



*Research Articles*

## **Perbandingan Gradasi Butiran Sedimen Terendap Waduk Batujai dengan Material Bahan Kerajinan Gerabah Bukit Balibe**

### ***Gradation Comparison of Deposited Sediment of Batujai Dam and Pottery Materials of Balibe Hill***

**Yusron Saadi<sup>1\*</sup>, Tampang<sup>2</sup>, Salehudin<sup>3</sup>, Agus Suroso<sup>3</sup>, Eko Pradjoko<sup>3</sup>, Ema Estyana<sup>3</sup>, Hairun Nisak Rohmayani<sup>3</sup>, Firar Bismi Aslam<sup>3</sup>, Supardi<sup>2</sup>, Ihsan<sup>2</sup>, Eko Usman Aji<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram  
Jalan Majapahit No. 62, Mataram-NTB 83125, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I (BWS NT I)  
Jalan Ahmad Yani No. 1 Gerimax Indah, Narmada Lombok Barat 83371, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram  
Jalan Majapahit No. 62, Mataram NTB 83125, Indonesia

\* *corresponding author, email: y.saadi@unram.ac.id*

Manuscript received: 31-01-2025. Accepted: 16-03-2025

#### **ABSTRAK**

Pengendapan sedimen adalah musuh utama yang mengancam kelangsungan operasi waduk. Keberlangsungan fungsi waduk dapat dijaga antara lain dengan melakukan pengerukan sedimen yang terendap di dasar genangan. Karena pengerukan sedimen membutuhkan biaya yang besar dan endapan sedimen waduk tidak bernilai ekonomi tinggi maka upaya pengerukan dilakukan bila masalah sedimentasi sudah sangat serius. Penelitian ini bermaksud untuk menguji sampel sedimen terendap yang diambil dari berbagai kedalaman genangan Waduk Batujai dan membandingkannya dengan material bahan kerajinan gerabah Bukit Balibe. Komposisi sedimen terendap waduk dianalisis untuk mengetahui potensi penggunaannya sebagai bahan alternatif untuk campuran bahan kerajinan gerabah. Perbandingan dilakukan berdasarkan hasil analisis saringan (sieving analysis) terhadap material dari kedua sumber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase material berbutir halus Bukit Balibe terutama butiran berdiameter  $\leq 0.18$  mm lebih mendekati persentase sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi 92.5 mdpl dan elevasi 90.0 mdpl, sedangkan persentase material berbutir lebih kasar berdiameter  $\geq 3.35$  mm lebih mendekati persentase material sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi 87.5 mdpl. Hasil analisis gradasi butiran menunjukkan bahwa rekayasa komposisi material sedimen terendap Waduk Batujai dalam kelas butiran pasir agar mendekati komposisi material bahan kerajinan Bukit Balibe bisa dilakukan hingga taraf tertentu sehingga dapat digunakan sebagai campuran dalam material bahan kerajinan gerabah.

**Kata kunci:** Sedimen terendap waduk; bahan kerajinan gerabah

## ABSTRACT

Sediment deposition is the main problem in the continuity of dam operations. Sustainable operation of dam can be maintained by dredging sediment deposited at the bottom of the impounding area. Because of the considerable costs and the lack of economic value of dam deposited sediment, dredging is carried out only when the serious sedimentation problem occurs. This research aims to analyse samples of sediment taken from various depths of Batujai Dam and to compare them with the pottery materials of Balibe Hill. Compositions of deposited sediment were analyzed to determine its potential as an alternative additional material used in pottery making. Comparisons were made based on the results of sieving analysis of material from both sources. The results show that the percentage of fine-grain material of Balibe Hill, especially grains with a diameter of  $\leq 0.18$  mm, is closer to the percentage of deposited sediment of Batujai Dam at an elevation of 92.5 masl and an elevation of 90.0 masl, while the percentage of coarse-grain material with a diameter of  $\geq 3.35$  mm is closer to the percentage of deposited sediment at an elevation of 87.5 masl. Gradation analysis indicates that composition of deposited sediment of Batujai Dam in sand grain classes can be engineered to some extent to make them closely identical to the composition of Balibe Hill materials so that it can be used as a mixture in pottery making.

**Key words:** Dam deposited sediment; pottery materials

## PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan salah satu dari daya rusak air sebagaimana disebutkan dalam Undang-undang Nomer 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air (Anonim, 2019). Sedimentasi dan permasalahan yang ditimbulkan oleh sedimen yang terendap di waduk mengancam eksistensi dan keberlangsungan operasional waduk. Diberbagai belahan dunia sedimentasi telah menyebabkan hilangnya kapasitas waduk sehingga mengurangi umur guna waduk (Ara dan Zakwan, 2018). Penyediaan tampungan mati (dead storage) dengan kapasitas sesuai dengan umur guna yang telah direncanakan tidak cukup membantu waduk untuk mencapai umur gunanya karena laju sedimentasi yang sangat cepat. Sedimentasi waduk merupakan fenomena universal dan dianggap sebagai bahaya lingkungan paling kritis di era modern (Jain dan Kothyari, 2000). Hal ini menggarisbawahi betapa pentingnya studi sedimentasi dalam memperkirakan kehilangan kapasitas tampungan, perkiraan akurat umur guna, pola deposisi sedimen di waduk, dampaknya terhadap sungai dan efisiensi mitigasi yang diperlukan.

