

## KAJIAN ALIRAN MASUK DAN PENYUSUPAN DALAM SISTEM PEMBETUNGAN DI TAMAN SRI PULAI, SKUDAI

NORHAN ABD RAHMAN<sup>1</sup>, MOHD ALI JASMI<sup>2</sup>, MOHAMED HANIFFA HJ  
ABDUL HAMID<sup>3</sup> & AMINUDDIN MOHD BAKI<sup>4</sup>

**Abstrak.** Pembinaan keseluruhan sistem pembetulan perlu mengambil kira aliran sebagai parameter bagi penggunaan yang optimum dan mengekalkan kualiti alam sekitar. Aliran berpunca dari penjaan air kumbahan domestik berdasarkan jumlah populasi penduduk setempat, ditambah dengan aliran masuk dan penyusupan dari air larian permukaan serta air bumi. Objektif kajian adalah untuk menentukan aliran masuk dan penyusupan dalam paip pembetung. Kajian telah dijalankan di sebuah kawasan tadahan perumahan di Taman Sri Pulai, Skudai, Johor, iaitu merupakan kawasan perumahan dan komersil dengan populasi penduduk kurang daripada 2000 PE. Kajian melibatkan penyediaan maklumat awal tapak, kerja pengambilan data dan penganalisan. Data-data kadar alir dan halaju aliran sama ada dalam musim panas atau musim hujan diukur menggunakan alat *flowmeter* ISCO 4250 dan juga tolok hujan. Data yang diperolehi kemudiannya dibandingkan dengan formula reka bentuk. Hasil kajian mendapati nilai faktor reka bentuk paip pembetung,  $F$  adalah 1.51, purata kadar penyusupan masuk bagi ( $Q_{\text{puncak}}$ )jam adalah 8.2%, purata kadar penyusupan masuk bagi ( $Q_{\text{purata}}$ ) jam adalah 31.3%, dan nilai pekali aliran puncak,  $K$  adalah 1.8, menunjukkan sistem pembetulan di Taman Sri Pulai sesuai digunakan. Kajian ini harus dikembangkan ke kawasan tadahan lain dengan meluas bagi mendapatkan ciri-ciri aliran tempatan untuk aliran masuk dan penyusupan.

**Kata kunci:** Aliran masuk, penyusupan, sistem pembetulan, air bumi, air larian permukaan

**Abstract.** Wastewaters flow very important as a parameter in design and construction the overall sewerage system in order to optimize the usage and maintain the quality of environment. Wastewaters flow generated from domestic sewerage depend on local resident population, additional with inflow including infiltration from surface runoff and groundwater. The objective of this study is to determine inflow and infiltration into sewerage systems. The study was conducted in a typical residential catchment at Taman Sri Pulai, Skudai, Johor, which is a housing and commercial area, with population equivalent less than 2000 PE. The studies included preparation of site information, data collection and data analyses. The collection of flowrate data and flow velocity data whether in dry and wet session are measured using Flowmeter ISCO 4250 and automatic rain gauge. The data obtained from site was compared with the design formula. From the study, the results for factor value of sewerage pipe design,  $F$ , is 1.51, average infiltration rate for ( $Q_{\text{peak}}$ ) hour and ( $Q_{\text{average}}$ ) hour are 8.2% and 31.3% and constant value for peak flow,  $K$ , is 1.8 show that the sewer line in Taman Sri Pulai is effective.

**Keywords:** Inflow, infiltration, sewerage system, groundwater, surface runoff

<sup>1</sup> Fakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia, 81300 Skudai, Johor

<sup>2</sup> Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Johor Bahru, Johor

<sup>3&4</sup> Indah Water Konsortium Sdn. Bhd. 4th Floor, City Square Centre, 182 Jalan Tun Razak, 50400 Kuala Lumpur

## 1.0 PENGENALAN

Dalam pembinaan kawasan perumahan, pusat perniagaan dan industri, sistem pembedungan adalah merupakan antara infrastruktur yang penting. Sistem pembedungan adalah gabungan semua struktur pembedung seperti sambungan paip, peralatan yang berkaitan dengan pemungutan, pengangkutan, pengepaman dan loji rawatan air kumbahan. Biasanya jaringan paip pembedung adalah dari jenis '*vitrified clay*', garispusat paip bersaiz sekurang-kurangnya 225 mm dan panjangnya antara 0.6 m hingga 1.0 m yang menghubungkan antara satu lurang ke lurang yang lain [1].

