

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan perhitungan kapasitas infiltrasi dari tiga lokasi pengujian lapangan di DAS Krasak, tiga lokasi tersebut terdiri berdasarkan peta kawasan rawan bencana (KRB) yaitu KRB I, KRB II, dan KRB III. Setiap lokasinya dilakukan sebanyak dua kali pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat. letak titik pengujian satu dan dua setiap lokasinya tidak saling berjauhan berjarak antara 2 m sampai 3 m, untuk kondisi tanah dalam satu lokasi diasumsikan seragam.

Disamping menghitung kapasitas infiltrasi dilakukan juga perhitungan kepadatan tanah lapangan dan kadar air tanah lapangan. Perhitungan-perhitungan tersebut berguna untuk mendukung hasil dari kapasitas infiltrasi yang diperoleh.

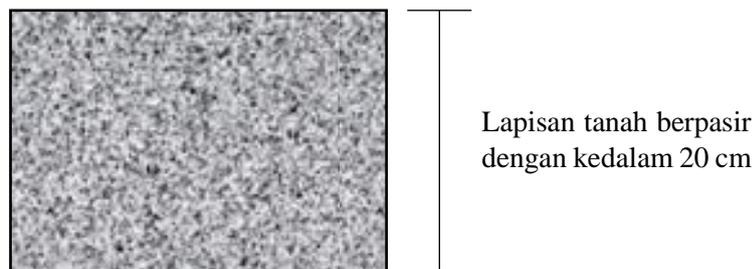
Dibawah ini adalah tabel waktu penelitian laju infiltrasi lapangan pada KRB I sampai III.

Tabel 5.1 Waktu penelitian

Uraian	Jenis penutup lahan		
	Tanah	Rumput	Rumput
KRB	I	II	III
Hari	Selasa	Selasa	Rabu
Tanggal	28 Februari 2017	28 Februari 2017	1 Maret 2017
Waktu	10.30 WIB	12.30 WIB	10.30 WIB
Cuaca	Cerah	Mendung	Mendung

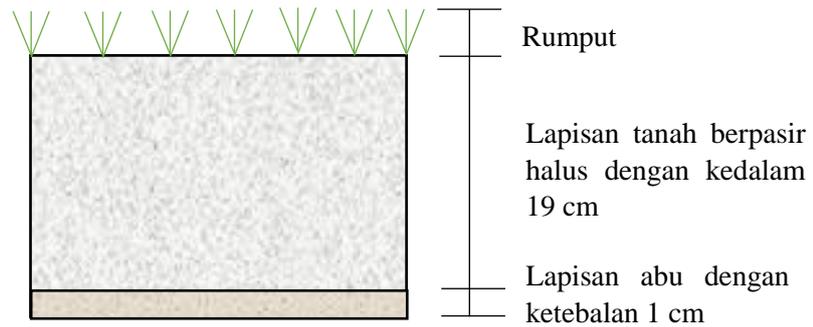
Keterangan jenis penutup lahan :

1. Lokasi KRB I :



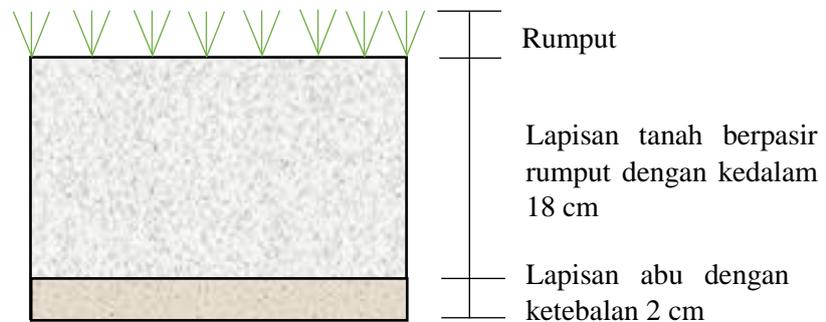
Gambar 5.1 Sketsa penutup lahan KRB I

2. Lokasi KRB II :



Gambar 5.2 Sketsa penutup lahan KRB II

3. Lokasi KRB III :



Gambar 5.3 Sketsa penutup lahan KRB III

A. Analisis perhitungan kadar air tanah sebelum pengujian laju infiltrasi

Pada pemeriksaan kadar air sebelum pengujian infiltrasi ini, sampel tanah yang diambil dari lapangan yaitu pada kedalaman ± 20 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah tersebut kemudian bungkus rapat dengan menggunakan plastik agar suhu dan udara tidak berubah, untuk setiap sampel tanah dilakukan tiga kali pengujian agar mendapatkan hasil yang akurat. Rumus yang digunakan untuk menghitung kadar air adalah sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% s$$

dan

$$w = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(5.1)$$

Dengan keterangan :

- W : kadar air (%)
 W_1 : berat cawan (g)
 W_2 : berat cawan + tanah basah (g)
 W_3 : berat cawan + tanah kering (g)
 W_w : Berat air, ($W_2 - W_3$)
 W_s : Berat tanah kering, ($W_3 - W_1$)