Prosedur umum yang dilakukan terkait sedimentasi adalah penetapan suatu bagian dari kapasitas waduk sebagai tempat penyimpanan sedimen (dead storage). Metode ini disebut sebagai pendekatan yang bersifat negatif karena tidak akan mengurangi penumpukan sedimen tapi semata-mata hanya menunda waktu terjadinya masalah yang serius. Perhitungan volume sedimen terendap biasanya dilakukan dengan melakukan pemetaan elevasi dasar waduk pada interval waktu tertentu dengan menggunakan teknik *echo sounding*. Walaupun metode ini sangat berguna tetapi hanya memberikan informasi perubahan volume endapan sedimen di dasar waduk tanpa menyebutkan secara pasti penyumbang sedimen terbesar terutama bila terdapat lebih dari satu sungai yang mengalir ke waduk. Cara lain untuk memperpanjang umur guna waduk adalah dengan melakukan pengerukan (dredging) sedimen yang sudah terendap secara berkala.

Pola deposisi sedimen yang memasuki waduk umumnya dimulai dengan material berbutir kasar disekitar pertemuan sungai dengan genangan waduk sedangkan material yang lebih halus akan terbawa oleh arus aliran menuju ke bagian lebih dalam (Vanoni, 1975).

Sebagian dari sedimen yang berbutir halus (suspended sediment) akan terbawa ke bagian hilir waduk melalui pelimpah sesuai dengan nilai efisiensi tangkapan (trap efficiency) yang didefinisikan sebagai perbandingan dari jumlah sedimen yang terendap terhadap jumlah keseluruhan sedimen yang mengalir ke waduk yang sangat tergantung pada kecepatan jatuh butiran sedimen dan besaran debit aliran masuk ke waduk (USDI, 1987). Metode untuk memperkirakan nilai efisiensi tangkapan secara empiris didasarkan pada hasil pengukuran sedimen pada sejumlah waduk besar (USDI, 1987) dan persamaan-persamaan empiris yang tersedia diliteratur sudah dimodifikasi sesuai perkembangan (Garg dan Jothiprakash, 2008).

Penelitian tentang karakteristik sedimen termasuk distribusi ukuran butirannya telah banyak dilakukan, antara lain oleh Shaw dan Kellerhals (1982), Suzuki dan Hano (1991), Parker (1991), Saadi (2008), Saadi *et al.* (2016), dan Saadi *et al.* (2023). Anggapan bahwa karakteristik sedimen yang terangkut oleh sungai yang berdekatan dan mengendap pada waduk yang sama akan identik dan memiliki komposisi butiran yang seragam tidak sepenuhnya benar karena intervensi manusia yang berkontribusi terhadap timbulnya erosi boleh jadi memiliki praktik konservasi atau pengelolaan lahan yang berbeda walaupun daerah aliran sungai (DAS) atau sub DAS berada pada lokasi yang berdekatan (Saadi *et al.*, 2016). Hal ini menjadi tantangan yang menarik untuk diselidiki lebih lanjut.

Penelitian tentang pemanfaatan sedimen sebagai bahan alternatif sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain untuk pembuatan *paving block* (Suraja dan Siregar, 2023) dan sebagai bahan pembentuk batu bata merah (Azmeri *et al.*, 2017; Widowati dan Sinaga, 2016). Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan komposisi material sedimen yang tepat dapat menghasilkan kualitas produk yang lebih baik jika dibandingkan dengan berbagai produk lokal yang sudah ada sebelumnya. Saadi *et al.* (2024) meneliti komposisi sedimen terendap Waduk Batujai dan komposisi material bahan kerajinan Bukit Balibe untuk mendapatkan informasi tentang kemungkinan material sedimen terendap waduk dapat digunakan sebagai bahan campuran material kerajinan gerabah oleh para pengrajin yang berdiam disekitar genangan waduk. Pemanfaatan sedimen terendap waduk diharapkan dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam aktivitas yang terkait dengan pemanfaatan endapan sedimen waduk agar memiliki nilai ekonomi yang lebih baik. Hal ini akan membantu pendayagunaan material endapan sedimen waduk yang akan memberikan dampak pada peningkatan keberlangsungan operasi dan pemeliharaan waduk.

## BAHAN DAN METODE

### *Peralatan dan Bahan Penelitian*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian dilapangan antara lain perahu (boat) untuk mencapai titik lokasi pengambilan sampel sedimen, *Eikman Grab* untuk mengambil sampel material dasar, *depthmeter* untuk mengukur kedalaman genangan, GPS, pakaian anti air (wader), pelampung dan lain-lain. Untuk analisis sampel di laboratorium digunakan peralatan berupa mesin pengering sampel (oven), ayakan dan mesin penggetar (sieve shaker), timbangan (neraca) dengan ketelitian 0.01gram untuk menimbang sampel dan lain-lain. Adapun bahan-bahan yang digunakan meliputi material sedimen terendap (bed load) yang diambil dari Waduk Batujai dan material bahan kerajinan gerabah dari Bukit Balibe.

