

Penentuan Pekali Kekasaran di Saliran Kampung Parit Bengkok

Mohamad Helmi Firdaus Md Yazid¹ dan Zarina Md Ali^{1*}

¹Faculty of Civil Engineering and Built Environment,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400, MALAYSIA

*Senior Lecturer, Faculty of Civil Engineering and Built Environment, Universiti
Tun Hussein Onn Malaysia

DOI: <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2024.05.01.008>

Received 6 January 2022; Accepted 1 January 2024; Available online 30 June 2024

Abstrak : Kajian ini telah dijalankan di saluran Kampung Parit Bengkok, Parit Raja, Johor. Permasalahan saluran adalah kadar aliran air rendah dan mempunyai permukaan saluran yang tidak seragam. Selain itu, pembuangan sampah yang tidak terkawal serta hakisan dan mendapan daripada aktiviti pertanian yang mengakibatkan perubahan halaju air. Objektif kajian ini ialah untuk mengukur ciri dan profil saluran tersebut serta menganalisis pekali kekasaran di sepanjang saluran. Parameter asas dalam pengukuran ini diperlukan seperti halaju, lebar dan kedalaman saluran. Kajian ini menggunakan persamaan Manning bagi mendapatkan nilai pekali kekasaran. Hasil menunjukkan nilai pekali kekasaran adalah di antara 0.0373 hingga 0.1369. Sementara itu, nombor Froude yang diperoleh adalah di antara 0.0708 hingga 0.1964. Aliran air diklasifikasikan sebagai aliran subkritikal. Selain itu, nombor Reynolds pula di antara 4932.0 hingga 30010.5. Berdasarkan nilai purata, stesen 1, 2, 3 dan 5 berada dalam aliran turbulen manakala stesen 4 berada dalam aliran peralihan.

Kata kunci: Pekali kekasaran, Persamaan Manning, Parit Bengkok

Abstract: This study was conducted at Kampung Parit Bengkok drainage, which is located in Parit Raja, Johor. The problems of drainage are having low flow rate and non-uniform cross-section. Besides, un-controlled waste disposal, erosion and sedimentation from agricultural activities influenced the changes of flow. The objectives of this study were to measure the characteristics and profile of the drainage and estimate the roughness coefficient, n of the drainage. Measured parameters for this study are velocity, width and depth of drainage. This study used the Manning equation to obtain the value of the roughness coefficient. Result shows that the value of roughness coefficient is between 0.0373 and 0.1369. Meanwhile, Froude numbers obtained was ranging from 0.0708 to 0.1964 whereas flow rate is classified as subcritical flow. Besides, Reynolds numbers was range from 4932.0 to 30010.5 where classified stations 1, 2, 3 and 5 are in turbulent flow, meanwhile station 4 is in transition flow.

Keywords: Roughness Coefficient, Manning Equation, Parit Bengkok

1. Pengenalan

Saliran semula jadi mempunyai ciri-ciri dan karakter yang tersendiri di mana sifatnya yang sentiasa berubah. Pengaliran air di permukaan bumi berskala kecil disebut sebagai anak sungai dan ini juga dikategorikan sebagai saliran. Semua saliran di dunia mempunyai titik permulaan aliran di mana air mula bergerak dari kawasan tinggi ke kawasan rendah. Selain itu, saliran digunakan sebagai tempat pengumpulan air hujan ketika musim tengkujuh. Jika tidak, berkemungkinan banjir akan berlaku. Oleh yang demikian, perubahan terhadap saliran ini boleh memberikan kesan sama ada baik atau buruk kepada masyarakat setempat. Pihak berkuasa perlu memantau saliran ini secara sistematik. Antara kaedah yang boleh diterapkan ialah penentuan pekali kekasaran bagi saliran. Pekali kekasaran adalah parameter yang boleh memberi gambaran awal dalam mengawal masalah banjir, reka bentuk saliran dan perparitan.