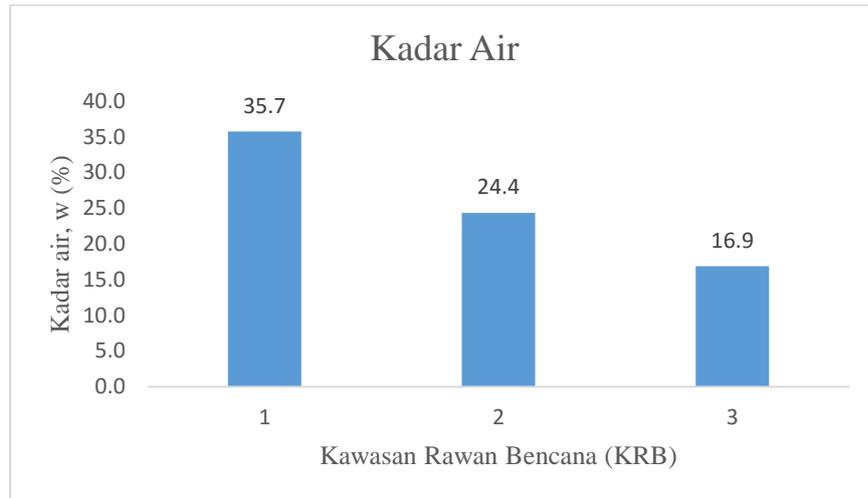
Dibawah ini contoh perhitungan kadar air pada KRB I cawan no 1 :

$$w = \left(\frac{59,38 - 47,4}{47,4 - 9,32} \right) \times 100 \% = 31,5 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai kadar air pada KRB I cawan no 1 sebesar 31,5 %. Untuk perhitungan KRB II dan KRB III dilakukan perhitungan yang sama seperti contoh perhitungan KRB I. Berikut hasil perhitungan kadar air sebelum perngujian laju infiltrasi KRB I sampai KRB III.

Tabel 5.2 Hasil pemeriksaan kadar air KRB I sampai KRB III

Parameter	Satuan	KRB I			KRB II			KRB III		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
W1	gram	9.32	9.81	9.9	9.32	9.31	9.4	9.45	9.48	10.3
W2	gram	59.38	59.98	59.97	59.47	59.61	59.82	59.46	59.5	60.65
W3	gram	47.4	46.33	46.08	50.08	49.75	49.53	52.05	52.07	53.76
Ww	gram	11.98	13.65	13.89	9.39	9.86	10.29	7.41	7.43	6.89
Ws	gram	38.08	36.52	36.18	40.76	40.44	40.13	42.6	42.59	43.46
W	%	31.5	37.4	38.4	23.0	24.4	25.6	17.4	17.4	15.6
w rata-rata	%	35.7			24.4			16.9		



Gambar 5.4 Kadar Air KRB I sampai KRB III

Dari hasil perhitungan kadar air diatas dapat dijelaskan bahwa KRB I mempunyai kadar air tertinggi yaitu sebesar 35,7 %. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar air tanah adalah pori tanah, tanah yang mempunyai ruang pori lebih banyak akan mampu menyimpan air dalam jumlah lebih banyak. Karena ruang-ruang pori tanah akan terisi oleh air.

B. Kepadatan tanah lapangan

Pada pengujian ini alat yang digunakan adalah kerucut pasir (*sandcone*). Pengujian ini dilakukan berbarengan dengan pengujian laju infiltrasi, letak titik pengujiannya diantara dua titik pengujian *double ring infiltrometer*, sehingga untuk kepadatan tanah lapangannya diasumsikan seragam. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma_p}{(1+w)} \right) \left(\frac{W_9 - W_8}{W_6 - W_7 - W_{PC}} \right) \dots \dots \dots (5.2)$$

Keterangan :

- γ_d = kepadatan tanah lapangan (kN/m^3)
- γ_p = berat volume pasir (g)
- w = kadar air (%)
- W_9 = berat kaleng + tanah (g)

- W_8 = berat kaleng (g)
 W_6 = berat botol + pasir (g)
 W_7 = botol + sisa pasir (g)
 W_{pc} = berat pasir pengisi kerucut (g)

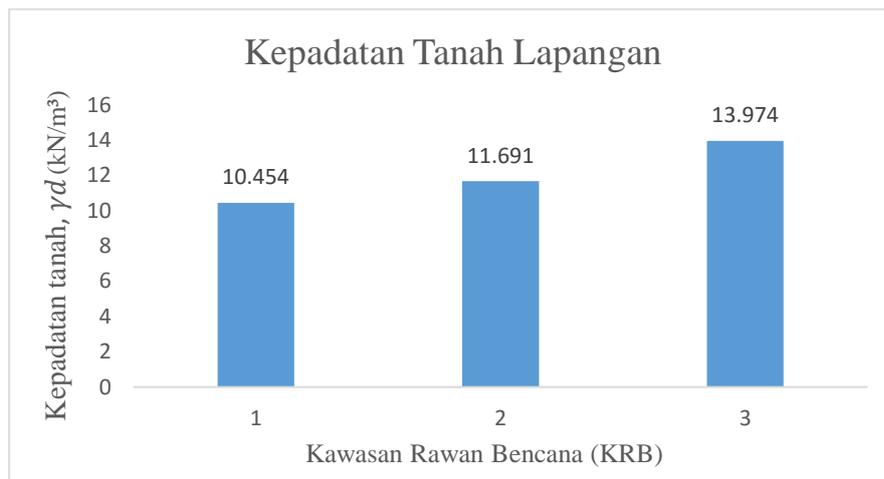
Berikut contoh perhitungan nilai kepadatan tanah lapangan pada KRB I :

