

Kalibrasi *hydrophone* Sebagai Alat Ukur Angkutan Sedimen Di Sungai Code

Calibration of Hydrophone as a Measuring Instrument of Sedimentary Transport In Code River

Ishak, Harstanto, Ani Hairani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Sungai Code merupakan salah satu aliran sungai berasal dari Gunung Merapi yang melintasi Kota Yogyakarta. Erupsi Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010 mengakibatkan bahaya banjir lahar dingin. Perubahan angkutan sedimen dari banjir lahar dingin seringkali menimbulkan dampak kerusakan terhadap infrastruktur yang ada di sekitar sungai. Penelitian ini bertujuan untuk memantau angkutan sedimen di Sungai Code dengan alat *hydrophone*. *Hydrophone* adalah salah satu metode pengukuran dan pencatatan angkutan sedimen yang dapat dimonitor secara langsung. Alat ini dapat menunjukkan besar angkutan sedimen yang diakibatkan adanya benturan sedimen yang di konversi menjadi detakan atau *pulse*. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan banyaknya data *pulse* yang dihasilkan dari material angkutan sedimen. Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa variasi diameter material untuk mengetahui perbedaan *pulse* yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar suatu material maka data yang diperoleh akan semakin besar. Contoh data *pulse* dengan material dari 1 butir kelereng yang mencapai skala kekuatan ke 4 (HP4) memiliki diameter 25 mm, data *pulse* yang mencapai skala kekuatan ke 3 (HP3) memiliki diameter 16 mm dan data *pulse* yang mencapai skala kekuatan ke 2 (HP2) memiliki diameter 11 mm.

Kata-kata kunci: *hydrophone*, angkutan sedimen, *pulse*

Abstract. *The Code Rivers is one of the streams river coming from Mount Merapi that crosses city of Yogyakarta. Eruption of Mount Merapi that occurred in 2010 which resulted the danger cold lava floods. Changes in sedimentary transport from cold lava floods can often cause damage to infrasructure that are in the river area. This study aims to monitoring sediment transport in Code River with the hydrophone tools. Hydrophone is one of the method for measuring and recording sediment that can monitored directly. This tool indicated the amount of sediment transport that caused by the impact of sediment that are converted into beats or pulse. This test is done to get the amount of pulse data produced from the material sediment transport. In this study, was carried out by several variation in the diameters of the material are carried out to determine the diffrences in pulse produced. The result from this study indicated that the bigger of material, then the data which obtained is getting bigger. Samples of pulse data with material from 1 of marbles, which reaches a forces scale of 4 (HP4), had a diameter of 25 mm, pulse data which reaches a forces scale of 3 (HP3), had a diameter of 16 mm and pulse data which reaches a forces scale of 2 (HP2), had a diameter of 11 mm.*

Keywords : *hydrophone*, transport sediment, *pulse*

1. Pendahuluan

Sungai Code merupakan salah satu sungai yang melintasi kota Yogyakarta yang termasuk di aliri lahar dingin dari Gunung Merapi. Banjir lahar dingin dengan volume material yang banyak akan mengendap kebagian hilir Sungai Code. Angkutan sedimen yang terjadi di Sungai dapat mengganggu stabilitas morfologi Sungai seperti penurunan dasar sungai (degradasi), peninggian dasar sungai (agradasi) dan perubahan geometri sungai. Pengukuran angkutan sedimen biasanya dilakukan langsung di sungai. Metode konvensional ini juga sulit untuk diterapkan di sungai-sungai dengan aliran superkritis yang memiliki kedalaman aliran yang sangat kecil (Mizuyama, dkk., 2011). Dengan demikian perlunya metode yang tepat dalam pengukuran angkutan sedimen.

Hydrophone merupakan salah satu teknik pengukuran sedimen yang mengaplikasikan gelombang akustik pada suatu pipa besi. Apabila sedimen dasar menghantam pipa besi yang ditanam di dasar saluran, mikrofon di dalam pipa mampu mendeteksi benturan tersebut sebagai bunyi lalu dikonversi menjadi gelombang akustik dan sebagai detakan atau *pulse* yang kemudian disimpan ke dalam penyimpanan data. Adanya fasilitas penyimpanan data ini memungkinkan peneliti untuk melakukan kajian debit angkutan sedimen dasar secara kontinyu.

