

Studi Penentuan Jenis Aliran Sungai Pute Kawasan Karst Rammang-Rammang Kabupaten Maros

Pariabti Palloan¹⁾, Nasrul Ihsan²⁾ dan Vistarani Arini Tiwow³⁾

^{1,2,3)} KBK Fisika Bumi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar
(Kampus UNM Parangtambung Jl. Daeng Tata Raya)

email : ¹⁾ pariabty.p@gmail.com ; ²⁾ n.ihsan@unm.ac.id ; ³⁾ vista.arini@yahoo.com

Abstrak

Studi penentuan jenis aliran sungai Pute kawasan karst Rammang-Rammang kabupaten Maros telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kecepatan aliran rata-rata dan pola aliran sungai Pute. Metode penelitian berupa pengukuran secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur arus (current meter) untuk pengukuran kecepatan aliran sungai. Titik pengukuran yaitu di dermaga 1 dan dermaga 2 sungai Pute. Pola aliran sungai Pute ditentukan berdasarkan analisis bilangan Reynold dan bilangan Froude. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai Pute di dermaga 1 berbentuk parabolik yaitu kecepatan aliran maksimum pada tengah sungai dan minimum pada tepi sungai. Sedangkan di dermaga 2 kecepatan aliran rata-rata maksimum pada bagian tepi luar sungai diakibatkan oleh bentuk sungai yang berbelok (*meander*). Pola aliran sungai Pute adalah aliran turbulen ($Re > 12500$) dan aliran subkritis ($Fr < 1$).

Kata kunci : karst Rammang-Rammang, kecepatan rata-rata, current meter, aliran turbulen, aliran subkritis

Abstract

Study on determination of the river flow Pute karst region Rammang Rammang district Maros has been done. This study aims to analyze the average flow velocity and river flow patterns Pute. Research methods in the form of direct measurements in the field using current meter to measure the flow velocity of the river. The measurement points is the pier 1 and pier 2 Pute river. The river flow pattern Pute is determined based on the analysis of the Reynolds number and Froude number. The results showed that the average flow velocity in the river Pute parabolic-shaped pier 1 is the maximum flow velocity in the middle of the river and the minimum on the riverside. While in the pier 2 the average flow velocity maximum at the outer edge of the river caused by the shape of the river turn (meanders). The river flow pattern Pute is turbulent flow ($Re > 12500$) and subcritical flow ($Fr < 1$).

Keywords : Rammang-Rammang karst, average velocity, current meter, turbulent flow, subcritical flow

1. PENDAHULUAN

Karst Maros-Pangkep di Sulawesi Selatan merupakan salah satu kawasan karst yang mempunyai bentang alam yang unik dan khas yang biasa disebut tower karst. Di kawasan itu, bukit-bukit kapur menjulang tinggi dengan tebing yang menantang [4]. Karst dikenal sebagai suatu kawasan yang unik dan dicirikan oleh topografi eksokarst seperti lembah karst, doline, uvala, polje, karren, kerucut karst dan berkembangnya sistem drainase bawah permukaan yang jauh lebih dominan dibandingkan dengan sistem aliran permukaannya [6].

Kawasan karst Maros-Pangkep mempunyai tata air yang kondusif, baik yang berada di gua maupun yang muncul sebagai sungai permukaan, contohnya sungai Bantimurung [12]. Penelitian untuk beberapa lintasan di Kawasan Karst-Maros,

memperlihatkan bahwa lapisan air tanah pada kedalaman 0,75-5,0 m (soil water/aquifer tak tertekan). Sedangkan potensi akifer terbesar terdapat pada kedalaman 12-15,7 m (ground water/aquifer tertekan), karena diapit oleh lapisan batuan keras dan terakumulasi merata di lapisan batuanya. [11]. Potensi sumber daya air menjadi hal penting yang berpengaruh terhadap kondisi aliran, khususnya sungai [14].

