87.8
2010	20.2	108.0	75.0	106.2	77.4
2011	60.3	76.0	83.0	75.5	73.7
2012	64.8	83.4	54.0	101.1	75.8
2013	63.5	100.0	91.0	397.4	163.0
2014	8.1	100.0	105.0	104.1	79.3
2015	30.0	43.6	124.0	127.7	81.3

(Sumber : Hasil Perhitungan)

b. Metode Poligon Thiessen

Berikut ini adalah luas cakupan area dari masing masing Stasiun Curah Hujan yang ada, yang selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan Poligon Thiessen.

A1 : STA Ranca Bungur (R1)

= 3311.70 Ha = 33,12 km²

A2 : STA Sawangan (R2)

= 18929.48 Ha= 189,29 km²

A3 : STA Cengkareng Drain (R3)

= 13930.74 Ha= 139,31 km²

A4 : STA Meteorologi Soetta (R4)

= 12560.46 Ha= 125,60 km²

Total area = 48732.38 Ha = 487,32 km²

Tabel 5. Curah Hujan Metode Poligon Thiessen

Tahun	Curah Hujan maksimum (mm)				Curah Hujan maksimum Poligon Thiessen (mm)
	(R1)	(R2)	(R3)	(R4)	
	A1= 33.12km ²	A2= 189.29km ²	A3= 139.31km ²	A4= 125.60km ²	
2006	46.9	94.9	60.0	61.5	73.1
2007	24.3	75.5	131.0	153.2	107.9
2008	30.0	96.6	54.0	316.3	136.5
2009	20.5	85.0	139.0	106.7	101.6

2010	20.2	108.0	75.0	106.2	92.1
2011	60.3	76.0	83.0	75.5	76.8
2012	64.8	83.4	54.0	101.1	78.3
2013	63.5	100.0	91.0	397.4	171.6
2014	8.1	100.0	105.0	104.1	96.2
2015	30.0	43.6	124.0	127.7	87.3

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi ini bertujuan untuk memperoleh besarnya probabilitas besarnya hujan yang akan datang yang berdasarkan pada sifat statistik yang telah lalu. Dan sebagai dasar untuk pengujian dispersi.

Tabel 6. Analisis Frekuensi Curah Hujan Rata- rata Aljabar

No	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2006	65.8	-26.608	707.959	-18837.021	501206.025
2	2007	96.0	3.568	12.727	45.404	161.978
3	2008	124.2	31.793	1010.763	32134.684	1021641.956
4	2009	87.8	-4.632	21.460	-99.414	460.534
5	2010	77.4	-15.083	227.482	-3430.994	51747.972
6	2011	73.7	-18.733	350.907	-6573.357	123135.411
7	2012	75.8	-16.608	275.809	-4580.499	76070.636
8	2013	163	70.543	4976.244	351036.714	24763007.395
9	2014	79.3	-13.133	172.463	-2264.865	29743.333
10	2015	81.3	-11.108	123.377	-1370.405	15221.775
Jumlah (Σ)		924.3	0.000	7879.190	346060.248	26582397.016
Rata – rata (R)		92.4				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 7. Analisis Frekuensi Curah Hujan Poligon Thiessen

No	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2006	73.1	-29.101	846.881	-24645.284	717207.977
2	2007	107.9	5.758	33.159	190.944	1099.530
3	2008	136.5	34.366	1181.055	40588.721	1394891.711
4	2009	101.6	-0.508	0.258	-0.131	0.066
5	2010	92.1	-10.019	100.372	-1005.578	10074.443
6	2011	76.8	-25.349	642.549	-16287.673	412868.775
7	2012	78.3	-23.860	569.323	-13584.333	324128.906
8	2013	171.6	69.444	4822.401	334884.473	2325553.580
9	2014	96.2	-5.914	34.970	-206.794	1222.881
10	2015	87.3	-14.819	219.588	-3253.968	48218.939
Jumlah (Σ)		1021.5	0.000	8450.556	316680.377	26165266.808
Rata – rata (R)		102.2				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Uji Dispersi

