

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

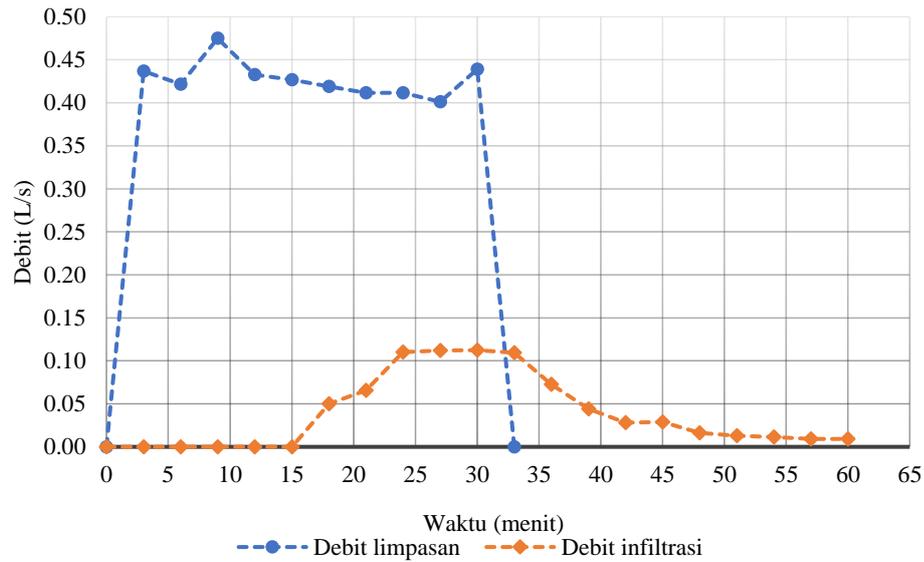
Pada bab ini akan dibahas hasil dari kinerja *permeatic*, pipa resapan, dan kombinasi keduanya.

4.1 Hasil Uji S-1

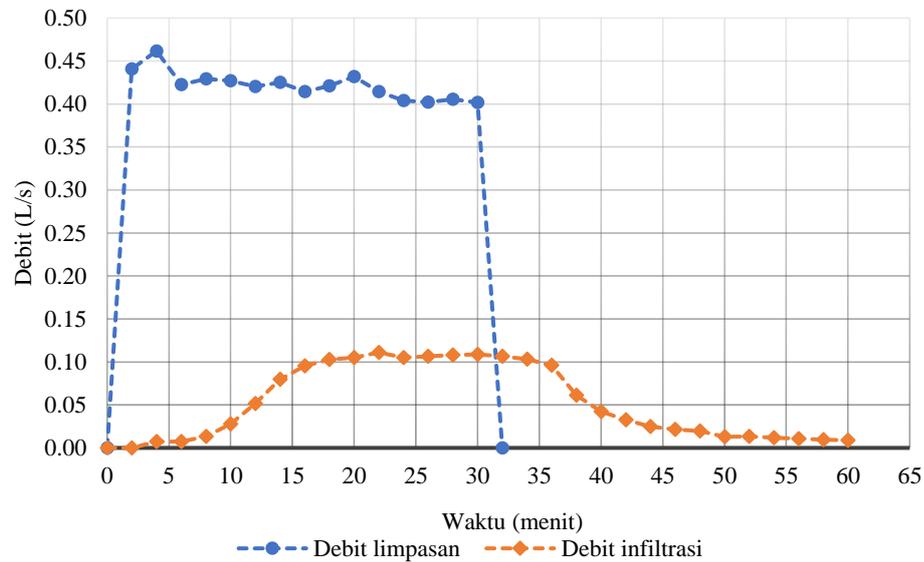
Pengujian ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui besar debit limpasan dan infiltrasi pada kondisi awal yang tidak menggunakan *permeatic* maupun pipa resapan. Kondisi awal terbagi menjadi dua, yaitu kondisi tanah tidak jenuh (T-1) dan kondisi tanah jenuh (T-2), lebih jelasnya lihat Gambar 4.1. Hidrograf limpasan dan infiltrasi adalah grafik hubungan debit dan waktu yang menggambarkan perbandingan besar atau kecilnya debit limpasan dengan debit infiltrasi per-30 detik selama satu jam pengujian, lihat. Lebih jelasnya dapat di lihat pada Gambar 4.2 untuk hidrograf limpasan dan infiltrasi. Hasil debit limpasan dan infiltrasi untuk T-1 dan T-2 disajikan dalam Tabel 4.1 dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 1 Kondisi awal pengujian



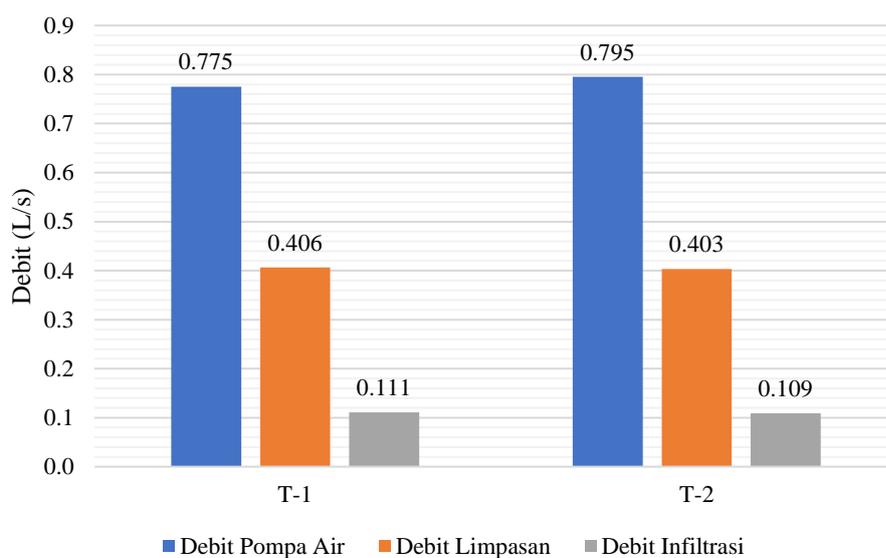
(a)



(b)

Gambar 4. 2 Hidrograf limpasan dan infiltrasi, (a) T-1, dan (b) T-2

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan khususnya pada hidrograf infiltrasi. Pada T-2 peningkatan hidrograf infiltrasi terjadi lebih cepat dibandingkan dengan hidrograf infiltrasi T-1. Hal ini disebabkan oleh gaya kapiler air yang menyebabkan air selalu bergerak dari daerah basah menuju ke daerah yang lebih kering, karena tanah kering (T-1) memiliki gaya kapiler yang lebih besar dibandingkan tanah basah (T-2). Sehingga pada pengujian variasi T-1 air membutuhkan waktu yang lebih lama dalam hal terinfiltrasi ke bawah karena bergerak kesegala arah yang disebabkan oleh gaya kapiler.



