

## KAJIAN KEANDALAN KULONG RETENSI KACANG PEDANG SEBAGAI PENGENDALI BANJIR KOTA PANGKALPINANG

Mega Tresnanda<sup>1</sup>, Fadillah Sabri S.T., M.Eng<sup>2</sup>, Donny F. Manalu S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

Email : [megatresnanda29@gmail.com](mailto:megatresnanda29@gmail.com)

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

Email: [sabrifadillah@yahoo.com](mailto:sabrifadillah@yahoo.com)

<sup>3</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

Email : [donny\\_fm@yahoo.com](mailto:donny_fm@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Kejadian bencana banjir pada bulan Februari 2016 menjadi salah satu bencana yang terparah melanda Kota Pangkalpinang. Sebagai daerah hilir dari DAS Baturusa dengan pusat kota berbentuk cekungan, salah satu hal yang bisa dilakukan Kota Pangkalpinang dalam upaya pengendalian banjir adalah melakukan pengaturan debit banjir dengan kulong retensi. Namun pada banjir Februari 2016 lalu, Kulong Retensi Kacang Pedang Kota Pangkalpinang meluap. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian terhadap keandalan Kulong Retensi Kacang Pedang sebagai pengendali banjir.*

*Analisis dilakukan pada wilayah kajian Sub Sub DAS Rangkui. Tahapan analisis yaitu analisis debit banjir, analisis penelusuran aliran, analisis keandalan kulong, dan analisis pengendalian banjir. Analisis debit banjir HSS Gama I menggunakan data hujan Februari 2016 dan hujan rancangan Distribusi Probabilitas Log Normal kala ulang 2, 5, 10, 25, serta 50 tahun. Analisis penelusuran aliran digunakan untuk mengetahui debit outflow. Analisis keandalan dilakukan dengan membandingkan volume tampungan akhir terhadap volume tampungan maksimum kulong. Analisis pengendalian yang dilakukan berupa penambahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan normalisasi kulong.*

*Hasil analisis kondisi eksisting dengan volume tampungan 1.173.330 m<sup>3</sup> menunjukkan bahwa Kulong Retensi Kacang Pedang andal untuk menampung volume aliran banjir kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan banjir 8 Februari 2016. Namun, pada kala ulang 25 tahun keandalan 92,68%; kala ulang 50 tahun keandalan 83,87%; dan banjir 9 Februari 2016 keandalan 82,54%. Setelah dilakukan normalisasi kulong dengan pengerukan sedalam 2,222 m dari elevasi rata-rata eksisting 5,843 m sampai rata-rata elevasi 3,621 m maka diperoleh volume tampungan menjadi 1.800.005 m<sup>3</sup>. Pada kondisi pengendalian ini Kulong Retensi Kacang Pedang mampu menampung seluruh volume aliran banjir rancangan dan volume banjir Februari 2016.*

**Kata kunci : Kulong Retensi Kacang Pedang, banjir, HSS Gama I, reservoir routing, keandalan**

### PENDAHULUAN

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat terdapat 2.345 kejadian bencana pada tahun 2016. Dari jumlah tersebut, sebanyak 92% adalah bencana hidrometeorologi yang didominasi oleh banjir, longsor, dan puting beliung (BNPB 2016, dalam [www.bcc.com/indonesia](http://www.bcc.com/indonesia)).

Hal ini menyatakan bahwa bencana banjir menjadi salah satu bencana yang mendominasi. Indeks resiko rawan bencana tahun 2013 yang dikeluarkan oleh BNPB juga menyatakan bahwa Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menduduki urutan ke-9 dari 33 provinsi di seluruh Indonesia dengan kelas resiko tinggi (BNPB,2013).

Hal ini sejalan dengan kejadian bencana banjir Februari 2016 lalu yang menjadi bencana terparah melanda Kota Pangkalpinang. Banyak hal yang menjadi pemicu kejadian bencana tersebut diantaranya yaitu faktor kondisi alam, peristiwa alam, dan aktivitas manusia.

Faktor kondisi alam Kota Pangkalpinang sebagai daerah hilir dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Baturusa dengan pusat kota berbentuk cekungan mengakibatkan Kota Pangkalpinang menerima limpasan permukaan dari daerah hulu. Hal yang bisa dilakukan sebagai salah satu bentuk upaya pengendalian banjir adalah dengan melakukan pengaturan debit banjir dengan kulong retensi. Kulong retensi yang dimiliki oleh Kota Pangkalpinang adalah Kulong Retensi Kacang Pedang berlokasi di Kelurahan Pintu Air – Kecamatan Rangku.

Kulong yang menurut sejarahnya ini sudah ada pada tahun 1928 dan merupakan kulong hasil pertambangan timah mulai dilakukan program pembangunan pada tahun 2003-2008, yang salah satu tujuan pembangunannya sebagai pengendali banjir dan air genangan (Elvian, 2007). Namun pada kenyataannya, Kulong Retensi Kacang Pedang yang berlokasi di Kelurahan Pintu Air, Kecamatan Rangku, Kota Pangkalpinang pada kejadian bencana banjir Februari 2016 lalu meluap.

Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian mengenai keandalan Kulong Retensi Kacang Pedang sebagai pengendali banjir agar dapat menjadi dasar bagi pengambil kebijakan untuk dapat mengoptimalkan fungsi Kulong Retensi Kacang Pedang.

**LANDASAN TEORI**

**Analisis Frekuensi dan Distribusi Probabilitas**

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2014). Distribusi probabilitas yang biasa digunakan adalah Distribusi Gumbel, Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log Pearson III.

**Uji Kecocokan**

Uji kecocokan/kesesuaian digunakan untuk mengetahui persamaan distribusi probabilitas yang dapat mewakili distribusi statistik sampel data. Pengujian parameter yang sering digunakan adalah Uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

**Uji Chi-Kuadrat**

Pengujian ini dapat dihitung dengan persamaan:

$$\chi^2 = \sum_{f=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan nilai  $\chi^2$  yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai  $\chi_{cr}^2$  (Chi-Kuadrat kritis).

**Uji Smirnov Kolmogorov**

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov juga disebut uji kecocokan non para metrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Bambang Triatmodjo, 2014). Pada pengujian ini berlaku syarat  $(\Delta P_i)_{maks} < \Delta P$  kritis, dengan  $(\Delta P_i)$  adalah selisih antara peluang empiris dan peluang teoritis. Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai  $(\Delta P_i)_{maks}$ .