$$\gamma_d = \left(\frac{11,173}{(1+(35,7/100))} \right) \times \left(\frac{3050-200}{6350-3000-1106} \right) = 10,454 \text{ kN/m}^3$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai kepadatan tanah lapangan pada KRB I sebesar 10,454 kN/m³. Untuk perhitungan KRB II dan KRB III dilakukan perhitungan yang sama seperti contoh perhitungan KRB I. Dibawah ini adalah hasil pemeriksaan kepadatan tanah lapangan KRB I sampai KRB III.

Tabel 5.3 Hasil pengujian kepadatan tanah lapangan.

Uraian	Jenis tanah		
	Tanah Berpasir	Tanah Berpasir	Tanah Berpasir
KRB	I	II	III
Berat volume pasir, $\gamma\rho$ (g)	11,173	11,173	11,173
Berat botol + pasir, W_6 (g)	6350	6350	6350
Botol + sisa pasir, W_7 (g)	3000	2900	2850
Berat kaleng, W_8 (g)	200	200	200
Berat kaleng + tanah, W_9 (g)	3050	3250	3700
Berat tanah, W_s (g)	2850	3050	3500
Berat pasir pengisi kerucut, W_{PC} (g)	1106	1106	1106
Kadar air, w (%)	35.7	24.4	16.9
Kepadatan tanah lapangan, γ_d (kN/m ³)	10,454	11,691	13,974



Gambar 5.5 Kepadatan tanah lapangan KRB I sampai KRB III

Dari Gambar 5.5 diatas dapat dijelaskan bahwa KRB III mempunyai nilai kepadatan tanah yang paling tinggi yaitu sebesar 13,866 kN/m³. Hal ini dapat dipengaruhi oleh nilai kadar air pada lokasi tersebut, seperti pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai kadar air maka kepadatannya kecil, sebaliknya jika kadar air kecil maka kepadatannya akan semakin besar. Selain itu, kepadatan tanah dapat mempengaruhi laju infiltrasi pada KRB tersebut, semakin besar nilai kepadatan tanah lapangannya maka laju infiltrasinya akan semakin lambat.

C. Analisis perhitungan kapasitas infiltrasi

Pengukuran nilai kapasitas infiltrasi pada pengujian ini menggunakan metode infiltrometer genangan. Alat yang digunakan pada metode ini adalah dua silinder (*double ring infiltrometer*) yang dimasukkan kedalam tanah \pm 5 sampai 10 cm. Pengujian ini juga dilakukan pada 3 lokasi berbeda sesuai dengan peta KRB yang terdiri dari jenis tutupan lahan tanah dan rumput.

Dibawah ini adalah data hasil pengujian laju infiltrasi dilapangan KRB I sampai KRB III :

Tabel 5.4 Data laju infiltrasi lapangan KRB I sampai III

t (menit)	Jenis penutup lahan					
	Tanah		Rumput		Rumput	
	Selisih tinggi muka air (cm)					
	KRB I		KRB II		KRB III	
	Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
10	12	10,7	5,6	5,8	3,5	4,5
20	8	8	4,8	3,2	3,3	3,5
30	7	8	4,5	3	3	3,5
40	7	7,2	4,5	3	3	3,5
50	7	7,2	4,5	3	3	3,5
60	7	7,2	-	-	-	-

Tabel 5.5 Data laju infiltrasi rata-rata KRB I sampai KRB III

t (menit)	Selisih tinggi muka air (cm)		
	KRB I	KRB II	KRB III
10	11.35	5.7	4
20	8	4	3.6
30	7.5	3.75	3.25
40	7.1	3.75	3.25
50	7.1	3.75	3.25
60	7.1	-	-

Setelah mendapat nilai laju infiltrasi lapangan seperti pada Tabel 5.5 berikutnya adalah menghitung nilai kapasitas infiltrasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai kapasitas infiltrasi pada pengujian kali ini menggunakan persamaan Horton, berikut contoh perhitungan nilai kapasitas infiltrasi pada KRB I :

$$f = fc + (f_0 - fc)e^{-Kt} \dots\dots\dots(5.3)$$

Keterangan :

