

Handwritten signature

SOAL 2008

Untuk melindungi suatu daerah dari bahaya banjir (luas DAS 9.8 km²), akan dibangun tanggul pengaman banjir dengan kala ulang 25 tahunan. Tentukan besarnya debit banjir rancangan (*design flood*) untuk tanggul tersebut apabila tersedia data sebagai berikut.

a. Dari analisis data hujan dan data AWLR diperoleh pasangan data hujan-aliran sebagai berikut.

Jam	Hujan (mm)	Debit (m ³ /s)	Jam	Hujan (mm)	Debit (m ³ /s)
6.00	0	0.05	18.00	0	3.11
7.00	0	0.05	19.00	0	2.28
8.00	0	0.05	20.00	0	1.40
9.00	0	0.05	21.00	0	1.07
10.00	0	0.05	22.00	0	0.80
11.00	5	0.05	23.00	0	0.59
12.00	36	9.02	24.00	0	0.37
13.00	23	34.45	1.00	0	0.27
14.00	0	27.05	2.00	0	0.24
15.00	0	12.10	3.00	0	0.21
16.00	0	8.26	4.00	0	0.21
17.00	0	5.11	5.00	0	0.20

b. Dari analisis data hujan selama 25 tahun diketahui bahwa nilai rerata hujan harian maksimum tahunan (\bar{P}) adalah 75 mm dan nilai deviasi standar (S) sebesar 15 mm. Data hujan ini mengikuti distribusi Gumbel dengan rumus statistik berikut:

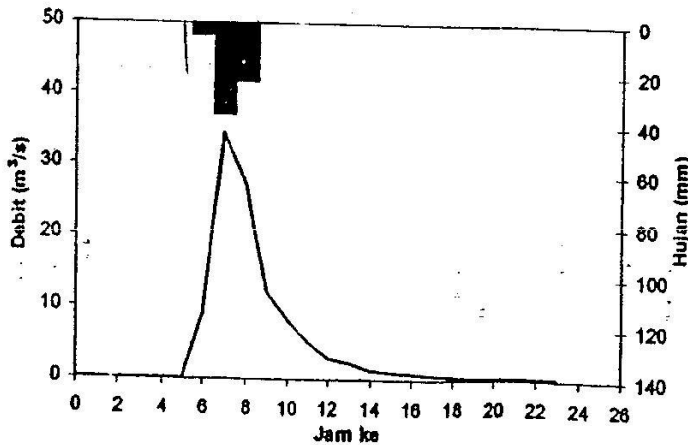
$$P_T = \bar{P} + K_T S$$

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0.5772 + \ln \left\{ \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right\} \right]$$

★ Bintang

c. Berdasarkan analisis data hujan otomatis diperoleh informasi bahwa karakteristik hujan harian di DAS tersebut terdistribusi selama 3 jam berturut-turut 30%, 50% dan 20%.

PENYELESAIAN



Grafik dari analisis data hujan dan data debit (dari soal)

Step 1: Tentukan hidrograf satuan dengan cara:

- pisahkan baseflow dan direct runoff serta hitung volume limpasan langsung,
- tentukan indeks phi dan hujan efektif,
- hitung hidrograf satuan.

a. Pisahkan baseflow dan direct runoff serta hitung volume limpasan langsung

Base flow ditentukan dengan cara menarik garis lurus pada awal sisi naik dan pada akhir sisi turun diperoleh persamaan allran dasar pada jam ke t sebagai berikut:

$$\text{base flow} = 0.05 + 0.00833(t-1)$$

t (jam)	P _t (mm)	Q _t (m ³ /s)	Base Flow (m ³ /s)	Direct Runoff (m ³ /s)
0	0	0.05	0.05	0.000
1	0	0.05	0.05	0.000
2	0	0.05	0.05	0.000
3	0	0.05	0.05	0.000
4	0	0.05	0.05	0.000
5	5	0.05	0.050	0.000
6	36	9.02	0.058	8.962
7	23	34.45	0.067	34.383
8	0	27.05	0.075	26.975
9	0	12.1	0.083	12.017
10	0	8.26	0.092	8.168
11	0	5.11	0.100	5.010
12	0	3.11	0.108	3.002
13	0	2.28	0.117	2.163
14	0	1.4	0.125	1.275
15	0	1.07	0.133	0.937
16	0	0.8	0.142	0.658
17	0	0.59	0.150	0.440
18	0	0.37	0.158	0.212
19	0	0.27	0.167	0.103
20	0	0.24	0.175	0.065
21	0	0.21	0.183	0.027
22	0	0.21	0.192	0.018
23	0	0.2	0.200	0.000

$$\text{Vol HLL (m}^3\text{)} = 375894.00 \text{ m}^3 = 104,415 \times 3600 \text{ s} = 375894.00$$

Volume HLL (m³) = jumlah direct runoff (m³/s) x 3600 (s)

↳ V. Limpasan langsung

b. Tentukan Indeks phi dan hujan efektif.

- Data hujan selama 3 jam : (5 mm, 36 mm, 23 mm,)
- Tinggi curah hujan efektif total (P_e) dihitung sbb. :

$$P_e \cdot \text{Luas DAS} = \text{Volume Limpasan Langsung (VLL)}$$

$$\text{Hujan Efektif (P}_e\text{)} = \frac{\text{Volume Limpasan Langsung}}{\text{Luas DAS}}$$

$$P_e = \frac{375894}{9.8 \cdot 1000} = 38.357 \text{ mm}$$

5, 36, 23



- Indeks phi ditentukan dengan cara coba-coba
 Misal 5 mm/jam < Φ Index < 23 mm/jam: $\rightarrow 5 < 10,321 < 23$
 Φ Index = $[(36+23) - 38.357] / 2 = 10.321$ mm/jamAnggapan benar !!
- Menentukan hujan efektif jam-jaman
 Jam ke 1: P_1 efektif = $36 - 10.321 = 25.678$ mm.
 Jam ke 2: P_2 efektif = $23 - 10.321 = 12.678$ mm.
 Rasio P_2 efektif terhadap P_1 efektif = $12.678/25.678 = 0.494$

c. Hitung hidrograf satuan
 Perhitungan hidrograf satuan diselesaikan dengan persamaan polinomial sebagai berikut

diambil t dr
 s ketika da
 hujan sehingga
 durasi jam nya
 adlh 18

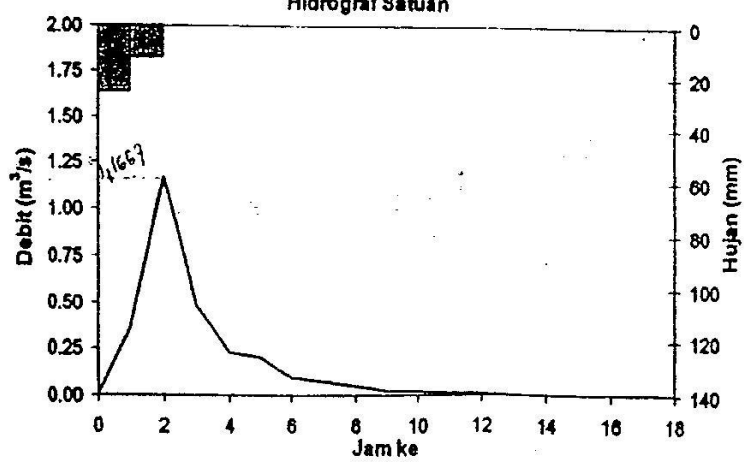
t (jam)	Direct Runoff (m ³ /s)	HLL-1 (m ³ /s)	HLL-2 (m ³ /s)	UH (m ³ /s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0	0.000	0.000	-	0.0000
1	8.962	8.962	0.000	0.3490
2	34.383	29.959	4.425	1.1667
3	26.975	12.183	14.792	0.4745
4	12.017	6.001	6.015	0.2337
5	8.168	5.205	2.963	0.2027
6	5.010	2.440	2.570	0.0950
7	3.002	1.797	1.205	0.0700
8	2.163	1.276	0.887	0.0497
9	1.275	0.645	0.630	0.0251
10	0.937	0.618	0.318	0.0241
11	0.658	0.353	0.305	0.0138
12	0.440	0.266	0.174	0.0103
13	0.212	0.080	0.131	0.0031
14	0.103	0.064	0.040	0.0025
15	0.065	0.034	0.031	0.0013
16	0.027	0.010	0.017	0.0004
17	0.018	0.013	0.005	0.0005
18	0.000	-0.007	0.007	0.0000