Pekali kekasaran ini sangat diperlukan dan boleh digunakan untuk pelbagai aplikasi dalam sistem sumber air. Persamaan Manning antara kaedah yang banyak digunakan dalam analisis aliran pada saliran terbuka. Persamaan ini digunakan untuk menghitung kedalaman aliran seragam. Secara umum, persamaan ini juga digunakan untuk menghitung geseran saliran dan profil aliran saliran terbuka di sepanjang saliran.

Kampung Parit Bengkok ialah salah satu kawasan yang terletak di Parit Raja, Batu Pahat, Johor. Ia juga merupakan kawasan tempat tinggal penduduk yang mempunyai kawasan perumahan dan kedai-kedai. Lokasi kajian ini berdekatan dengan kawasan pertanian kelapa sawit dan pembinaan rumah berskala kecil. Permasalahannya ialah kadar aliran air di sepanjang saliran ini sangat kurang dan perlahan serta mempunyai permukaan saliran yang tidak seragam. Hal ini disebabkan pembuangan sampah yang tidak terkawal serta hakisan dan mendapan daripada aktiviti pertanian yang mengakibatkan perubahan halaju air. Objektif kajian ini adalah untuk mengukur ciri dan profil saliran serta untuk menganalisis pekali kekasaran di sepanjang saliran. Oleh itu, nilai pekali kekasaran ini amat diperlukan dalam reka bentuk pembangunan yang berkait rapat dalam bidang saliran seperti pembinaan jambatan dan saliran pengumpul ke kawasan tadahan. Hal ini kerana daripada nilai pekali kekasaran yang telah dianalisis, akan menunjukkan kawasan itu berada dalam kriteria baik atau tidak. Justeru, pekali kekasaran Manning ini boleh digunakan untuk keperluan projek-projek di masa akan datang.

2. Kajian Literatur

2.1 Saliran

Sistem saliran terbuka juga dikenali sebagai sistem perparitan semula jadi iaitu terdiri daripada saliran atau parit yang mengalirkan air sisa. Sistem ini sering tidak digariskan, tetapi lebih baik jika dipenuhi dengan konkrit, bata atau mortar. Menurut artikel, kelebihan sistem saliran selain daripada air kumbahan, sistem saliran terbuka juga berfungsi sebagai landasan air hujan dan harus direka untuk menampung aliran yang berat. Kebiasaannya, sistem ini mengalirkan sisa kumbahan tetapi ianya adalah tidak sesuai. Sistem saliran terbuka ini sering digunakan dalam bidang pertanian seperti di kawasan ladang berbanding di kawasan bandar [1].

2.2 Geometri Saliran

Saliran berbentuk poligon adalah saluran yang mempunyai luas keratan rentas yang seragam. Saliran bentuk poligon kebiasaannya merupakan saluran yang berbentuk segi tiga, segi empat tepat, trapezoid dan bulat. Saliran selain daripada bentuk poligon adalah saluran yang mempunyai luas keratan rentas yang tidak seragam seperti saluran semula jadi [2].

2.3 Pekali Kekasaran

Pekali kekasaran hidraulik telah diperoleh daripada data plot larian air permukaan yang mulanya dikumpulkan untuk kajian hakisan. Data-data ini dikumpulkan dari permukaan pertanian dan semula jadi yang berbeza dengan menerapkan kadar hujan berterusan dari simulator hujan. Pekali kekasaran yang diterbitkan sebenarnya adalah pekali kekasaran yang berkesan di mana ia merangkumi pelbagai kesan kepada nilai pekali tersebut. Antara kesan yang terlibat adalah hentakan air hujan, penyaluran aliran, terdapat rintangan seperti sampah, batuan dan geseran pada permukaan [3]. Jadual 1 di bawah menunjukkan pekali kekasaran Manning berdasarkan jenis permukaan.