Goto, dkk., (2014) melakukan penelitian tentang pengukuran angkutan sedimen dasar dengan menggunakan *hydrophone*. *hydrophone* biasanya dipasang di dasar sungai di atas beton. Alat ini terdiri dari pipa stainless steel dengan diameter 48,6 mm, tebal 3 mm, dan panjang 2 m. Uji *flume* dilakukan untuk mendapatkan distribusi frekuensi MA untuk setiap ukuran butir dan setiap laju buangan aliran. Kedalaman aliran dan kecepatan partikel sedimen dianalisis menggunakan kamera yang dipasang 4,0 m dari ujung hilir saluran. Sedimen dipasang 15,8 m dari ujung hilir saluran. Diameter butir seragam, dan ditetapkan pada 3,32 mm, 11,8 mm, dan 32,7 mm. Tingkat debit air ditetapkan pada 46 l/s, 60 l/s, 90 l/s, dan 120 l/s.

Mirenau, dkk., (2016) melakukan penelitian yang dilakukan di sungai Trinity terletak di California Utara, terdapat dua stasiun pemantau *hydrophone* dipasang di dua lokasi sepanjang sungai Trinity. Terdapat dua metode dalam penelitian yaitu metode *sediment-generated noise* (SGN) dan metode *discharge-based*. Hasil dari penelitian menyatakan bahwa metode berbasis (SGN) lebih baik dari metode *discharge-based* yang di tunjukkan dari korelasi yang lebih kuat antara muatan kasar (> 16 mm), halus (<16 mm) dan total angkutan sedimen di kedua lokasi pemantauan.

Miyuzama, dkk., (2003) melakukan penelitian yang membahas mengenai pemantauan laju transport sedimen dengan menggunakan *hydrophone* di sungai-sungai curam. *Hydrophone* biasanya di pasang di bagian sabo dam, ketika sedimen dasar menghantam pipa *hydrophone* kemudian terdeteksi oleh mikrofon sebagai bunyi lalu dikonveksi menjadi gelombang akustik dan sebagai detakan atau *pulse* yang kemudian di simpan kedalam penyimpanan data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *hydrophone* cocok untuk digunakan dalam pengukuran angkutan sedimen dasar, meskipun metode ini tidak menunjukkan nilai absolut.

Suzuki, dkk., (2011) melakukan penelitian yang membahas mengenai perilaku sedimen berdasarkan aliran debris menggunakan *hydrophone*. Pada penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan *flume* dan hasil analisis mengonfirmasikan bahwa debit sedimen dan diameter sedimen dapat diukur secara kuantitatif. *Hydrophone* ini sendiri memiliki beberapa keterbatasan yaitu level suara yang dapat diukur terbatas dan jangkauannya tergantung pada kinerja mikrofon. Dalam penelitian ini metode yang dijelaskan, dikembangkan untuk percobaan *flume* yang dilakukan sebagai bagian dari studi dasar aliran debris.

Rickenmann, & McArdeell, (2007). Melakukan penelitian yang membahas tentang perkiraan volume angkutan sedimen dasar dengan metode *piezoelectric bedload impact sensors* (PBIS). Pada penelitian membandingkan pengukuran PBIS dengan