unit hidrograf

$P_2 - P_1$
 $29.959 \cdot 0.494 = 14.792$
 $(0.494 \cdot 4.425) -$

Keterangan:

- Kolom (3) = Kolom (2) - Kolom (4)
- Kolom (4) = Kolom (2) \cdot Rasio P_2 efektif terhadap P_1 efektif
- Kolom (5) = Kolom (3) / P_1 efektif
 \rightarrow dipakai P_1 efektif = 25,678



• Hitung hujan rancangan

• Hujan harian rancangan

Dari analisis data hujan selama 25 tahun diketahui bahwa nilai rerata hujan harian maksimum tahunan (\bar{P}) adalah 75 mm dan nilai deviasi standar (S) sebesar 15 mm. Data hujan ini mengikuti distribusi Gumbel dengan rumus statistik berikut:

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0.5772 + \ln \left\{ \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right\} \right] \quad T = \text{kala ulang}$$

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0.5772 + \ln \left\{ \ln \left(\frac{25}{24} \right) \right\} \right] = 2.045$$

$$P_T = \bar{P} + K_T S \quad \bar{P} = \text{hujan harian maks tahunan}$$

$$P_T = 75 + (2.045 \times 15) = 105.675 \text{ mm}$$

Dengan demikian, hujan rancangan dengan kala ulang (T) 25 tahun adalah sebesar 105.675 mm.

• Hujan (Jam-jaman) rancangan

Berdasarkan analisis data hujan otomatis diperoleh informasi bahwa karakteristik hujan harian di DAS tersebut terdistribusi selama 3 jam berturut-turut 30%, 50% dan 20%, maka:

$$P_1 = 0.3 \cdot 105.675 = 31.703 \text{ mm}$$

$$P_1 \text{ eff} = 31.703 - 10.321 = 21.382 \text{ mm}$$

$$P_2 = 0.5 \cdot 105.675 = 52.838 \text{ mm}$$

$$P_2 \text{ eff} = 52.838 - 10.321 = 42.517 \text{ mm}$$

$$P_3 = 0.2 \cdot 105.675 = 21.135 \text{ mm}$$

$$P_3 \text{ eff} = 21.135 - 10.321 = 10.814 \text{ mm}$$

Step 3: Hitung hidrograf banjir rancangan

Cara hitungan debit banjir rancangan sama seperti cara pada perhitungan hidrograf satuan, hanya nilai hujan efektif yang digunakan adalah hujan efektif rancangan.