Jadual 1: Nilai Pekali Kekasaran berdasarkan Jenis Permukaan [4]

Permukaan	Nilai Pekali Kekasaran
Kertas pasir (1200)	0.008 – 0.010
Kertas pasir (800)	0.011 – 0.013
Rumput tiruan	0.020 – 0.023

Pembinaan struktur bagi kawalan tebing sungai adalah alternatif yang dapat mengurangkan hakisan tebing sungai. Kajiannya di Sungai Lendu berjaya dikawal daripada hakisan melalui alternatif ini oleh Jabatan Pengairan dan Saliran. Fokus utama ialah pekali kekasaran kerana nilai ini dapat menentukan ciri hidraulik dan profil bagi saluran. Persamaan Manning digunakan bagi mendapatkan nilai pekali kekasaran ini. Antara parameter yang diperlukan adalah halaju dan luas keratan rentas saluran tersebut. [5]

2.4 Persamaan Manning

Persamaan Manning adalah persamaan empirik yang menerangkan hubungan antara halaju dalam saluran dan geometri saluran, cerun dan pekali geseran dinyatakan sebagai Manning. Ini bermaksud persamaan Manning menerangkan tentang keseimbangan tenaga antara graviti dan geseran dalam saluran. Persamaan empirik ini tidak didasarkan kepada prinsip pertama dalam teori sains dan fizik. Hal ini melainkan ianya berasal daripada lengkung yang sesuai dengan data yang telah diperhatikan. Persamaan tersebut digunakan dalam bidang kejuruteraan yang menumpukan bidang air dan persekitaran. Persamaan Manning ini telah diwujudkan oleh Robert Manning pada akhir abad ke 19 [6].

$$n = \frac{1}{Q} AR^{\frac{2}{3}} S_0^{\frac{1}{2}} \quad (Eq. 1)$$

n = Pekali kekasaran Manning

Q = Kadar alir (m³/s)

A = Luas (m²)

R = Jejari hidraulik (m)

S₀ = Sudut cerun

Dalam menerapkan formula Manning, kesukaran terbesar terletak pada penentuan pekali kekasaran. Anggaran rintangan aliran di saluran terbuka sangat penting kerana ia memberi kesan yang signifikan terhadap penyaluran saluran.

3. Metodologi

Pengukuran di lapangan adalah kaedah bagi kajian ini di mana pengumpulan data boleh dibuat. Parameter yang diukur di lapangan ialah halaju, kedalaman dan lebar saluran. Lokasi kajian ini iaitu Parit Bengkok adalah berdekatan dengan kawasan pertanian kelapa sawit dan pembinaan rumah berskala kecil. Saliran ini mempunyai pengagihan halaju yang tidak seragam mengikut pada kedalamannya. Perbezaan halaju ini disebabkan oleh rintangan pada sisi dan dasar saluran. Pelbagai faktor seperti cerun saluran, penjajaran saluran, bentuk saluran dan kekasaran yang memainkan peranan penting dalam pengagihan halaju [7].

Saliran ini dibahagikan kepada 5 stesen untuk mengukur parameter yang diperlukan. Panjang saluran yang terlibat untuk pengukuran ini ialah 186.52 m. Peralatan yang digunakan untuk pengukuran ialah alat meter arus, staf dan pita ukur. Persamaan Manning banyak digunakan dalam analisis aliran pada saluran terbuka. Persamaan ini digunakan untuk menghitung kedalaman aliran seragam. Secara umum, persamaan ini juga digunakan untuk menghitung geseran saluran dan profil aliran saluran terbuka di sepanjang saluran [3]. Bagi pengukuran kadar alir, kaedah purata seksyen telah digunakan. Dalam kaedah yang lebih lama ini, pelepasan dikira mengikut subseksyen antara keadaan menegak dengan pemerhatian secara berturut-turut. Purata halaju dan kedalaman pada keadaan menegak secara berturut-turut diukur pada setiap subseksyen dari satu sudut menegak ke sudut menegak yang lainnya [8]. Dalam mendapatkan nilai pekali kekasaran, hasil daripada cerapan data akan diplot menggunakan perisian *Microsoft Excel*.

4. Hasil dan Analisis Data

Pengukuran ini telah dilakukan sebanyak lima kali di lima stesen yang telah ditetapkan dan mengambil masa selama empat minggu dari 28 November sehingga 19 Disember 2021. Nilai pekali Manning, n telah dikira menggunakan persamaan Manning berdasarkan data pengukuran di lapangan dan kiraan seperti kadar alir, perimeter basah, jejari hidraulik dan sudut cerun saluran.