Aliran masuk dan penyusupan adalah fenomena yang sering berlaku dalam sistem paip pembedung. Penjanaan air kumbahan ke paip pembedung adalah dari air kumbahan domestik ditambah dengan aliran masuk merangkumi penyusupan yang datang dari air larian permukaan dan air bumi. Lebih kritikal lagi apabila hujan lebat berlaku menyebabkan keupayaan sistem pembedungan dan loji rawatan air kumbahan meningkat seterusnya meningkatkan lagi kos keseluruhan operasi.

Piawaian dan angkatak bagi proses mereka bentuk sistem pembedungan di Malaysia diambil dari negara lain terutamanya dari United Kingdom [1,2]. Dari itu, nilai-nilai yang digunakan boleh dipersoalkan dari segi ketepatan dan keberkesannya kerana perbezaan cuaca, struktur geologi, sosio-ekonomi dan kekerapan penggunaan air negara ini dibandingkan dengan negara luar. Untuk menentukan parameter reka bentuk yang lebih sesuai di Malaysia, ciri-ciri aliran tempatan perlu dikaji. Namun aliran dalam pembedungan banyak dipengaruhi oleh aliran masuk dan penyusupan, lebih kritikal lagi sewaktu musim hujan. Dengan ini, kajian perlu dijalankan untuk menentukan aliran tempatan, kuantiti dan menentukan sebab penyusupan berlaku di dalam sistem pembedungan.

Kepentingan kajian ini menjuruskan kepada sistem pembedung domestik. Objektif kajian adalah untuk menentukan corak aliran masuk dan kadar penyusupan dengan mengukur kadaralir dan halaju aliran air kumbahan dalam sistem pembedungan.

Bagi mencapai objektif kajian, beberapa peringkat kerja telah dilakukan. Antaranya kajian geoteknik tanah di tapak kajian, kajian hidrologi, pengukuran lebat hujan dan pengukuran kadaralir dan halaju aliran menggunakan alat *flowmeter*. Keputusan daripada kajian ini kemudiannya dibandingkan dengan Malaysia Standard: Code of Practice For Design and Installation of System, MS 1228:1991 item 3.7 dan Hammer, 2001. Kajian ini telah dijalankan di sebuah kawasan tadahan perumahan di Taman Sri Pulai, Skudai, Johor. Hasil kajian akan menentukan nilai faktor reka bentuk paip pembedung,  $F$ , perbandingan kadar penyusupan masuk dan penyaliran keluar serta penentuan nilai pekali aliran puncak,  $K$  bagi kawasan kajian yang dipilih.

## 2.0 ALIRAN MASUK DAN PENYUSUPAN

Penyusupan boleh ditakrifkan sebagai penyusupan air ke dalam sistem pembedungan. Penyusupan air lebih kepada air bumi yang meresap masuk ke dalam sistem

pembetulan. Lokasi kemasukan air biasanya terletak pada keretakan paip pembetung, kebocoran dalam sambungan paip pembetung dan dinding lurang. Pada amnya, penyusupan banyak bergantung kepada ketinggian aras air bumi. Apabila aras air bumi lebih tinggi daripada kedalaman paip pembetung, penyusupan pasti akan berlaku. Pertambahan aras air bumi akan berlaku apabila hujan turun. Dengan itu, kadar penyusupan akan meningkat dengan ketara pada musim hujan berbanding dengan musim kering.

Aliran masuk boleh didefinisikan sebagai aliran air masuk ke dalam sistem pembetulan secara terus. Apabila hujan turun, sebahagian kecil air larian permukaan akan masuk ke dalam sistem pembetulan. Laluan utama aliran masuk ini adalah dari penutup lurang. Pada umumnya, aliran masuk dapat dibahagikan kepada aliran masuk tetap, aliran masuk langsung dan jumlah aliran masuk. (Metcalf & Eddy, 1991)

Menurut Hammer dan Hammer (2001) bahawa julat kadar aliran puncak setiap jam adalah dari 0.2 atau 20% hingga 2.5 atau 250% daripada purata aliran puncak harian untuk bandar-bandar kecil sementara dari 0.5 atau 50% hingga 2.0 atau 200% untuk bandar-bandar besar. Aliran minimum berlaku pada awal pagi antara 2.00 pagi hingga 4.00 pagi sementara aliran maksimum berlaku pada masa iaitu dari 6.00 pagi hingga 8.00 pagi dan 6.00 petang hingga 8.30 malam. Kuantiti janaan air kumbahan lebih banyak semasa musim panas/kering berbanding dengan musim hujan/basah [4,6].