Gambar 4. 3 Debit pompa, limpasan, dan infiltrasi pada kondisi awal

Tabel 4. 1 Hasil uji debit pompa, limpasan, dan infiltrasi pada kondisi awal

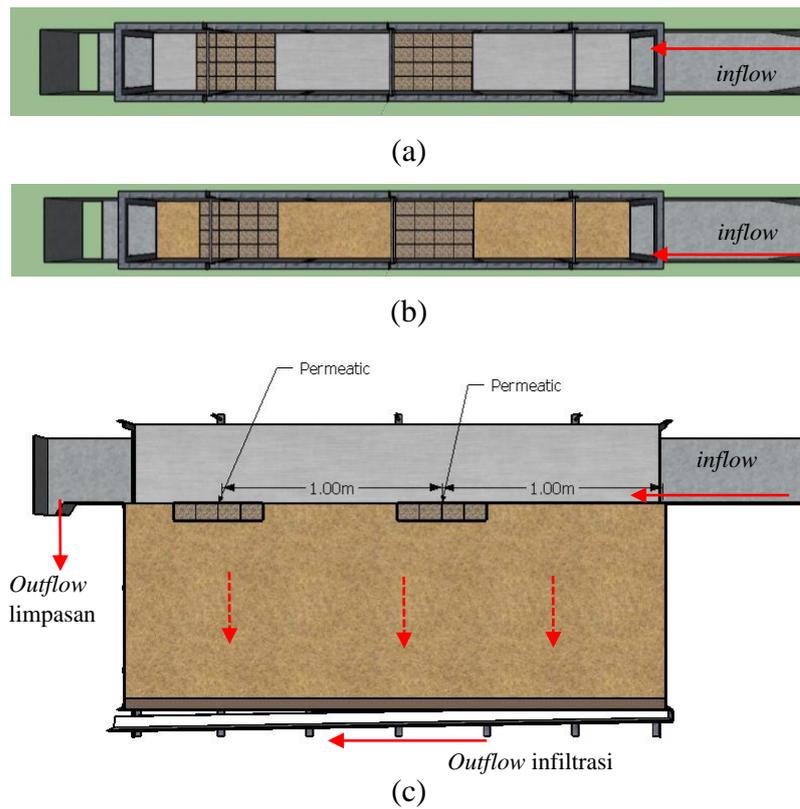
Variasi	Debit Pompa (Inflow)		Debit Limpasan		Debit Infiltrasi	
	L/s	L/s	%	L/s	%	
T-1	0,775	0,406	52,39	0,111	14,32	
T-2	0,795	0,403	50,72	0,109	13,69	

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pada kondisi awal, besar nilai debit infiltrasi sebesar 0,111 L/s atau 14,32% dari debit pompa pada kondisi T-1, dan 0,109 L/s atau 13,69% dari debit pompa pada kondisi T-2. Pada kondisi T-1 memiliki nilai debit infiltrasi yang lebih besar dibandingkan pada kondisi T-2. Hal ini dikarenakan kapasitas infiltrasi dipengaruhi oleh kadar air tanah. Semakin tinggi kadar air suatu tanah maka kapasitas infiltrasinya berkurang (Triatmodjo, 2008). Walau pun menggunakan pompa air yang sama nilai debit pompa yang dihasilkan berbeda pada kedua kondisi. Hal ini dipengaruhi oleh tegangan listrik yang berubah-ubah, sehingga kinerja yang dihasilkan pompa air tidak sama (Nazaruddin dan Yuliani, 2018).

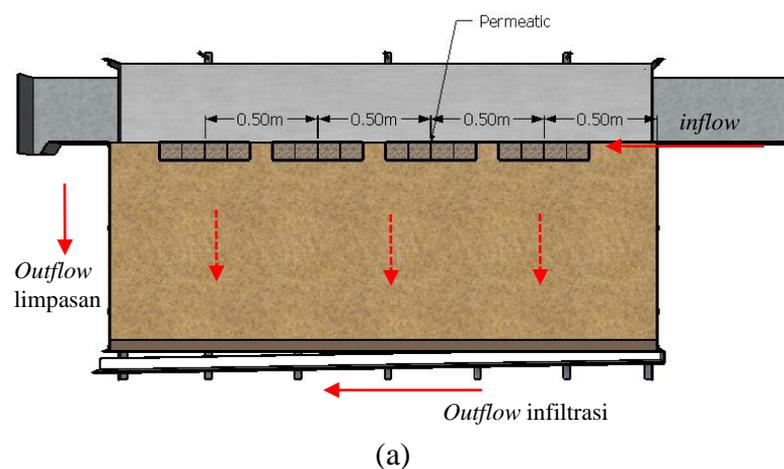
4.2 Hasil Uji S-2

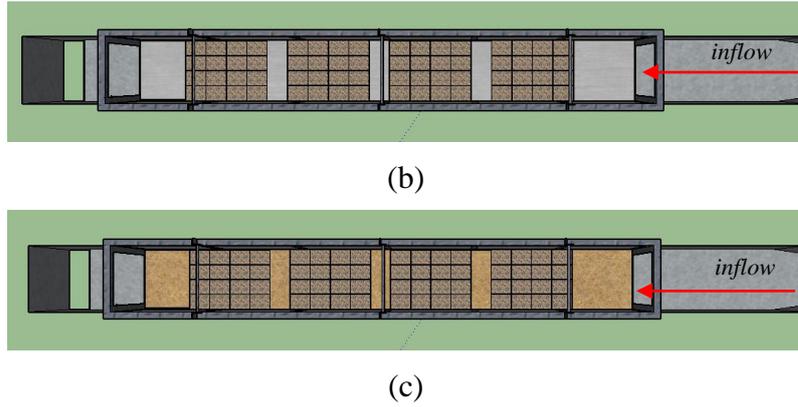
Uji debit limpasan dan infiltrasi di laboratorium memberikan hasil berupa besarnya pengaruh penggunaan *permeatic* untuk meningkatkan debit infiltrasi. Ada

dua kondisi dalam pengujian dengan variasi *permeatic*, yaitu kondisi tanah antar *permeatic* tertutup dan kondisi tanah antar *permeatic* terbuka. Terdapat tiga variasi jarak dalam pengujian dengan *permeatic*, yaitu jarak 1 meter, 0,5 meter, dan *full permeatic*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6. Hidrograf limpasan dan infiltrasi variasi P-1, P-2, P-3, P-4, dan P-5 pada skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 4.7. Hasil debit limpasan dan infiltrasi untuk yang menggunakan variasi *permeatic* disajikan dalam Tabel 4.2 dan Gambar 4.8.

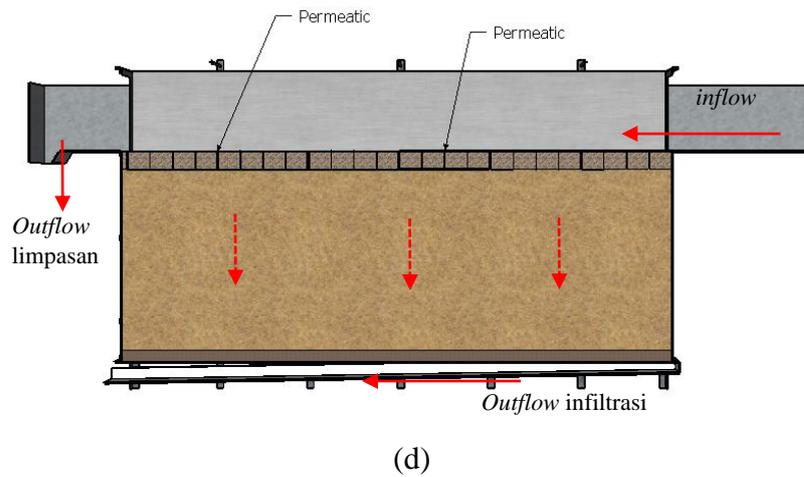


Gambar 4. 4 *Permeatic* jarak 1 m, (a) tampak atas P-1, (b) tampak atas P-3, dan (c) detail ukuran