**Alternating Block Method**

Intensitas hujan harian akan dialihragamkan menjadi intensitas hujan jam-jaman dengan menggunakan rumus Mononobe (Suyono dan Takeda, 1983) sebagai berikut: (Triadmodjo, 2014).

$$I_t^t = \frac{R_{24}^T}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2)$$

Durasi hujan atau waktu konsentrasi dalam perhitungan hujan jam-jaman menggunakan Rumus Kirpich yaitu:

$$t_c = \frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}} \dots\dots\dots(3)$$

Pertambahan hujan dalam metode ini diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan  $T_d$  dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah.

**Hujan Efektif SCS-CN**

Hujan efektif merupakan hujan yang menjadi aliran langsung/limpasan permukaan. Metode yang digunakan untuk menghitung hujan efektif yaitu Metode *The Sol Conservation Service* (SCS, 1972 dalam Chow 1988) dalam bentuk persamaan berikut ini (Triadmodjo, 2014):

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan nilai S pada persamaan berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots(5)$$

Cn (Curve Number) merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanamanan penutup, tataguna lahan, cara pengerjaan tanah, dan lainnya. Jika lahan terdiri dari beberapa tata guna lahan maka dihitung nilai CN komposit.

**Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama I**

HSS Gama I terdiri dari tiga bagian pokok yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*), dan sisi turun/resesi (*recession limb*). Selain itu, HSS Gama I memiliki empat variabel pokok yaitu waktu naik (*time of rise – TR*), debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar (TB), dan sisi resesi yang ditentukan oleh nilai koefisien tampungan (K) yang mengikuti persamaan berikut:

$$Q_T = Q_p e^{-t/K} \dots\dots\dots(6)$$

Waktu puncak HSS Gama I (TR):

$$TR = \left( \frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665SIM + 1,2775 \dots\dots\dots(7)$$

Debit puncak banjir (QP):

$$QP = 0,1836A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381} \dots\dots\dots(8)$$

Waktu dasar (TB):

$$TB = 27,4132TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \dots\dots\dots(9)$$

Koefisien resesi (K):

$$K = 0,5617A^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \dots\dots\dots(10)$$

Aliran dasar (QB):

$$QB = 0,4715A^{0,6444} D^{0,9430} \dots\dots\dots(11)$$

**Penelusuran Aliran Banjir Metode Level Pool Routing (LPR)**

Menggunakan persamaan (12) berikut

$$\left( \frac{2S_{j+1}}{\Delta t} + Q_{j+1} \right) = (I_j + I_{j+1}) + \left( \frac{2S_j}{\Delta t} - Q_j \right) \dots\dots\dots(12)$$

Penyelesaian persamaan diatas menggunakan hubungan antara elevasi muka air (H) – tampungan ( $\Delta S$ ) berdasarkan pengukuran lapangan dan hubungan elevasi muka air (H) – *outflow* (Q) yang melalui ambang *spillway* yang hiditung menggunakan persamaan hidraulika yaitu: (Hadisusanto,2010).

$$Q = C_d B H^{3/2} \dots\dots\dots(13)$$

Aliran melalui bangunan pelimpah tergantung pada lebar bangunan pelimpah (B), tinggi peluapan (H), dan koefisien

debit (Cd) = 1,7 yang diberikan oleh persamaan (13) di atas (Triadmodjo, 2014).

**Keandalan Kulong**

Menurut Ray K. Linsley dkk., (1985) bahwa keandalan suatu waduk didefinisikan sebagai besarnya peluang bahwa ia akan mampu memenuhi kebutuhan yang direncanakan sepanjang masa hidupnya tanpa ada kekurangan. Dalam menganalisis keandalan waduk sebagai pengendali banjir dipusatkan terhadap nilai tampungannya. puncak banjir yang masuk kedalam kulong.

Keandalan kulong sebagai pengendali banjir dilihat dari perbandingan antara volume akhir tampungan kulong pada jam-jam kejadian banjir terhadap volumen tampungan maksimum. Persentase keandalan dapat diperoleh dengan mencari probabilitas keandalan dengan Rumus Weibull.

**METODE PENELITIAN**

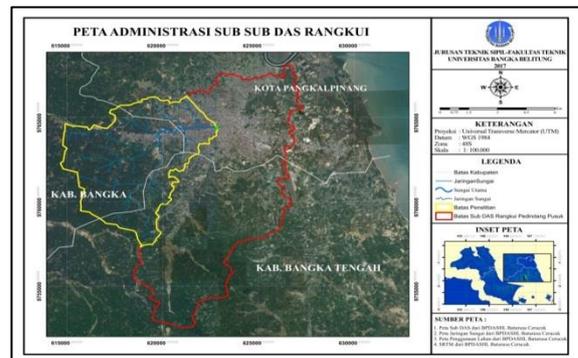
**Lokasi Penelitian**

Pembagian wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) di wilayah Kota Pangkalpinang terdiri dari sub DAS Selindung, Sub DAS Rangkui, dan Sub DAS Pedindang (Buku Putih Sanitasi Kota Pangkalpinang, 2012). Sedangkan menurut BPDASHL-Baturusa Cerucuk terdiri dari Sub DAS Selindung, Sub DAS Rangkui-Pedindang, dan Sub DAS Pasir Padi (Fakhruroji, 2016).

Pada penelitian tugas akhir ini, objek studi Kulong Retensi Kacang Pedang berada di Kecamatan Rangkui, Kelurahan Pintu Air yang terletak pada Sub DAS Rangkui. Objek studi kajian berada pada wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Baturusa bagian hilir yang termasuk kedalam lingkup kajian banjir Sub DAS Rangkui-Pedindang-Pusuk yang telah

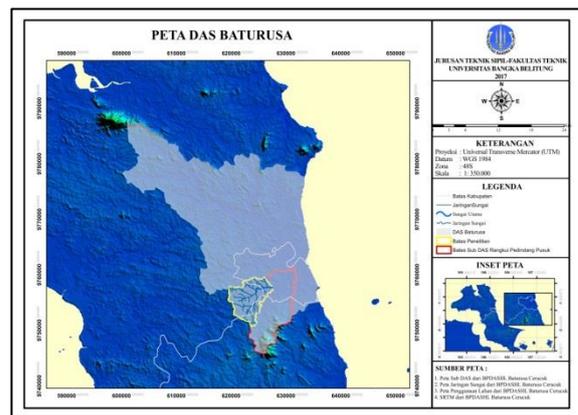
dilakukan oleh BPDASHL Baturusa Cerucuk pada tahun 2016 dengan judul Kajian *Aplikasi SWAT dalam Monitoring dan Evaluasi Pasca Banjir*.