Dari hasil perhitungan diatas selanjutnya ditentukan jenis distribusi yang sesuai masing-masing metode baik metode rata-rata Aljabar dan Poligon Thiessen harus penentuan jenis distribusinya. Namun sebelumnya harus dicari nilai aspek-aspek seperti Standar deviasi (S), Koefisien kurtosis (Ck), Koefisien Skewness (Cs), dan Koefisien Variasi (Cv), dan berikut adalah nilai dari masing-masing aspek tersebut (hasil perhitungan).

a. Dispersi Metode Rata-rata Aljabar

$$S = 29.59$$

$$Ck = 6.88$$

$$Cs = 1.86$$

$$Cv = 0.32$$

b. Dispersi Metode Poligon Thiessen

$$S = 30.64$$

$$Ck = 5.89$$

$$Cs = 1.53$$

$$Cv = 0.30$$

Pemilihan Jenis Distribusi

Dari hasil perhitungan analisis frekuensi curah hujan tersebut selanjutnya adalah membandingkan dengan nilai syarat-syarat jenis distribusi. Dan berikut adalah tabel untuk perbandingan syarat distribusi baik untuk metode Rata-rata Aljabar, maupun metode Poligon Thiessen.

Tabel 8. Tabel Perbandingan Syarat Distribusi Untuk Metode Rata-rata Aljabar

NO	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0,00$ $C_k \approx 3,00$	1,86 > 0,00 6,88 > 3,00	Tidak OK Tidak OK
2	Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^2 = 0,99$ $C_k = C_v^3 + 6C_v^2 + 15C_v + 16C_v^2 + 3 = 4,80$	1,86 > 0,99 6,88 > 4,80	Tidak OK Tidak OK
3	Log Pearson III	$C_s \neq 0,00$	1,86 \neq 0,00	OK
4	Gumbel	$C_s \leq 1,14$ $C_k \leq 5,40$	1,86 > 1,14 6,88 \geq 5,40	Tidak OK Tidak OK

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 9. Tabel Perbandingan Syarat Distribusi Untuk Metode Poligon Thiessen

NO	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0,00$ $C_k \approx 3,00$	1,53 > 0,00 5,89 > 3,00	Tidak OK Tidak OK
2	Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^2 = 0,93$ $C_k = C_v^3 + 6C_v^2 + 15C_v + 16C_v^2 + 3 = 4,57$	1,53 > 0,93 5,89 > 4,57	Tidak OK Tidak OK
3	Log Pearson III	$C_s \neq 0,00$	1,53 \neq 0,00	OK
4	Gumbel	$C_s \leq 1,14$ $C_k \leq 5,40$	1,53 > 1,14 5,89 > 5,40	Tidak OK Tidak OK

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perbandingan hasil dari tabel diatas, baik Metode Rata-rata Aljabar maupun Metode Poligon Thiessen maka jenis sebaran yang paling mendekati syarat adalah distribusi dengan metode Log Pearson III. Untuk selanjutnya data yang digunakan dalam perhitungan Log Pearson III adalah data dari Metode Poligon Thiessen, dikarenakan nilai frekuensi rata-rata curah hujan yang ada lebih besar dibandingkan dari Metode Rata-rata Aljabar.

Pengujian Kecocokan Jenis Distribusi

Pengujian kecocokan distribusi berfungsi untuk menguji apakah distribusi yang dipilih dalam pembuatan *duration curve* cocok dengan distribusi empirisnya. Dalam hal ini menggunakan metode *chi-square*. Uji *Chi-Square* (uji kecocokan) diperlukan untuk mengetahui apakah data curah hujan yang

sudah ada sesuai dengan jenis distribusi yang dipilih.

Tabel 10. Perhitungan Uji *Chi-Square*

No	Nilai Batasan	Of	Ef	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1.	$56,63 \leq X \leq 89,48$	4	2,5	2,25	0,90
2.	$89,48 \leq X \leq 122,33$	4	2,5	2,25	0,90
3.	$122,33 \leq X \leq 155,17$	1	2,5	2,25	0,90
4.	$155,17 \leq X \leq 188,02$	1	2,5	2,25	0,90
Jumlah					3,60

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan diatas nilai $X^2 = 3,60$ sedangkan nilai X^2 pada tabel uji *Chi-Square*, $X^2 = 5,99$. Dan dengan memasukkan nilai tersebut ke persyaratan yang diterima, adalah $X^2_{Hitung} < X^2_{Chi-Square}$ maka dari perhitungan tersebut, jenis sebaran Distribusi Log Pearson III dapat diterima.