4.1 Ciri aliran

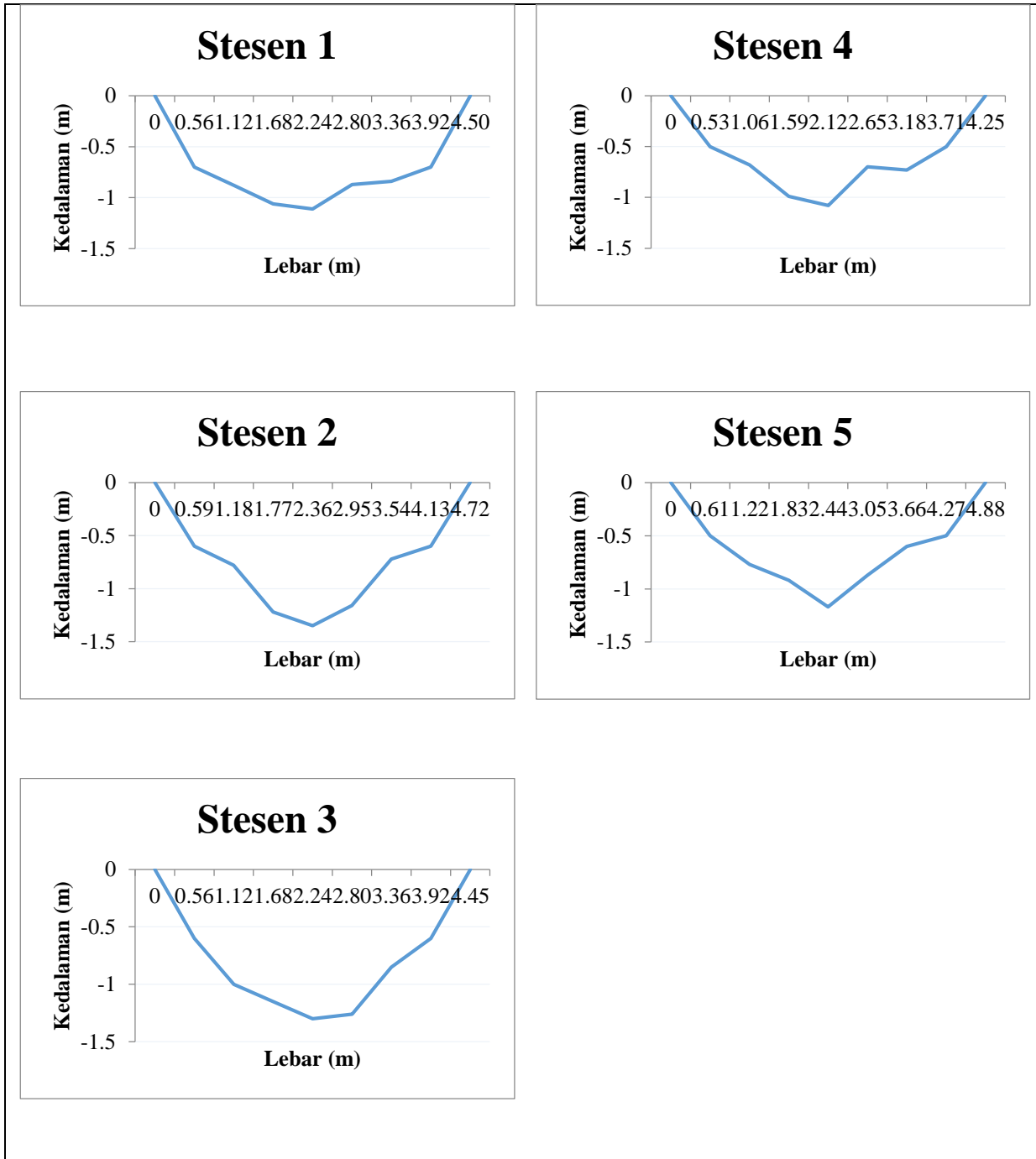
Jadual 2 di bawah menunjukkan nilai purata bagi setiap stesen. Nilai purata bagi luas keratan rentas dan lebar basah menunjukkan peningkatan dari stesen 1 hingga 3, kemudian menurun pada stesen 4 dan menaik semula pada stesen 5. Berbanding dengan perimeter basah, nilai menunjukkan kesamaan pada stesen 1 dan 2, kemudian menaik pada stesen 3, menurun pada stesen 4 dan menaik semula pada stesen 5. Begitu juga nilai jejari dan kedalaman hidraulik iaitu menunjukkan peningkatan dari stesen 1 hingga 3, kemudian menurun pada stesen 4 dan menaik semula pada stesen 5.