Oleh karena itu, penetapan Daerah Tangkapan Air (DTA) tugas akhir ini adalah Sub Sub DAS Rangkui yang menempati sekitar 1/3 dari luasan Sub DAS Rangkui-Pedindang-Pusuk dan tidak semua luasan Sub Sub DAS Rangkui akan dianalisis, melainkan hanya daerah yang mempunyai pengaruh aliran masuk ke Kulong Retensi Kacang Pedang. Luasan sub sub DAS Rangkui yaitu ± 4083,293 ha.



Sumber : Data diolah, 2017

Gambar 1. Petas administrasi Sub Sub DAS Rangkui



Sumber : Data diolah, 2017

Gambar 2. Peta DAS Baturusa

**Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan *software Microsoft Excel 2010, ArcGIS 10.1, AutoCAD 2010, Global*

*Mapper 15*, dan *Microsoft Word 2010*. Sedangkan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

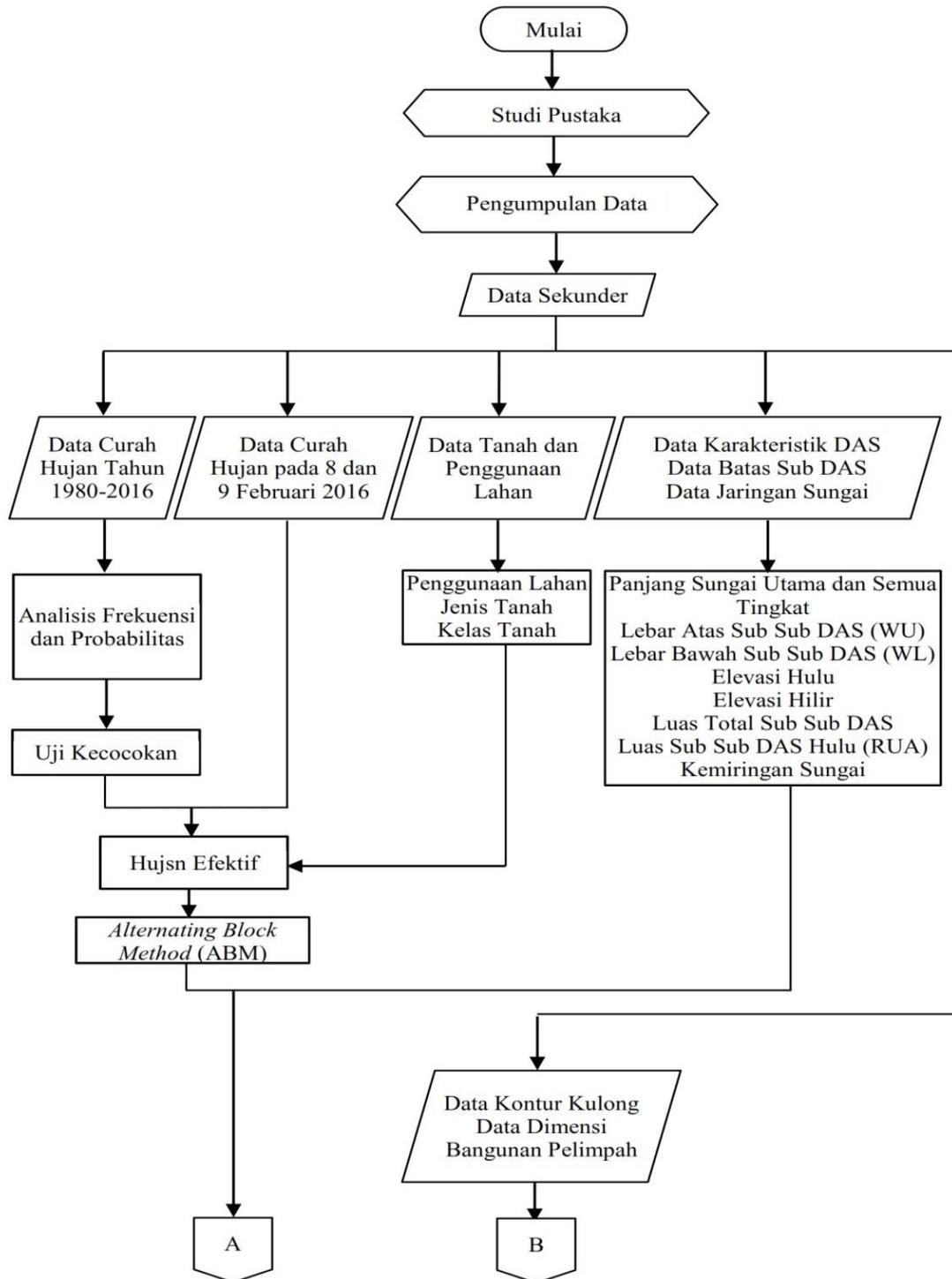
1. Data administrasi Kota Pangkalpinang
2. Data curah hujan harian maksimum selsama 37 tahun dan curah hujna ekstrem tanggal 7, 8, dan 9 Februari 2016.
3. Data karakteristik, jaringan sungai, sata penggunaan lahan/tata guna lahan, data

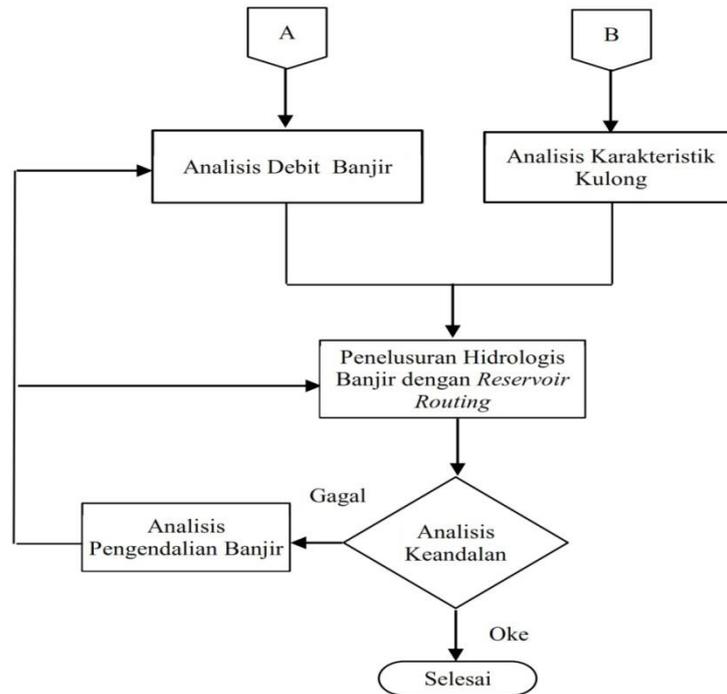
tanah, dan data batas-batas Sub Sub DAS Rangkui,

4. Data kontur dan penampang melintang kulong
5. Data teknis bangunan pelimpah kulong.

#### **Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian**

Diagram alir (*flowchart*) penelitian yang digunakan dalam penelitian ini tersaji seperti pada Gambar 3.