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dengan menggunakan metode Log Pearson III, maka didapat hasil perhitungan pada tabel 11 berikut :

Tabel 11. Perhitungan metode Log Pearson III

NO	Tahun	Curah Hujan X (mm)	Log X	$(\text{Log} X - \text{Log} X_n)^2$	$(\text{Log} X - \text{Log} X_n)^3$
1	2006	73.1	1.864	0.01704	-0.00222
2	2007	107.9	2.033	0.00151	0.00006
3	2008	136.5	2.135	0.01989	0.00281
4	2009	101.6	2.007	0.00017	0.00000
5	2010	92.1	1.964	0.00088	-0.00003
6	2011	76.8	1.885	0.01183	-0.00129
7	2012	78.3	1.894	0.01009	-0.00101
8	2013	171.6	2.235	0.05777	0.01388
9	2014	96.2	1.983	0.00012	0.00000
10	2015	87.3	1.941	0.00281	-0.00015
Jumlah		1021.5	19.942	0.122	0.012

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson III untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 12. Perhitungan curah hujan rencana metode Log Pearson III

NO	PERIODE ULANG (T)	Log Xrt	K	S	Log X	CURAH HUJAN In Log X (mm)
2	5	1.994	0.758	0.1165	2.0824	120.91
3	10	1.994	1.340	0.1165	2.1502	141.33
4	25	1.994	2.043	0.1165	2.2321	170.66
5	50	1.994	2.542	0.1165	2.2902	195.09
6	100	1.944	3.022	0.1165	2.3462	221.90

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari tabel perhitungan tersebut curah hujan yang akan digunakan adalah curah hujan dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

Analisis Data Tata Guna Lahan

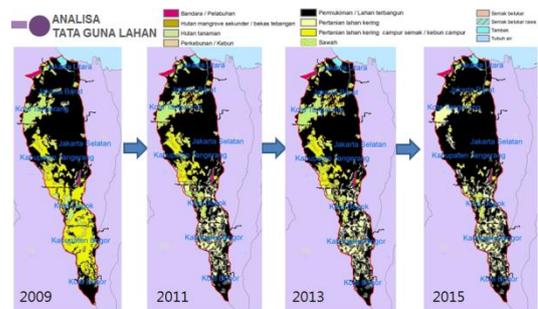
Analisis penggunaan lahan pada penelitian ini dengan cara mendigitasi *image* dari peta penggunaan lahan pada tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015 yang didapatkan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Dengan bantuan program *ArcGIS*, didapatkan hasil luasan dari klasifikasi penggunaan lahan pada peta yang ada.

Berdasarkan hasil dari perhitungan mengenai luasan tata guna lahan yang ada pada DAS Kali Angke. Tabel di bawah ini adalah rekapitulasi perubahan untuk penggunaan lahan periode 2009, 2011, 2013, dan 2015.

Tabel 13. Tabel Penggunaan Lahan 2009, 2011, 2013, dan 2015

NO	Penggunaan Lahan	Luas (km ²)				Prosentase perubahan dari 2009 ke 2015 (%)
		2009	2011	2013	2015	
1	Bandara/ Pelabuhan	4.2076	4.2076	4.2076	4.1735	-0.8107
2	Hutan mangrove sekunder/ Bekas terbangun	0.3919	0.3919	0.3919	0.3919	-
3	Hutan tanaman	0.1361	0.0131	0.0131	0.0131	-90.3762
4	Perkebunan/ Kebun	0.9743	0.9743	0.9743	0.2953	-69.6874
5	Permukiman/ Lahan terbangun	293.6308	326.6171	326.4392	372.5729	26.8848
6	Pertanian lahan kering	6.3196	63.7021	63.7021	77.8670	1132.1551
7	Pertanian lahan kering campur semak/kebun campur	122.4979	29.5705	29.7484	3.5166	-97.1292
8	Sawah	53.2662	56.2405	56.2405	23.9984	-54.9464
9	Semak belukar	0.5528	0.5528	0.5528	-	-100.0000
10	Semak belukar rawa	-	-	0.1579	0.1579	100.0000
11	Tambak	3.8090	3.8090	3.6511	3.5504	-6.7895
12	Tubuh air	1.5375	1.2448	1.2448	0.7866	-48.8383
Total		487.32	487.32	487.32	487.323	

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan DAS Kali Angke tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015

Analisis Debit Banjir Rencana

Berdasarkan hasil pengamatan data sebaran hujan di Indonesia, hujan terpusat tidak lebih dari 7 (tujuh) jam, maka dalam perhitungan ini diasumsikan hujan terpusat maksimum adalah selama 6 (enam) jam sehari.