### *Penentuan Titik Pengambilan Sampel Sedimen Waduk*

Pengambilan sampel sedimen terendap di daerah genangan Waduk Batujai dilakukan berdasarkan pemetaan lokasi pada peta daerah genangan waduk. Pengambilan sampel dilakukan pada berbagai titik lokasi dengan kedalaman yang berbeda yang dianggap mewakili genangan waduk. Pengambilan sampel dilakukan dari atas perahu dengan menggunakan alat berupa *Eikman Grab* pada elevasi dasar waduk 92.5 mdpl, 90.0 mdpl dan 87.5 mdpl. Pada setiap elevasi dilakukan pengambilan sampel masing-masing sebanyak 9 kali. Pengambilan sampel material bahan kerajinan di Bukit Balibe dilakukan dengan menggunakan ember dan sekop pada 9 lokasi yang berbeda. Setiap lokasi pengambilan sampel di Waduk Batujai dan Bukit Balibe dipetakan dengan GPS sehingga koordinat lokasi dapat terpetakan dengan akurat. Sampel sedimen terendap dan sampel material bahan kerajinan disimpan dalam wadah (container) plastik yang telah diberi label untuk disimpan sebelum pengujian di laboratorium.

### *Analisis Sampel Sedimen Terendap dan Material Bahan Kerajinan*

Sampel sedimen terendap dan material bahan kerajinan diuji di Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Mataram. Ukuran atau gradasi butiran sampel dianalisis menggunakan metode analisis saringan (sieving analysis) setelah sampel dikeringkan dengan menggunakan mesin pengering (oven) selama 24 jam. Analisis saringan menggunakan mesin penggetar (sieve shaker) yang dilengkapi dengan Saringan No. 1, 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 140, 200 dan *pan*.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### *Analisis Saringan Sampel Sedimen Terendap Waduk Batujai*

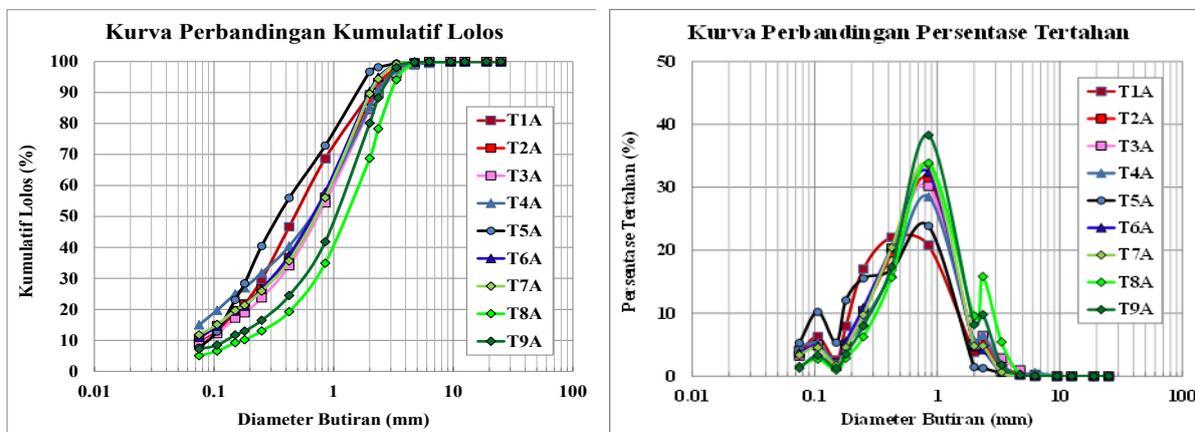
Analisis saringan dilakukan terhadap sampel sedimen terendap yang diambil dari 27 titik lokasi pada berbagai elevasi dasar genangan Waduk Batujai. Untuk elevasi yang paling dangkal, yaitu elevasi 92.5 mdpl lokasi titik pengambilan sampel ditandai dengan penamaan Titik T1A pada lokasi pertama dan seterusnya hingga Titik T9A, sedangkan pada elevasi 90.0 mdpl titik sampel diberi nama Titik T1B untuk titik pertama hingga Titik T9B untuk titik kesembilan. Demikian pula halnya dengan elevasi 87.5 mdpl dimana titik pengambilan sampel diberi nama Titik T1C hingga Titik T9C. Contoh hasil analisis saringan untuk salah satu elevasi dasar waduk disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa ukuran butiran sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi 92.5 mdpl didominasi oleh butiran berukuran 0.85 mm. Hanya pada titik T1A didominasi oleh butiran berukuran lebih lembut, yaitu 0.425 mm. Pada elevasi ini jumlah butiran berukuran 0.85 mm yang tertahan adalah sebanyak 29.52% atau jauh lebih besar bila dibandingkan butiran berukuran 0.425 mm yang berjumlah sebesar 19.33%. Dengan demikian komposisi material untuk sedimen terendap pada Titik T1A hingga Titik T9A persentase material tertahan terbesar adalah butiran berukuran 0.85 mm (Saringan Nomer 20) yang tergolong pasir berkwarso (29.52%), sedangkan untuk persentase material tertahan terkecil adalah butiran berdiameter 6.3 mm (Saringan Nomor 1/4") yang tergolong kerikil halus (0.11%).