Gambar 1 Diagram alir (flowchart) penelitian

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Hujan Rancangan**

Data curah hujan harian maksimum diperoleh dari Laporan Akhir Kajian Pengendali Banjir Sungai Benteng Kabupaten Bangka Tengah untuk 37 tahun yaitu dari tahun 1980 – 2016. Data curah hujan harian maksimum Kota Pangkalpinang dapat dilihat pada Tabel 1. Data ini akan diolah dalam analisis frekuensi guna memperoleh hujan rancangan dengan kala 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.

**Analisis Frekuensi Distribusi Gumbel**

Hasil Distribusi Gumbel menunjukkan hujan kala ulang 2 tahun sebesar 98,471 mm; kala ulang 5 tahun sebesar 127,209 mm; kala ulang 10 tahun sebesar 146,238 mm; kala ulang 25 tahun sebesar 170,279 mm; kala ulang 50 tahun sebesar 188,114 mm.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)
1	1980	88.00
2	1981	114.60
3	1982	95.50
4	1983	126.00
5	1984	105.40
6	1985	77.90
7	1986	135.10
8	1987	96.80
9	1988	87.60
10	1989	96.90
11	1990	62.00
12	1991	86.50
13	1992	64.40
14	1993	74.00
15	1994	152.00
16	1995	113.50
17	1996	162.10
18	1997	68.80
19	1998	101.30
20	1999	90.70
21	2000	96.40
22	2001	99.00
23	2002	75.60
24	2003	93.60
25	2004	54.70
26	2005	121.50
27	2006	80.00
28	2007	148.60
29	2008	107.10
30	2009	92.00
31	2010	124.70
32	2011	87.00
33	2012	108.40
34	2013	141.40
35	2014	94.60
36	2015	99.80
37	2016	183.90

Sumber: Analisis, 2017

Analisis Distribusi yang dilakukan berdasarkan pada parameter data statistik yang ada seperti nilai rerata (*average*), simpangan baku/deviasi standar, koefisien varian, koefisien *skewness*, dan koefisien kurtosis.

Tabel 2 Hujan Rancangan Distribusi Gumbel

No	Kala Ulang (T)	Reduced Variate ( $Y_t$ )	Reduced Mean ( $Y_n$ )	Reduced Standar Deviasi ( $S_n$ )	Faktor Frekuensi Gumbel (K)	Hujan Rencana ( $X_T$ ) dalam mm
1	2	0.367	0.542	1.133	-0.154	98.471
2	5	1.500	0.542	1.133	0.846	127.209
3	10	2.251	0.542	1.133	1.508	146.238
4	25	3.199	0.542	1.133	2.345	170.279
5	50	3.903	0.542	1.133	2.966	188.114

Sumber: Analisis,2017

**Analisis Frekuensi Distribusi Probabilitas Normal**

Hasil Distribusi Normal menunjukkan hujan kala ulang 2 tahun sebesar 102,903 mm; kala ulang 5 tahun sebesar 127,035 mm; kala ulang 10 tahun sebesar 139,675 mm; kala ulang 25 tahun sebesar 151,981 mm; kala ulang 50 tahun sebesar 161,796 mm.

Tabel 3 Hujan Rancangan Distribusi Normal

No	Kala Ulang (T)	Faktor Frekuensi (K)	Hujan Rencana ( $X_T$ ) dalam mm
1	2	0.000	102.903
2	5	0.840	127.035
3	10	1.280	139.675
4	25	1.708	151.981
5	50	2.050	161.796

Sumber: Analisis,2017

**Analisis Frekuensi Distribusi Log Normal**

Hasil Distribusi Log Normal menunjukkan hujan kala ulang 2 tahun sebesar 99,256 mm; kala ulang 5 tahun sebesar 124,634 mm; kala ulang 10 tahun sebesar 140,421 mm; kala ulang 25 tahun

sebesar 157,708 mm; kala ulang 50 tahun sebesar 173,011 mm.

Tabel 4 Hujan Rancangan Distribusi Log Normal

No	Kala Ulang (T)	Simpangan baku (S Log $X_t$ )	Faktor Frekuensi ( $K_T$ )	Log $X_T$	Hujan Rencana ( $X_T$ ) dalam mm
1	2	0.118	0.000	1.997	99.256
2	5		0.840	2.096	124.634
3	10		1.280	2.147	140.421
4	25		1.708	2.198	157.708
5	50		2.050	2.238	173.011

Sumber: Analisis,2017

**Analisis Frekuensi Distribusi Log Pearson III**

Hasil Distribusi Log Pearson III menunjukkan hujan kala ulang 2 tahun sebesar 98,708 mm; kala ulang 5 tahun sebesar 124,451 mm; kala ulang 10 tahun sebesar 140,946 mm; kala ulang 25 tahun sebesar 161,346 mm; kala ulang 50 tahun sebesar 176,222 mm.

Tabel 5 Hujan Rancangan Distribusi Log Normal

No	Kala Ulang (T)	Faktor Frekuensi ( $K_T$ )	Log $X_T$	Hujan Rencana ( $X_T$ ) dalam mm
1	2	-0,020	1,994	98,708
2	5	0,835	2,095	124,451
3	10	1,294	2,149	140,946
4	25	1,792	2,208	161,346
5	50	2,118	2,246	176,222

Sumber: Analisis,2017

**Penentuan Jenis Distribusi**

**Uji Chi Kuadrat**

Uji kesesuaian distribusi probabilitas metode Chi – Kuadrat berlaku syarat bahwa  $\chi^2 < \chi^2_{cr}$ . Nilai  $\chi^2_{cr}$  diperoleh berdasarkan derajat nyata/tingkat kepercayaan sebesar 5% dan derajat kebebasan (DK) yang diperoleh sebesar 3. Hasil rekapitulasi analisis Uji Chi-Kuadrat pada Tabel 5 menunjukkan bahwa Distribusi Probabilitas Log Pearson III “TIDAK DITERIMA” karena tidak memenuhi persyaratan, sedangkan tiga jenis distribusi probabilitas lainnya dapat diterima.