Tabel 14. Distribusi Hujan Jam-jam an

Jam ke- (t)	Distribusi hujan (Rt) 0,5 jam-an	Curah hujan jam ke-	Rasio (%)
1.00	0.55 R24	0.55 R24	55.03
2.00	0.35 R24	0.14 R24	14.30
3.00	0.26 R24	0.10 R24	10.03
4.00	0.22 R24	0.08 R24	7.99
5.00	0.19 R24	0.07 R24	6.75
6.00	0.17 R24	0.06 R24	5.90
Jumlah			100.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 15. Tabel perhitungan untuk pencarian kofisien limpasan

NO	Penggunaan Lahan	Koefisien Limpasan(C)	C . A ₂₀₀₉	C . A ₂₀₁₁	C . A ₂₀₁₃	C . A ₂₀₁₅
1	Bandara/ Pelabuhan	0.8	3.37	3.37	3.37	3.34
2	Hutan mangrove sekunder/Bekas terbangun	0.2	0.08	0.08	0.08	0.08
3	Hutan tanaman	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
4	Perkebunan/ Kebun	0.4	0.39	0.39	0.39	0.12
5	Permukiman/ Lahan terbangun	0.6	176.18	195.97	195.86	223.54
6	Pertanian lahan kering	0.1	0.63	6.37	6.37	7.79
7	Pertanian lahan kering campur semak/kebun campur	0.1	12.25	2.96	2.97	0.35
8	Sawah	0.15	7.99	8.44	8.44	3.60
9	Semak belukar	0.07	0.04	0.04	0.04	0.00
10	Semak belukar rawa	0.07	0.00	0.00	0.01	0.01
11	Tambak	0.05	0.19	0.19	0.18	0.18
12	Tubuh air	0.05	0.08	0.06	0.06	0.04
C terbobot = $(\sum C \cdot A_{tahun\ pengamatan}) / (\sum A)$			0.41	0.45	0.45	0.49

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan tersebut, untuk Penggunaan Lahan pada tahun 2009 maka diperoleh nilai koefisien limpasan (*run off*) C = 0,41.

Tabel 16. Distribusi Hujan Netto Jam-jam an untuk nilai C=0.41

No	Jam ke	Rasio	Hujan Jam-jaman (mm)					
			2	5	10	25	50	100
1	1.0	0.550	21.30	27.28	31.89	38.51	44.02	50.07
2	2.0	0.143	5.54	7.09	8.29	10.01	11.44	13.01
3	3.0	0.100	3.88	4.97	5.81	7.02	8.03	9.13
4	4.0	0.080	3.09	3.96	4.63	5.59	6.39	7.27
5	5.0	0.067	2.61	3.34	3.91	4.72	5.40	6.14
6	6.0	0.059	2.28	2.92	3.42	4.13	4.72	5.36
Hujan Rencana			94.42	120.91	141.33	170.66	195.09	221.90
Hujan Netto			38.71	49.57	57.95	69.97	79.99	90.98

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Sedangkan untuk Penggunaan Lahan pada tahun 2011 dan 2013 maka diperoleh nilai koefisien limpasan (*run off*) C = 0,45.