Jadual 2: Nilai Purata Ciri Aliran

Stesen	Luas Keratan Rentas, A (m ²)	Lebar Basah, T (m)	Perimeter Basah, P (m)	Jejari Hidraulik, R (m)	Kedalaman Hidraulik, D (m)
1	0.4932	3.248	7.758	0.0631	0.1505

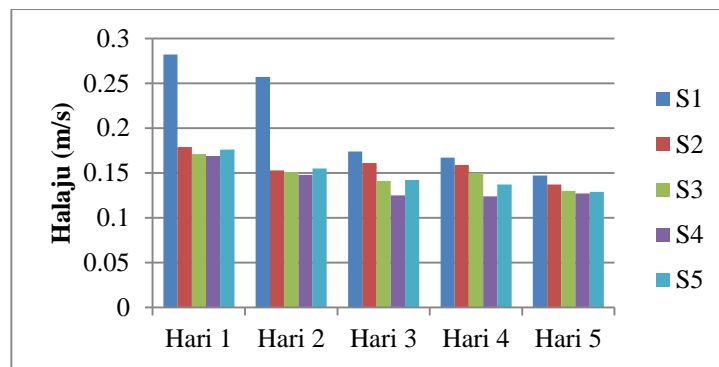
2	0.7576	2.832	7.758	0.0936	0.2490
3	1.1428	3.248	7.974	0.1422	0.3475
4	0.5556	2.544	7.012	0.0766	0.2128
5	0.7000	3.050	8.122	0.0834	0.2155

Rajah 1: Profil Saliran Setiap Stesen



Rajah 1 di atas menunjukkan profil saliran di stesen yang telah ditentukan ketika pengukuran di saluran Parit Bengkok.

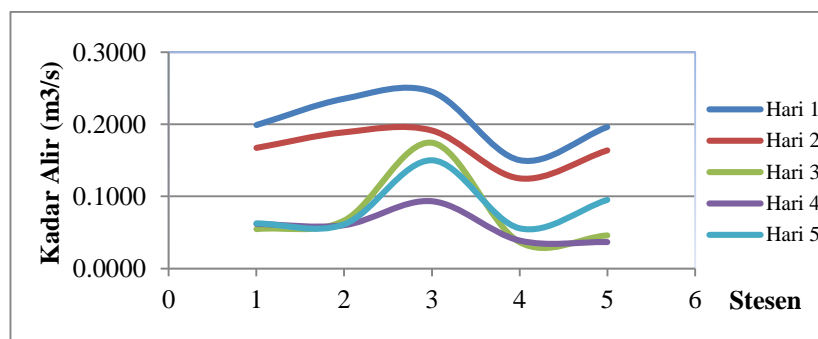
4.2 Halaju



Rajah 2: Halaju Setiap Stesen

Berdasarkan Rajah 2 di atas, menunjukkan data halaju menurun dari stesen 1 hingga stesen 4 dan menaik semula pada stesen 5 sepanjang lima hari pengukuran. Halaju pada stesen 4 adalah paling rendah pada setiap hari pengukuran kerana di stesen itu terdapat tumbuhan air yang mengganggu pergerakan air dalam saluran tersebut. Justifikasinya stesen 1 merupakan hulu saluran, manakala stesen 5 pula ialah hilir saluran. Nilai halaju bagi stesen 1 pada hari pertama dan kedua adalah tinggi disebabkan oleh aktiviti penggunaan air semasa projek pembinaan sebuah rumah dilakukan di kawasan sekitar stesen itu. Hari 3, 4 dan 5 pula, halaju pada stesen 1 menurun disebabkan tiada sebarang aktiviti pada kawasan pembinaan rumah sewaktu pengukuran dijalankan. Cuaca pada setiap hari pengukuran adalah baik kerana bentuk graf yang terhasil dari kajian ini menunjukkan tiada peningkatan mendadak pada halaju pada hari berikutnya. Nilai halaju pada hari ketiga hingga kelima di setiap stesen menunjukkan perbezaan yang kecil kerana tiada gangguan yang menghalang aliran.