Tabel 6 Rekapitulasi Uji Chi-Kuadrat

No	Jenis Distribusi	Nilai $\chi^2$	Nilai $\chi^2_{kritik}$	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	5,000	7,815	DITERIMA
2	Distribusi Normal	5,973	7,815	DITERIMA
3	Distribusi Log Normal	1,757	7,815	DITERIMA
4	Distribusi Log Pearson III	8,568	7,815	TIDAK DITERIMA

Sumber: Analisis,2017

**Uji Smirnov-Kolmogorov**

Pengujian jenis distribusi probabilitas dengan metode Smirnov– Kolmogorov berlaku syarat  $(\Delta P_i)_{maks} < \Delta P$  kritis. Jika memenuhi syarat yang ditentukan maka jenis distribusi probabilitas dapat diterima, sebaliknya jika tidak memenuhi maka tidak bisa diterima.

Tabel 7 Rekapitulasi Uji Smirnov-Kolmogorov

No	Jenis Distribusi	$\Delta P$ Maks	$\Delta P$ Kritis	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	2,201	0,222	TIDAK DITERIMA
2	Distribusi Normal	0,147	0,222	DITERIMA
3	Distribusi Log Normal	0,138	0,222	DITERIMA
4	Distribusi Log Pearson III	0,055	0,222	DITERIMA

Sumber: Analisis,2017

Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian distribusi probabilitas maka dapat ditentukan bahwa Distribusi Probabilitas Log Pearson III tidak dapat diterima pada pengujian Chi-Kuadrat karena nilai  $\chi^2 > \chi^2_{cr}$ . Sedangkan, pada pengujian Smirnov-Kolmogorov diketahui bahwa Distribusi Gumbel tidak dapat diterima karena  $(\Delta P_i)_{maks} > \Delta P$  kritis. Jadi, tersisa Distribusi Normal dan Distribusi Log Normal yang memenuhi kedua persyaratan. Pada kedua distribusi diatas cari nilai yang paling kecil. Hasil rekapitulasi pmenunjukkan bahwa Distribusi Log Normal yang memiliki nilai terkecil.

Sedangkan, untuk melakukan simulasi kejadian banjir Februari 2016 digunakan data sekunder. Curah hujan untuk tanggal 8 Februari 2016 sebesar

120,45 mm dan curah hujan untuk tanggal 9 Februari sebesar 183,9 mm.

**Analisis Debit Banjir**

Analisis debit banjir menggunakan metode hidrograf. Hidrograf dapat didefinisikan sebagai hubungan antara salah satu unsur aliran terhadap waktu. Hidrograf satuan yang digunakan adalah HSS Gama I dengans sebelumnya menghitung hujan efektif menggunakan metode SCS-CN, transformasi hujan jam-jaman dengan Metode *Alternating Block Method* (ABM).

**Hujan Efektif**

Analisis hujan efektif dilakukan menggunakan Metode *The Soil Conservation Service* (SCS,1972 dalam Chow 1988). Metode ini memerlukan masukan data berupa data satua tanah, data penggunaan lahan, kelas lereng, dan luas lahan untuk memperoleh nilai CN komposit. Besar nilai CN komposit keadaan eksisting sebesar 70,898. Penggunaan lahan Sub Sub DAS rangkui tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8 Penggunaan Lahan Eksisting

No	Tutupan Lahan Eksisting		
	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Permukiman/Lahan Terbangun	1085,179	26,58
2	Lahan Terbuka	76,696	1,88
3	Pertanian Lahan Kering Campur Semak/Kebun Campur	2717,167	66,55
4	Pertambangan	159,427	3,90
5	Tubuh Air	44,724	1,10
<b>Jumlah</b>		4083,193	100,00

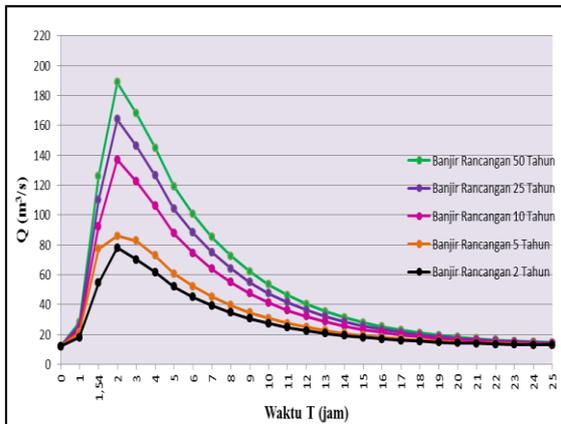
Sumber: Analisis,2017

Kelas lereng berada pada kelas lereng landai dengan kemiringan 8-15%. Kelas tanah pada Sub Sub DAS Rangkui termasuk kelas tanah B dan C. Berdasarkan hasil perhitungan untuk kondisi Sub Sub DAS Rangkui eksisting, didapatkan hujan efektif untuk kala ulang 2 tahun sebesar 33,653 mm; kala ulang 5 tahun sebesar 51,772 mm; kala ulang 10 tahun sebesar 63,873 mm; kala ulang 25 tahun sebesar

77,678 mm; dan kala ulang 50 tahun sebesar 90,290 mm. Sedangkan pada tanggal 8 Februari hujan efektif sebesar 48,660 mm dan pada tanggal 9 Februari sebesar 99,453 mm.

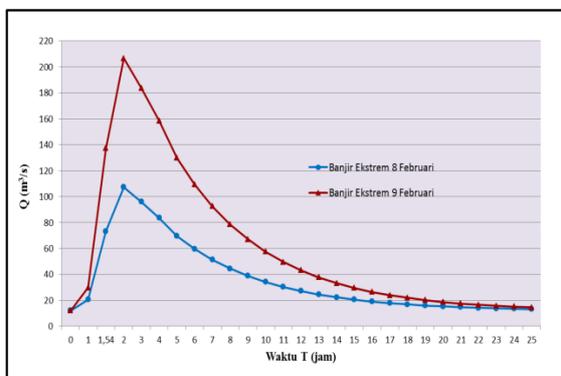
**Hidrograf Banjir**

Pengalihragaman besaran hujan menjadi limpasan berupa debit banjir digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama I yang merupakan metode pembangkitan data debit berdasarkan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS). Setelah semua parameter DAS untuk HSS Gama I diperoleh dengan bantuan perangkat lunak ARCGIS 10.1 dan hujan efektif telah ditransformasikan menjadi hujan efektif jam-jaman maka diperoleh hidrograf banjir seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Sumber: Analisis,2017