Tabel 17. Distribusi Hujan Netto Jam-jam an untuk nilai C=0.45

No	Jam ke	Rasio	Hujan Jam-jaman (mm)					
			2	5	10	25	50	100
1	1.0	0.550	23.38	29.94	35.00	42.46	48.31	54.95
2	2.0	0.143	6.08	7.78	9.10	10.98	12.56	14.28
3	3.0	0.100	4.26	5.46	6.38	7.71	8.81	10.02
4	4.0	0.080	3.39	4.35	5.08	6.13	7.01	7.98
5	5.0	0.067	2.87	3.67	4.29	5.18	5.92	6.74
6	6.0	0.059	2.51	3.21	3.75	4.53	5.18	5.89
Hujan Rencana			94.42	120.91	141.33	170.66	195.09	221.9
Hujan Netto			42.49	54.41	63.60	76.80	87.79	99.85

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Nilai koefisien limpasan (*run off*) untuk Penggunaan Lahan pada tahun 2015 diperoleh C = 0,49.

Tabel 18. Distribusi Hujan Netto Jam-jam an untuk nilai C=0.49

No	Jam ke	Rasio	Hujan Jam-jaman (mm)					
			2	5	10	25	50	100
1	1.0	0.550	25.46	32.60	38.11	46.02	52.61	59.84
2	2.0	0.143	6.62	8.47	9.91	11.96	13.67	15.55
3	3.0	0.100	4.64	5.94	6.95	8.39	9.59	10.91
4	4.0	0.080	3.70	4.73	5.53	6.68	7.64	8.69
5	5.0	0.067	3.12	4.00	4.67	5.64	6.45	7.33
6	6.0	0.059	2.73	3.49	4.08	4.93	5.64	6.41
Hujan Rencana			94.42	120.91	141.33	170.66	195.09	221.9
Hujan Netto			46.27	59.24	69.25	83.62	95.60	108.73

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Berikut besarnya debit banjir rencana periode ulang 5 tahun dan 10 tahun dengan menggunakan metode rasional untuk DAS Kali Angke sesuai dengan tata guna lahan DAS tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015.

Tabel 19. Debit Banjir DAS Kali Angke Tahun 2009, C=0.41

Kala Ulang	Intensitas Hujan (I), mm/jam	Koef. Limp. (C)	Luas DAS (km ²)	Q.m ³ /dtk
5	49.57	0.41	487.32	2753.35
10	57.95	0.41	487.32	3218.82

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 20. Debit Banjir DAS Kali Angke Tahun 2011 dan 2013, C=0.45

Kala Ulang	Intensitas Hujan (I), mm/jam	Koef. Limp. (C)	Luas DAS (km ²)	Q,m ³ /dtk
5	54.41	0.45	487.32	3317.04
10	63.6	0.45	487.32	3877.29

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 21. Debit Banjir DAS Kali Angke Tahun 2015, C=0.49

Kala Ulang	Intensitas Hujan (I), mm/jam	Koef. Limp. (C)	Luas DAS (km ²)	Q,m ³ /dtk
5	59.24	0.49	487.32	3932.51
10	69.25	0.49	487.32	4597.00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dibawah ini adalah prosentase perubahan debit banjir di DAS Kali Angke pada tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015 dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

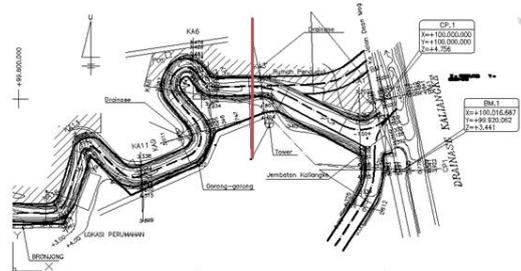
Tabel 22. Perbandingan Debit Banjir DAS Kali Angke tahun 2009, 2011, 2013, dan 2015

Kala Ulang	Q2009 (m ³ /dtk)	Q2011 (m ³ /dtk)	Q2013 (m ³ /dtk)	Q2015 (m ³ /dtk)	Prosentase perubahan Q2009-Q2015 (%)
5	2753.35	3317.04	3317.04	3932.51	42.83 %
10	3218.82	3877.29	3877.29	4597.00	42.82 %

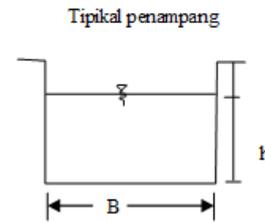
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisis Kapasitas Sungai

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui daya tampung maksimum sungai sesuai dengan kondisi profil sungai saat ini. Perhitungan kapasitas akan dilakukan pada salah satu titik hilir Kali Angke, yaitu sebelum pertemuan Drainase Kali Angke (Cengkareng Drain) dengan berbatasan langsung lokasi pengamatan di Kelurahan Kembangan Utara.