t (jam)	UH (mm/s)	P ₁ eff. 21.382 mm	P ₂ eff. 42.517 mm	P ₃ eff. 10.814 mm	Base Flow (mm/s)	Q ₂₅ (mm/s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0	0.0000	-	-	-	0.050	0.050
1	u ₁ 0.3490	7.46	-	-	0.058	7.520
2	u ₂ 1.1667	-24.95	-14.84	-	0.067	39.850
3	u ₃ 0.4745	10.14	-49.60	3.77	0.075	63.597
4	u ₄ 0.2337	5.00	20.17	12.62	0.083	37.870
5	u ₅ 0.2027	4.33	9.94	5.13	0.092	19.493
6	u ₆ 0.0950	2.03	8.62	2.53	0.100	13.278
7	u ₇ 0.0700	1.50	4.04	2.19	0.108	7.837
8	u ₈ 0.0497	1.06	2.98	1.03	0.117	5.182
9	u ₉ 0.0251	0.54	2.11	0.76	0.125	3.532
10	u ₁₀ 0.0241	0.51	1.07	0.54	0.133	2.253
11	u ₁₁ 0.0138	0.29	1.02	0.27	0.142	1.731
12	u ₁₂ 0.0103	0.22	0.58	0.26	0.150	1.216
13	u ₁₃ 0.0031	0.07	0.44	0.15	0.158	0.814
14	u ₁₄ 0.0025	0.05	0.13	0.11	0.167	0.465
15	u ₁₅ 0.0013	0.03	0.11	0.03	0.175	0.342
16	u ₁₆ 0.0004	0.01	0.06	0.03	0.183	0.274
17	u ₁₇ 0.0005	0.01	0.02	0.01	0.192	0.234
18	0.0000	0.00	0.02	0.00	0.200	0.226

Ur. H₁

⇒ P₁ eff + P₂ eff + P + BF

$$P_{1 \text{ eff}} = 21.382 \cdot UH$$

$$P_{3 \text{ eff}} = 10.814 \cdot UH(t-1)$$

$$u_i \cdot P_{eff_i} = \text{base flow}$$

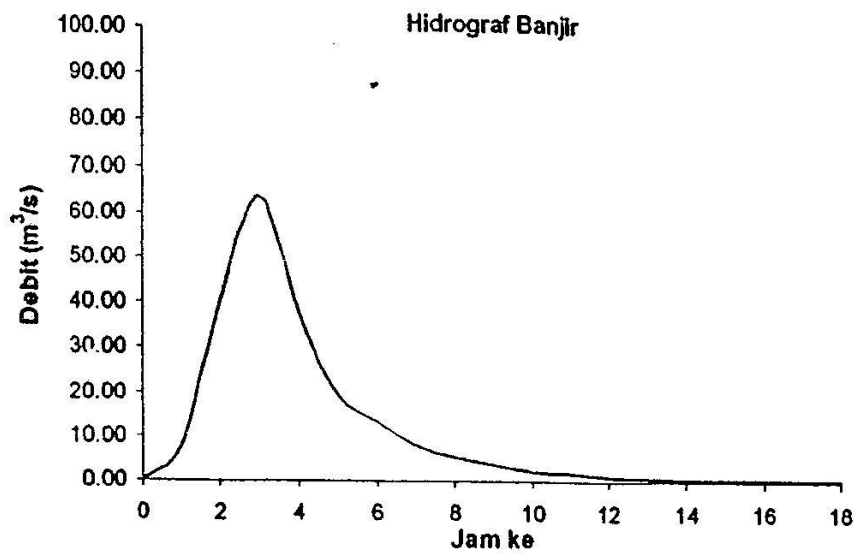
$$P_{2 \text{ eff}} \cdot 42.517 \cdot UH(t-1)$$

$$P_{eff_1} \cdot U_2 + P_{eff_2} \cdot U_1 =$$

$$u_1 \cdot P_{eff_1} + u_2 \cdot P_{eff_2} + u_3 \cdot P_{eff_3} =$$

Keterangan:

- Kolom (3), Kolom (4) dan Kolom (5) sama seperti perhitungan pada hidrograf satuan
- Kolom (7) = Kolom (3) + Kolom (4) + Kolom (5) + Kolom (6)



Debit banjir rancangan (Q_{25}) adalah debit maksimum dari hidrograf banjir kala ulang 25 tahun, sebesar $63.597 \text{ m}^3/\text{s}$.