Gambar 4. Hidrograf Banjir Rancangan



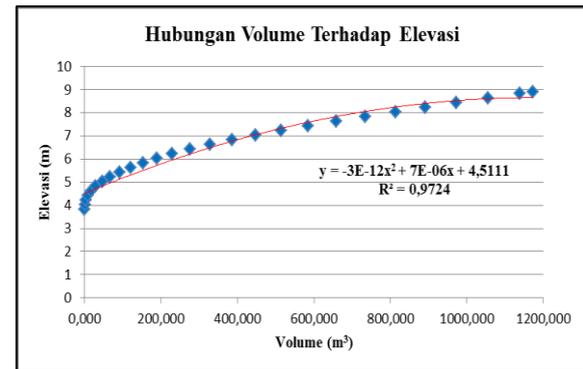
Sumber: Analisis,2017

Gambar 5. Hidrograf Banjir Ekstrem

Besar debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun yaitu 77,847 m<sup>3</sup>/s, kala ulang 5 tahun yaitu 85,894 m<sup>3</sup>/s, kala ulang 10 tahun yaitu 136,998 m<sup>3</sup>/s, kala ulang 25 tahun yaitu 164,019 m<sup>3</sup>/s, kala ulang 50 tahun yaitu 188,705 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan debit banjir pada tanggal 8 Februari yaitu 107,221 m<sup>3</sup>/s dan pada tanggal 9 Februari yaitu 206,638 m<sup>3</sup>/s.

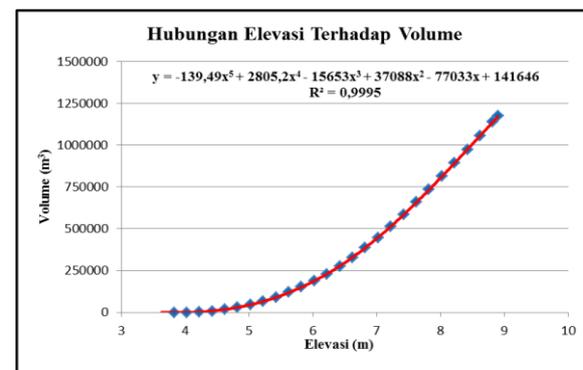
**Analisis Karakteristik Kulong**

Berdasarkan pada data yang diperoleh dari Dinas SNVT PJSA Sumatera VIII Provinsi Kepulauan Bangka Belitung berupa titik-titik koordinat kulong dengan bantuan perangkat lunak *Global Mapper 15*, maka dapat diketahui karakteristik kulong untuk menggambarkan hubungan antara elevasi, volume tampungan, dan luas genangan.



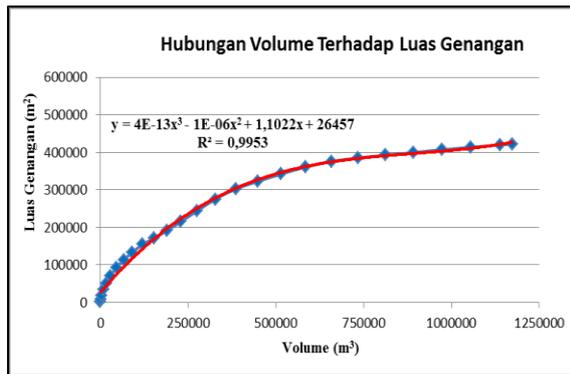
Sumber: Analisis,2017

Gambar 6. Kurva Hubungan Volume terhadap Elevasi Kulong



Sumber: Analisis,2017

Gambar 7. Kurva Hubungan Elevasi terhadap Volume Kulong



Sumber: Analisis,2017

Gambar 8. Kurva Hubungan Volume terhadap Luas Genangan

### Penelusuran Aliran Banjir

Prinsip penelusuran aliran banjir adalah apabila diketahui aliran pada suatu titik dibagian hulu maka penelusuran aliran banjir dapat dilakukan untuk mengetahui aliran dibagian hilirnya (Nugroho Hadisusanto, 2010). Jadi, hidrograf aliran masuk (*inflow*) yang diketahui berdasarkan teknik penurunan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama I melalui teknik penelusuran aliran banjir dapat diketahui hidrograf aliran ke luar (*outflow*) yang diperkirakan. Teknik penelusuran aliran yang digunakan adalah Metode *Level Pool Routing* (LPR) yang disebut juga metode permukaan tampungan atau metode tinggi tampungan.

Tabel 9. Rekapitulasi Penelusuran Aliran Banjir Metode LPR

No	Jenis Perhitungan Banjir	Debit Puncak Inflow	Debit Puncak Outflow
1	Kala Ulang 2 Tahun	77,847	49,766
2	Kala Ulang 5 Tahun	85,894	60,320
3	Kala Ulang 10 Tahun	136,998	90,747
4	Kala Ulang 25 Tahun	164,019	109,839
5	Kala Ulang 50 Tahun	188,705	127,379
6	08-Feb-16	107,221	69,950
7	09-Feb-16	206,638	140,200

Sumber: Analisis,2017

### Analisis Keandalan

Analisis keandalan dilakukan untuk mengetahui besar kemampuan Kulong Retensi Kacang Pedang sebagai pengendali banjir dengan wilayah Daerah Tangkapan

Air (DTA)/*catchment area* Sub Sub DAS Rangkui. Keandalan atau reliabilitas kulong diperoleh dengan melakukan pemeriksaan antara tampungan (volume) kulong akhir pada tiap jam hidrograf banjir terhadap volume tampungan maksimum kulong.

Berdasarkan hasil analisis keandalan pada Tabel 9 diketahui bahwa untuk banjir kala ulang 2, 5, dan 10 tahun kondisi eksisting kulogn amsih mampu menampung volume aliran banjir. Sedangkan pada kala ulang 25 tahun besar keandalan mencapai 92, 68%, dan pada kala ulang 50 tahun mencapai 83,87%. Pada banjir 8 Februari kulong masih mampu menampung seluruh volume banjir, namun pada tanggal 9 Februari keandala kulong hanya mencapai 82,54%.