- f = kapasitas infiltrasi (cm/jam)
- f₀ = laju infiltrasi awal (cm/jam)
- fc = laju infiltrasi konstan (cm/jam)
- K = konstanta
- t = waktu (jam)

$$e = 2,718$$

Cara memperoleh nilai konstanta K untuk melengkapi persamaan kurva kapasitas infiltrasi, maka persamaan Horton diolah sebagai berikut :

$$f = f_c + (f_o - f_c) e^{-Kt}$$

$$f - f_c = (f_o - f_c) e^{-Kt} \dots\dots\dots(5.4)$$

dilogaritmakan sisi kiri dan kanan,

$$\log (f - f_c) = \log (f_o - f_c) e^{-Kt} \text{ atau}$$

$$\log (f - f_c) = \log (f_o - f_c) - Kt \log e$$

$$\log (f - f_c) - \log (f_o - f_c) = - Kt \log e \dots\dots\dots(5.5)$$

maka,

$$t = -\frac{1}{K \log e} [\log (f - f_c) - \log (f_o - f_c)]$$

$$t = -\frac{1}{K \log e} \log (f - f_c) + \frac{1}{K \log e} \log (f_o - f_c) \dots\dots\dots(5.6)$$

Menggunakan persamaan umum linear, $y = m x + c$, sehingga :

$$y = t$$

$$m = -1/(K \log e)$$

$$x = \log (f - f_c)$$

$$c = (1/K \log e) \log (f_o - f_c) \dots\dots\dots(5.7)$$

Mengambil persamaan, $m = -1/(K \log e)$, maka :

$$K = -1/(m \log e) \text{ atau } K = -1/(m \log 2,718)$$

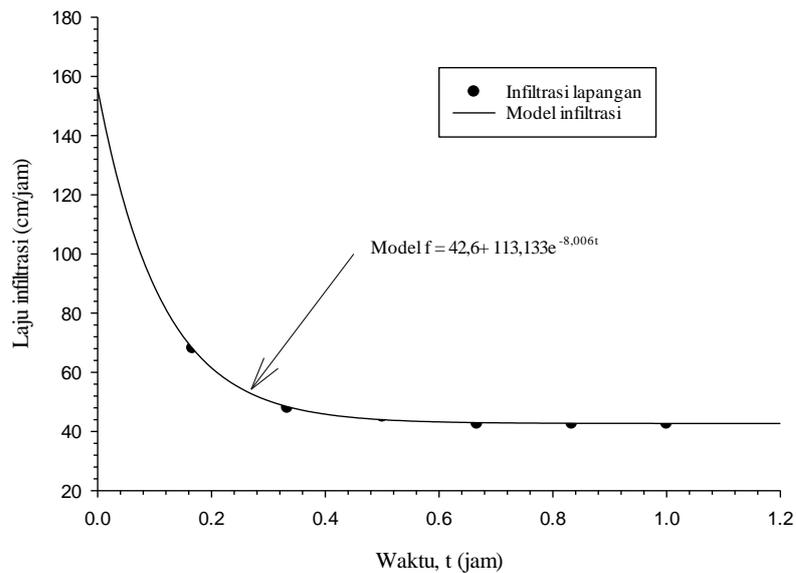
$$\text{Atau } = -1/0.434 m \dots\dots\dots(5.8)$$

dimana $m = \text{gradien}$

Tabel 5.6 Data laju infiltrasi lapangan rata-rata KRB I

t (menit)	0	10	20	30	40	50	60
f (cm/jam)	-	11,35	8	7,5	7,1	7,1	7,1

Untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi awal (f_0) maka data pada Tabel 5.6 digambarkan dalam perpanjangan kurva *fitting* infiltrasi persamaan Horton dengan menggunakan aplikasi *sigmaplot* seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5.6 Perpanjangan kurva *fitting* infiltrasi Metode Horton KRB I

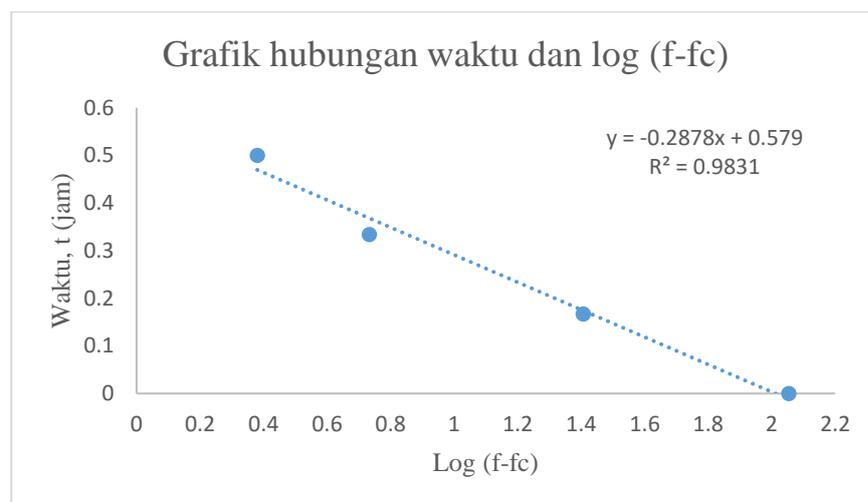
Dari analisis perpanjangan kurva *fitting* diatas maka untuk KRB I diperoleh nilai laju infiltrasi awal (f_0) sebesar 155.755 cm/jam. Dari Tabel 5.6 diperoleh perhitungan parameter infiltrasi dengan metode Horton sebagai berikut :

