

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN DAN MODIFIKASI FORMULASI METODE ESTIMASI ANGKUTAN SEDIMEN TOTAL DI SUNGAI

Oleh

Taufik Ari Gunawan

NIM : 35011015

(Program Studi Doktor Teknik Sipil)

Sudah sejak lama para peneliti hidraulika sungai memberi perhatian khusus terhadap masalah sedimentasi dan selalu berupaya agar dapat memperkirakan laju angkutan sedimen dengan lebih akurat. Hal ini dianggap cukup penting karena salah satu contoh dampak sedimentasi adalah dapat mengganggu umur layan bangunan-bangunan air di hilir sungai terutama waduk. Dengan mengetahui potensi volume endapan sedimen yang akan terjadi di waduk sejak dalam tahap perencanaan maka dapat dilakukan langkah antisipasi melalui rekayasa disain waduk. Sedimen yang mengendap di bangunan-bangunan air tersebut adalah sedimen non-kohesif yang merupakan butiran-butiran partikel pasir dan lumpur yang terangkut bersama arus sungai yang berasal dari dasar dan tebing sungai akibat erosi. Proses ini dikenal sebagai angkutan sedimen.

Dalam dinamika aliran sungai, angkutan sedimen dipengaruhi oleh; kemiringan dasar, debit atau kecepatan arus serta turbulensi. Dinamika turbulen ini menyebabkan konsentrasi sedimen bersifat non linier terhadap parameter sungai lainnya. Oleh karena itu metode pendekatan penyusunan formulasi estimasi muatan sedimen menjadi lebih rumit dan sulit digeneralisasikan untuk semua sungai. Berdasarkan mekanismenya, angkutan sedimen dikelompokkan menjadi angkutan muatan dasar, muatan layang dan muatan total. Penelitian ini membandingkan 25 metode sedimen yang terdiri dari; 11 metode perhitungan angkutan sedimen total, 9 metode sedimen dasar dan 5 metode untuk sedimen layang. Perhitungan angkutan sedimen total menggunakan 890 data *flume* di laboratorium (18 studi) dan 1794 data pengukuran sedimen sungai (36 lokasi), yang merupakan data sekunder (Robert J. Kodoatie, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi metode perhitungan angkutan sedimen sehingga menjadi lebih akurat. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan membandingkan hasil perhitungan tiap jenis sedimen menggunakan metode *discrepancy ratio* (r). Ukuran signifikansi hasil perhitungan dinyatakan dengan persentase data yang memenuhi rentang *Discrepancy ratio* (r) r ($0,5 < r < 2,0$). Dengan teknik ini juga dilakukan analisis terhadap parameter-parameter perhitungan yang paling sensitif terhadap hasil perhitungan. Berdasarkan hasil penerapan 25 metode estimasi muatan sedimen terhadap data sekunder, metode yang paling signifikan dan memberikan persentase hasil memenuhi range *discrepancy ratio* (r) ($0,5 < r < 2,0$) adalah metode Engelund-Hansen dan metode Shen-Hung. Setelah dilakukan penyortiran terhadap data sekunder menjadi hanya 341 data, kedua metode ini memenuhi syarat *discrepancy ratio* (r) secara berturut-turut adalah 77% dan 44%. Metode Engelund-Hansen cocok untuk data laboratorium dan lapangan, tetapi metode Shen-Hung hanya cocok untuk data laboratorium.

Hasil penerapan metode-metode angkutan sedimen terhadap Sungai Cibuah (40 data) dan Sungai Cikamiri (41 data) belum memberikan hasil yang signifikan. Hasil perhitungan sedimen layang hanya dipenuhi oleh metode Einstein (0,71). *Discrepancy ratio* (r) untuk kelima metode rata-rata sebesar 2,23 dengan standard deviasi sebesar 9,27. Persentase data yang memenuhi rentang *discrepancy ratio* (r) berturut-turut; Van Rijn 29%, Einstein 19%, Lane-Kalinske 16%, Brooks 16% dan metode CSR 7%. Hasil perhitungan angkutan sedimen total hanya dipenuhi oleh 4 metode yaitu; metode Ackers-White (0,67), Shen-Hung (1,75), Colby (1,83) dan metode Laursen (0,91). Persentase data yang memenuhi rentang *discrepancy ratio* (r) berturut-turut; 34%, 14%, 35%, 28%. Kemungkinan penyebab ketidakakuratan hasil perhitungan, yaitu; (1) data tidak valid atau salah cara pengambilan data, (2) salah hitung, salah baca grafik acuan atau, (3) karakteristik sungai kajian memang unik dan tidak bisa diterapkan semua metode yang ada untuk kondisi ini. Langkah awal yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menguji validitas data yang ada. Cara yang digunakan adalah dengan menyaring data melalui seleksi data terhadap pemenuhan syarat kekritisitas tegangan geser butiran, pemenuhan syarat diameter butiran partikel sedimen dan seleksi data berdasarkan paling banyak yang mampu dihitung oleh sejumlah metode perhitungan. Untuk menguji validitas hasil estimasi, dilakukan kalibrasi hasil perhitungan terhadap data sekunder. Data ini bermanfaat untuk kalibrasi metode-metode yang menggunakan grafik acuan untuk mencari parameter yang dibutuhkan. Terkait dengan kekhususan karakteristik sungai kajian dilakukan analisis sensitivitas parameter yang paling mempengaruhi jumlah muatan sedimen baik sedimen dasar atau layang.