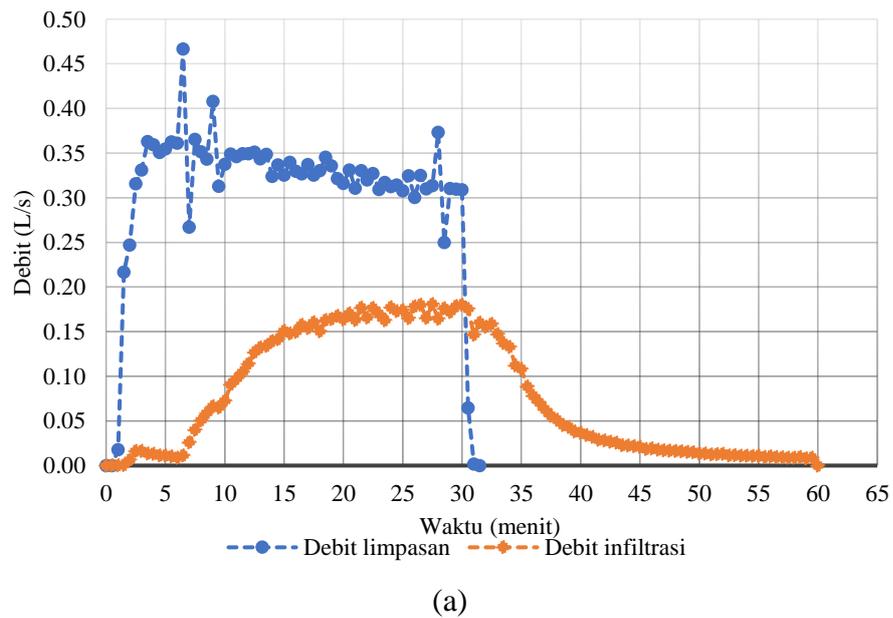


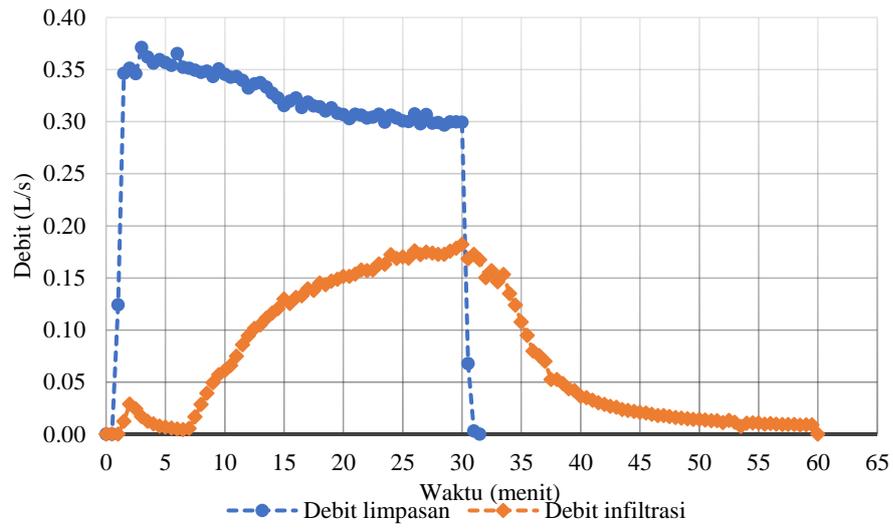


Gambar 4. 5 *Permeatic* jarak 0,5 m, (a) detail ukuran, (b) tampak atas P-2, dan (c) tampak atas P-4

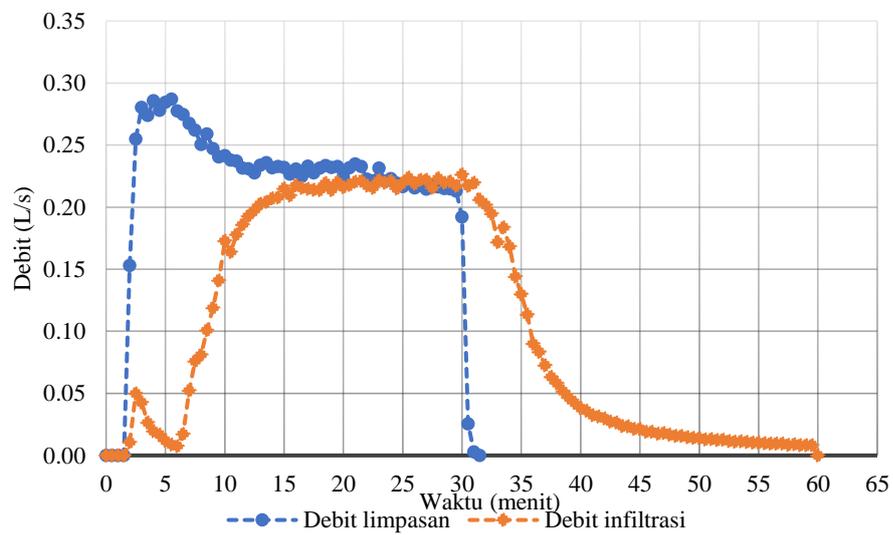


Gambar 4. 6 *Full permeatic* (P-5)

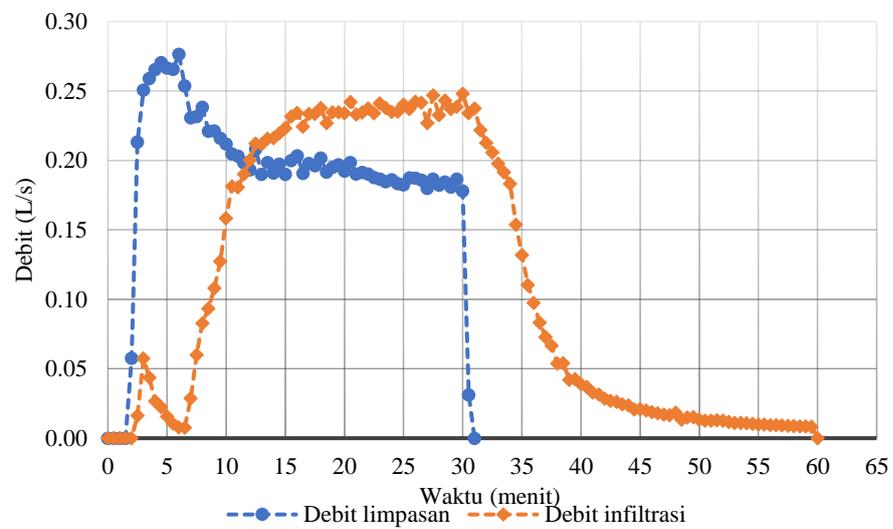




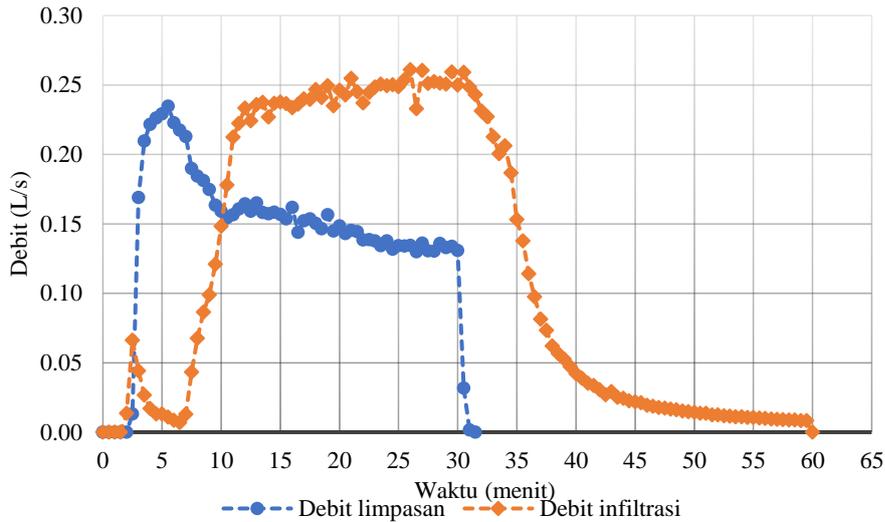
(b)



(c)