Waktu (t)	= 10 menit
	= 10/60
	= 0,167 jam
Laju infiltrasi (f)	= 11,35 cm/ menit
	= 11,35/(10/60) cm/jam
	= 68,1 cm/jam
Laju infiltrasi konstan (f_c)	= 7,1 cm/ menit
	= 7,1 / (10/60) cm/jam
	= 42,6 cm/jam
f- f_c	= 68,1 – 42,6
	= 25,5 cm/jam
log f- f_c	= log (25,5)
	= 1,407

Tabel 5.7 Perhitungan parameter infiltrasi KRB I

No	Waktu (t) (jam)	Laju Infiltrasi (f) (cm/jam)	fc (cm/jam)	f – fc (cm/jam)	Log f – fc
1	0,00	155.733	42.6	113.133	2.054
2	0,167	68.1	42.6	25.5	1.407
3	0,333	48	42.6	5.4	0.732
4	0,500	45	42.6	2.4	0.380
5	0,667	42.6	42.6	0	
6	0,833	42.6	42.6	0	
7	1,000	42.6	42.6	0	

Dari hasil perhitungan parameter infiltrasi pada Tabel 5.7 kemudian digambarkan dalam grafik hubungan antara t dan $\log (f-f_c)$ untuk mencari nilai gradien m seperti dibawah ini.

Gambar 5.7 Kurva mencari gradien m KRB I

Dari persamaan liner pada Gambar 5.7 tersebut diperoleh nilai gradien, $m = -0,2878$ dengan menggunakan rumus $K = -1 / 0,434 m$, maka :

$$K = \left(\frac{-1}{0,434 \times (-0,2878)} \right)$$

$$K = 8,006$$

Dengan diketahuinya nilai parameter infiltrasi pada Tabel 5.7, maka diperoleh nilai sebagai berikut :

$$fc = 42.600 \text{ cm/jam}$$

$$fo = 155.733 \text{ cm/jam}$$

$$K = 8,006$$

Maka persamaan nilai kapasitas infiltrasinya adalah

$$f = fc + (fo - fc) e^{-Kt} \text{ atau}$$

$$f = 42,600 + (155.733 - 42.600) e^{-8.006t} \text{ atau}$$

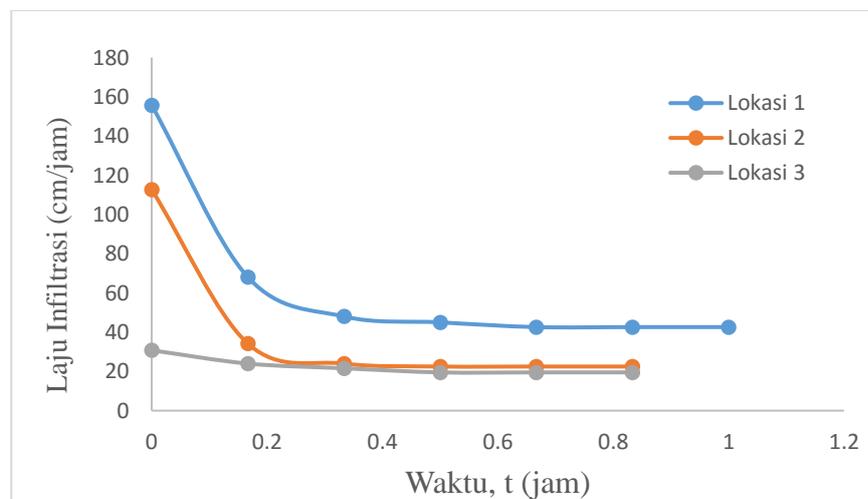
$$f = 42,600 + 113,133 e^{-8.600 \times 1,00}$$

$$f = 42,638 \text{ cm/jam}$$

Dengan persamaan Horton diatas diperoleh nilai kapasitas infiltrasi (f) konstan pada waktu, $t = 1.00$ jam yaitu sebesar 42.638 cm/jam. Untuk KRB II dan KRB III dilakukan perhitungan yang sama seperti contoh perhitungan KRB I, berikut adalah rangkuman peritungan dan grafiknya :

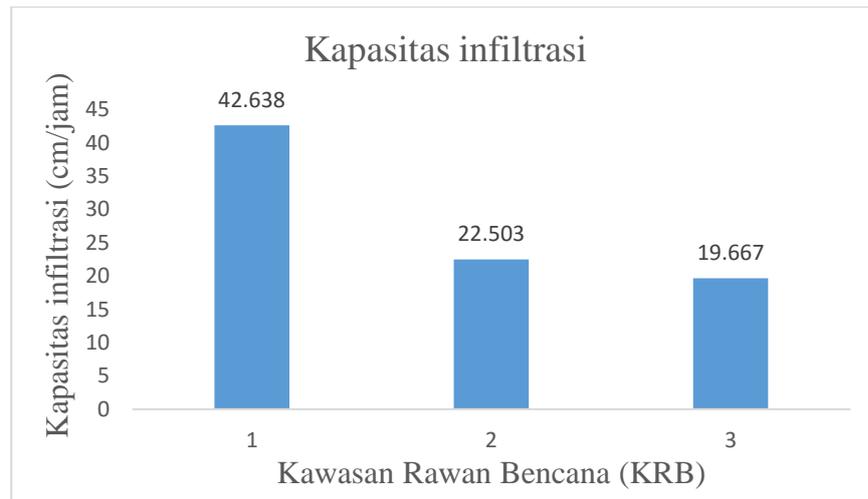
Tabel 5.8 Hasil perhitungan kapasitas infiltrasi metode Horton KRB I sampai KRB III