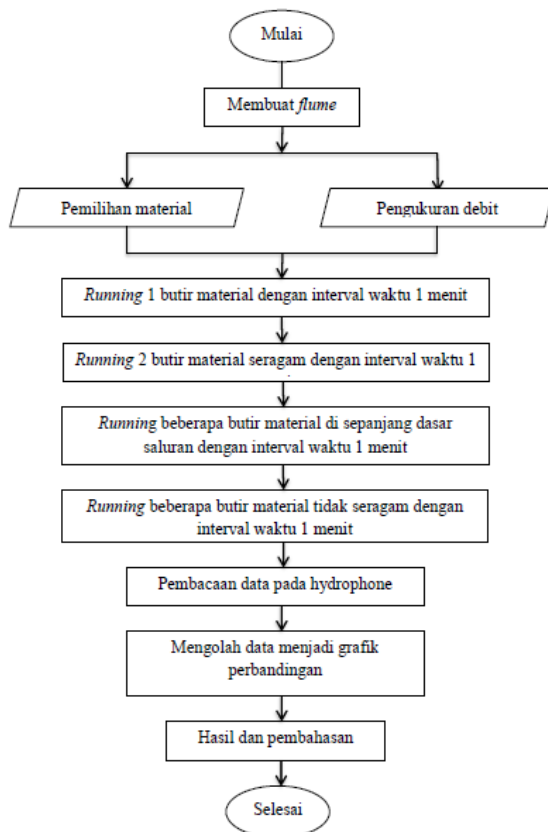
percobaan dilaboratorium. Keuntungan dari metode ini adalah kontinyu dari waktu ke waktu. Hasil dari penelitian ini adalah jumlah transport sedimen sebanding dengan jumlah sensor per satuan waktu.

Geay, dkk., (2017) melakukan penelitian yang membahas tentang pemantauan akustik beban dasar dengan menggunakan *hydrophone* yang berada pada dasar sungai. Teknologi ini mendeteksi adanya gelombang akustik pada lingkungan sungai dan khususnya suara yang disebabkan karena adanya tabrakan antara partikel pada dasar sungai. Penelitian ini dilakukan pada sungai Drau dengan batuan Alpen. Sinyal *hydrophone* dan *geophone* dapat berkorelasi dengan baik. Analisis pengukuran dari penelitian ini menunjukkan bahwa sensor sensitif terhadap pergerakan beban dasar, tidak hanya secara loka tetapi dengan jarak 4-10 meter (10% - 20% dari bentang sungai).

Tujuan pada penelitian ini adalah mengkalibrasi alat *hydrophone* sebagai alat ukur angkutan sedimen.

2. Metode Penelitian

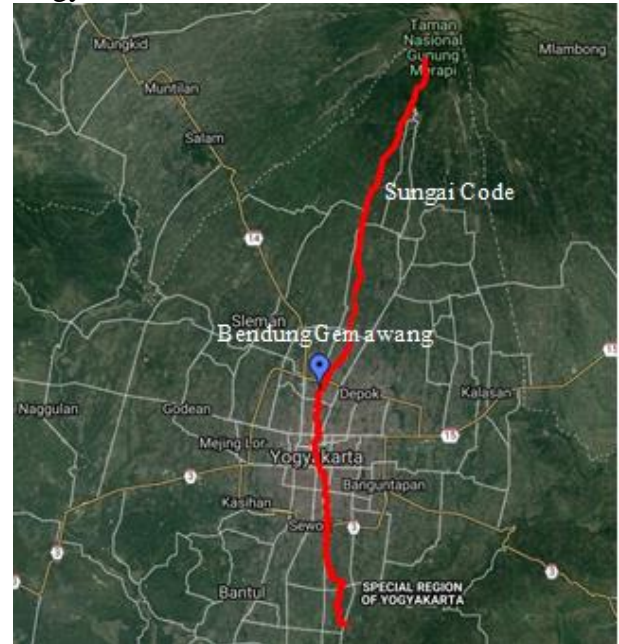
Bagan Alir penelitian



Gambar 1 Bagan alir penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di lokasi pemasangan *hydrophone*, yaitu di bendung Gemawang, Sungai Code, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 2 Lokasi penelitian

Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu terdiri dari alat pengukuran hidraulika, fulme dan alat *hydrophone*.

Alat pengukuran hidraulika

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran hidraulika yaitu Pelampung, meteran, *stop watch* dan alat tulis.

Flume

Flume atau saluran air ini digunakan untuk uji mododel angkutan sedimen. Alat ini terbuat dari kayu dengan panjang 3,5 m, lebar 7 cm dan tinggi 20 cm.



Gambar 3 Flume experiment

Hydrophone

Alat ini terbuat dari *Stainless steel* dengan panjang pipa *hydrophone* 50 cm. Alat ini dipasang di tubuh bendung bagian pinggir aliran sungai, dipasang pada tahun 2016 secara permanen. Alat ini mempunyai fasilitas penyimpanan data yang dapat di akses.