Tabel 1. Distribusi ukuran butiran sampel material sedimen terendap pada 9 titik (elevasi 92.5 mdpl)

Nomer Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)									Kumulatif Lolos		Tertahan (%)	
		T1A	T2A	T3A	T4A	T5A	T6A	T7A	T8A	T9A	Total (gram)	(%)		
1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2363.18	100	0
3/4"	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2363.18	100	0
1/2"	12.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2363.18	100	0
3/8"	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0.11	2363.07	100	0
1/4"	6.3	1.18	0	0.21	0.91	0	0	0	0.23	0	2.53	2360.54	99.89	0.11
4	4.75	0.94	0.6	3.05	0.51	0.34	0.62	0.54	0.47	0.54	7.61	2352.93	99.57	0.32
6	3.35	7.49	2.24	8.88	2.73	1.29	2.27	1.7	9.31	4.5	40.41	2312.52	97.86	1.71
8	2.36	20.5	7.46	20.09	10.32	3.24	14.54	13.19	27.18	24.94	141.46	2171.06	91.87	5.99
10	2	16.85	7.22	16.17	8.94	3.71	16.42	13.09	16.45	20.87	119.72	2051.34	86.80	5.07
20	0.85	92.32	44	94.63	45.3	61.35	112.44	91.72	58.18	97.74	697.68	1353.66	57.28	29.52
40	0.425	98.02	27.47	63.74	25.97	43.49	70.96	55.85	26.91	44.34	456.75	896.91	37.95	19.33
60	0.25	75.67	14.14	32.53	13.76	39.97	37.71	26.53	10.7	20.33	271.34	625.57	26.47	11.48
80	0.18	35.14	7.04	15.2	7.61	30.97	19.13	12.46	4.88	9	141.43	484.14	20.49	5.98
100	0.15	11.22	2.84	5.38	3.17	13.7	5.52	4.69	1.63	3.2	51.35	432.79	18.31	2.17
140	0.106	27.8	6.8	15.65	8.32	26.25	16.73	12.46	4.59	8.35	126.95	305.84	12.94	5.37
200	0.075	16.27	5.74	10.05	7.45	13.54	12.75	9.12	2.66	3.23	80.81	225.03	9.52	3.42
Pan	0	41.09	14.93	28.23	23.86	19.57	38.16	32.17	8.63	18.39	225.03	0	0	9.52
Total		444.49	140.48	313.81	158.85	257.42	347.25	273.52	171.93	255.43	2363.2			100

Dengan membandingkan kurva kumulatif lolos saringan untuk semua titik pengukuran pada elevasi 92.5 mdpl (Gambar 1) terlihat bahwa persentase perbedaan kumulatif lolos yang bervariasi dialami oleh butiran berdiameter antara 0.18 mm (Saringan Nomer 80) hingga 2.36 mm (Saringan Nomer 8) sedangkan butiran sedimen terendap yang lebih halus atau kasar relatif hampir sama yang ditunjukkan oleh kurva kumulatif lolos saringan yang berimpit atau hampir berimpit satu sama lainnya. Seperti telah disebutkan di atas bahwa dominasi butiran berukuran 0.85 mm (pasir berkwarasa) pada sedimen terendap Waduk Batujai tampak nyata pada semua titik pengukuran kecuali pada Titik T1A yang berbeda dimana jumlah butiran tertahan didominasi oleh butiran yang lebih halus, yaitu berdiameter 0.425 mm (pasir sedang). Kurva perbandingan persentase tertahan pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa titik puncak kurva persentase tertahan Titik T1A bergeser ke kiri pada diameter butiran 0.425 mm sedangkan untuk diameter berukuran lain puncak kurva berada pada butiran berdiameter 0.85 mm (Titik T2A - Titik T9A).



Gambar 1. Perbandingan kumulatif lolos saringan dan persentase tertahan untuk sampel sedimen terendap pada 9 titik (elevasi 92.5 mdpl)

alisis saringan dilakukan terhadap sampel sedimen terendap yang berasal dari masing-masing 9 titik lokasi terpilih pada elevasi 90.0 mdpl dan 87.5 mdpl, yaitu Titik T1B - Titik T9B dan Titik T1C - Titik T9C. Hasil analisis saringan butiran untuk semua titik pada elevasi 90.0 mdpl dan elevasi 87.5 mdpl tidak disajikan sebagaimana hasil analisis saringan butiran pada elevasi 92.5 mdpl seperti tampak dalam Tabel 1 tetapi digabung dalam Tabel 2 untuk memudahkan perbandingan antar elevasi dasar waduk yang berbeda.