Sungai merupakan aliran air permukaan yang mengalir ke tempat yang lebih rendah, jumlahnya bergantung pada tinggi muka air, luas daerah tangkapan, perkolasi, infiltrasi, dan besarnya curah hujan [18]. Fungsi sungai selain untuk menampung curah hujan, mengalirkan air dari hulu ke hilir dan akhirnya ke laut. Salah satu karakteristik aliran sungai adalah debit air yaitu volume aliran yang mengalir pada suatu penampang per satuan

waktu [17]. Peningkatan debit air pada sungai dapat menyebabkan terjadinya gerusan di dasar sungai dan sisi sungai terutama di daerah penyempitan penampang sungai, misalnya jembatan [9, 19].

Debit air di sungai bergantung pada besarnya kecepatan yang dapat diketahui dengan melakukan pengukuran di lapangan. Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan baik dengan metode pelampung (*floating method*) [7] maupun alat ukur arus (*current meter*). Metode pelampung untuk mengukur kecepatan aliran permukaan sungai. Sedangkan dengan *current meter* bisa digunakan sampai pada kedalaman sungai tertentu.

Selain sungai Bantimurung, ada juga sungai Pute yang terletak di kawasan karst Rammang-Rammang di dusun Rammang-Rammang, desa Salenrang, kecamatan Bontoa, kabupaten Maros yang merupakan bagian dari bentangan karst Maros-Pangkep. Sungai Pute hulunya digunakan sebagai tempat wisata, pengairan utama persawahan dan mata pencaharian penduduk di sekitarnya. Begitu pentingnya sungai Pute bagi penduduk di sekitarnya, sehingga dilakukan penelitian penentuan jenis aliran air berdasarkan besarnya kecepatan aliran sungai. Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan dengan alat *current meter*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kecepatan aliran rata-rata dan pola aliran sungai Pute.

2. KAJIAN LITERATUR

A. Aliran Sungai

Aliran disebut seragam (*uniform flow*) apabila tidak ada perubahan besar dan arah dari kecepatan dari satu titik ke titik yang lain di sepanjang aliran. Sedangkan aliran tak seragam (*non uniform flow*) terjadi jika semua variable aliran berubah dengan jarak. Contohnya adalah aliran di sungai [5].

Aliran laminar terjadi apabila butir-butir air seolah-olah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Sedangkan aliran turbulen terjadi bila butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tak teratur maupun tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap menunjukkan gerak maju dalam aliran secara keseluruhan.

Aliran laminar dan turbulen dapat diidentifikasi berdasarkan bilangan

Reynold (Re), yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{v d}{\nu} \quad (1)$$

dengan ρ = kerapatan massa air (1000 kg/m³), v = kecepatan aliran, d = kedalaman aliran, dan μ = kekentalan air (untuk 20°C = 1.01 x 10⁻³ N detik/m²).

Apabila $Re < 500$ maka terjadi aliran laminar, apabila harganya antara 500 – 12500 terjadi keadaan transisi, bila kecepatan dan kedalaman aliran bertambah besar maka harga Re bertambah dan aliran akan menjadi turbulen ($Re > 12500$). Hampir seluruh aliran sungai keadaannya adalah turbulen [2].

Aliran sungai dapat juga digolongkan berdasarkan ukuran energi aliran. Untuk debit tertentu, energi aliran adalah fungsi dari kedalaman dan kecepatan alirannya. Bilangan Froude dapat digunakan untuk menentukan jenis aliran subkritis, kritis atau superkritis, berdasarkan rumus berikut ini :

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot d}} \quad (2)$$

dengan v = kecepatan aliran rata-rata, g = percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s²), dan d = kedalaman aliran rata-rata.