## 2.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aliran Masuk dan Penyusupan

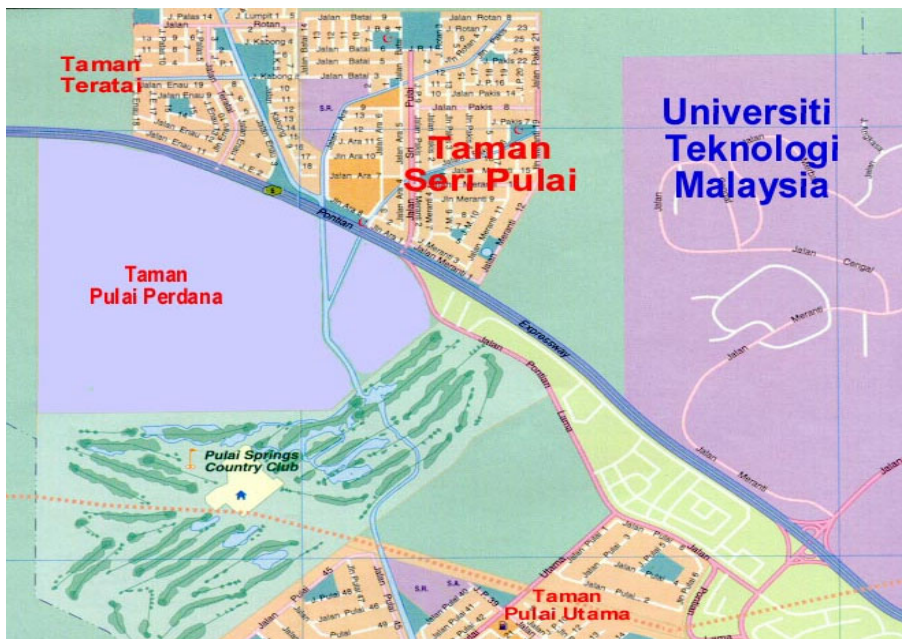
Pelbagai faktor yang mempengaruhi aliran masuk dan penyusupan dalam saluran pembetung. Antaranya adalah struktur reka bentuk paip pembetung yang terdedah seperti garis pusat dan panjang saluran, kekuatan saluran, alas tanah saluran (*bedding*), keadaan paip pembetung yang porous dan retak, cara penyambung paip pembetung yang tidak betul, faktor lebat hujan dan air larian permukaan yang tinggi serta keadaan tanah di mana paras air bumi berbanding paras paip pembetung. [3,7]

## 3.0 METODOLOGI

Taman Sri Pulai yang terletak di Skudai dan berhampiran dengan Universiti Teknologi Malaysia telah dipilih sebagai tapak kajian (Rajah 1). Jenis pembangunan di kawasan ini adalah meliputi perumahan dan komersil dengan populasi penduduk kurang daripada 2000PE (PE = populasi setara) di setiap subkawasan tadahan sistem pembetulan. Daripada sub kawasan ini pula, kajian dilakukan pada beberapa lubang. Pemilihan lubang lurang berdasarkan kepada turutan lurang sehingga lurang yang terakhir yang bersambung dengan loji kumbahan secara berturutan. Tapak ini di pilih berdasarkan wujudnya populasi, jenis tanah dan sosio-ekonomi yang mampu

menggambarkan sampel bagi kawasan perumahan khususnya di Johor dan amnya di Malaysia [3,4,7].

Projek kajian ini dapat dibahagikan kepada tiga aspek iaitu kerja persediaan awal, kerja di tapak dan kerja di makmal. Kerja persediaan awal perlu dilakukan bagi menyusun serta merancang kerja-kerja di tapak yang melibatkan pengumpulan data, semakan data, menyediakan perancangan dan persediaan untuk kerja seterusnya. Kerja di tapak pula melibatkan mencari populasi setara (*population equivalent/PE*), mencari nilai faktor ketelapan tanah, masa perjalanan air (*travel time*), data hujan dan pengukuran kadar alir. Selain itu, kerja-kerja penentuan jenis strata tanah juga dilakukan. Manakala penganalisan pula dilakukan terhadap data-data yang diperolehi untuk mengukur kuantiti aliran masuk dan penyusupan di dalam paip pementung.



**Rajah 1** Pelan lokasi bagi Taman Sri Pulai

### 3.1 Pengukuran Aliran di antara Dua Titik

Rajah 2 menunjukkan sistem paip di tapak ujian. Garisan antara MH54 – MH56 dan MH 11 – MH 13A merupakan paip pementung dan dipilih untuk dijalankan kajian. Dengan membuat pengukuran di antara lurang-lurang terpilih, maka kadar aliran masuk dan penyusupan dapat ditentukan. Kadar penyusupan yang ditentukan itu akan mewakili keseluruhan subtadahan tersebut.