Gambar 4 *Hydrophone*

Bahan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan kelereng dengan diameter 25 mm, 16 mm, 11 mm dan gotri dengan diameter 6 mm, 5 mm, 4 mm.

Prosedur Pengujian Hidrometri

Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air, atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi (Soewarno, 1991 dalam Widiyanto, 2017).

Pengukuran Kecepatan aliran

Kecepatan aliran merupakan komponen penting dalam suatu aliran, karena pengukuran debit tidak dapat dilakukan secara langsung pada penampang sungai. Kecepatan aliran diukur dalam satuan panjang setiap satuan waktu. Salah satu cara dalam pengukuran kecepatan aliran adalah pengukuran dengan menggunakan pelampung (*Float*).

Pengukuran Tinggi Muka Air

Tinggi muka air diperlukan untuk pengukuran luas penampang, terdapat beberapa cara dalam pengukuran tinggi muka air, tergantung pada kondisi aliran sungai yang akan diukur, Tongkat (pipa) yang dilengkapi rambu ukur adalah salah satu cara mengukur tinggi muka air (Sri Harto, 1993 dalam Rukmana, 2017).

Pengukuran Lebar Aliran Permukaan

Selain tinggi muka air lebar aliran juga digunakan untuk mendapatkan luas penampang. Pengukuran lebar aliran dilaksanakan menggunakan meteran (meteran roda atau *oddo meter*) (Sri Harto, 1993 dalam Rukmana, 2017).

Pengukuran Debit

Debit aliran sungai (*Stream Flow*) adalah besarnya volume aliran sungai yang mengalir

melalui suatu penampang per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan m³/detik. Debit aliran sungai (Q) dapat dihitung dengan mengalikan kecepatan aliran terukur (V) dengan luas tampang melintang saluran (A) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Q = Debit (m³/detik)

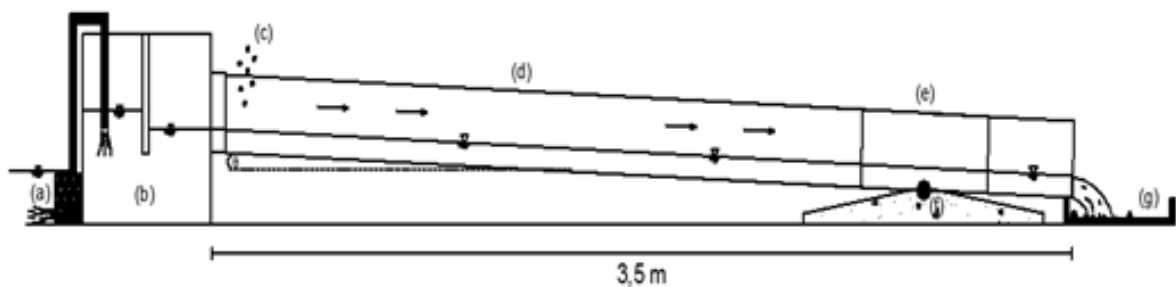
A = luas penampang (m²)

V = Kecepatan rata-rata (m/detik)

Prosedur Pengujian Hydrophone

Pengujian hydrophone dilakukan untuk mendapatkan data *pulse*. Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. *Flume* atau saluran air berukuran panjang 3,5 m dengan lebar 7 cm diposisikan di hulu *hydrophone* yang telah dipasang di atas tubuh bendung.
2. Debit aliran di hulu saluran diatur dengan menggunakan pompa hingga butiran sedimen di dasar saluran bergerak.
3. Dihilir *flume*, diletakkan saringan untuk menampung sedimen yang melewati saluran.
4. Diatas *hydrophone* diletakkan kamera pemantau untuk merekam angkutan sedimen yang mengenai alat tersebut.



Gambar 5 Sketsa pengujian

5. Pada awal pengujian menggunakan hanya satu butir sedimen yang dilewatkan, baru setelah itu beberapa butiran sedimen diletakkan di sepanjang dasar saluran yang telah diatur kemiringannya. Sketsa pengujian dapat dilihat pada Gambar 5

Bagian-bagian alat pengujian (a) Pompa air untuk memompa air sungai, (b) bak penampung untuk menampung air dan membuat aliran menjadi stady, (c) penempatan material di hulu, (d) saluran yang membawa sedimen, (e) sambungan, (f) *alat hydrophone*, (g) saringan untuk menampung material.