4.3 Kadar Alir



Rajah 3: Graf Kadar Alir Setiap Stesen

Berdasarkan Rajah 3, nilai kadar alir bagi setiap stesen adalah tidak konsisten dan sentiasa berubah. Hal ini disebabkan saluran ini menampung kuantiti air yang berlainan pada setiap hari. Stesen 3 mencapai kadar alir yang maksimum disebabkan luas yang besar. Menurut graf tersebut, stesen 4 adalah stesen yang mempunyai nilai kadar alir paling rendah disebabkan halangan yang terdapat dalam saluran sama ada sampah atau tumbuhan air. Hari ke 4, nilai kadar alir berada dalam julat yang rendah dari stesen 1 hingga 5. Hari ke 3 dan 5 pula menunjukkan corak graf yang hampir sama. Hari 1 pula menunjukkan corak yang hampir sama dengan hari kedua.

4.4 Pekali Kekasaran

Berdasarkan pada kajian ini, saluran di Parit Bokok menunjukkan profil yang berbeza mengikut parameter luas keratan rentas dan halaju. Nilai pekali kekasaran yang paling tinggi ialah 0.1369 iaitu

pengiraan daripada hari ketiga di stesen 4. Nilai terendah pula ialah 0.0373 iaitu pada hari 1 di stesen 1. Jadual 3 di bawah menunjukkan nilai pekali kekasaran berdasarkan persamaan Manning.

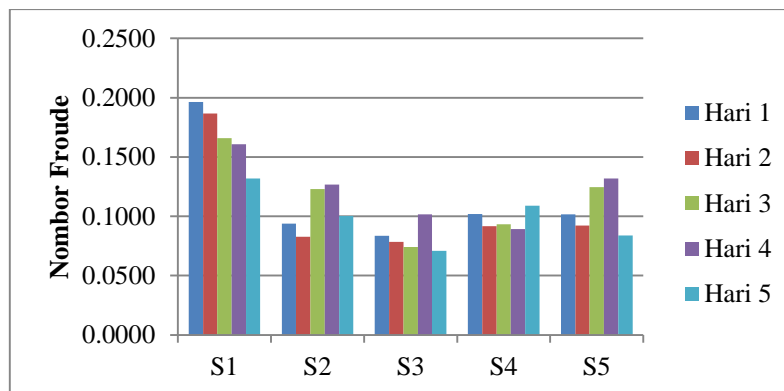
Jadual 3: Nilai Pekali Kekasaran berdasarkan Persamaan Manning

Stesen	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5
1	0.0373	0.0421	0.0835	0.0815	0.0850
2	0.0453	0.0543	0.0838	0.0875	0.0958
3	0.0478	0.0567	0.0612	0.0769	0.0681
4	0.0589	0.0685	0.1369	0.1347	0.0997
5	0.0481	0.0557	0.1007	0.1112	0.0794

Merujuk Jadual 3, adalah nilai pekali kekasaran yang telah dianalisis daripada pemerhatian. Julat nilai pekali kekasaran sepanjang pengukuran dilaksanakan ialah antara 0.0373 hingga 0.1369. Nilai pekali kekasaran pada setiap stesen adalah berbeza disebabkan perubahan pada halaju dan luas di stesen pengukuran. Hari 1 dan 2, nilai pekali kekasaran menunjukkan kenaikan dari stesen 1 hingga 4 dan menurun di stesen 5. Pada hari berikutnya pula, nilai pekali kekasaran adalah tidak seragam di mana ia menaik dari stesen 1 ke stesen 2, kemudian menurun dari stesen 2 ke stesen 3, menaik semula dari stesen 3 ke stesen 4 dan menurun dari stesen 4 ke stesen 5. Hal ini disebabkan kuantiti air di stesen tertentu adalah berkurang dan juga menyebabkan kurangnya luas keratan rentas di saluran. Nilai pekali kekasaran adalah dipengaruhi oleh luas keratan rentas dan halaju.