Konsep hidraulik yang digunakan ialah jumlah aliran masuk sama dengan jumlah aliran keluar ( $\Sigma Q_{\text{masuk}} = \Sigma Q_{\text{keluar}}$ ).

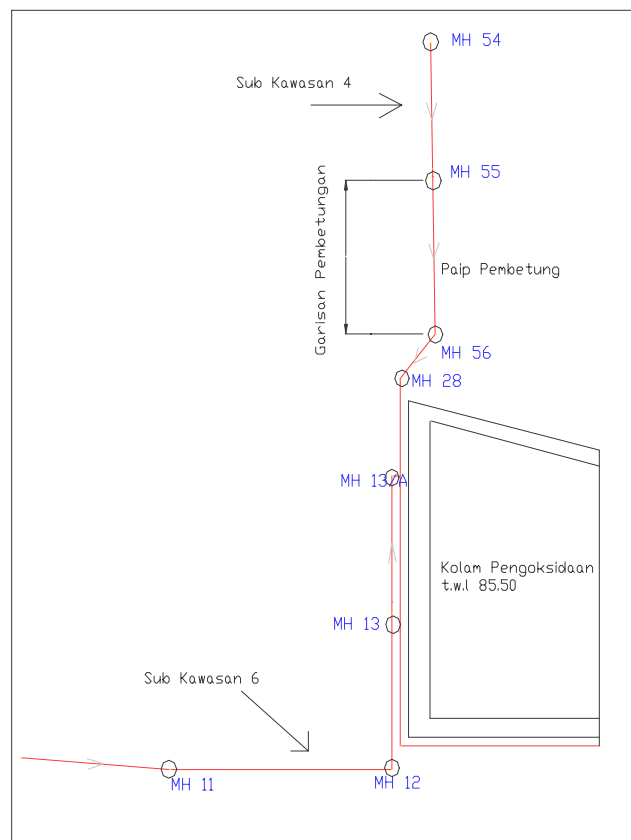
$$Q_2 = Q_1 + Q_{\text{penyusupan}} \quad (1)$$

Atau  $V_2 = V_1 + V_{\text{penyusupan}}$

Di mana

- $Q_1$  = aliran masuk
- $Q_2$  = aliran keluar
- $V_1$  = isipadu aliran masuk
- $V_2$  = isipadu aliran keluar

Kriteria bagi kajian garisan paip pembetung yang dipilih menganggapkan tiada sambungan sisi, tiada cabang di tengah garisan ini, garis pusat paip yang seragam, lurang senang dibuka dan persekitaran yang mengizinkan. Peralatan yang digunakan adalah dua meter aliran (Flow Meter 4250 Area Velocity), satu skrin, satu alat pengukur kedalaman aliran, dua sensor dan dua bar keluli.



**Rajah 2** Pelan pengukuran aliran di antara dua garisan, (MH54 ke MH56) dan garisan (MH 11 ke MH 13A)

#### 4.0 ANALISIS DAN KEPUTUSAN

Jadual-jadual berikut adalah analisis dan keputusan yang diperolehi daripada tapak kajian di Taman Sri Pulai, Skudai.

**Jadual 1** Corak aliran masuk di MH13A dan MH56

Lurang	Tarikh	Aliran Minimum		Aliran Maksimum		Purata Aliran Jam
		Masa	Q (l/s)	Masa	Q (l/s)	
MH13A (PE=1705)  Sub kawasan 6	30/9/00	23:50pg	1.9	12:40tgh	13.6	3.73
	1/10/00	4:20pg	0.8	10:35pg	6.3	3.09
	2/10/00	4:40pg	0.6	6:55pg	7.8	2.86
	3/10/00	4:15pg	0.6	7:20ptg	7	3.13
	4/10/00	5:05pg	0.6	7:25ptg	7.5	3.38
	5/10/00	2:00pg	1.0	6:55pg	8.4	4.17
	6/10/00	3:05pg	1.2	7:20pg	8.4	3.53
	7/10/00	3:40pg	0.8	9:00pg	7.0	3.51
	8/10/00	3:15pg	0.8	7:20ptg	6.4	3.28
	9/10/00	5:00pg	0.6	8:00mlm	7.3	3.38
	10/10/00	4:30pg	0.6	7:00pg	7.7	3.41
	11/10/00	3:45pg	0.5	7:05pg	6.7	3.10
	12/10/00	3:35pg	0.6	6:25pg	6.5	3.13
	13/10/00	4:50pg	0.5	7:20pg	8.0	3.08
	14/10/00	4:05pg	0.5	1:25ptg	6.1	3.21
	15/10/00	4:50pg	0.3	9:20pg	6.3	3.36
	16/10/00	3:50pg	0.5	7:25ptg	7.2	3.12
	17/10/00	1:50pg	0.7	7:25ptg	7.2	3.16
	18/10/00	4:15pg	0.7	5:55ptg	9.8	3.25
19/10/00	4:30pg	0.3	7:30ptg	6.5	2.79	
MH56 (PE=1990)  Sub kawasan 4	22/11/00	3:45pg	1	7:10ptg	7.5	2.05
	23/11/00	5:15pg	2.9	7:10ptg	22.7	5.27
	24/11/00	11:25pg	1.5	7:25ptg	7.6	4.73
	25/11/00	4:20pg	0.7	7:10ptg	8.2	4.27
	26/11/00	1:30pg	2.3	12:00tgh	4.2	2.9
	9/12/00	4:45ptg	4.4	7:30ptg	10	6.21
	10/12/00	3:15pg	2.7	11:00pg	9.8	5.48
	11/12/00	12:55tgh	1.8	1:40ptg	9.3	4.72
	12/12/00	3:00pg	1.5	6:40ptg	9.1	5.46
	13/12/00	3:10pg	2.4	7:50ptg	9.6	5.28
	14/12/00	3:00pg	2.1	7:35ptg	8.1	5.13
	15/12/00	3:45pg	1.5	6:45ptg	7.0	4.1