Mekanisme kerja pipa *hydrophone* yaitu ketika butiran sedimen mengenai pipa yang terpasang di dasar saluran, mikrofon di dalam pipa akan mendeteksi benturan dalam bentuk sensor suara. Mikrofon akan menyalurkan sinyal dan diterjemahkan oleh *converter*. *Converter* memiliki filter yang dapat memproses frekuensi yang dibangkitkan dari benturan pipa. *Converter* mengubah sinyal menjadi gelombang akustik dan menghasilkan output berupa *pulse* dengan 6 skala kekuatan yang berbeda. 1 *pulse* berarti 1 kali tumbukan. Jadi, jumlah *pulse* merepresentasikan jumlah tumbukan yang kemudian tersimpan dalam data *logger*.

3. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Hidraulika

Dari hasil pengukuran lapangan pada tanggal 14 juli 2019, data yang diperoleh di olah untuk mendapatkan kecepatan aliran dan debit.

Perhitungan Kecepatan Aliran

Dari hasil pengujian didapat kecepatan aliran 0,8086 m/detik

Perhitungan Debit Aliran

Dari hasil pengujian didapat debit (Q) 0,0008 m³/detik

Hasil Pengujian Hydrophone

Data penyimpanan hydrophone

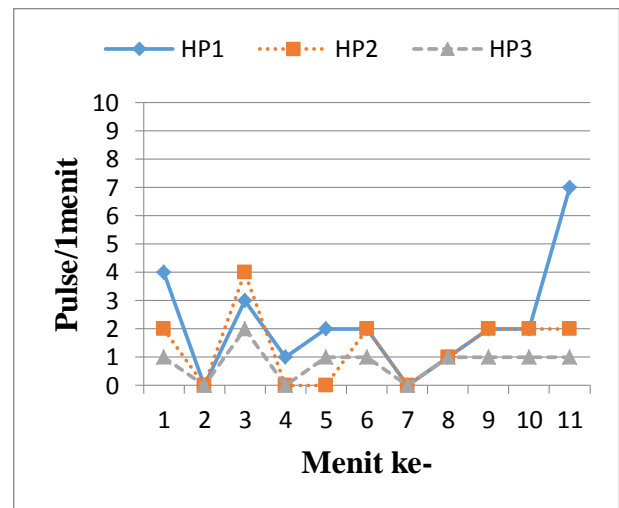
Data yang di hasilkan dari pengujian *hydrophone* dengan mengalirkan 1 butir kelereng Ø16 mm dalam interval waktu 1

menit sebanyak 11 kali percobaan dapat dilihat pada Tabel 1

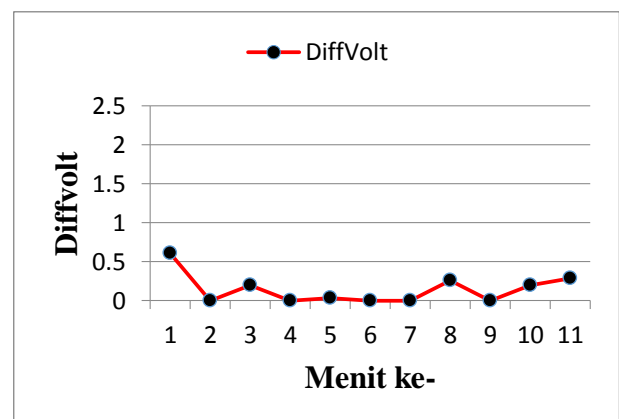
Tabel 1 Data pengujian *hydrophone*

Time	DiffVolt	HP1	HP2	HP3	HP4
1	0.604	4	2	1	0
2	0	0	0	0	0
3	0.196	3	4	2	0
4	0	1	0	0	0
5	0.035	2	0	1	0
6	0	2	2	1	0
7	0.001	0	0	0	0
8	0.257	1	1	1	0
9	0	2	2	1	0
10	0.197	2	2	1	0
11	0.288	7	2	1	0