4.5 Nombor Froude

Nombor Froude adalah penentuan pergerakan air di saluran ini antara superkritikal, kritikal atau subkritikal. Bagi mendapatkan nombor Froude ini, parameter yang diperlukan adalah halaju air, kedalaman hidraulik dan nilai graviti.

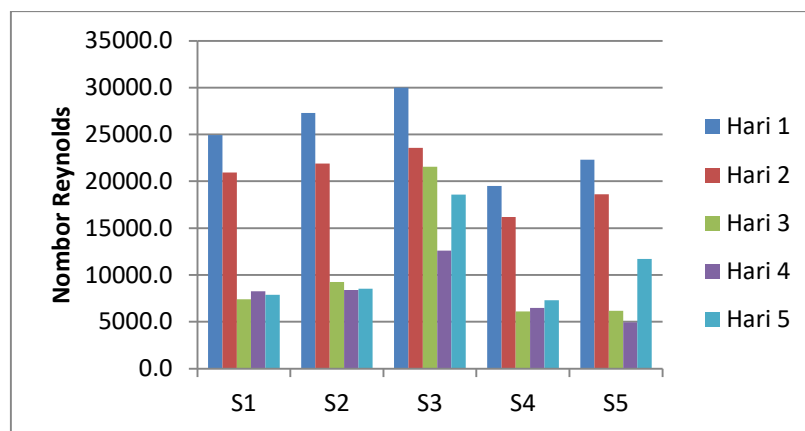


Rajah 4: Graf Hubungan Nombor Froude dan Stesen pada Hari Pengukuran

Rajah 4 di atas menunjukkan hubungan antara nombor Froude di setiap stesen. Berdasarkan jadual dan rajah di atas, nilai julat bagi nombor Froude adalah di antara 0.0708 hingga 0.1964. Nilai halaju dan kedalaman hidraulik memberi kesan kepada nombor Froude pada stesen tertentu dan menyebabkan ketidakseragaman nilai tersebut. Nombor Froude di stesen 1 berada di tahap tertinggi dalam kajian ini kerana dipengaruhi oleh halaju semasa pengukuran. Keseluruhan nilai bagi nombor Froude dalam kajian ini menunjukkan kurang daripada 1, jadi saluran ini boleh diklasifikasikan sebagai aliran subkritikal pada setiap stesen.

4.6 Nombor Reynolds

Nombor Reynolds adalah penentuan pergerakan air di saluran ini antara laminar, peralihan atau turbulen. Bagi mendapatkan nombor Reynolds ini, parameter yang diperlukan adalah halaju air, jejari hidraulik dan nilai kelikatan air iaitu $0.000001\text{m}^2/\text{s}$.



Rajah 5: Graf Hubungan Nombor Reynolds dan Stesen pada Hari Pengukuran

Rajah 5 di atas menunjukkan hubungan antara nombor Reynolds di setiap stesen. Berdasarkan jadual dan rajah di atas, nilai julat bagi nombor Reynolds adalah di antara 4932.0 hingga 30010.5. Terdapat beberapa stesen dan hari tertentu menunjukkan nilai yang tidak seragam. Daripada keseluruhan nilai, aliran di saluran ini menunjukkan klasifikasi aliran peralihan dan turbulen. Hal ini disebabkan nombor Reynolds dipengaruhi oleh nilai halaju dan jejari hidraulik. Pada hari ketiga hingga kelima bagi stesen 1, stesen 2, stesen 4 dan stesen 5 menunjukkan aliran pada ketika itu adalah aliran peralihan. Stesen 3 mempunyai aliran turbulen pada setiap hari kerana nilainya melebihi 12500. Nilai purata nombor Reynolds bagi stesen 1 hingga stesen 5 adalah 13879.66, 15069.68, 21255.08, 11107.48 dan 12744.96 masing-masing. Berdasarkan nilai ini, stesen 4 sahaja berada dalam aliran