Ditinjau dari klasifikasi ukuran butiran sedimen pada Tabel 2, terlihat bahwa sedimen terendap Waduk Batujai pada 9 titik di elevasi 92.5 mdpl didominasi oleh kelas butiran pasir yang terdiri dari pasir berkwarsa, pasir sedang, pasir halus dan pasir sangat halus, yaitu sebesar 77.28% sedangkan material dalam keompok kerikil yang terdiri dari kerikil sangat halus dan kerikil halus sebanyak 13.20%. Untuk kelompok kerikil persentasenya meningkat sesuai bertambahnya kedalaman, yaitu 19.12% pada elevasi 90.0 mdpl dan 30.91% pada elevasi 87.5 mdpl. Sebaliknya untuk persentase kelompok butiran pasir mengalami penurunan dari 77.28% pada elevasi 92.5 mdpl menjadi 74.03% pada elevasi 90.0 mdpl dan 62.82% pada elevasi 87.5 mdpl. Komposisi lanau dan lempung juga mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman genangan. Hal ini berbeda dengan Vanoni (1975) yang menyebutkan bahwa material yang lebih halus akan terbawa oleh arus aliran menuju bagian genangan yang lebih dalam. Perbedaan ini perlu diteliti lebih lanjut terutama terkait dengan efisiensi tangkapan (trap efficiency) setiap waduk yang dipilih untuk penelitian.

Tabel 2. Klasifikasi ukuran butiran untuk material sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi dasar yang berbeda (9 titik per elevasi)

No. Saringan	Diameter Lubang (mm)	Persentase Tertahan (%)			Klasifikasi Butiran	Kelas Butiran
		92.5 mdpl	90.0 mdpl	87.5 mdpl		
1"	25	0.00	0.00	3.26	Kerikil berkwarsa	Kerikil
3/4"	19	0.00	0.00	1.37	Kerikil berkwarsa	
1/2"	12.5	0.00	0.00	1.05	Kerikil sedang	
3/8"	9.5	0.00	0.08	0.73	Kerikil sedang	
1/4"	6.3	0.11	0.32	1.23	Kerikil halus	
4	4.75	0.32	1.06	2.32	Kerikil halus	
6	3.35	1.71	4.08	5.60	Kerikil sangat halus	
8	2.36	5.99	8.24	9.69	Kerikil sangat halus	
10	2	5.07	5.33	5.68	Kerikil sangat halus	
<b>% Kerikil</b>		<b>13.20</b>	<b>19.12</b>	<b>30.91</b>		
20	0.85	29.52	25.47	25.91	Pasir berkwarsa	Pasir
40	0.425	19.33	18.61	16.86	Pasir sedang	
60	0.25	11.48	12.12	8.80	Pasir sedang	
80	0.18	5.98	6.13	4.02	Pasir halus	
100	0.15	2.17	2.19	1.43	Pasir halus	
140	0.106	5.37	5.95	3.48	Pasir sangat halus	
200	0.075	3.42	3.56	2.32	Pasir sangat halus	
<b>% Pasir</b>		<b>77.28</b>	<b>74.03</b>	<b>62.82</b>		
Pan	-	9.52	6.86	6.27		Lanau+Lempung
<b>% Lanau+Lempung</b>		<b>9.52</b>	<b>6.86</b>	<b>6.27</b>		
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>		

*Analisis Saringan Material Bahan Kerajinan Bukit Balibe*

Analisis saringan material bahan kerajinan Bukit Balibe dilakukan terhadap sampel dari 9 lokasi, yaitu material Titik BA1, BB1, BC1, BD1, BE1, BF1, BG1, BH1 dan Titik BI1. Hasil analisis saringan butiran yang disajikan dalam Tabel 3 memperlihatkan bahwa ukuran butiran material bahan kerajinan pada Bukit Balibe didominasi oleh butiran berukuran 0.85 mm, yaitu sebanyak 22.34%, sedangkan persentase material tertahan terkecil berada pada Saringan Nomor 3/4" atau berdiameter 19 mm yang tergolong kerikil berkwarsa (0.20%). Lebih jauh terlihat bahwa material bahan kerajinan Bukit Balibe didominasi oleh kelas butiran pasir yang terdiri dari pasir berkwarsa, pasir sedang, pasir halus dan pasir sangat halus sebesar 61.78% sedangkan material dalam kelompok kerikil yang terdiri dari kerikil sangat halus, kerikil halus, kerikil sedang dan kerikil berkwarsa sebanyak 27.26% (Tabel 4).

Tabel 3. Distribusi ukuran butiran sampel material kerajinan gerabah pada 9 titik di Bukit Balibe