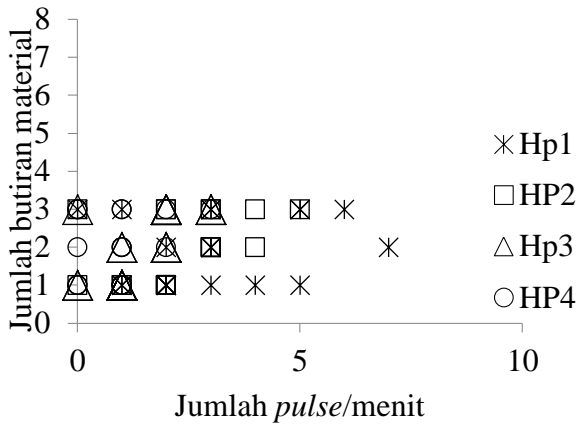
Data yang di peroleh dari penyimpanan data *hydrophone* di olah menjadi grafik seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7



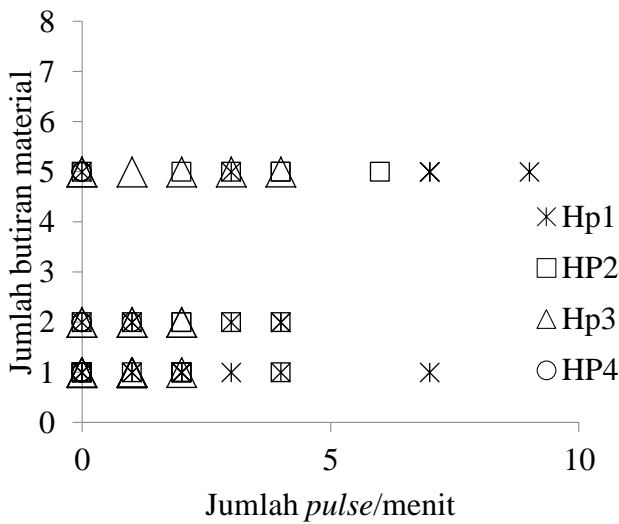
Gambar 6 Grafik *pulse* 1 kelereng Ø16 mm



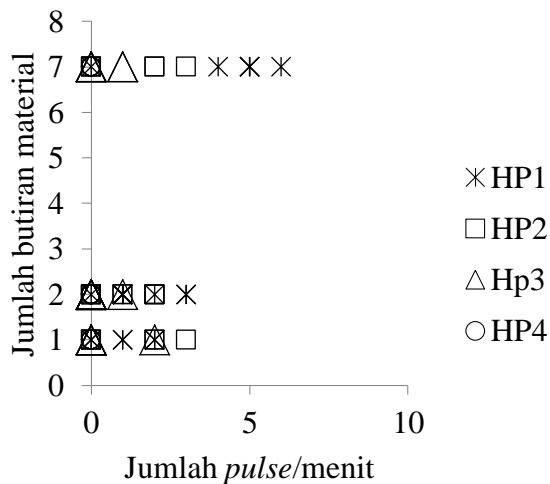
Gambar 7 Grafik *DiffVolt* 1 kelereng Ø16 mm



Gambar 8 Hubungan antara jumlah *pulse* dengan jumlah angkutan sedimen hasil percobaan kelereng kaca d=25 mm



Gambar 9 Hubungan antara jumlah *pulse* dengan jumlah angkutan sedimen hasil percobaan kelereng kaca d=25 mm



Gambar 10 Hubungan antara jumlah *pulse* dengan jumlah angkutan sedimen hasil percobaan kelereng kaca d=25 mm

Berdasarkan data *pulse* dan data *diffvolt* dengan debit (Q) 0,0008 m³/detik menunjukkan bahwa semakin besar suatu material maka data yang diperoleh akan semakin besar. Pada pengujian dengan menggunakan kelereng Ø25 mm, kelereng Ø16 mm, kelereng Ø11 mm yang di alirkan dengan interval 1 menit, dilakukan percobaan beberapa kali didapat total berat 261.4 gram dengan volume total sebesar 115 ml (0.000115 m³).