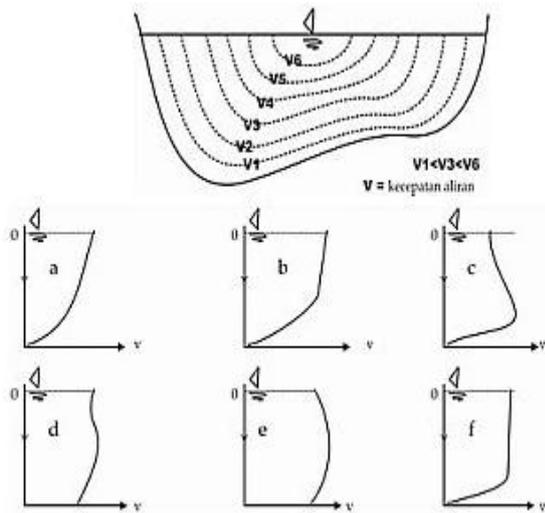
Apabila harga $F < 1$, maka aliran dikatakan sub kritis (lambat, tenang). Untuk harga $F = 1$, maka aliran dikatakan kritis. Apabila harga $F > 1$, maka alirannya disebut super kritis (cepat) [2].

B. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai

Distribusi kecepatan aliran sungai, bergantung pada bentuk saluran, kekasaran dinding saluran dan debit air [5]. Dalam arah vertikal kecepatan maksimum mendekati permukaan air dan semakin mendekati dasar saluran kecepatan aliran mendekati nol. Sedangkan, arah horizontal kecepatan maksimum mendekati tengah penampang sungai dan semakin mendekati dinding saluran maka kecepatan aliran semakin mengecil karena adanya pengaruh gaya gesek dinding saluran [15].

Dalam penentuan profil distribusi kecepatan aliran sungai, sangat berhubungan dengan debit aliran sungai, dikarenakan debit aliran berbanding lurus dengan kecepatan aliran sungai [15]. Distribusi kecepatan aliran di dalam sungai tidak sama arah horizontal maupun arah vertikal. Dengan kata lain, kecepatan aliran pada tepi sungai tidak sama

dengan tengah sungai, dan kecepatan aliran dekat permukaan sungai tidak sama dengan kecepatan pada dasar sungai.



Gambar 1. Distribusi Kecepatan Aliran

Keterangan :

- A = teoritis
- B = dasar saluran kasar dan banyak tumbuhan
- C = gangguan permukaan (sampah)
- D = aliran cepat, aliran turbulen pada dasar
- E = aliran lambat, dasar saluran halus
- F = dasar saluran kasar/berbatu

C. Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai

Pengukuran kecepatan aliran sungai dapat menggunakan metode-metode di bawah ini :

- a) Metode pelampung (*floating method*). Pelampung bergerak terbawa oleh arus dan kecepatan arus didapat dari jarak tempuh pelampung dibagi dengan waktu tempuh. Metode ini juga bisa digunakan untuk pengukuran arus menyusur pantai [7].
- b) Pengukuran menggunakan alat ukur arus (*current meter*).

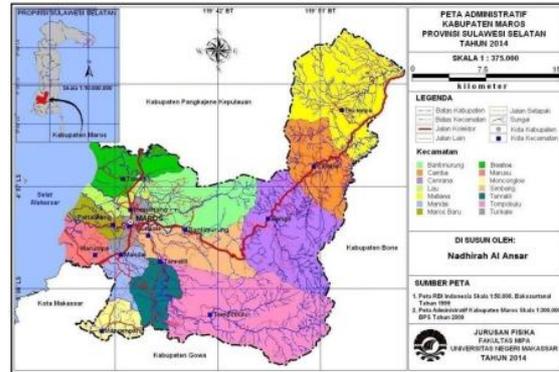
Tabel 1. Variabel pengukuran kecepatan berdasarkan kedalaman [1]

Tipe	Kedalaman air (d)	Titik pengamatan dari permukaan	Kecepatan rata-rata pada vertikal
1 titik	0,3 – 0,6 m	0,6d	$v = v_{0,6d}$
2 titik	0,6 – 3 m	0,2d dan 0,8d	$v = \frac{1}{2} (v_{0,2d} + v_{0,8d})$
3 titik	3 – 6 m	0,2d ; 0,6d ; 0,8d	$v = \frac{1}{4} (v_{0,2d} + 2v_{0,6d} + v_{0,8d})$
3 titik	> 6 m	s ; 0,2d ; 0,6d ; 0,8d ; b (dasar)	$v = \frac{1}{10} (v_s + 3v_{0,2d} + 2v_{0,6d} + 3v_{0,8d} + vb)$

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Sungai Pute Rammang-Rammang Kabupaten Maros. Daerah ini merupakan bagian dari kawasan karst Rammang-Rammang.