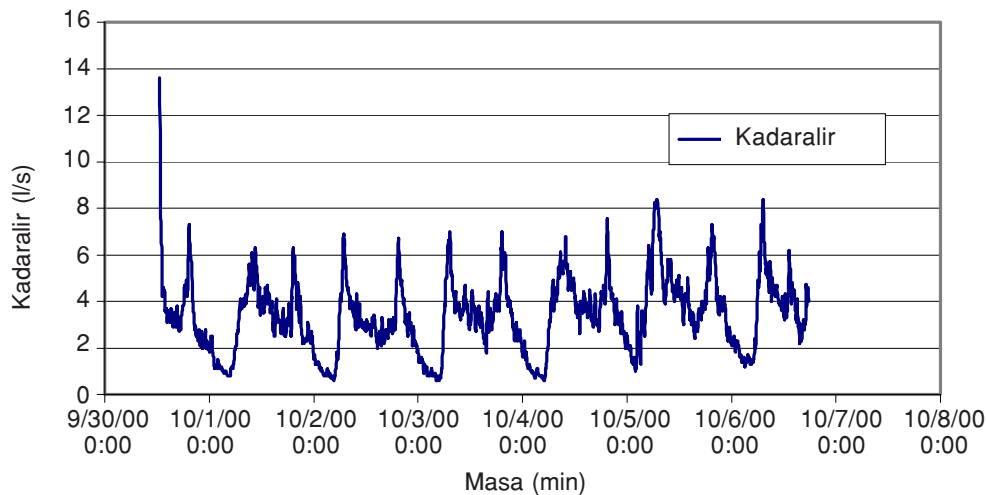
Daripada Jadual 1, corak aliran masuk keseluruhan yang diperolehi menunjukkan bahawa kadar aliran puncak setiap jam adalah lebih tinggi pada masa hari bekerja berbanding hari cuti. Ini adalah kerana pada hari bekerja, penduduk berada di rumah menggunakan air bagi persediaan melakukan aktiviti di luar. Semasa hari bekerja (*weekday*), terdapat dua masa berlakunya aliran puncak iaitu pada lewat petang di antara 6:30 petang hingga 8 malam dan pada awal pagi di antara 6:30 pagi hingga 8:00 pagi. Sementara semasa hari cuti (*weekend*) pula, terdapat juga dua waktu aliran puncak iaitu pada sebelah pagi di antara jam 9:00 pagi hingga 11:00 pagi dan di sebelah petang di antara jam 6:30 petang hingga 8:00 malam. Aliran minimum pula berlaku pada awal pagi antara jam 1:00 pagi hingga 5:00 pagi dengan kadar aliran menghampiri sifar atau sifar. Ini kerana kebanyakan penduduk sedang tidur pada waktu tersebut. Bagi waktu-waktu lain, aliran maksimum berlaku apabila terdapatnya hujan yang lebat yang menyumbang kepada aliran masuk ke dalam paip pembetung.