Gambar 4. Trase Kali Angke untuk lokasi pengamatan. (Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane)



Gambar 5. Potongan profil sungai lokasi pengamatan

Diketahui :

$$b = 22 \text{ m}$$

$$h = 2.3 \text{ m}$$

$$S = 0.0004$$

$$m = 0$$

$n = 0.040$ (didapat $n=0.040$ dikarenakan kondisi saluran baik, dan saluran tersebut terbuat dari dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur)

Perhitungan :

1. Luas penampang (A) :

$$A = b.h + m.h^2$$

$$A = 22 \times 2.3 + 0 \times 2.3^2$$

$$A = 50.6 \text{ m}^2$$

2. Keliling basah (P) :

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$P = 22 + 2 \times 2.3 \sqrt{0^2 + 1}$$

$$P = 26.6 \text{ m}$$

3. Kemiringan dasar sungai (S) :

$$S = 0.0004$$

4. Jari-jari hidrolis (R) :

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{50.6}{26.6}$$

$$R = 1.90 \text{ m}$$

5. Kecepatan aliran (V) :

$$V = \frac{1}{n} . R^{\frac{2}{3}} . S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.040} \times 1.90^{2/3} \times 0.004^{1/2}$$

$$V = 2.43 \text{ m/dtk}$$

6. Debit sungai (Q) :

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 50.6 \times 2.43$$

$$Q = 122.96 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Jadi debit sungai maksimum yang dapat ditampung pada satu titik di hilir Kali Angke yaitu di sisi sebelah Kelurahan Kembangan Utara adalah sebesar $Q_{maks} = 122.96 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Permasalahan genangan pada wilayah pengamatan yaitu di wilayah Kembangan Utara, penampang sungai *existing* tersebut masih belum dapat menampung debit banjir, sehingga menyebabkan sungai tersebut meluap. Untuk mengurangi debit banjir tersebut perlu diadakannya normalisasi sungai maupun program konservasi air.

Upaya Penanganan Debit Limpasan

Masih adanya permasalahan genangan akibat limpasan di wilayah pengamatan Kelurahan Kembangan Utara, diperlukan pengkajian penyebab terjadinya genangan tersebut.

Dari perhitungan debit banjir sebelumnya, ada penambahan debit banjir pada periode pengamatan 2009 dan 2015 yang nantinya penambahan debit banjir tersebut menjadi dasar pada perhitungan upaya penanggulangan debit banjir limpasan tersebut.

Tabel 23. Perubahan debit banjir tahun 2009 dan 2015

Kala Ulang	Q2009 (m ³ /dtk)	Q2015 (m ³ /dtk)	Penambahan debit banjir (m ³ /dtk)
5	2753.35	3932.51	1179.16
10	3218.82	4597.00	1378.18

(Sumber : Hasil Perhitungan)

a. Konservasi 1, dengan sumur resapan

Diasumsikan sebesar 20% dari penggunaan lahan untuk permukiman/ lahan terbangun di wilayah hulu maupun hilir telah Dibawah ini adalah perbandingan perubahan koefisien limpasan (C) yang ada pada tahun 2015, dan setelah peng-aplikasian sumur resapan di permukiman yang menggunakan data tutupan lahan tahun 2015.

Tabel 24. Perbandingan koefisien limpasan tahun 2015 dan konservasi 1

NO	Penggunaan Lahan	Koefisien Limp. (C)	Koefisien Limp. 2015 (C ₂₀₁₅)	Tutupan Lahan Konservasi (km ²)	C _{A_{konservasi}}
1	Bandara/ Pelabuhan	0.8	C ₂₀₁₅ = 0.49	4.1735	3.34
2	Hutan mangrove sekunder/ Bekas terbangun	0.2		0.3919	0.08
3	Hutan tanaman	0.05		0.0131	0.00
4	Perkebunan/ Kebun	0.4		0.2953	0.12
5	Permukiman/ Lahan terbangun	0.6		298.0584	178.84
6	Permukiman dengan sumur resapan	0.3		74.5146	22.35
7	Pertanian lahan kering	0.1		77.8670	7.79
8	Pertanian lahan kering campur semak/kebun campur	0.1		3.5166	0.35
9	Sawah	0.15		23.9984	3.60
10	Semak belukar	0.07		0.0000	0.00
11	Semak belukar rawa	0.07		0.1579	0.01
12	Tambak	0.05		3.5504	0.18
13	Tubuh air	0.05		0.7866	0.04
Koefisien Limpasan (C)				C _{konservasi} = 0.44	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Sehingga dari perhitungan koefisien limpasan tersebut, didapatkan distribusi hujan netto jam-jaman untuk nilai $C = 0.44$ dan debit banjir tahun konservasi sebagai berikut:

Tabel 25. Distribusi Hujan Netto Jam-jam an untuk nilai C = 0.44

No	Jam ke	Rasio	Hujan Jam-jaman (mm)					
			2	5	10	25	50	100
1	1.0	0.550	22.86	29.28	34.22	41.32	47.24	53.73

2	2.0	0.143	5.94	7.61	8.90	10.74	12.28	13.97
3	3.0	0.100	4.17	5.34	6.24	7.53	8.61	9.80
4	4.0	0.080	3.32	4.25	4.97	6.00	6.86	7.80
5	5.0	0.067	2.80	3.59	4.19	5.07	5.79	6.59
6	6.0	0.059	2.45	3.14	3.67	4.43	5.06	5.76
Hujan Rencana			94.42	120.91	141.33	170.66	195.09	221.9
Hujan Netto			41.54	53.20	62.19	75.09	85.84	97.64

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 26. Debit Banjir DAS Kali Angke Konservasi 1, C = 0.44

Kala Ulang	Intensitas Hujan (I), mm/jam	Koef. Aliran (C)	Luas DAS (km ²)	Q, m ³ /dtk
5	53.20	0.44	487.32	3171.20
10	62.19	0.44	487.32	3707.08

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dibawah ini adalah prosentase perubahan debit banjir di DAS Kali Angke pada tahun 2015 dan tahun konservasi dengan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun.

Tabel 27. Perbandingan Debit Banjir Limpasan DAS Kali Angke tahun 2015 dan konservasi 1

Kala Ulang	Q2015 (m ³ /dtk)	Qkonservasi 1 (m ³ /dtk)	Besar pengurangan debit limpasan setelah konservasi 1 (m ³ /dtk)	Prosentase perubahan Q2015 – Qkonservasi1 (%)
5	3932.51	3171.20	761.31	-19.36 %
10	4597.00	3707.08	889.92	-19.36 %

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan diatas, dibawah ini adalah sisa debit banjir limpasan yang nantinya akan digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan kolam retensi pada DAS pengamatan.

Tabel 28. Sisa Debit Banjir Limpasan DAS Kali Angke tahun 2015 setelah konservasi 1

Kala Ulang	Penambahan debit banjir (m ³ /dtk)	Pengurangan debit limpasan setelah konservasi 1 (m ³ /dtk)	Sisa debit limpasan yang nantinya akan dihitung dengan konservasi 2 (m ³ /dtk)
5	1179.16	761.31	417.85
10	1378.18	889.92	488.26

(Sumber : Hasil Perhitungan)

b. Konservasi 2, dengan pembuatan kolam retensi

Untuk kolam retensi, direncanakan dibangun pada daerah Hulu Kali Angke dengan dimensi kolam retensi 75 x 75 x 5m, sehingga diketahui :

Sisa debit limpasan= 488.26 m³/dtk

Volume 1 buah kolam retensi= 28125 m³

Waktu yang dibutuhkan kolam retensi untuk penuh (Tc), dihitung :

$$T_c = \frac{\text{Volume tampungan (m}^3\text{)}}{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \right)}$$

$$T_c = \frac{28125}{488.26} = 57.6 \text{ dtk}$$

Dari perhitungan diatas, setiap 57.6 detik, air di kolam retensi harus dipompa agar tidak meluap. Untuk memperpanjang jangka waktu kolam retensi untuk penuh, maka harus dibuat banyak kolam retensi baik di wilayah hulu maupun di hilir DAS Kali Angke tersebut dengan memperhitungkan kebutuhan kapasitas pompa agar mampu melayani debit banjir yang ada.