Tabel 10. Rekapitulasi Analisis Keandalan Kondisi Eksisting

No	Jenis Banjir	Volume Tampungan Maks (m³)	Volume Tampungan Akhir (m³)	Nilai Keandalan (%)
1	Kala Ulang 2 Tahun	1173330	926674,8228	100%
2	Kala Ulang 5 Tahun	1173330	983056,437	100%
3	Kala Ulang 10 Tahun	1173330	1142252,856	100%
4	Kala Ulang 25 Tahun	1173330	1236457,028	92,68
5	Kala Ulang 50 Tahun	1173330	1319556,019	83,87
6	Ekstrem 8 Februari 2016	1173330	1033416,666	100%
7	Ekstrem 9 Februari 2016	1173330	1378466,339	82,54

### Analisis Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir dilakukan dengan dua skenario yaitu penmbahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada tata guna lahan dan normalisasi kulong. Perubahan tata guna lahan yang dilakukan adalah dengan melakukan penambahan jenis tutupan lahan/penggunaan lahan hutan dengan penutupan baik sebesar 26,37% dari luasan total Sub Sub DAS Rangkui. Skenario pengendalian banjir dengan penambahan areal hutan ini dilakukan pada lahan

terbuka seluruhnya dengan luasan 76,697 ha (1,88%); pertanian lahan kering campur semak/kebun campur seluas 1000 ha (24,49%); dan daerah pertambangan diubah menjadi tanah yang diolah dengan konservasi seluas 159,427 ha (3,90%).

Hasil dari pengendalian banjir dengan perubahan tata guna lahan ini tidak memberikan hasil yang cukup signifikan dikarenakan karakteristik tanah pada sub sub DAS Rangkui termasuk tanah yang memiliki kemampuan permeabilitas yang rendah dan mampu menghasilkan limpasan permukaan cukup tinggi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Rekapitulasi Debit Puncak Banjir Eksisting dan Pengendalian

No	Jenis Banjir	Q (m <sup>3</sup> /s)		%
		Eksisting	Skenario Pengendalian	
1	Kala Ulang 2 Tahun	77,847	72,913	4,93%
2	Kala Ulang 5 Tahun	85,894	80,673	5,22%
3	Kala Ulang 10 Tahun	136,998	130,103	6,89%
4	Kala Ulang 25 Tahun	164,019	156,437	7,58%
5	Kala Ulang 50 Tahun	188,705	180,571	8,13%
6	Banjir Ekstrem 8 Feb 2016	107,221	101,215	6,01%
7	Banjir Ekstrem 9 Feb 2016	206,638	198,140	8,50%

Sumber: Analisis, 2017

Normalisasi kulong dilakukan dengan memperdalam kulong agar kapasitas tampungan kulong bisa bertambah sehingga nilai keandalan kulong dalam menampung volume banjir juga meningkat. Setelah dilakukan skenario normalisasi kulong diketahui bahwa elevasi terdalam kulong tetap berada pada elevasi 3,621 m dengan kedalaman rata-rata kulong sebesar 5,283 m. Sedangkan pada kondisi eksisting elevasi terdalam kulogn yaitu 3,621 m, rata-rata elevasi berada pada elevasi 5,843 m; dengan kedalaman rata-rata kulong yaitu 3,061 m.

Hasil penelusuran aliran banjir pada keadaan skenario pengendalian diketahui

bahwa kemampuan kulong dalam mereduksi banjir bertambah yaitu berkisar 41,49% - 55,76% yang pada awalnya hanya berkisar 29,77% - 36,07%.

Hasil analisis keandalan kulong diperoleh bahwa skenario pengendalian banjir dengan perubahan tata guna lahan ditambah dengan normalisasi kulong dapat menampung semua volume banjir pada berbagai kala ulang banjir rancangan maupun pada kejadian banjir Februari 2016 dengan volume tampungan akhir terbesar pada banjir 9 Februari 2016 yaitu 1.550.322,193 m<sup>3</sup> (lihat Tabel 12).

Tabel 12. Rekapitulasi Analisis Keandalan Kondisi Pengendalian Tata Guna Lahan + Pengerukan

No	Jenis Banjir	Volume Tampungan Maks(m <sup>3</sup> )	Volume Tampungan Akhir (m <sup>3</sup> )	(%)
1	Kala Ulang 2 Tahun	1800005	1114107,586	100%
2	Kala Ulang 5 Tahun	1800005	1160936,773	100%
3	Kala Ulang 10 Tahun	1800005	1328243,538	100%
4	Kala Ulang 25 Tahun	1800005	1408655,765	100%
5	Kala Ulang 50 Tahun	1800005	1492157,175	100%
6	Banjir 8 Februari 2016	1800005	1228001,872	100%
7	Banjir 9 Februari 2016	1800005	1550322,193	100%

Sumber: Analisis, 2017

Sedangkan, jika hanya melakukan pengendalian berupa normalisasi kulong saja dengan pengerukan sedalam 2,222 m dari elevasi rata-rata eksisting 5,843 m sampai dengan elevasi rata-rata 3,621 m diperoleh volume tampungan maksimum kulong meningkat menjadi 1.800.005 m<sup>3</sup> d yang semula sebesar 1.173.330 m<sup>3</sup>. Pada pengendalian ini volume tampungan akhir yang ditimbulkan lebih besar daripada penengendalian yang memperhatikan perubahan tata guna lahan. Namun, kapasitas maksimum kulong masih mampu seluruh volume aliran yang masuk baik debit banjir rancangan maupun debit banjir Februari 2016

Tabel 13.Rekapitulasi Analisis Keandalan Kondisi Pengendalian Tanpa Tata Guna Lahan

No	Jenis Banjir	Volume Tampungan Maks (m <sup>3</sup> )	Volume Tampungan Akhir (m <sup>3</sup> )	(%)
1	Kala Ulang 2 Tahun	1800005	1173403,647	100%
2	Kala Ulang 5 Tahun	1800005	1219355,666	100%
3	Kala Ulang 10 Tahun	1800005	1401424,287	100%
4	Kala Ulang 25 Tahun	1800005	1489504,954	100%
5	Kala Ulang 50 Tahun	1800005	1564073,118	100%
6	Banjir 8 Februari 2016	1800005	1291614,42	100%
7	Banjir 9 Februari 2016	1800005	1624836,782	100%

Sumber: Analisis,2017

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai kajian keandalan Kulong Retensi Kacang Pedang sebagai pengendali banjir di Kota Pangkalpinang, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Besaran debit banjir banjir rancangan dan debir banjir Februari 2016 pada kondisi eksisting dan pengendalian dapat adalah sebagai berikut:

1. Besaran debit banjir rancangan dan debit banjir Februari 2016 kondisi eksisting dan pengendalian adalah sebagai berikut
  - a) Debit banjir rancangan kondisi eksisting pada kala ulang 2 tahun sebesar 77,847 m<sup>3</sup>/d; kala ulang 5 tahun sebesar 85,894 m<sup>3</sup>/d; kala ulang 10 tahun sebesar 136,998 m<sup>3</sup>/d; kala ulang 25 tahun sebesar 164,019 m<sup>3</sup>/d; dan kala ulang 50 tahun sebesar 188,705 m<sup>3</sup>/d. Debit banjir ekstrem 8 Februari 2016 sebesar 107,221 m<sup>3</sup>/d dan banjir ekstrem 9 Februari 2016 sebesar 206,638 m<sup>3</sup>/d.
  - b) Debit banjir rancangan kondisi skenario pengendalian pada kala ulang 2 tahun sebesar 72,913 m<sup>3</sup>/d; kala ulang 5 tahun sebesar 80,673

m<sup>3</sup>/d; kala ulang 10 tahun sebesar 130,103 m<sup>3</sup>/d; kala ulang 25 tahun sebesar 156,437 m<sup>3</sup>/d; dan kala ulang 50 tahun sebesar 180,571 m<sup>3</sup>/d. Jika debit banjir ekstrem 8 Februari 2016 dilakukan skenario pengendalian maka besaran debit menjadi 101,215 m<sup>3</sup>/d dan banjir ekstrem 9 Februari 2016 menjadi 198,140 m<sup>3</sup>/d.