Berdasarkan Jadual 2, didapati nilai  $F$  untuk reka bentuk paip pembetung adalah 1.51 atau 151%. Nilai  $(Q_{\text{mak}})_{\text{jam}}$  ialah nilai  $Q_{\text{mak}}$  dalam tiap-tiap jam. Nilai ini adalah

**Jadual 2** Reka bentuk terkini paip pembetung untuk Taman Sri Pulau

No Lurang	MH11 – MH13A		MH53 – MH56	
Tarikh	30/9/00- 6/10/00	7/10/00- 19/10/00	22/10/00- 26/10/00	9/12/00- 15/12/00
Jenis Hari	Hari Bekerja (Isnin – Jumaat)			
Aliran Mak. (l/min)	8.4	9.8	22.6	7.2
Aliran Min. (l/min)	0.6	0.5	0.7	1.2
Aliran Purata (l/min)	3.4	3.16	4.08	5.15
Jenis Hari	Hari Cuti (Sabtu, Ahad & Cuti Am)			
Aliran Mak. (l/min)	6.3	7.0	8.2	9.8
Aliran Min. (l/min)	0.8	0.3	2.3	2.7
Aliran Purata (l/min)	3.09	3.38	2.90	5.48
$(Q_{\text{mak}})_{\text{jam}}$ ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )	635	726	1331	734
$(Q_{\text{min}})_{\text{jam}}$ ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )	80	47	129	168
$(Q_{\text{purata}})_{\text{jam}}$ ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )	280	285	302	461
Faktor, $F$ mak.	2.26	2.55	4.41	1.59
Faktor, $F$ min.	0.29	0.16	0.43	0.36
Faktor, $F$ (Purata)	1.28	1.36	2.42	0.98
Nilai faktor, $F$ untuk reka bentuk paip pembetung Taman Sri Pulau	1.51			

dibenarkan jika dibandingkan dengan nilai yang dicadangkan oleh Hammer dan Hammer, 2001 iaitu kadar aliran setiap jam adalah di antara 0.2 – 2.5 atau 20% – 250 % bagi paip pembetung untuk bandar-bandar kecil. Rajah 3 menunjukkan satu contoh graf corak aliran masuk ke dalam paip pembetung di MH53 antara 30/9/00–6/10/00.



**Rajah 3** Graf kadaralir terhadap masa di MH53 pada 30/9/00 – 6/10/00

Daripada Jadual 3, didapati kebanyakan paip pembetung yang dikaji menunjukkan bahawa jumlah penyaliran keluar adalah melebihi daripada penyusupan masuk di dalam paip pembetung iaitu di antara 180 liter/hari/km/mm sehingga 30 785 liter/hari/km/mm diameter. Ini menunjukkan bahawa jumlah penyaliran keluar boleh mencapai sehingga 301 kali lebih tinggi daripada jumlah penyusupan masuk. Semasa musim hujan, penyusupan masuk lebih tinggi kadarnya berbanding penyaliran keluar. Kadar penyusupan masuk ke paip pembetung di antara 40 liter/hari/km/mm pada hari hujan sehingga melebihi 5000 liter/hari/km/mm pada hari kering.

Keputusan daripada Jadual 4 menunjukkan bahawa purata kadar penyusupan masuk bagi ( $Q_{\text{puncak}}$ )jam adalah lebih kurang 8.2% berbanding nilai yang dibenarkan iaitu 3% – 5%(Hammer dan Hammer 2001), manakala kadar penyusupan bagi ( $Q_{\text{purata}}$ )jam adalah sebanyak 31.3% daripada ( $Q_{\text{purata}}$ )jam, di mana nilai yang dibenarkan adalah 10%. Daripada perbandingan kadar penyusupan masuk dengan kadar penyaliran keluar didapati purata nisbah antara keduanya adalah sebanyak 92.5 kali. Ini menunjukkan bahawa kadar penyaliran keluar dari paip pembetung adalah begitu tinggi terutamanya pada masa lebat hujan dengan keamatan yang tinggi.

Rajah 4 menunjukkan satu contoh graf aliran masuk dan penyusupan di MH53-MH56 pada 9/12/2000–15/12/2000. Perbezaan antara dua garisan menunjukkan berlakunya sama ada penyusupan masuk atau penyaliran keluar.