Gambar 2. Lokasi penelitian [13]



Gambar 3. Titik pengambilan data

Letak geografis posisi pengukuran yaitu (a) dermaga 1, posisi : $04^{\circ}55'59.1''$ LS dan $119^{\circ}35'52.0''$ BT. elevation 7m. From current location NE 33.66 km, (b) dermaga 2, posisi : $04^{\circ}55'30.0''$ LS dan $119^{\circ}36'28.2''$ BT. elevation 19m. From current location NE 1.46 km.

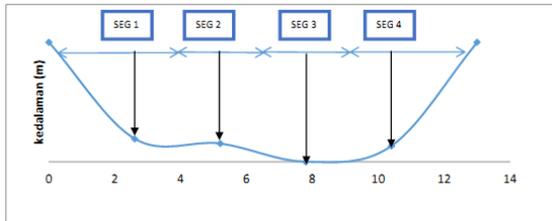
Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pelampung sebagai alat *safety* dalam pengukuran, peralatan GPS (*Global Positioning System*) untuk mengukur koordinat posisi lokasi, peralatan *Current Meter* untuk mengukur laju aliran sungai, *roll meter* untuk mengukur lebar dan kedalaman sungai, alat tulis, perangkat lunak (*software*) pemetaan atau program aplikasi Google Earth™ dan kamera untuk dokumentasi foto.

Prosedur Pengambilan Data

1) Mengukur kedalaman

Menentukan titik-titik pengukuran pada Sungai Pute (Gambar 4). Mengukur kedalaman dari tepi sungai yang satu ke tepi yang lain pada setiap batas pembagian tadi untuk setiap titik, dengan spasi pengukuran untuk demaga 1 adalah 4,5 meter, dermaga 2 adalah 3,25 meter.



Gambar 4. Segmen Pengukuran

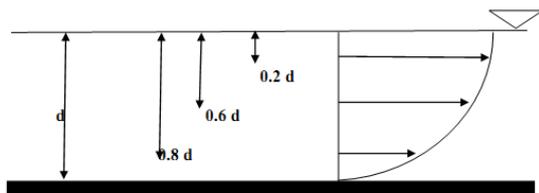
2) Pengukuran kecepatan aliran air

Penampang melintang sungai dibagi menjadi 4 bagian yang sama dengan interval tertentu pada dermaga 1 dan dermaga 2. Mengukur kecepatan aliran pada kedalaman tertentu sesuai dengan kedalaman sungai pada setiap titik interval yang telah dibuat dengan menggunakan alat ukur arus (*current meter*). Selanjutnya, menghitung kecepatan aliran rata-ratanya.

Analisis Data

1) Kecepatan rata-rata aliran sungai

Kecepatan aliran (v) yang telah diukur, dihitung rata-ratanya pada bagian vertikal untuk masing-masing segmen dengan metode tiga titik Gambar 6). Selanjutnya diplot grafik kecepatan aliran rata-rata (v) terhadap segmen pengukuran serta grafik kedalaman sungai (d) terhadap kecepatan aliran rata-rata (v).



Gambar 5. Metode tiga titik [1]

2) Aliran Sungai Pute

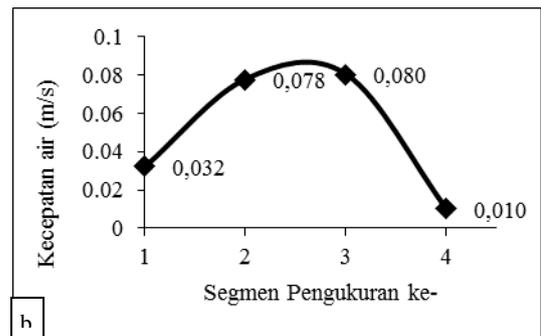
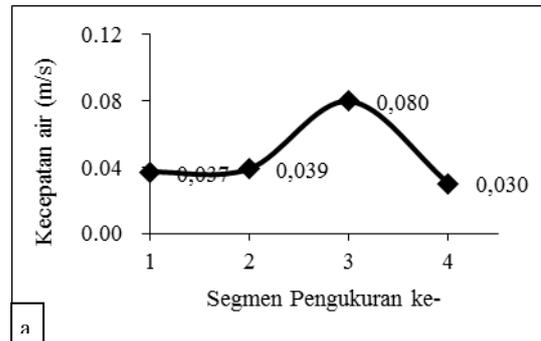
Dari hasil analisis kecepatan aliran rata-rata sungai, maka dihitung bilangan Reynold pada