Kesimpulan

Hasil dari analisis data yang telah didapat pada tugas akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besar curah hujan maksimum pada wilayah DAS melalui Metode Rata-rata Aljabar adalah sebesar 163 mm, sedangkan melalui Metode Poligon Thiessen adalah sebesar 171.6 mm. Didapatkan nilai curah hujan rancangan periode kala ulang 5 tahun adalah 120.9 mm, dan periode 10 tahun adalah 141.3 mm.
2. Debit banjir rancangan untuk tahun 2009 dengan C=0.41 kala ulang 5 dan 10 tahun berturut-turut 2753.35 m³/dtk dan 3218.82 m³/dtk. Sedangkan untuk

- tahun 2011 dan 2013 dengan $C=0.45$ kala ulang 5 tahun dan 10 tahun berturut-turut 3317.04 m³/dtk dan 3877.29 m³/dtk. Dan untuk tahun 2015 dengan $C=0.49$ debit banjir rancangan pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun berturut-turut sebesar 3932.51 m³/dtk dan 4597.00 m³/dtk.
3. Perubahan pada penggunaan lahan dari 2009 sampai dengan 2015 di DAS pengamatan yaitu terjadi penurunan penggunaan lahan untuk bandara/ pelabuhan sebesar -0.8107%, hutan tanaman sebesar -90.3762%, perkebunan/ kebun sebesar -69.6874%, pertanian lahan kering campur semak/ kebun campur sebesar -97.1292%, sawah sebesar -54.9464%, semak belukar sebesar -100%, tambak sebesar -6.7895%, dan tubuh air sebesar -48.8383%. Dan terjadi peningkatan perubahan untuk penggunaan lahan permukiman/ lahan terbangun sebesar 26.8848%, pertanian lahan kering 1132.1551%, dan semak belukar rawa sebesar 100%.
 4. Prosentase perubahan debit banjir pada DAS pengamatan dari periode 2009 sampai dengan 2015 untuk kala ulang 5 tahun adalah sebesar 42.83%, sedangkan untuk kala ulang 10 tahun perubahan debit yang ada sebesar 42.82%.
 5. Debit maksimum pada daerah pengamatan yang mampu ditampung adalah sebesar 122.96 m³/dtk.
 6. Upaya konservasi air dengan sumur resapan dan kolam retensi pada permukiman wilayah hulu maupun hilir daerah aliran sungai dapat membantu menurunkan debit banjir yang ada.
 1. Baja M.Phil, Prof.Dr.Ir. Sumbangan (2012); Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah, Andi Offset, Yogyakarta .
 2. Departemen PU Bina Marga, 1990, Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No. 008/T/BNKT/1990.
 3. Ghoffar E.M, M.Abdul, dkk. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6 (Lubaabut Tafsir Min Ibni Katsiir)*. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i.
 4. Normalisasi Sungai <https://bebasbanjir2025.wordpress.com/konsep-pemerintah/dinas-pu-dki-jakarta-3-4/> (diakses 1 April 2016)
 5. Peraturan Menteri Kehutanan , 2014, Nomor P. 61 /Menhut-II.
 6. Peraturan Menteri PU, 2014, Nomor 12.
 7. Peraturan Pemerintah tentang Sungai, 2011.
 8. Pujiastuti, Evi. 2016, Tugas Akhir : *Evaluasi Sistem Tata Air yang Berkaitan dengan Masalah Banjir di Kelurahan Kampung Melayu*, UMJ. Jakarta.
 9. *Review Masterplan Pengendalian Banjir dan Drainase*, Dinas Pekerjaan Umum DKI
 10. Soemarto, CD. 1993, Hidrolika Teknik. Erlangga. Jakarta.
 11. Suripin, M.Eng. Dr. Ir. (2004); Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, Andi Offset, Yogyakarta .
 12. Untari, Adelia. Jurnal : *Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit di DAS Citepus, Kota Bandung*. ITB. Bandung.
 13. Yanto, Petrus. 2008, Tugas Akhir : *Perhitungan Debit Limpasan dengan Menggunakan Metode Rasional dan Program SMADA Ditinjau dari Aspek Tata Guna Lahan*, UI. Jakarta.

Daftar Pustaka