Nomer Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)									Kumulatif Lolos		Tertahan n (%)	
		BA1	BB1	BC1	BD1	BE1	BF1	BG1	BH1	BI1	Total (gram)	(%)		
1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5969.49	100.00	0.0
3/4"	19	0	0	0	0	0	0	11.86	0	0	11.86	5957.63	99.80	0.20
1/2"	12.5	0	0	0	0	0	12.26	11.45	0	6.39	30.10	5927.53	99.30	0.50
3/8"	9.5	0	0	0	0	5.88	25.58	6.72	2.20	11.04	51.42	5876.11	98.44	0.86
1/4"	6.3	11.54	5.88	8.4	1.98	20.67	36.91	18.94	9.29	16.10	129.71	5746.4	96.26	2.17
4	4.75	18.95	18.99	19.59	9.87	25.31	34.52	33.73	12.58	28.05	201.59	5544.81	92.89	3.38
6	3.35	29.68	44.01	47.25	33.22	50.76	46.18	57.01	24.28	56.97	389.36	5155.45	86.36	6.52
8	2.36	33.66	65.61	73.7	62.03	63.42	51.96	72.26	37.87	72.99	533.50	4621.95	77.43	8.94
10	2	18.26	37.74	38.89	37.46	30.55	25.44	34.02	23.26	33.95	279.57	4342.38	72.74	4.68
20	0.85	107.43	185.79	170.01	175.08	140.03	116.6	145.33	147.65	145.52	1333.44	3008.94	50.41	22.34
40	0.425	103.20	104.05	84.49	108.08	102.32	94.39	91.23	109.19	80.99	877.94	2131.00	35.70	14.71
60	0.25	68.32	53.59	43.73	53.85	69.09	64.31	56.40	65.28	41.69	516.26	1614.74	27.05	8.65
80	0.18	49.81	25.01	27.86	24.88	36.46	35.65	30.26	42.18	25.49	297.60	1317.14	22.06	4.99
100	0.15	16.06	8.95	14.56	9.96	14.32	12.26	9.48	14.93	8.34	108.86	1208.28	20.24	1.82
140	0.106	39.57	25.19	23.52	28.38	33.89	33.57	28.58	34.29	18.37	265.36	942.92	15.80	4.45
200	0.075	70.85	7.84	46.31	22.26	17.49	21.09	12.64	56.56	32.74	287.78	655.14	10.97	4.82
Pan	0	112.04	69.34	80.51	80.75	52.05	46.40	51.80	77.56	84.69	655.14	0	0	10.97
<b>Total</b>		<b>679.37</b>	<b>651.99</b>	<b>678.82</b>	<b>647.80</b>	<b>662.24</b>	<b>657.12</b>	<b>671.71</b>	<b>657.12</b>	<b>663.32</b>	<b>5969.49</b>			<b>100</b>

Tabel 4. Klasifikasi ukuran butiran material bahan kerajinan gerabah pada 9 titik di Bukit Balibe

No. Saringan	Diameter Lubang (mm)	Persentase Tertahan (%)	Klasifikasi Butiran	Kelas Butiran
1"	25	0.00	Kerikil berkwarsa	Kerikil
3/4"	19	0.20	Kerikil berkwarsa	
1/2"	12.5	0.50	Kerikil sedang	
3/8"	9.5	0.86	Kerikil sedang	
1/4"	6.3	2.17	Kerikil halus	
4	4.75	3.38	Kerikil halus	
6	3.35	6.52	Kerikil sangat halus	
8	2.36	8.94	Kerikil sangat halus	
10	2	4.68	Kerikil sangat halus	
<b>% Kerikil</b>		<b>27.26</b>		
20	0.85	22.34	Pasir berkwarsa	

40	0.425	14.71	Pasir sedang	Pasir
60	0.25	8.65	Pasir sedang	
80	0.18	4.99	Pasir halus	
100	0.15	1.82	Pasir halus	
140	0.106	4.45	Pasir sangat halus	
200	0.075	4.82	Pasir sangat halus	
% Pasir		<b>61.78</b>		
Pan	-	10.97		Lanau+Lempung
% Lanau+Lempung		<b>10.96</b>		
<b>Total</b>		<b>100</b>		

### *Perbandingan Hasil Uji Gradasi Butiran Sedimen Terendap Waduk Batujai dengan Material Bahan Kerajinan Gerabah Bukit Balibe*

Perbandingan hasil pengujian sampel dilakukan untuk melihat tingkat perbedaan antara material sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi 92.5 mdpl, 90.0 mdpl dan elevasi 87.5 mdpl dengan material bahan kerajinan gerabah Bukit Balibe.

Bila dibandingkan dengan hasil analisis material bahan kerajinan Bukit Balibe seperti tampak dalam Tabel 5 terlihat bahwa komposisi material sedimen terendap Waduk Batujai memiliki persentase kelas butiran pasir (< 2 mm) lebih besar bila dibandingkan dengan material bahan kerajinan Bukit Balibe, yaitu 77.28% berbanding 61.78%. Sebaliknya untuk kelas butiran kerikil ( $\geq 2$  mm) material sedimen terendap Waduk Batujai memiliki persentase lebih rendah dari material bahan kerajinan Bukit Balibe, yaitu 13.20% berbanding 27.26%.