2. Nilai keandalan Kulong Retensi Kacang Pedang pada kondisi eksisting dan kondisi pengendalian adalah sebagai berikut:
  - a) Pada kondisi eksisting volume tampungan maksimum kulong 1.173.330 m<sup>3</sup> diperoleh nilai keandalan Kulong Retensi Kacang Pedang mencapai 100% pada kala ulang 2 tahun; 100% pada kala ulang 5 tahun; 100% pada kala ulang 10 tahun; 92,68% pada kala ulang 25 tahun; 83,87% pada kala ulang 50 tahun; 100% pada banjir 8 Februari 2016; dan 82,54% pada banjir 9 Februari 2016.
  - b) Pada kondisi skenario pengendalian volume tampungan maksimum kulong sebesar 1.800.005 m<sup>3</sup> diperoleh nilai keandalan Kulong mencapai 100% pada semua kala ulang tahun dan pada semua besaran banjir Februari 2016.
3. Besaran debit reduksi banjir pada kondisi eksisting dan kondisi pengendalian adalah sebagai berikut:
  - a) Besar debit puncak banjir yang tereduksi pada kondisi eksisting sebesar 28,082 m<sup>3</sup>/d (36,07%) pada kala ulang 2 tahun; sebesar 25,575 m<sup>3</sup>/d (29,77%) pada kala ulang 5 tahun; sebesar 46,251 m<sup>3</sup>/d (33,76

%) pada kala ulang 10 tahun; sebesar 54,179 m<sup>3</sup>/d (33,03%) pada kala ulang 25 tahun; 61,325 m<sup>3</sup>/d (32,50%) pada kala ulang 50 tahun; 37,271 m<sup>3</sup>/d (34,76%) pada banjir 8 Februari; dan sebesar 66,438 m<sup>3</sup>/d (32,15%) pada banjir 9 Februari 2016.

Besar debit puncak banjir yang tereduksi dengan adanya tampungan Kulong Retensi Kacang Pedang pada kondisi pengendalian sebesar 40,654 m<sup>3</sup>/d (55,76%) pada kala ulang 2 tahun; sebesar 38,749 m<sup>3</sup>/d (48,03%) pada kala ulang 5 tahun; sebesar 61,294 m<sup>3</sup>/d (47,11 %) pada kala ulang 10 tahun; sebesar 69,401 m<sup>3</sup>/d (44,36%) pada kala ulang 25 tahun; 76,985 m<sup>3</sup>/d (42,63%) pada kala ulang 50 tahun; 51,350 m<sup>3</sup>/d (50,73%) pada banjir 8 Februari; dan sebesar 82,204 m<sup>3</sup>/d (41,49%) pada banjir 9 Februari 2016.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka beberapa hal yang dapat disarankan adalah sebagai berikut:

1. Analisis hidrologi dalam penentuan besaran debit banjir sebaiknya menggunakan data debit terukur atau data muka air dari stasiun AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) sehingga bisa diperoleh hasil yang lebih relevan dengan kondisi di lapangan.
2. Penentuan hidrograf debit banjir juga bisa menggunakan hidrograf satuan sintetis (HSS) lainnya agar bisa dijadikan perbandingan.
3. Data karakteristik kulong sebaiknya menggunakan data pengukuran yang lebih lengkap dan jelas mengenai

bagian-bagian konstruksi yang terdapat pada kulong tersebut seperti elevasi spillway, talud, dan sebagainya. Lebih lebih baik lagi jika referensi titik pengukuran pada data pengukuran kulong sama dengan data perencanaan awal kulong sehingga bisa dijadikan perbandingan dan tolak ukur dalam melakukan analisis.

4. Keandalan kulong dapat mencapai 100% dalam menampung volume banjir kala ulang 25 tahun, 50 tahun, dan banjir 9 Februari 2016 pada batasan Daerah tangkapan Air (DTA) Sub Sub DAS Rangkui dengan melakukan pengerukan pada Kulong Retensi Kacang Pedang sebesar 2,222 m. Kedalaman pengerukan ini dapat dilakukan dengan atau tanpa perubahan tata guna lahan sebagaimana analisis skenario pengendalian dengan penambahan Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada tugas akhir ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2012, *Buku Putih Sanitasi (BPS) Kota Pangkalpinang*, Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman (PPSP), (online), <http://ppsp.nawasis.info/dokumen/perencanaan/sanitasi/pokja/bp/kota.pangkalpinang>, diakses 16 Maret 2017.
- Anonim, 2010, *Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder (NSPM)*. Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jenderal Cipta Karya – Satuan Kerja Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2013, *IRBI Indeks Risiko Bencana Indonesia Tahun 2013*, Direktorat Pengurangan Risiko

- Bencana Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan, Sentul.
- BBC Indonesia, 2016, *Jumlah Bencana di Indonesia Mencapai Rekor Pada 2016*.  
<http://www.bbc.com/indonesia/indonesia-38456759>, diakses 22 Februari 2017.
- Elvian, A., 2007, *Pancawarsa Membawa Perubahan Kota Pangkalpinang*, Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kota Pangkalpinang, Pangkalpinang.
- Fakhruroji, W., 2016, *Pemetaan Tingkat Kerawanan Banjir Kota Pangkalpinang Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)*, Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Bangka.
- Hadisusanto, N., 2010, *Aplikasi Hidrologi*, Jogja Mediautama, Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J. dan Sjarief, R., 2008, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Edisi Dua*, Andi, Yogyakarta.
- Linsley, R.K., Franzini, J.B., dan Sasongko, D., 1985, *Teknik Sumberdaya Air*, Erlangga, Jakarta.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
- Triadmodjo, B., 2014, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset Yogyakarta, Yogyakarta.