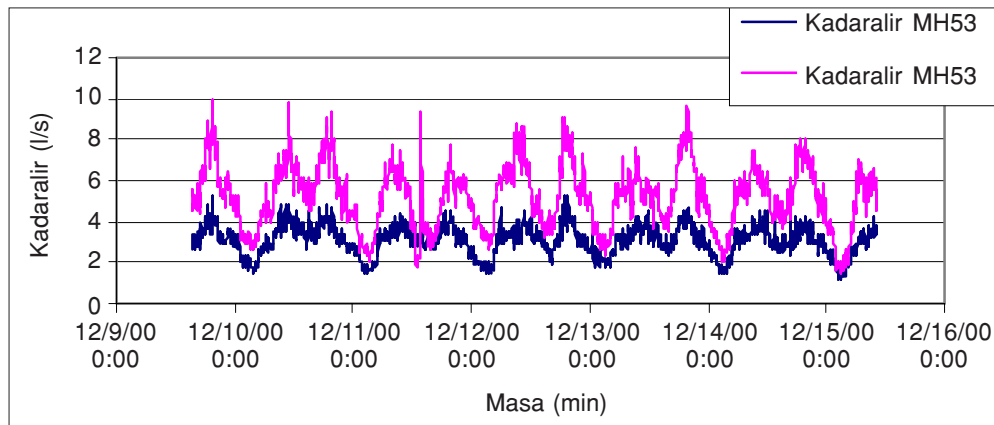


**Jadual 3** Ringkasan nilai aliran masuk dan penyusupan di subkawasan 6 dan 4

Sub Kawasan	Tarikh	Jumlah Isipadu Penyaliran Keluar (Liter)	Jumlah Isipadu Penyusupan Masuk (Liter)	Kadar Penyaliran Keluar Harian (1/hari/km/mm)	Kadar Penyaliran Keluar Lurang (1/hari/km/mm)	Kadar Penyusupan Masuk Harian (1/hari/km/mm)	Kadar Penyusupan Masuk Lurang (1/hari/km/mm)
Kaw. 6 (MH 13A)	30/9/00	39855	4620	106.9	2963.73	12.4	205.36
	1/10/00	48585	25065	130.37		67.26	
	2/10/00	48645	18855	130.53		50.59	
	3/10/00	164700	12510	441.95		33.57	
	4/10/00	133710	6735	358.79		18.07	
	5/10/00	281550	8850	755.50		23.75	
	6/10/00	388920	0	1043.61	0		
	7/10/00	165081	6390	2746.40	30785.36	106.31	1785.623
	8/10/00	170580	10207.03	2837.89		169.81	
	9/10/00	147477	11220	2453.53		186.664	
	10/10/00	154551	4020	2571.23		66.88	
	11/10/00	107100	3075	1781.80		51.158	
	12/10/00	145995	1290	2428.88		21.461	
	13/10/00	213000	1050	3543.62		17.469	
	14/10/00	194835	1500	3241.42		24.955	
	15/10/00	158025	1125	2629.02		18.716	
	16/10/00	148740	960	2474.55		15.97	
	17/10/00	88515	16935	1472.60		281.74	
	18/10/00	77805	14655	1294.42		243.81	
19/10/00	48120	21330	1310.01	580.680			
Kaw. 4 (MH 56)	22/11/00	245325	240	2738.16	14287.03	2.68	373.02
	23/11/00	177570	20100	1981.92		224.34	
	24/11/00	211860	960	8814.30		10.71	
	25/11/00	143760	11295	2364.64		126.02	
	26/11/00	15948.5	840	178.01		9.38	
	9/12/00	84215	0	584.64	7333.36	0	24.37
	10/12/00	199670	0	1386.16		0	
	11/12/00	141435	3435	981.88		23.85	
	12/12/00	207735	0	1442.15		0	
	13/12/00	184680	0	1282.10		0	
	14/12/00	183540	0	1274.19		0	
	15/12/00	58230	75	404.25		0.52	

**Jadual 4** Perbandingan kadar penyusupan masuk dan penyaliran keluar

Tarikh	Lurang	Penyusupan Masuk (%)		Penyusupan keluar = x Penyusupan masuk
		( $Q_{\text{puncak}}$ )jam	( $Q_{\text{purata}}$ )jam	
30/9/00–6/10/00	MH11- MH13A	1.7	4.1	14x
7/10/00–19/10/00		13	39	17x
22/10/00–26/10/00	MH53- MH56	18	82	38x
9/12/00–15/12/00		0.07	0.13	301x
Purata		8.2	31.3	92.5x

**Rajah 4** Graf kadarair terhadap masa di MH53-MH56 pada 9/12/2000–15/12/2000

Kriteria terpenting dalam reka bentuk sistem pembetulan ialah kadarair puncak,  $Q_{\text{puncak}}$  kurang daripada kadarair reka bentuk,  $Q_{r/b}$ . Mengikut MS 1228:1991, persamaan  $Q_{\text{puncak}}$  adalah seperti berikut:

$$Q_{\text{puncak}} = (4.7 \times \{PE/1000\}^{-0.11}) \times 0.225 \times PE \dots\dots \quad (2)$$