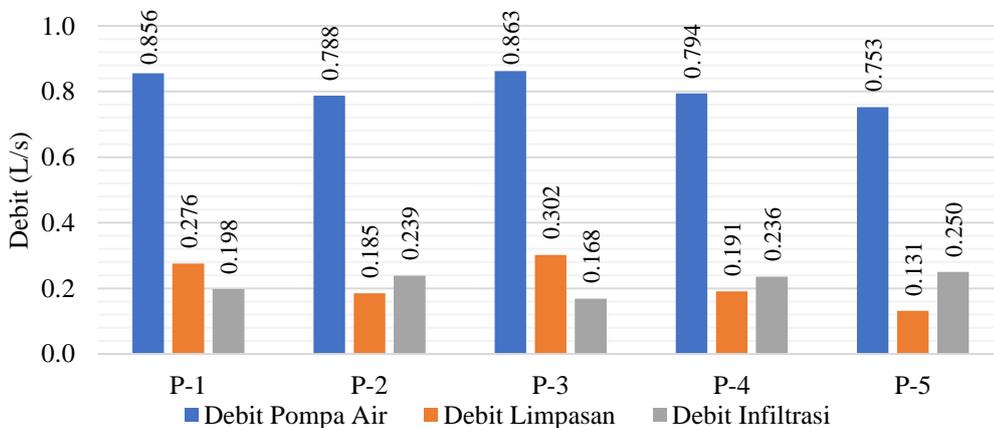
(d)



(e)

Gambar 4. 7 Hidrograf limpasan dan infiltrasi, (a) P-1, (b) P-2, (c) P-3, (d) P-4, dan (e) P-5

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat terjadi peningkatan pada hidrograf limpasan di menit ke-1 hingga menit ke-6. Sedangkan pada debit infiltrasi terjadi tren yang naik-turun di menit ke-1 hingga menit ke-6,5. Hal ini disebabkan oleh air yang tertahan di saluran pipa air infiltrasi, sehingga terjadi peningkatan volume air di awal waktu pada pengukuran debit infiltrasi. Pada tren yang naik-turun tersebut terjadi peningkatan dari variasi P-1 sebesar 0,016 L/s, P-2 sebesar 0,029 L/s, P-3 sebesar 0,050 L/s, P4 sebesar 0,058 L/s, dan P-5 sebesar 0,066 L/s. Dari menit ke-6,5 hingga menit ke-13,5 terjadi penurunan pada debit limpasan dan di waktu yang hampir sama terjadi peningkatan pada debit infiltrasi. Selanjutnya, untuk debit limpasan dan infiltrasi tergolong konstan hingga pompa air di matikan pada menit ke-30, kemudian terjadi penurunan pada debit limpasan dan infiltrasi.

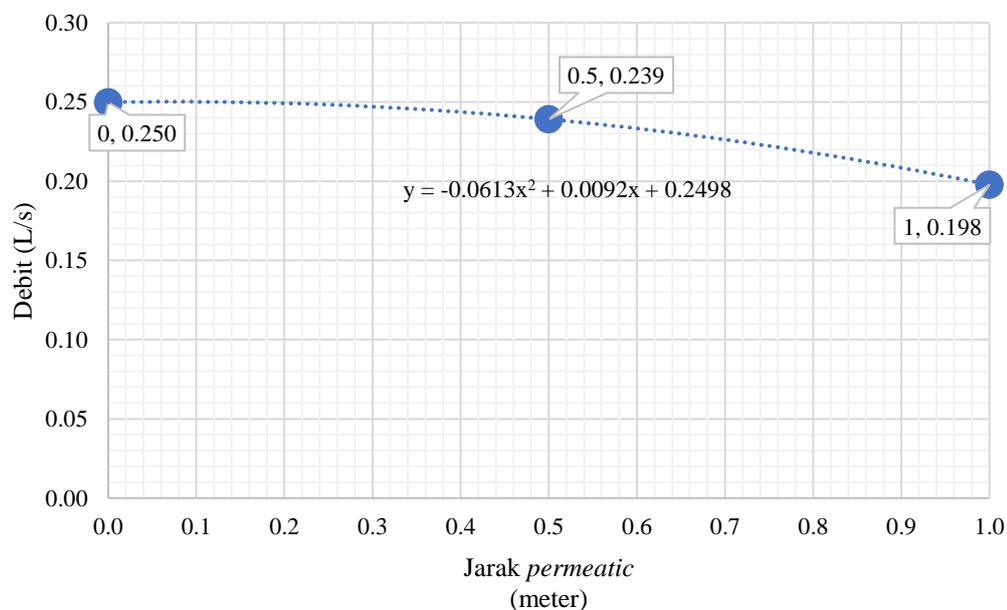


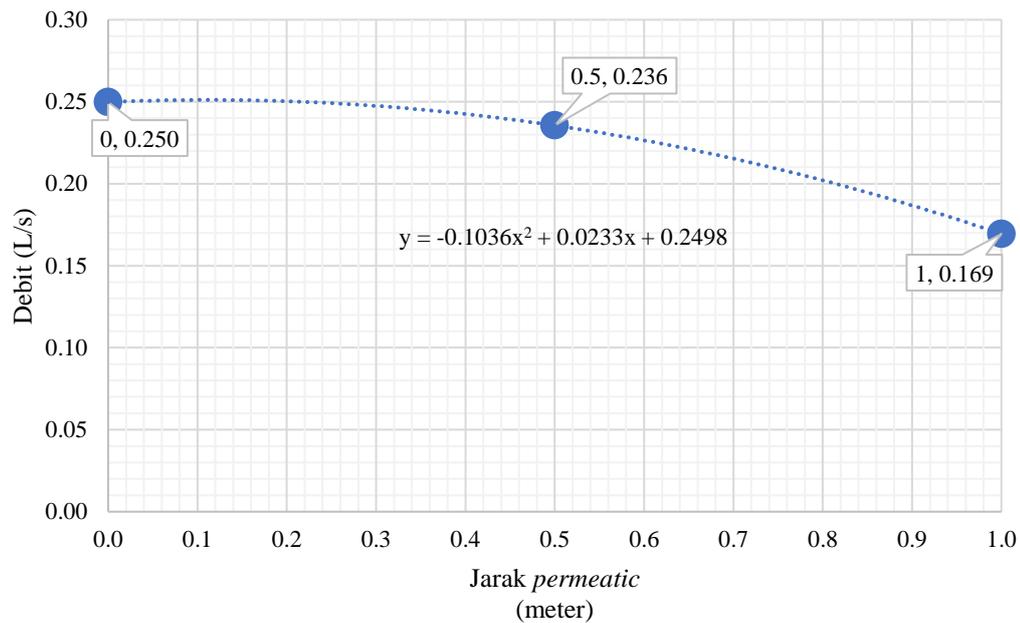
Gambar 4. 8 Debit pompa, limpasan, dan infiltrasi dengan variasi *permeatic*

Tabel 4. 2 Hasil uji debit pompa, limpasan, dan infiltrasi dengan variasi *permeatic*

Variasi	Debit Pompa (<i>Inflow</i>)	Debit Limpasan		Debit Infiltrasi	
	L/s	L/s	%	L/s	%
P-1	0,856	0,276	32,23	0,198	23,11
P-2	0,788	0,185	23,45	0,239	30,32
P-3	0,863	0,302	35,02	0,168	19,52
P-4	0,794	0,191	24,09	0,236	29,65
P-5	0,753	0,131	17,44	0,250	33,18

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pada variasi *permeatic* memiliki nilai debit infiltrasi sebesar 0,198 L/s atau 23,11% dari debit pompa untuk P-1, dan 0,239 L/s atau 30,32% dari debit pompa untuk P-2, 0,168 L/s atau 19,52% dari debit pompa untuk P-3, 0,236 L/s atau 29,65% dari debit pompa untuk P-4, dan untuk P-5 sebesar 0,25 L/s atau 33,18% dari debit pompa. Nilai debit infiltrasi pada kondisi tanah antar *permeatic* tertutup (P-1 dan P-2) lebih besar daripada kondisi terbuka (P-3 dan P-4). Hal ini bisa disebabkan karena pada kondisi terbuka butiran tanah halus tergerus oleh arus air, kemudian menutupi pori-pori dari *permeatic*, sehingga kemampuan daya resap air dari *permeatic* berkurang. Hasil analisa regresi debit infiltrasi pada variasi *permeatic* kondisi tertutup (P-1 dan P-2) disajikan dalam Gambar 4.9 dan pada kondisi terbuka (P-3 dan P-4) dalam Gambar 4.10.