setiap segmen untuk menentukan apakah aliran sungai laminar atau turbulen. Selain itu, dihitung pula bilangan Froude untuk menentukan apakah aliran sungai subkritis, kritis, atau superkritis [2].

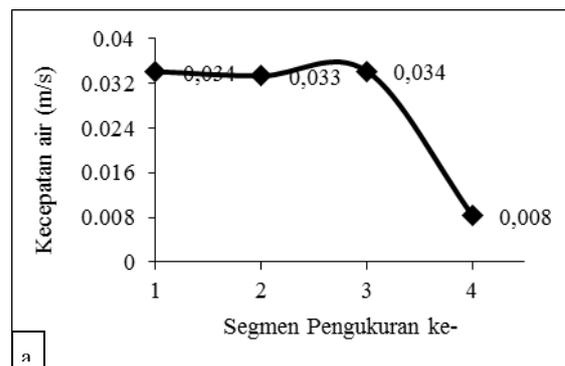
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

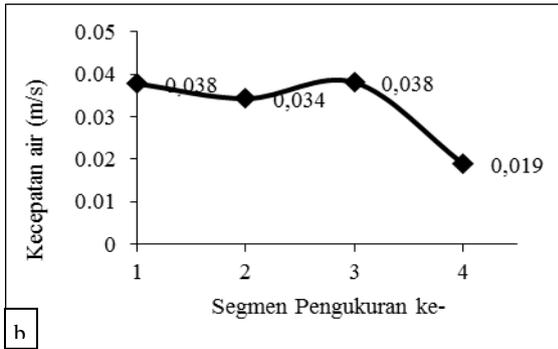
Kecepatan Aliran Rata-Rata Sungai Pute

Pengukuran kecepatan aliran rata-rata sungai dilakukan pada dua tempat yang berbeda pada sungai Pute yaitu pada dermaga 1 dan dermaga 2. Kecepatan aliran rata-rata sungai Pute diperlihatkan dalam arah horizontal yaitu berdasarkan pembagian segmen maupun arah vertikal yaitu berdasarkan variasi kedalaman.



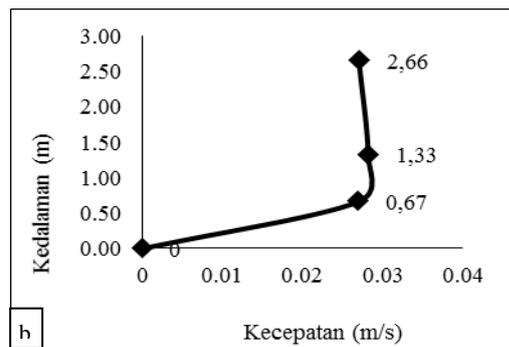
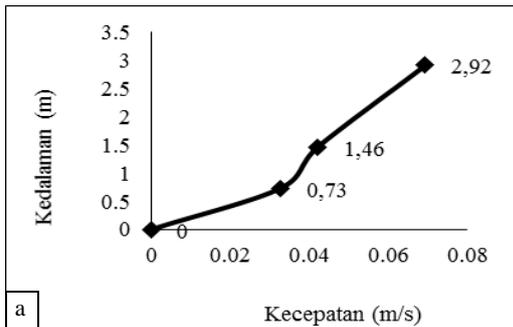
Gambar 6. Grafik kecepatan aliran rata-rata sungai Pute arah horizontal di dermaga 1 untuk pengukuran (a) pagi hari (pukul 08.00 WITA), (b) sore hari (pukul 15.00 WITA)