PE ialah populasi setara,

0.225 = purata janaan kumbahan setiap orang dalam unit m<sup>3</sup>/hari

4.7 = pekali faktor aliran puncak

Bagi persamaan  $Q_{\text{puncak}}$  bagi Taman Sri Pulai, nilai purata janaan kumbahan dan nilai kadarair maksimum menggunakan nilai yang diperolehi daripada pengukuran aliran. Seterusnya persamaan kadarair puncak bagi Taman Sri Pulai adalah seperti berikut:

$$Q_{\text{puncak}} = (1.8 \times \{PE/1000\}^{-0.11}) \times 0.2 \times PE \dots \quad (3)$$

Daripada Jadual 5, di dapati nilai pekali aliran puncak tertinggi bagi Taman Sri Pulai adalah 2.62 dan ia kurang daripada nilai pekali aliran puncak sebenar iaitu 4.7. Daripada nilai yang diperolehi menunjukkan paip pembetung di sini masih sesuai lagi digunakan bagi menampung aliran puncak samada di musim kering atau musim hujan.

**Jadual 5** Analisis nilai pekali aliran puncak, *K*

Tarikh	Lurang	Janaan kumbahan sebenar (m <sup>3</sup> /hari/org)	Purata Kadar alir Maksima (m <sup>3</sup> /hari)	Nilai pekali <i>K</i>	% Beza MS 1991, 4.7
30/9/00–6/10/00	MH11-MH13A	172	635	2.29	51
6/10/00–19/10/00		172	726	2.62	44
22/10/00–26/10/00	MH53-MH56	217	1331	1.55	67
9/12/00–15/12/00		238	734	0.55	88
Purata Janaan Kumbahan		200	Purata pekali, <i>K</i>		1.8

## 5.0 KESIMPULAN

Kajian ini telah dijalankan di sebuah kawasan tadahan perumahan di Johor. Kajian ini harus dikembangkan ke kawasan tadahan lain dengan meluas bagi mendapatkan ciri-ciri aliran tempatan untuk aliran masuk dan penyusupan. Oleh kerana Taman Sri Pulai telah berusia lebih daripada 10 tahun, kemungkinan untuk paip mengalami kerosakan tetap ada. Didapati nilai purata bagi faktor, *F* iaitu sebanyak 1.51 atau 151%, purata kadar penyusupan masuk bagi ( $Q_{\text{puncak}}$ )jam adalah sebanyak 8.2% manakala nilai purata bagi ( $Q_{\text{puncak}}$ )jam adalah 31.3%. Seterusnya didapati kadar penyaliran keluar adalah 92.5 kali lebih besar daripada kadar penyusupan. Ini menunjukkan kadar penyaliran keluar adalah tinggi terutama sewaktu hujan lebat. Analisis nilai purata pekali aliran puncak adalah 2.62 berbanding dengan nilai piawai 4.7 sementara purata jumlah janaan air kumbahan adalah sebanyak 194 liter/hari/orang menunjukkan bahawa paip pembetung di sini masih boleh menampung aliran puncak sama ada di musim kering atau musim hujan. Secara keseluruhannya, kesimpulan yang boleh dibuat menunjukkan bahawa sistem pembetungan di Taman Sri Pulai masih sesuai digunakan.

## RUJUKAN

- [1] Sewerage Services Department, Ministry of Housing and Local Government. 1997. *Guidelines for Developer-Sewer Network and Pump Station* (volume 3). Malaysia: Sewerage Services Department, Ministry of Housing and Local Government.
- [2] Standards And Industrial Research Institute of Malaysia (SIRIM). 1991. *MS 1228:1991-Code of Practice for Design and Installation of Sewerage Systems*, Malaysia,.
- [3] Norhan, A. R., dan J. Mohd Ali. 2002. "Kajian Aliran Masuk dan Penyusupan dalam Sistem Pembentungan di Taman Sri Pulai". Proceedings of The Research Seminar on Materials and Construction, UTM, Skudai, Johor. 326-336.
- [4] Project 2 (UTM - IWK). 2002. Final Report "Inflow and infiltration In Sewerage Systems." (Laporan - Tidak Di terbitkan). Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. 10.
- [5] Hammer, M. J., and M. J. Hammer. 2001. *Water And Wastewater Technology*. 4th ed. Prentice Hall.
- [6] Mohd Ali J. 2002. "Kajian Aliran Masuk dan Penyusupan di dalam Paip Pembetungan di Taman Sri Pulai, Skudai". UTM, Skudai, Projek Sarjana. 75-91.
- [7] Norhan, A. R., and S. Mohd Yusof. 2001. "Measurement of wastewater flow rate and velocity in residential sewer system using flowmeter at Johor Bahru Area". Proceedings of the Seminar on Construction, Johor Bahru. 368-376.
- [8] Metcalf, and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. New York: McGraw - Hill.