Gambar 4. 9 Regresi hubungan antara debit infiltrasi dan jarak *permeatic* pada kondisi tertutup (P-1, P-2, dan P-5)

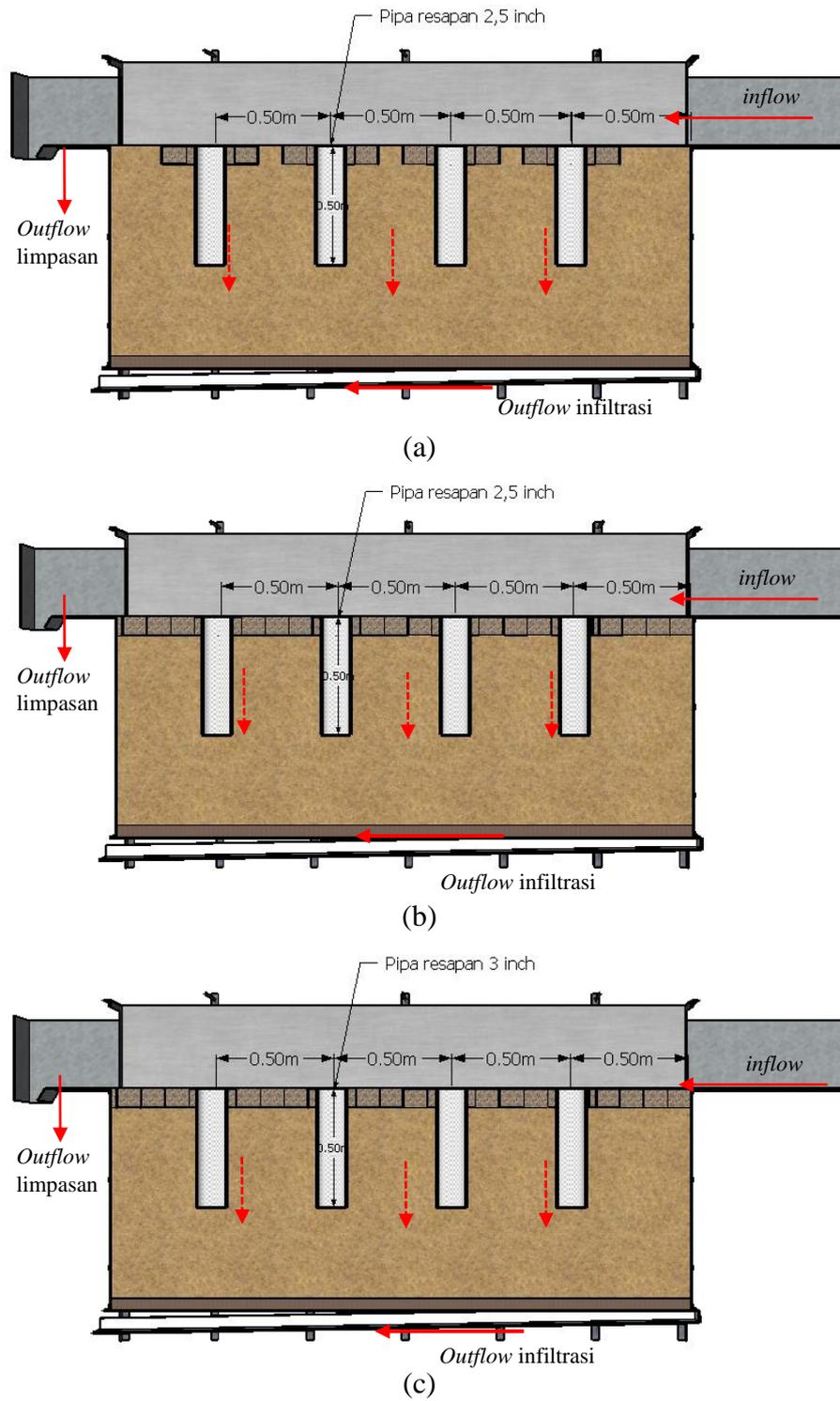


Gambar 4. 10 Regresi hubungan antara debit infiltrasi dan jarak *permeatic* pada kondisi terbuka (P-3, P-4, dan P-5)

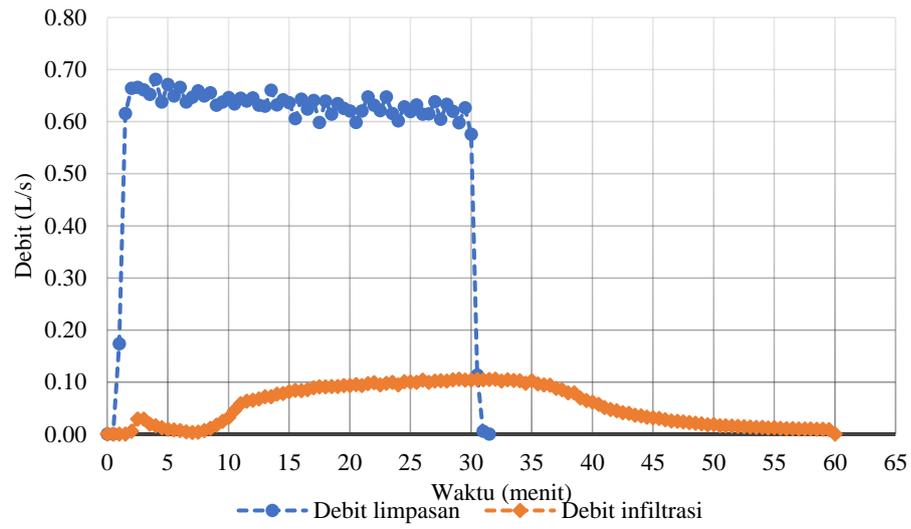
Dari Gambar 4.9 dan 4.10 dapat dilihat bahwa, apabila jarak antar *permeatic* semakin besar maka debit infiltrasi yang dihasilkan akan semakin kecil. Sebaliknya, apabila jarak antar *permeatic* semakin kecil maka debit infiltrasi yang dihasilkan akan semakin besar sampai dengan jarak 0 meter (*full permeatic*). Hal ini berlaku untuk semua kondisi *permeatic*, baik dalam kondisi tertutup mau pun terbuka. Koefisien korelasi yang diperoleh pada kondisi tertutup dan pada kondisi terbuka adalah $r=1$.