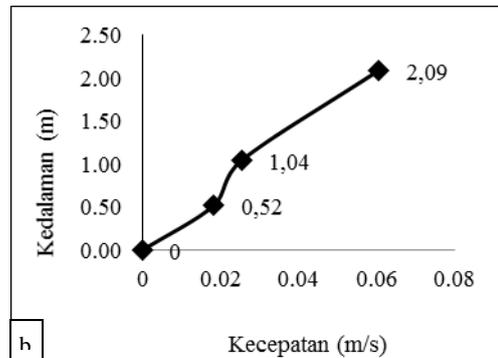
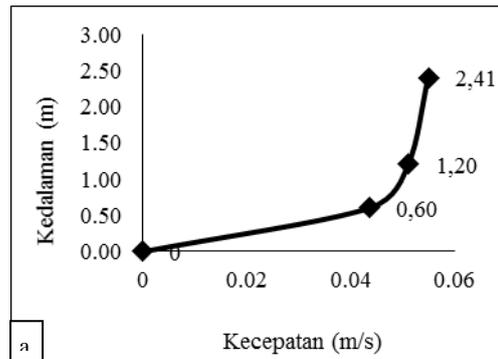
Gambar 7. Grafik kecepatan aliran rata-rata sungai Pute arah horizontal di dermaga 2 untuk pengukuran (a) pagi hari (pukul 10.00 WITA), (b) sore hari (pukul 17.00 WITA)

Gambar 6 menunjukkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai dalam arah horizontal di dermaga 1 berbentuk parabolik. Artinya, kecepatan aliran sungai maksimum terjadi pada tengah sungai dan minimum pada tepi sungai. Hal ini diakibatkan oleh adanya gaya gesekan pada tepi sungai [15]. Sedangkan Gambar 7 menunjukkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai dalam arah horizontal di dermaga 2 berbentuk liku ruas aliran atau sungai yang berbelok (*meander*). Artinya, bagian maksimum alirannya adalah di bagian tepi luar sungai. Hal ini sesuai dengan hukum fisika gesekan, yaitu daerah yang bebas dari gesekan adalah yang terderas alirannya [15].



Gambar 8. Grafik kecepatan aliran rata-rata sungai Pute arah vertikal di dermaga 1 untuk pengukuran (a) pagi hari (pukul 08.00 WITA), (b) sore hari (pukul 15.00 WITA)

Gambar 8 (a) memperlihatkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai tergolong normal. Kecepatan maksimal terjadi pada permukaan sungai disusul tengah sungai dan minimum terjadi pada dasar sungai [15]. Sedangkan Gambar 8 (b) memperlihatkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai relatif tidak normal. Adanya perbedaan dengan pengukuran pada pagi hari dimana kecepatan maksimum justru terjadi pada tengah sungai dan minimum di dasar sungai. Selain itu, juga terlihat kecepatan aliran pada tengah, permukaan dan dasar sungai hampir sama.



Gambar 9. Grafik kecepatan aliran rata-rata sungai Pute dalam arah vertikal di dermaga 2 untuk pengukuran (a) pagi hari (pukul 10.00 WITA), (b) sore hari (pukul 17.00 WITA)

Gambar 9 menunjukkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai relatif normal, dimana kecepatan maksimum terjadi pada permukaan aliran sungai dan kecepatan minimum terjadi pada dasar sungai [15]. Namun, perbedaan kecepatan aliran pada tengah sungai dan permukaan sungai yang signifikan terlihat untuk pengukuran di sore hari (Gambar 9b). Hal ini disebabkan oleh aktifitas perahu wisata yang sering melewati dermaga 2, sehingga terjadi peningkatan kecepatan aliran pada permukaan sungai.

Kecepatan aliran rata-rata sungai pada dermaga 1 dan dermaga 2 terdapat faktor yang mempengaruhi antara lain bentuk sungai yang

tidak beraturan [5], kekasaran dinding sungai meningkat karena adanya batuan dan vegetasi [8], muatan yang terdapat pada aliran sungai, serta faktor aktifitas manusia. Selain itu, sungai Pute sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut terutama dermaga 1 karena posisinya lebih dekat dengan laut, sehingga terjadi perubahan kecepatan aliran dan arah aliran sungai pada pagi dan sore hari.