Dari hasil penerapan metode perhitungan terhadap data sekunder dan sungai kajian, metode Engelund-Hansen dan metode Shen-Hung selalu memberikan hasil paling baik. Metode ini tergolong sederhana dan tidak menggunakan grafik acuan sebagai media untuk menentukan parameter yang dibutuhkan. Keandalan dalam melakukan estimasi muatan sedimen untuk kedua metode ditingkatkan dengan melakukan modifikasi terhadap koefisien-koefisien parameter dalam perumusan formula perhitungan. Metodologi modifikasi yang digunakan adalah dengan menggunakan metode regresi dan/atau optimasi. Modifikasi koefisien metode Shen-Hung dan Engelund-Hansen dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah optimasi terhadap nilai koefisien b , c , dan d dengan menambahkan eksponen a pada parameter kecepatan. Tahap kedua adalah metode regresi terhadap parameter C_s , untuk mendapatkan nilai e , f , g dan h . Akurasi hasil perhitungan yang diperoleh dengan metode ini meningkat dari 47% menjadi 59%.

Kata kunci: Muatan sedimen, estimasi, modifikasi, *discrepancy ratio* (r)

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS AND MODIFICATION OF TOTAL SEDIMENT TRANSPORT FORMULATION ESTIMATION METHODS IN RIVERS

By

Taufik Ari Gunawan

NIM : 35011015

(Doctoral Study Program of Civil Engineering)

Since a few decades ago, researchers in river hydraulics give special attention to the problem of sedimentation and always strive in order to estimate the rate of sediment transport more accurately. This is considered important because of the impact of sedimentation which can interfere with a service life building mainly at downstream reservoirs. By knowing the potential volume of sediments that will occur in the reservoir from the planning process it can be performed anticipatory measures through engineering design of the reservoir. Sediment that settles in the buildings of the water is a non-cohesive sediments which are grains of sand and mud particles are transported along the stream that comes from the base and the river bank erosion. This process is known as sediment transport.

In the dynamics of river flow, sediment transport is influenced by; bottom slope, discharge and flow velocity and turbulence. This turbulent dynamics causes the sediment concentration to be non linear to other river parameters. Therefore, the method of approach formulation of sediment load estimation becomes more complicated and sometimes it does not applicable to any river. Based on the mechanism of sediment transport, sediment load divided into bed load, the suspended load and the total load.

This study will evaluated 25 sediment transport method that includes 11 total sediment load estimation methods, 9 bed load estimation methods, and 5 suspended load estimation methods. The sediment load calculation used 890 flume experiment data (18 studies) and 1794 field measurement data in 36 locations. This study aims to obtain a sediment load calculation method that is more accurate for sediment load calculation based on available data.

The research method is by comparing the calculation results of each sediment group using discrepancy ratio (r). The size of calculation results significancy expressed as a percentage of data that meets the range of Discrepancy ratio (r) r ($0.5 < r < 2.0$). The sensitivity analysis also conducted to analyze the most sensitive parameter.

Base on the results of the 25 sediment load estimation methods application to the RJK's data, the most significant method that meet discrepancy ratio (r) range ($0.5 < r < 2.0$) is a Engelund-Hansen method (59%) and Shen-Hung method (47%). After sorting the RJK's data into only 341 data, these two methods also meet the discrepancy ratio (r) respectively to 77% and 44%. Engelund-Hansen method is suitable for laboratory and field data, but the Shen-Hung method only suitable for laboratory data.

The result of the application to the Cibuah river (40 data) and Cikamiri river (39 data), here not yielded of sediment transport methods significant result. No bed load estimation method is comply to these two groups of data. The result of the suspended sediment method only fulfilled

by Einstein method (0.71). The average discrepancy ratio (r) for 5 methods is 2.23 with a standard deviation of 9.27. The percentage of data that meets the discrepancy ratio (r) ranges respectively; Van Rijn 29%, 19% Einstein, Lane-Kalinske 16%, 16% and method Brooks CSR 7%. The result of the total sediment transport calculation is only met by four methods namely; Ackers-White method (0.67), Shen-Hung (1.75), Colby (1.83) and the method Laursen (0.91). The percentage of data that meets discrepancy ratio (r) ranges respectively; 34%, 14%, 35%, 28%.

Possible causes for inaccuracies in the sediment transport calculation results, ie; (1) the data is invalid or incorrect way of collecting data, (2) incorrect count, incorrect in read the reference chart or, (3) the unique characteristics of the river therefore the method and can not be applied for some particular condition. To resolve the above problems, the study adopted several steps in detail. The initial steps is to test the validity of the data by filtering the data through data selection to the criticality of shear stress compliance, eligibility for grain sediment particle diameter and the data selection by most capable calculated by a number of estimation methods. In order to test the validity of the estimation results, secondary data calculation program has to be calibrate. This secondary data is useful especially to calibrate the methods that used a reference chart to locate the required parameters.

Related to the specificities of river characteristics, the sensitivity analysis of parameters conducted to examine the most influence parameter that effect the amount of sediment load both for bed and suspended load. From the result of applying all the calculation methods of the methods these Engelund-Hansen and Shen-Hung always give best results. This method is relatively simple and does not use the reference chart as a media to determine the required parameters realibility in estimating sediment load for both methods is improved by modifying the coefficient of parameters in the calculation formula. The method of modification is by using regression and optimization. The coefficient modification of Shen-Hung and Engelund-Hansen method was done in two stages: the first stage is optimized the value of coefficient b , c , and d and added value of a in front of speed parameter. The second phase is the regression method, paramet C_1 conducted to get the value of e , f , g and h . The end result of the data fulfilledof this method is $0.5 < r < 2.0$ and increased from 47% to 59%.

Keywords : sediment load, estimation, modification, discrepancy ratio (r)