4.3 Hasil Uji S-3

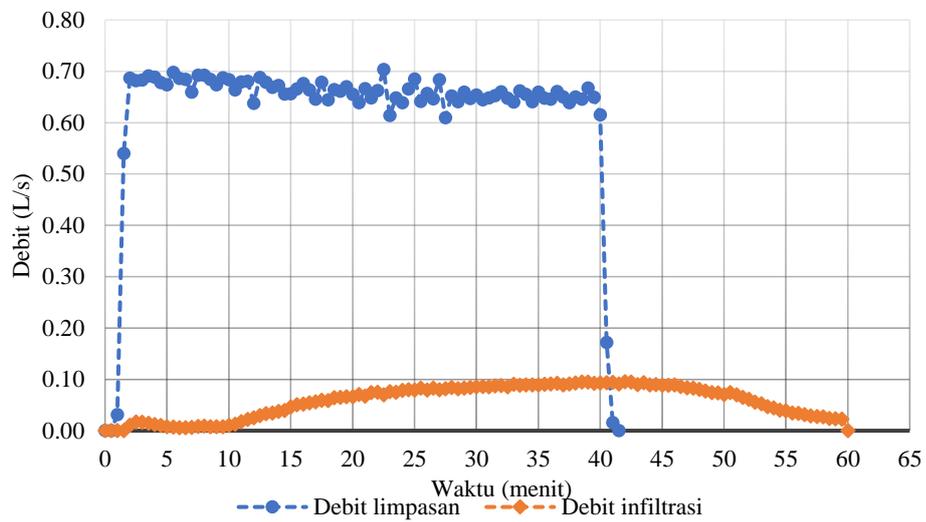
Uji debit limpasan dan infiltrasi di laboratorium memberikan hasil berupa besarnya pengaruh kombinasi *permeatic* dan pipa resapan dalam meningkatkan debit infiltrasi pada saluran drainase atau *flume* uji. Ada tiga kombinasi (K-1, K-2, dan K-3) dalam penggunaan *permeatic* dan pipa resapan, yang dapat dilihat pada Gambar 4.11. Hidrograf limpasan dan infiltrasi variasi K-1, K-2, dan K-3 pada skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 4.12. Hasil debit limpasan dan infiltrasi dengan menggunakan variasi kombinasi *permeatic* dan pipa resapan disajikan dalam Tabel 4.4 dan Gambar 4.13.



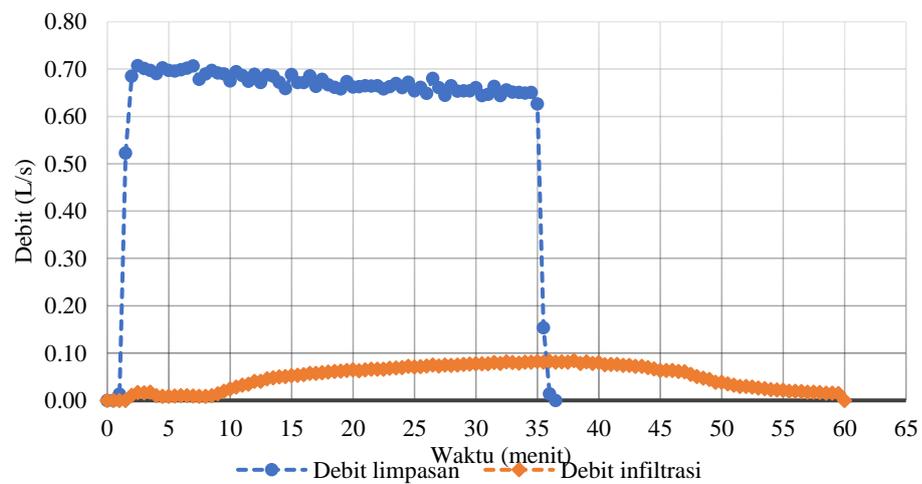
Gambar 4. 11 Tampak samping kombinasi, (a) K-1, (b) K-2, dan (c) K-3



(a)



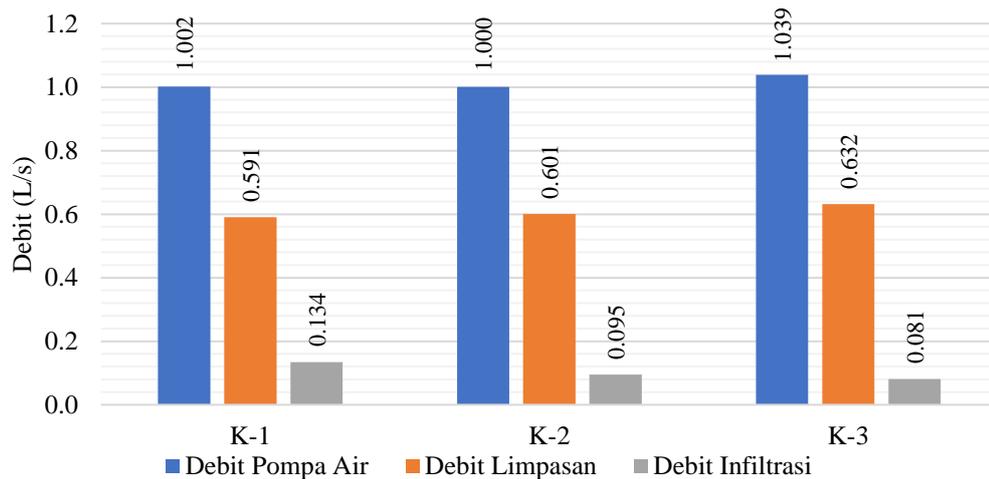
(b)



(c)

Gambar 4. 12 Hidrograf limpasan dan infiltrasi, (a) K-1, (b) K-2, dan (c) K-3

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa tren yang terjadi cenderung sama untuk hidograf limpasan maupun infiltrasi. Akan tetapi pada hidograf infiltrasi di menit ke-2 hingga menit ke-10 tren yang naik-turun dari variasi K-1, K-2, dan K-3 cenderung semakin mengecil dan mendekati datar. Besar debit puncak atau maksimum pada hidrograf infiltrasi di menit ke-2 hingga menit ke-10 adalah 0,029 L/s – 0,016 L/s.

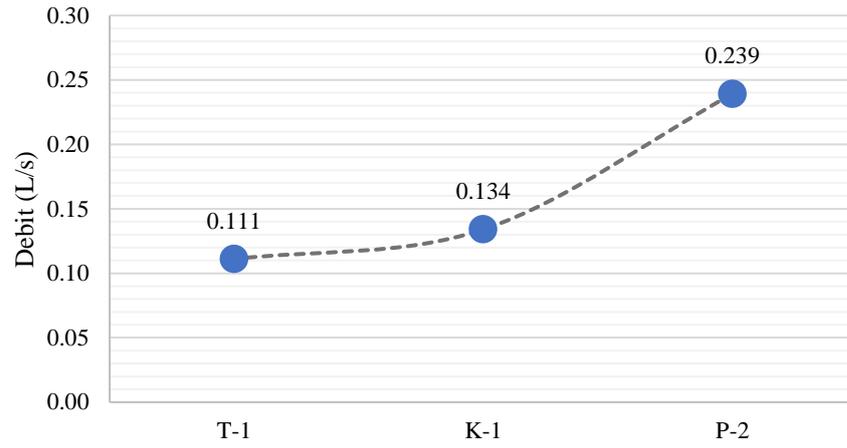


Gambar 4. 13 Debit pompa, limpasan, dan infiltrasi dengan variasi kombinasi

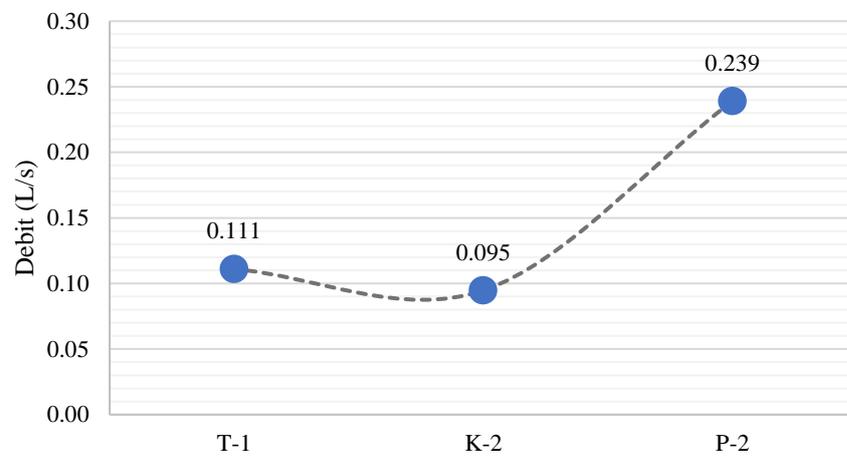
Tabel 4. 3 Hasil uji debit pompa, limpasan, dan infiltrasi pada variasi kombinasi