Pada waktu periode pasang kecepatan aliran sangat kecil, karena terjadi efek pembendungan debit aliran sungai di depan muara. Hal ini memungkinkan terjadinya aliran balik (backwater) dimana gelombang pasut akan jauh masuk ke muara yang disertai dengan transpor massa air laut dalam jumlah yang sangat besar, sehingga sungai tidak dapat mengalirkan debitnya ke laut. Selain itu kondisi air mati (slack water) dapat pula terjadi dimana kecepatan aliran sama dengan nol. Sebaliknya pada waktu periode air surut, massa air tersebut akan keluar lagi dari estuary menuju laut. Mengingat volume air yang keluar ke laut adalah besar, maka kecepatan dan kedalaman aliran cukup besar pula [16].

Aliran Sungai Pute

Sungai Pute termasuk sungai yang dilintasi jembatan. Kondisi tersebut menyebabkan aliran sungai Pute berubah tiba-tiba (tidak seragam) dan aliran pada tiap titik berubah terhadap waktu (tak tunak) [5]. Hasil analisis bilangan Reynold untuk menentukan aliran laminar atau turbulen di dermaga 1 maupun dermaga 2 sungai Pute ditampilkan pada Tabel 2. Selain itu, hasil analisis bilangan Froude untuk menentukan aliran sub kritis, kritis, atau super kritis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Bilangan Reynold pada tiap segmen di dermaga 1 dan dermaga 2 sungai Pute

Segmen	Bilangan Reynold			
	Dermaga 1		Dermaga 2	
	Pukul 08.00 WITA	Pukul 15.00 WITA	Pukul 10.00 WITA	Pukul 17.00 WITA
1	138267,1	120939,7	85214,03	75001,09
2	177208,1	236597,1	82587,8	80781,16
3	196317,6	197645,3	97223,12	115715,8
4	66197,99	31774,29	27518,01	50502,64

Tabel 2 memperlihatkan bahwa hasil analisis bilangan Reynold untuk dermaga 1 dan dermaga 2 pada sungai Pute lebih dari 12500 ($Re > 12500$). Artinya, aliran yang terjadi pada sungai Pute adalah aliran turbulen.

Aliran turbulen ditandai dengan gerakan air cepat dan tidak beraturan (*chaos*) [3]. Aliran turbulen terjadi apabila kecepatan aliran besar, saluran besar dan fluida mempunyai kekentalan kecil.

Tabel 3. Bilangan Froude pada tiap segmen di dermaga 1 dan dermaga 2 sungai Pute

Segmen	Bilangan Froude			
	Dermaga 1		Dermaga 2	
	Pukul 08.00 WITA	Pukul 15.00 WITA	Pukul 10.00 WITA	Pukul 17.00 WITA
1	0,006919	0,007105	0,007213	0,008315
2	0,008149	0,012485	0,006503	0,008217
3	0,015925	0,020103	0,00597	0,0088
4	0,00537	0,003232	0,00169	0,003841

Tabel 3 memperlihatkan bahwa hasil analisis bilangan Froude untuk dermaga 1 dan dermaga 2 pada sungai Pute kurang dari 1 ($Fr < 1$). Artinya, aliran yang terjadi pada sungai Pute aliran subkritis. Semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus, dimana besarnya kecepatan air lebih kecil dari kecepatan gelombang hulu aliran yang dipengaruhi pengendali hilir [2]. Hal ini diakibatkan terjadinya penyempitan pada saluran yang berakibat ketinggian dan kecepatan aliran berubah [10], serta posisinya yang dekat muara sungai sehingga dipengaruhi pasang surut [16].