Uraian	Satuan	Jenis penutup lahan		
		Tanah KRB I	Rumput KRB II	Rumput KRB III
fo	cm/jam	155,733	112,705	30,763
fc	cm/jam	42,6	22,5	19,5
Gradien m	-	-0,1997	-0,1395	-0,1048
K	-	8,006	12,295	5,056
f (Horton)	cm/jam	$42,6 + 113,133e^{-8006t}$	$22,5 + 90,205e^{-12,295t}$	$19,5 + 11,264e^{-5,056t}$
f konstan	cm/jam	42,638	22,503	19,667



Gambar 5.8 Grafik perbandingan laju infiltrasi KRB I sampai KRB III

Dari Gambar 5.8 diatas dapat dijelaskan bahwa laju infiltrasi awalnya bergerak dengan cepat kemudian semakin banyak air terinfiltrasi kedalam tanah menyebabkan suatu lapisan di bawah permukaan tanah menjadi jenuh air maka laju infiltrasi semakin kecil dan lambat. ini memperlihatkan bagaimana model Horton yang digunakan dapat menduga nilai pengamatan dilapangan.



Gambar 5.9 Grafik Kapasitas infiltrasi KRB I sampai KRB III

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan pada KRB I sampai KRB III maupun grafik diatas dapat dijelaskan bahwa KRB I memiliki nilai kapasitas infiltrasi yang paling besar dibandingkan KRB II dan KRB III. Hal ini dapat terjadi karena pada KRB I memiliki kepadatan tanah yang kecil dibandingkan KRB II dan KRB III yang memungkinkan pergerakan air melalui pori yang besar akan semakin cepat dan memiliki kapasitas infiltrasi yang besar.

D. Analisis perhitungan volume air total infiltrasi

Pada perhitung volume total air infiltrasi total (V_t) diasumsikan pada area seluas 1 m^2 selama 1 jam, yaitu dengan cara mengintegalkan persamaan Horton yang sudah diperoleh dari perhitungan kapasitas infiltrasi tersebut :

$$V(t) = (fc \times t) + \left(\frac{f_0 - fc}{K} \right) \times (1 - e^{-Kt}) \dots\dots\dots(5.9)$$

Contoh perhitungan volume air total infiltrasi pada KRB I adalah sebagai berikut :

1) Jumlah tinggi air (1jam)

$$= (42,6 \times 1) + \left(\frac{(155,733 - 42,6)}{8,006} \right) \times (1 - 2,718^{-8,006 \times 1})$$

$$= 56,726 \text{ cm}$$

$$= 0,567 \text{ m}$$

2) Volume air total infiltrasi selama 1 jam adalah

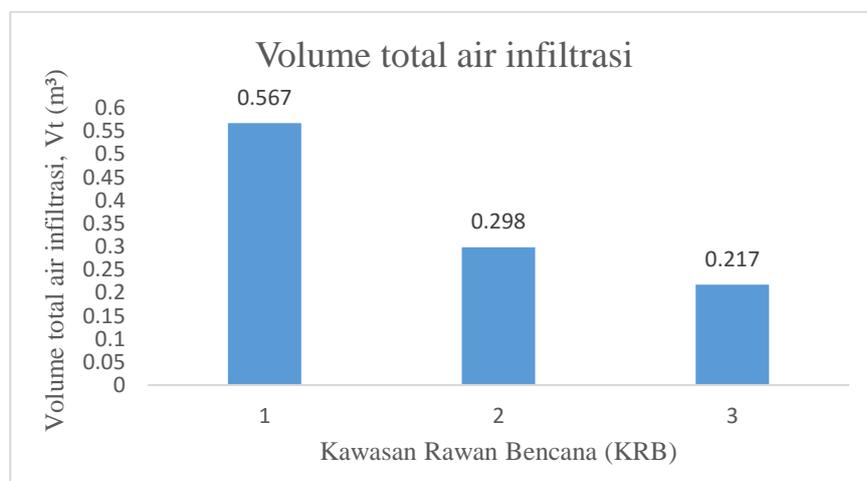
$$\text{Luas area } 1 \text{ m}^2 \text{ (Vt)} = 0,567 \times 1 \times 1 \text{ m}^3 = 0,567 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas area } 1 \text{ ha (Vt)} = 0,567 \times 100 \times 100 \text{ m}^3 = 5672,624 \text{ m}^3$$

Jadi, volume total air infiltrasi selama 1 jam pada KRB I dengan luas area 1 m² sebesar 0,567 m³, sedangkan untuk area seluas 1 ha sebesar 5672,624 m³. Untuk perhitungan KRB II dan KRB III dilakukan perhitungan yang sama seperti contoh perhitungan KRB I. Dibawah ini adalah hasil perhitungan volume total air infiltrasi KRB I sampai KRB III.