Variasi	Debit Pompa (Inflow)	Debit Limpasan		Debit Infiltrasi	
	L/s	L/s	%	L/s	L/s
K-1	1,002	0,591	58,97	0,134	13,38
K-2	1,000	0,601	60,04	0,095	9,47
K-3	1,039	0,632	60,86	0,081	7,83

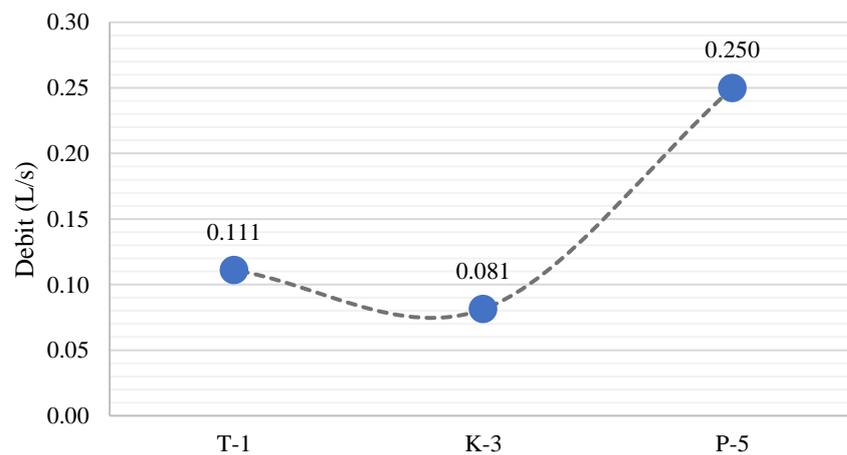
Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pada variasi kombinasi besar nilai debit infiltrasi sebesar 0,134 L/s atau 13,38% dari debit pompa pada K-1, 0,095 L/s atau 9,47% dari debit pompa pada K-2, dan 0,081 L/s atau 7,83% dari debit pompa pada K-3. Perbandingan debit infiltrasi pada ketiga kombinasi dengan pengaruh dari *permeatic* dan kondisi awal dalam penerapan drainase berkelanjutan disajikan dalam Gambar 4.14.



(a)



(b)



(c)

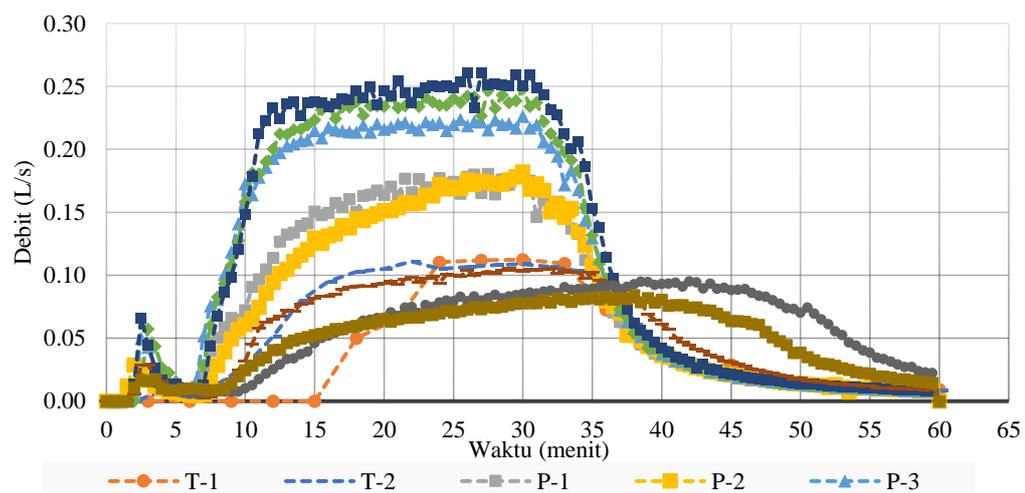
Gambar 4. 14 Perbandingan debit infiltrasi (a) K-1, (b) K-2, dan (c) K-3

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa semua variasi kombinasi tidak berpengaruh besar dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi pada saluran drainase,

dibandingkan dengan pengaruh dari *permeatic* dan pipa resapan. Ada kecenderungan penurunan nilai debit infiltrasi pada setiap kombinasi, sehingga terlihat bahwa pengaruh dari kombinasi *permeatic* dengan pipa resapan tidak terlalu besar dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi pada saluran drainase. Bahkan debit infiltrasi yang dihasilkan oleh K-2 dan K-3 lebih kecil dari debit infiltrasi pada kondisi awal (tanpa variasi). Hal ini disebabkan oleh penggunaan geotekstil sebagai pemisah dua material tanah dan pasir dalam *flume* uji yang memiliki kelemahan. Geotekstil jika digunakan dalam jangka panjang maka kinerjanya akan menurun yang di sebaban oleh penyumbatan butiran tanah yang tertahan (Hadiyatmo, 2008). Posisi tanah diatas geotekstil dan ditambah dengan intensitas air yang masuk kedalam tanah dalam *flume* uji cukup besar, sehingga membuat butiran halus tanah turun kebawah dan tertahan di geotekstil yang digunakan. Hal tersebut yang menyebabkan kinerja pada variasi kombinasi kurang maksimal.

4.4 Pembahasan

Hidrograf limpasan dan infiltrasi yang di dapat pada setiap variasi memiliki perbedaan khususnya pada hidrograf infiltrasi di menit ke-0 hingga menit ke-6,5. Tren yang naik-turun pada menit tersebut memiliki nilai yang berbeda, perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.15.

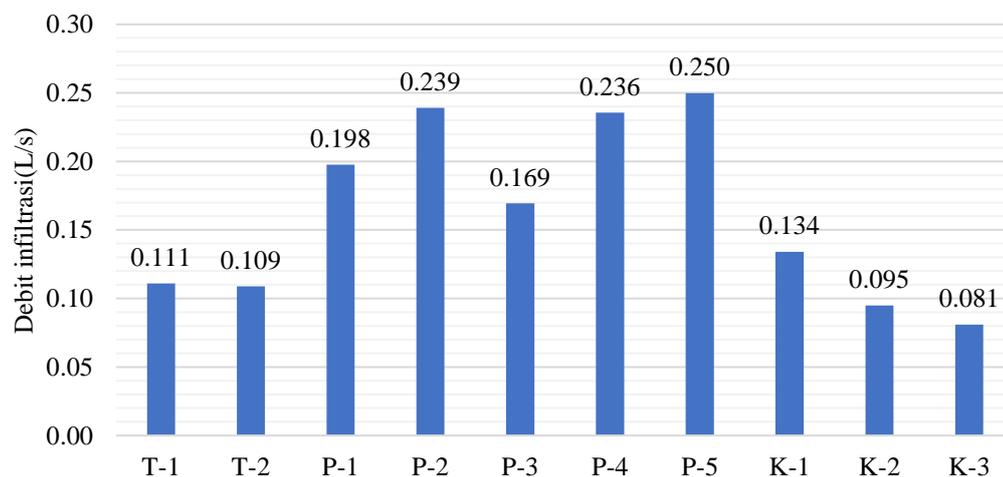


Gambar 4. 15 Perbandingan hidrograf infiltrasi

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan tren untuk debit infiltrasi pada semua variasi di menit awal pengujian (menit 0 hingga 6,5). Pada variasi T-1 di menit 0 hingga 6,5 tidak terjadi tren yang naik turun seperti tren yang

terjadi pada hidrograf infiltrasi variasi lainnya (T-2, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, K-1, K-2, dan K-3). Hal terjadi karena tidak ada air yang tertahan di saluran pipa air infiltrasi pada saat pengujian variasi T1, sehingga tidak terjadi peningkatan volume air di awal waktu pada pengukuran debit infiltrasi seperti yang terjadi pada hidrograf infiltrasi variasi lainnya (T-2, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, K-1, K-2, dan K-3). Oleh sebab itu terbukti bahwa pada hidrograf infiltrasi T-2, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, K-1, K-2, dan K-3 di menit awal (menit ke-0 hingga menit ke-6,5) terjadi tren yang naik turun disebabkan oleh air yang tertahan di saluran pipa air infiltrasi yang disebabkan oleh pengujian sebelumnya.