Pada pengujian ini data pembacaan *diffvolt* terdapat nilai 0. Hal ini disebabkan karena benturan antara material uji dengan *hydrophone* tidak cukup kuat sehingga data *diffvolt* yang diperoleh menunjukkan angka 0. Contoh data *pulse* dengan material 1 kelereng yang mencapai skala kekuatan ke 4 (PH4) memiliki diameter 25 mm, data yang mencapai skala kekuatan ke 3 (PH3) memiliki diameter 16 mm dan data yang mencapai skala kekuatan ke 2 (PH2) memiliki diameter 11 mm. Semakin banyak dan besar material yang digunakan dalam pengujian maka tingkat kekuatan semakin tinggi.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian dari angkutan sedimen dengan *hydrophone* dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. pada pengujian dengan diameter 25 mm, 16 mm, dan 11 mm yang di alirkan dengan cara meletakkan 1 butir material dengan interval waktu 1 menit dilakukan percobaan sebanyak 10 kali untuk setiap diameter didapat berat material sebesar 261.4 gram dan volume sebesar 115 ml (0.000115 m³),
2. dari data yang diperoleh berupa *pulse* dari material kelereng dapat diketahui bahwa data *pulse* yang sampai pada skala kekuatan ke 4 (PH4) memiliki diameter 25 mm, pada skala kekuatan ke 3 (PH3) memiliki diameter 16 mm dan pada skala kekuatan ke 2 (PH2) memiliki diameter 11 mm.

5. Daftar Pustaka

Aisyah, N., & Purnamawati, D. I. (2012). Tinjauan Dampak Banjir Lahar Kali

- Putih, Kabupaten Magelang Pasca Erupsi Merapi 2010. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 5(1), 19-30.
- Br. Sri Harto. (1993), *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka. Jakarta
- Goto, K., Itoh, T., Nagawa, T., Kasai, M., & Marutani, T. (2014). Experimental and theoretical tools for estimating bedload transport using a Japanese pipe hydrophone. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 7(4), 101-110.
- .Geay, T., Belleudy, P., Gervaise, C., Habersack, H., Aigner, J., Kreisler, A., ... & Laronne, J. B. (2017). Passive acoustic monitoring of bed load discharge in a large gravel bed river. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122(2), 528-545.
- Marineau, M. D., Wright, S. A., & Gaeuman, D. (2016). Calibration of sediment-generated noise measured using hydrophones to bedload transport in the Trinity River, California, USA. In *Proceedings of River Flow Conference* (pp. 1519-1526).
- Mizuyama, T., Hirasawa, R., Kosugi, K., Tsutsumi, D., & Nonaka, M. (2011). Sediment monitoring with a hydrophone in mountain torrents. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 4(2), 43-47.
- Mizuyama, T., M. Fujita & M. Nonaka (2003): Measurement of bedload with the use of hydrophone in mountain torrents, *Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers*, IAHS Publ. 283, pp. 222-227
- Mokonio, O., Mananoma, T., Tanudjaja, L., & Binilang, A. (2013). Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Saluwangko di Desa Tounolet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6).
- Pangestu, H., & Hakki, H. (2013). Analisis Angkutan Sedimen Total pada sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), 103-109.
- Putra, A. S. (2014). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai: Pulau Kemaro sampai dengan Muara Sungai Komerling). *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2(3).
- Rukmana, Ardhy Yudha. "Pengukuran Angkutan Sedimen Dasar Pada Aliran Sungai Progo Dengan Menggunakan Alat Helley Smith (Titik Tinjauan Sungai Progo Di Jembatan Kebonagung II Dan Kebonagung I)." (2017).
- Rickenmann, D., & McArdell, B. W. (2007). Continuous Measurement Of Sediment Transport In The Erlenbach Stream Using Piezoelectric Bedload Impact Sensors. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 32(9), 1362-1378.
- Soewarno. (1991). Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova. Bandung.
- Suzuki, T., Hasegawa, Y., Mizuno, H., & Osanai, N. (2011, June). Monitoring near-riverbed sediment behavior of debris flows using hydrophones. In *Proceedings of the 5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation, Padua, Italy*(pp. 14-17).
- Widiyanto, D. K. (2017). Pengukuran Angkutan Sedimen Dasar Pada Aliran Sungai Progo Menggunakan Alat Helley Smith.