Table 5.9 Hasil perhitungan volume total air infiltrasi KRB I sampai KRB III

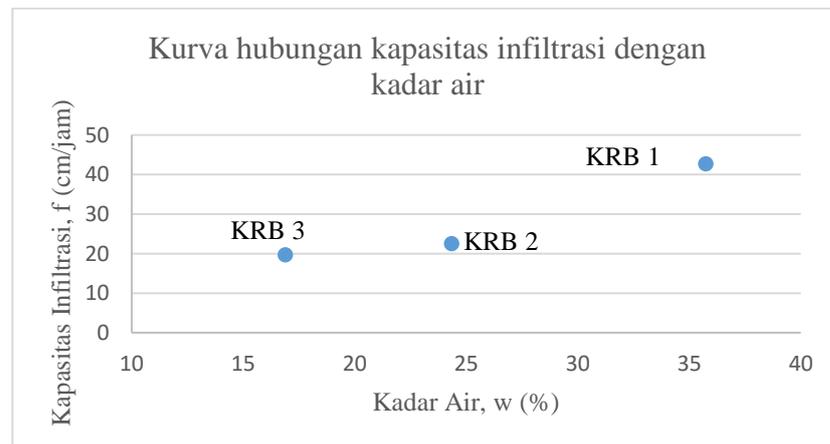
Parameter	Janis penutup lahan		
	Tanah	Rumput	Rumput
KRB	I	II	III
Kapasitas infiltrasi metode Horton, f	56,726	29,836	21,714
Volume total air infiltrasi luas area 1 m ² , Vt m ³	0,567	0,298	0,217
Volume total air infiltrasi luas area 1 ha, Vt m ³	5672,624	2983,649	2171,352



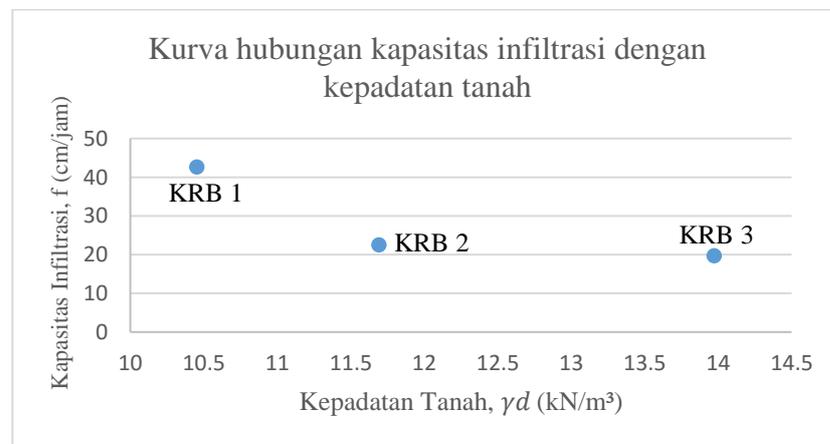
Gambar 5.10 Volume total air infiltrasi KRB I sampai KRB III

Dari hasil perhitungan volume total air infiltrasi yang telah dilakukan pada KRB I sampai KRB III dapat dijelaskan bahwa volume total air infiltrasi KRB I pada area seluas 1 m^2 mempunyai nilai yang lebih besar dari KRB II dan KRB III, hal ini juga dipengaruhi oleh nilai kapasitas infiltrasi KRB I yang paling besar diantara KRB II dan KRB III. Semakin besar kapasitas infiltrasi maka volume total air infiltrasinya akan semakin besar, sebaliknya semakin kecil kapasitas infiltrasinya maka volume total infiltrasinya akan semakin kecil.

Dari nilai kapasitas infiltrasi pada penelitian ini juga dapat dibahas tentang hubungan kadar air dan kepadatan tanah dengan kapasitas infiltrasi. Berikut adalah kurva hubungan kadar air terhadap kapasitas infiltrasi dan kepadatan tanah terhadap kapasitas infiltrasi :