Material sedimen terendap Waduk Batujai untuk berbagai elevasi kedalaman didominasi oleh kelompok material berbutir halus berukuran < 2 mm dengan persentase masing-masing sebesar 77.28% (elevasi 92.5 mdpl), 74.03% (elevasi 90.0 mdpl) dan 62.82% (elevasi 87.5 mdpl). Kelompok material ini merupakan kelas butiran pasir yang terdiri dari pasir sangat halus, pasir halus, pasir sedang dan pasir berkwarsa. Kandungan sedimen dari kelas butiran kerikil berukuran  $\geq 2$  mm adalah sebesar 13.20% (elevasi 92.5 mdpl), 19.12% (elevasi 90.0 mdpl) dan 30.91% (elevasi 87.5 mdpl). Kelompok material ini merupakan kelas butiran kerikil yang terdiri dari kerikil sangat halus, kerikil halus, kerikil sedang dan kerikil berkwarsa. Terlihat bahwa dominasi kelompok butiran halus memiliki persentase lebih besar pada kedalaman dangkal termasuk bila ditambahkan dengan ukuran butiran yang lebih halus yang tertahan dalam wadah (pan), yaitu lanau dan lempung. Patut diduga bahwa persentase sedimen berbutir halus akan berkurang atau sedimen yang terendap akan bertambah kasar seiring dengan bertambahnya kedalaman genangan.

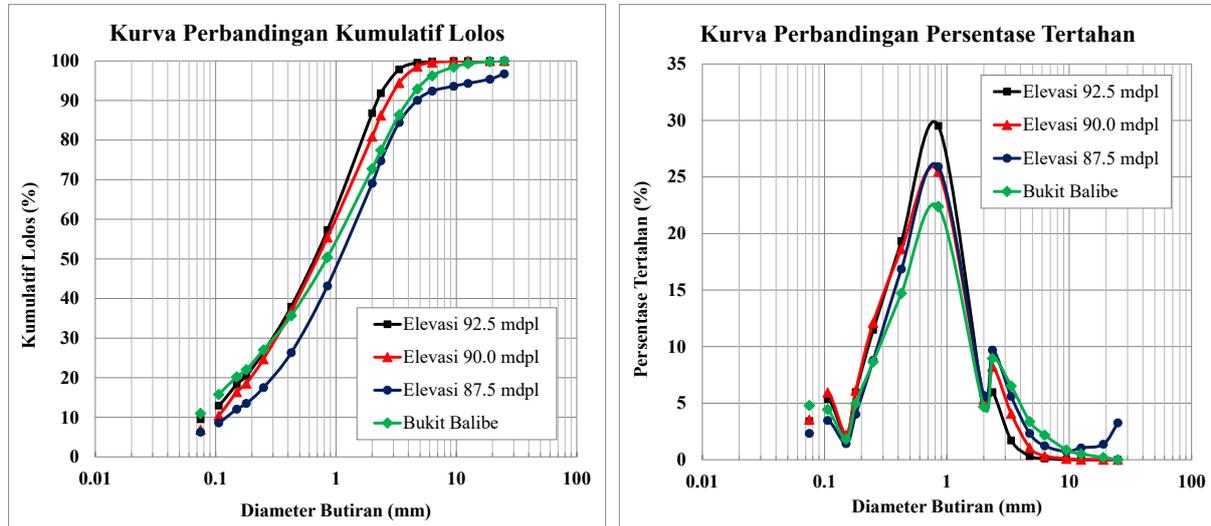
Tabel 5 menunjukkan pula bahwa komposisi sedimen terendap Waduk Batujai yang paling mendekati komposisi material bahan kerajinan Bukit Balibe adalah komposisi sedimen terendap pada elevasi 87.5 mdpl dimana selisih persentase kelas butiran kerikil yang terdiri dari kerikil sangat halus, kerikil halus, kerikil sedang dan kerikil berkwarsa sebesar 3.65%, sedangkan pada kelas butiran pasir yang terdiri dari pasir sangat halus, pasir halus, pasir sedang dan pasir berkwarsa hanya sebesar 1.05%.

Tabel 5. Persentase butiran halus dan butiran kasar sedimen terendap Waduk Batujai dan material bahan kerajinan gerabah Bukit Balibe

Lokasi Pengambilan Sampel		Kelas Butiran					
Nama Titik	Lokasi	Kerikil ( $\geq 2$ mm)		0.62 mm < Pasir < 2 mm		Lanau+lempung (< 0.075 mm)	
		Per Titik (%)	Semua Titik (%)	Per Titik (%)	Semua Titik (%)	Per Titik (%)	Semua Titik (%)
T1A	Dasar waduk el. 92.5 mdpl	10.57	13.20	80.18	77.28	9.24	9.52
T2A		12.47		76.90		10.63	
T3A		15.42		75.58		9.00	
T4A		14.74		70.24		15.02	
T5A		3.33		89.06		7.60	
T6A		9.75		79.26		10.99	
T7A		10.43		77.81		11.76	
T8A		31.26		63.72		5.02	
T9A		19.91		72.89		7.20	
T1B	Dasar waduk el. 90.0 mdpl	17.49	19.12	80.61	74.03	1.90	6.86
T2B		24.01		70.39		5.59	
T3B		14.92		75.78		9.31	
T4B		7.33		75.59		17.07	
T5B		24.62		66.37		9.00	
T6B		18.45		76.92		4.62	
T7B		9.60		82.17		8.24	
T8B		23.35		71.64		5.01	
T9B		30.54		64.98		4.48	
T1C	Dasar waduk el. 87.5 mdpl	19.68	30.91	74.85	62.82	5.47	6.27
T2C		36.42		60.58		3.00	
T3C		55.49		43.03		1.48	
T4C		14.21		73.40		12.38	
T5C		26.37		66.23		7.41	
T6C		21.82		70.00		8.18	
T7C		19.16		68.95		11.89	
T8C		19.57		74.08		6.35	
T9C		19.72		70.57		9.70	
BA1	Bukit Balibe	16.50	27.26	67.01	61.78	16.49	10.96
BB1		26.42		62.95		10.64	
BC1		27.67		60.47		11.86	
BD1		22.32		65.22		12.47	
BE1		29.69		62.45		7.86	
BF1		35.43		57.50		7.06	
BG1		36.62		55.67		7.71	
BH1		16.66		71.54		11.80	
BI1		33.99		53.24		12.77	