5. Kesimpulan

Pengukuran di lapangan saluran telah dijalankan selama lima hari di lima stesen sepanjang 186.52 m. Hasil keputusan menunjukkan julat luas keratan rentas saluran adalah diantara 2.748 m² hingga 3.794 m². Manakala julat halaju yang diperoleh pula adalah antara 0.125 m/s hingga 0.282 m/s dan julat kadar alir adalah antara 0.0365 m³/s hingga 0.2452 m³/s.

Nilai pekali kekasaran, n yang diperoleh adalah di antara 0.0373 hingga 0.1369. Saliran ini diklasifikasikan sebagai bersih, berlaku – liku, beberapa lopak dan beting pasir, rumput dan banyak batu [9]. Saliran ini diklasifikasi sebagai jenis permukaan yang mempunyai tumbuh – tumbuhan [10]. Selain itu, julat nombor Froude yang diperoleh adalah di antara 0.0708 hingga 0.1964 di mana aliran air diklasifikasikan sebagai aliran subkritikal kerana nilainya adalah kurang daripada 1. Bagi nombor Reynolds pula, julat purata yang diperoleh adalah di antara 11107.48 hingga 21255.08 di mana aliran di stesen 4 diklasifikasi di bawah aliran peralihan, manakala stesen 1, stesen 2, stesen 3 dan stesen 5 diklasifikasi di bawah aliran turbulen.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan ini.

Rujukan

- [1] Careerie Internet Magazines, “Kelebihan Sistem Saliran Terbuka – Kerjaya Laluan – 2021” Careerie., 2021. [Online]. <https://ms.careerie.com/95928-list-7636450-advantages-open-drainage-system.html>[Accessed May 08, 2021].
- [2] K. Subramanya, “Type of channel” In: K Subramanya. Flow in Open Channel 2nd Edition. New Delhi: Tata McGraw-Hill Companies Ltd. 1-3. 1997.
- [3] E. T. Engman, “Roughness coefficients for routing surface runoff” Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 112(1), 39-53. 1986.
- [4] Carrillo, G. Mauricio, Guerrero, M. Irving, P. Hernandez, J. Victor, Arteaga, E. Ramon, Eds., “Roughness Manning Coefficient Variation in Irrigation Open Channels by Changing Width and Roughness Surface in the Armfield C4MKII Equipment” Journal of 2015 ASABE Annual International Meeting. Paper Number 152188867. 2015.
- [5] M. E. Toriman dan H. Che’ Lah, Eds., “Ciri Hidrologi dan Hakisan Tebing Sungai di Sungai Lendu, Alor Gajah, Melaka” Universiti Kebangsaan Malaysia. 2007
- [6] R. Czachorski, “Manning Equation – The Details Behind this Highly Versatile Formula” H2ometrics., 2019. [Online]. <https://h2ometrics.com/manning-equation/#:~:text=on%20this%20below,-,The%20Manning%20n,friction%20have%20a%20lower%20value.> [Accessed May 10, 2021].
- [7] S. Anupoju, “Factors Affecting Velocity Distribution in Open Channels” The Constructor. 2018. [Online]. <https://theconstructor.org/water-resources/velocity-distribution-open-channels/5884/> [Accessed May 18, 2021].
- [8] Stage Discharge Relationship. “Discharge Measurement” SDR. 2000. [Online]. <https://kacv.net/brad/nws/lesson5.html> [Accessed May 18, 2021].
- [9] V. T. Chow, “Development of Uniform Flow” In: Ven Te Chow. Open-Channel Hydraulic. New York: McGraw-Hill Book Company. pp. 728. 1959.
- [10] P. Y. Julien, A. Ab. Ghani, N. A. Zakaria, R. Abdullah dan C. K. Chang, Eds., “Flood Mitigation of the Muda River, Malaysia”. Journal of Hydraulic Engineering. 136 (4): pp. 251-261. 2010.