Gambar 5.11 Kurva hubungan kapasitas infiltrasi dengan kadar air



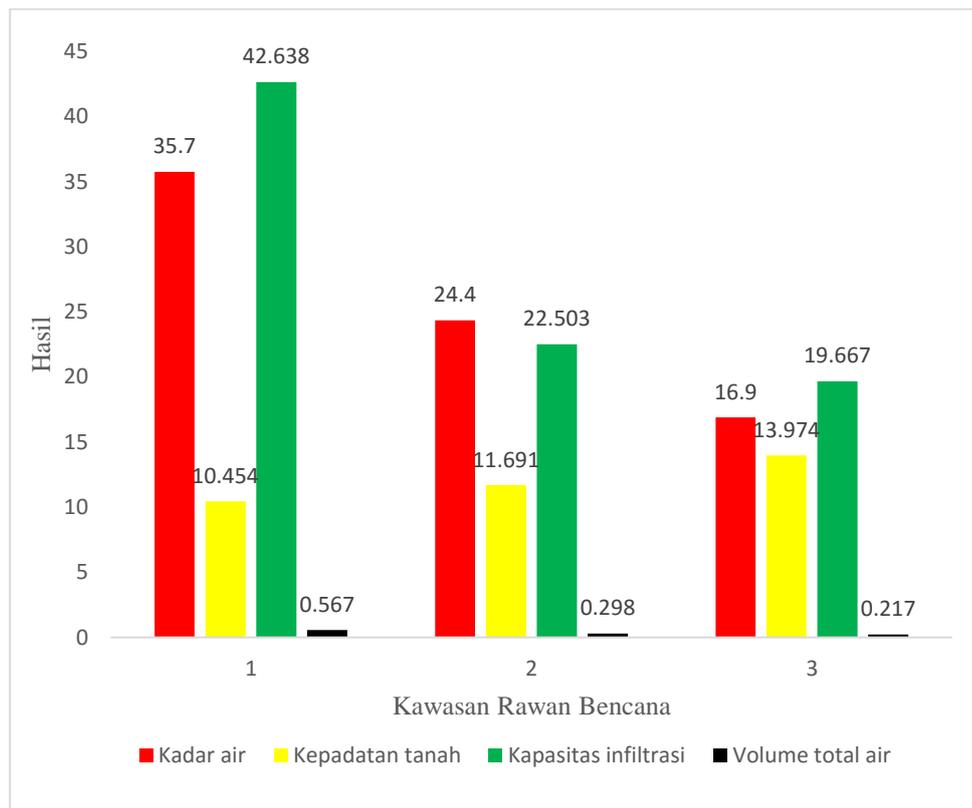
Gambar 5.12 Kurva hubungan kapasitas infiltrasi dengan kepadatan tanah

Dari kurva hubungan kapasitas infiltrasi dengan kadar air dan kurva hubungan kapasitas infiltrasi diatas diperoleh kadar air besar dengan kepadatan yang rendah memiliki kapasitas infiltrasi besar. Hal ini tidak sesuai dengan teori yang seharusnya, jika kadar air besar dengan kepadatan tanah yang rendah maka kapasitas infiltrasinya kecil. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kadar airnya besar adalah porositas, humus/kandungan kimia tanah, dan tanah yang tidak homogen.

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah diuraikan, maka hasil perhitungan nilai kapasitas infiltrasi, volume total air infiltrasi, kepadatan tanah lapangan, dan kadar air di sub DAS Krasak dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini :

Tabel 5.10 Hasil analisis perhitungan

Uraian	Jenis penutup lahan		
	Tanah	Rumput	Rumput
KRB	I	II	III
Kapasitas infiltrasi (f) Horton, cm/jam	42,638	22,503	19,667
Kadar air, %	35,7	24,4	17,8
Kepadatan tanah lapangan, kN/m ³	10,454	11,691	13,866
Volume total air infiltrasi area 1 m ² , (Vt) m ³	0,567	0,298	0,217
Jenis tanah	Tanah berpasir	Tanah berpasir	Tanah berpasir



Gambar 5.13 Perbandingan nilai kadar air, kepadatan tanah, kapasitas infiltrasi, dan volume total air infiltrasi KRB I sampai KRB III

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan pada KRB I sampai KRB III maupun grafik diatas, bahwa KRB I memiliki nilai kapasitas infiltrasi yang paling besar dibandingkan KRB II dan KRB III. Hal ini terjadi karena faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi pada lokasi tersebut. Dari tiga lokasi tersebut KRB I memiliki kapasitas infiltrasi yang paling besar, hal ini dapat terjadi karena memiliki kadar air yang besar dan kepadatan tanah lapangan yang kecil. Dengan nilai kadar air besar diperoleh kapasitas infiltrasi yang besar hal ini berbalik dengan teori yang seharusnya semakin besar kadar air maka infiltrasinya akan semakin kecil. Namun kenyataannya hasil pengujian dilapangan tidak sesuai dengan teori, hal ini kemungkinan bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kadar air seperti porositas, meskipun kadar air besar jika memiliki porositas yang besar kemungkinan dapat menyerap air lebih banyak. Sedangkan nilai kepadatan tanah yang kecil dapat memungkinkan pergerakan air atau laju infiltrasinya akan semakin cepat dan kapasitas infiltrasinya akan semakin besar. Selain itu juga pada KRB I pada saat pengambilan sampel tanah pada kedalaman \pm

20 cm tidak terdapat lapisan abu. Sedangkan nilai kapasitas infiltrasi yang paling kecil terdapat pada KRB III. Hal ini dapat terjadi karena lokasi KRB III memiliki kepadatan tanah yang paling besar, dengan kepadatan tanah yang cukup besar dapat berdampak pada laju infiltrasi akan lambat dan memiliki kapasitas infiltrasi yang kecil. Selain itu juga pada KRB III pada saat pengambilan sampel tanah pada kedalaman ± 20 cm terdapat lapisan abu.