Namun, pada saluran alam (sungai) jarang terjadi aliran superkritis, tetapi aliran transisi yaitu antara subkritis dan superkritis. Dengan demikian, terjadi kondisi tidak stabil pada gaya inersia dan gaya gravitasi, sehingga menyebabkan gelombang tidak normal, lompatan hidraulik (*hydraulic jump*) [2], perubahan lokal kemiringan muka air, dan turbulensi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai Pute di dermaga 1 arah horizontal berbentuk parabolik. Peningkatan terjadi pada tengah sungai, namun mengalami penurunan pada tepi sungai. Sedangkan di dermaga 2, peningkatan kecepatan aliran rata-rata terjadi di bagian tepi luar sungai akibat bentuk sungai yang berbelok (*meander*). Selain itu, kecepatan aliran rata-rata sungai Pute di dermaga 1 dan dermaga 2 arah vertikal relatif normal yaitu kecepatan maksimum pada permukaan sungai dan minimum pada dasar

sungai. Pola aliran sungai Pute berdasarkan analisis bilangan Reynold adalah aliran turbulen ($Re > 12500$). Sedangkan analisis dengan bilangan Froude adalah subkritis ($Fr < 1$).

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Makassar yang telah memberikan bantuan dana penelitian PNBP melalui DIPA UNM Tahun 2014.

7. REFERENSI

- Ahmad, *Hidrologi Teknik*, Makassar : Universitas Hasanuddin, 2011.
- B. R. Munson, D. F. Young, and T. H. Okiishi, *Fundamentals of Fluid Mechanics Fourth Edition*, New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- C. Poluakan, Y. Yusuf dan V. A. Tiwow, *Jurnal Fisika HFI* **11**, pp. 12-17 (2011).
- C. Rahmadi, *Menyingkap Ekosistem Karst Maros*, Koran Tempo, 2005.
- E. Harseno dan S. Jonas, Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis, *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2/th XII/2007*, 2007.
- E. Haryono dan T. N. Adji, *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*, Yogyakarta : UGM Press, 2004.
- H. Umar, *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JSTK)* **10**, pp.157-168 (2012).
- Indarto, *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Jakarta : Bumi Aksara, 2010.
- Irham dan Kurniati, *Dampak Penyempitan Penampang Sungai Terhadap Kondisi Aliran*, Prosiding Seminar Nasional Yusuf Benseh (SNYuBe) 2013 Politeknik Negeri Lhokseumawe, pp. 126-131.
- J. A. Harianja dan S. Gunawan, *Tinjauan Energi Spesifik Akibat Penyempitan Pada Saluran Terbuka*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta. *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1/th XII/2007* pp. 30-46.
- M. Arsyad, *Eksplorasi, Eksploitasi, dan Pemodelan Sumber Daya Mineral Air Bawah Tanah di Kawasan Gunung Karst Maros- Pangkep dengan Metode Automata Gas Kisi Boltzman*, Laporan Tahun I Penelitian Hibah Penelitian Makasar : UNM Makasar, 2009.
- M. Arsyad, *Jurnal Manusia dan Lingkungan* **21**, 8-14 (2014).
- N. A. Ansar, *Peta Administrasi Kabupaten Maros*, Makassar : UNM, 2014.
- O. B. A. D. Siswanto dan Z. Hidayah, *Kajian Pengaruh Debit Sungai Terhadap Sebaran TSS di Muara Sungai Wonokromo dan Kebun Agung Surabaya*, Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura, 2013.
- S. Nurwahyuni, "Studi Eksperimen Distribusi Kecepatan Aliran Air", Tugas Akhir, Universitas Hasanuddin, 2013.
- T. Anasiru, *Jurnal SMARTek* **3**, 101-112 (2005).
- W. K. Edhy, A. Muid, dan M. I. Jumarang, *Prisma Fisika* **1**, 132-136 (2013).
- Y. I. Trisnawati dan B. Widodo, Pengaruh Laju Aliran Sungai Utama dan Anak Sungai Terhadap Profil Sedimentasi di Pertemuan Dua Sungai Model Sinusoidal, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX 2014*, Fakultas Sains dan Matematika UKSW Salatiga, pp. 784-783 ISSN : 2087-0922.
- Sucipto, *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan* **13**, 51-60 (2011).