Penggunaan variasi *permeatic* memiliki pengaruh yang besar dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi pada saluran drainase. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.16 yang menunjukan perbandingan nilai debit infiltrasi pada setiap variasi.



Gambar 4. 16 Perbandingan debit infiltrasi pada semua variasi

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa *permeatic* dengan variasi P-5 memiliki kemampuan meningkatkan kapasitas infiltrasi paling besar, yaitu sebesar 0,250 L/s, lebih dari dua kali nilai debit infiltrasi pada kondisi normal (T-1). Hal ini karena *permeatic* dengan variasi P-5 memiliki volume tampungan yang lebih besar dari variasi yang lain. Dari Gambar 4.16 juga dapat diketahui bahwa variasi terbaik dalam meningkatkan debit infiltrasi selain P-5, dapat juga dengan variasi P-2. Kombinasi *permeatic* dengan pipa resapan sebagai upaya penerapan saluran drainase berkelanjutan seharusnya mampu meningkatkan kapasitas infiltrasi lebih besar lagi. Namun, dalam pengujian ini kombinasi dari *permeatic* dengan pipa

resapan tidak menunjuknya pengaruh yang besar dalam hal meningkatkan kapasitas infiltrasi pada saluran drainase, seperti terlihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.16. Penyebab hal ini terjadi adalah perencanaan penggunaan geotekstil yang kurang matang, sehingga fungsi dari geotekstil bekerja kurang maksimal. Perencanaan penggunaan geotekstil sebagai pemisah yang memungkinkan aliran air bebas mengalir di dalam *flume* uji tanpa ada tanah yang lolos melewati geotekstil, ternyata memiliki batasan umur penggunaan yang tidak diperhitungkan dalam penelitian ini. Jika geotekstil tersebut digunakan dalam jangka waktu yang lama, maka kinerja dari geotekstil tersebut akan berkurang. Penyebab berkurangnya kinerja dari geotekstil tersebut adalah penyumbatan oleh butiran halus tanah yang terbawa oleh aliran air dalam *flume* uji.

Perlu adanya perhatian khusus dalam penggunaan geotekstil sebagai filter terutama ukuran butir tanah, tidak hanya sebagai penahan. Distribusi ukuran butir tanah yang akan disaring harus disesuaikan dengan distribusi ukuran lubang bukaan pori-pori geotekstil. Geotekstil nir-anyam benang-benang kontinyu *needle punched* umumnya cocok digunakan sebagai filter untuk berbagai jenis tanah dengan sebaran ukuran butiran yang luas (Hadiyatmo, 2008).

Selain indikasi kinerja geotekstil yang menurun perlu pengecekan pengaruh sifat fisik tanah terhadap kapasitas infiltrasi, khususnya pada variasi kombinasi. Hasil pengujian sifat fisik tanah yaitu kadar air dan kepadatan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

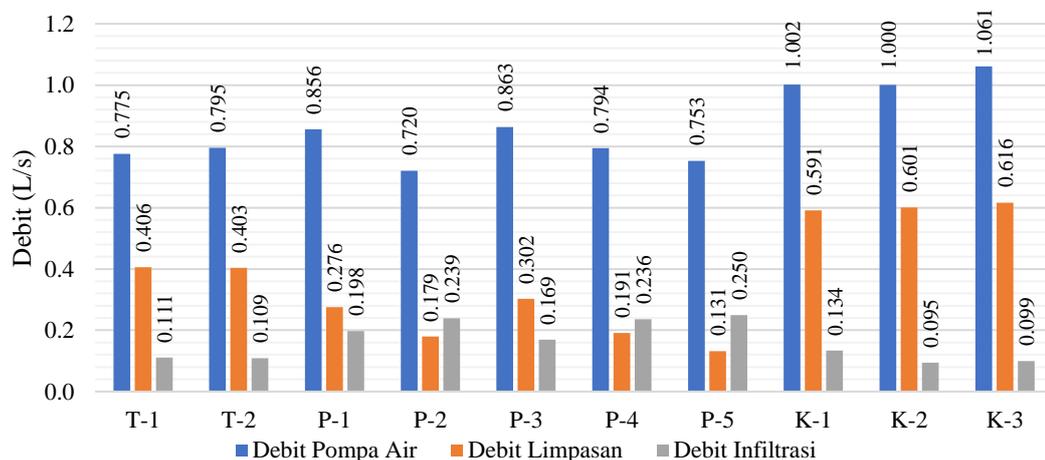
Tabel 4. 4. Hasil uji kadar air dan kepadatan

Sifat fisik tanah	Variasi Pengujian								
	T-1	T-2	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	K-1	K-2
Kadar air (%)	24,72	37,54	38,19	41,33	38,93	39,10	36,80	36,01	38,98
Kepadatan (kN/m ³)	9,23	10,10	11,23	10,90	9,81	9,82	9,93	12,39	12,04

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai kepadatan tertinggi ada pada variasi kombinasi, yaitu K-1 sebesar 12,39 kN/m³ dan K-2 sebesar 12,04 kN/m³. Sedangkan K-3 tidak dilakukan pengujian kadar air dan kepadatan sebelumnya karena kondisi dari tempat uji yang sudah tertutup *permeatic*. Kepadatan dan kadar air tanah seharusnya mempengaruhi kapasitas infiltrasi, tetapi pada kasus variasi P-

1 dan P-3 (*permeatic* jarak 1 meter kondisi tertutup dan terbuka) berbeda. Nilai kepadatan P-1 lebih tinggi dibandingkan dengan P-3 dan nilai debit infiltrasi P-1 lebih tinggi dibandingkan dengan P-3. Pada kasus ini, nilai kepadatan dan kadar air tanah tidak terlalu berpengaruh besar terhadap kapasitas infiltrasi, karena pengujian kepadatan dan kadar air tanah yang dilakukan hanya sampai pada kedalaman 10 cm saja.

Saat air *inflow* dan *outflow* sudah mengalir secara kontinyu atau konstan pada suatu saluran, maka volume air yang lewat tiap satuan waktu adalah sama pada saluran masuk dan keluar. Hal ini sesuai dengan hukum kontinuitas airan zat cair. Lihat Gambar 4.17 untuk perbandingan debit *inflow* (pompa) dengan debit *outflow* (limpasan dan infiltrasi) pada semua variasi.



Gambar 4. 17 Perbandingan debit *inflow* (pompa) dengan debit *outflow* (limpasan dan infiltrasi)

Dari Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa besar antara debit *inflow* (pompa) dengan penjumlahan debit *outflow* (limpasan dan infiltrasi) tidak sama yang menyebabkan hukum kontinuitas tidak terjadi. Hal ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya, yaitu adanya kebocoran air pada sambungan saluran *flume* uji dengan *flume*, adanya air yang terbuang saat proses penimbangan volume air, dan adanya kesalahan pembacaan berat air saat air yang berada di dalam wadah belum diam atau tenang sehingga berat air berubah-ubah. Faktor lain yang menyebabkan hal ini terjadi ialah karena kinerja pompa air yang semakin merurun akibat penggunaan dalam durasi yang cukup lama. Sehingga debit *outflow* yang terhitung lebih kecil.