Analisis lebih lanjut terhadap akumulasi setiap ukuran butiran sedimen terendap untuk berbagai kedalaman Waduk Batujai dan material bahan kerajinan Bukit Balibe menunjukkan bahwa sebaran butiran sedimen terendap waduk pada elevasi 92.5 mdpl dan elevasi 90.0 mdpl adalah identik satu sama lain terutama pada kelas butiran pasir dan material yang lebih lembut seperti lanau dan lempung. Gambar 2 menunjukkan kurva sebaran butiran pada kedua elevasi yang berimpit satu sama lainnya khususnya untuk material berbutir dibawah 0.15 mm (Saringan Nomer 100). Pada kelompok ini material bahan kerajinan Bukit Balibe menunjukkan karakteristik yang sama tapi mulai lebih bervariasi pada butiran mendekati diameter 0.85 mm (Saringan Nomer 20) sedangkan sebaran butiran sedimen terendap pada elevasi 87.5 mdpl mengalami perbedaan yang relatif mencolok dengan persentase kumulatif lolos yang lebih

kecil bila dibandingkan dengan material sedimen terendap pada dua elevasi dasar waduk yang lebih tinggi atau sedimen yang terendap pada kedalaman genangan yang lebih rendah. Hal ini ditunjukkan oleh kurva perbandingan kumulatif lolos untuk elevasi 87.5 mdpl yang bergeser menjauhi kurva elevasi 92.5 mdpl, kurva elevasi 90.0 mdpl dan kurva material bahan kerajinan Bukit Balibe ke arah kanan.



Gambar 2. Perbandingan kumulatif lolos saringan dan persentase tertahan untuk sedimen terendap Waduk Batujai dan material bahan kerajinan gerabah Bukit Balibe

Hal menarik bahwa sebaran material bahan kerajinan gerabah Bukit Balibe untuk butiran pada kelompok material halus, yaitu  $< 2$  mm (pasir, lanau dan lempung) yang hampir identik dengan sebaran butiran pada kelompok yang sama untuk material sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi 92.5 mdpl dan elevasi 90.0 mdpl, mengindikasikan bahwa sampai pada taraf tertentu material yang berasal dari ketiga sumber ini mempunyai karakteristik yang sama untuk kelas butiran pasir dan material berukuran lebih lembut seperti lanau dan lempung. Dengan demikian terdapat kemungkinan bahwa sedimen terendap pada elevasi 92.5 mdpl dan elevasi 90.0 mdpl dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti bahan kerajinan Bukit Balibe. Perlu diperhatikan bahwa proporsi material atau sedimen yang bisa digunakan sebagai bahan campuran atau aditif untuk material bahan kerajinan gerabah adalah bervariasi tergantung pada jenis gerabah yang diproduksi serta sifat fisik dan kimia yang diinginkan (Rice, 1987). Sebagai pedoman umum untuk proporsi butiran halus seperti lempung biasanya berkisar antara 20-30% dari total campuran bahan, sedangkan untuk butiran yang lebih kasar seperti pasir dibutuhkan proporsi lebih sedikit, yaitu berkisar antara 5-15%. Pasir dibutuhkan untuk mencegah terjadinya keretakan selama proses pembakaran gerabah.

Berdasarkan kurva perbandingan persentase tertahan pada Gambar 2 untuk sebaran butiran pada kelompok butiran kasar, yaitu  $\geq 2$  mm (kelas butiran kerikil) kurva sebarannya menjauh dan hanya sedimen terendap pada elevasi 87.5 mdpl yang memiliki kurva persentase tertahan yang relatif berimpit dengan material bahan kerajinan Bukit Balibe. Untuk butiran yang lebih kasar tidak diperhatikan lebih lanjut karena bahan kerajinan gerabah tidak memerlukan material dengan ukuran butiran pada kelas butiran kerikil. Kurva perbandingan

persentase tertahan pada Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa ukuran butiran pada mode halus (fine mode) didominasi oleh material dengan ukuran butiran yang sama, yaitu 0.85 mm untuk ketiga kedalaman yang berbeda pada Waduk Batujai maupun material bahan kerajinan Bukit Balibe sedangkan untuk mode kasar (coarse mode) didominasi oleh material dengan ukuran butiran 2.36 mm (Saringan Nomer 8).

### KESIMPULAN

Sedimen terendap Waduk Batujai didominasi oleh pasir berkwarsa atau butiran berdiameter 0.85 mm (Saringan Nomer 20) yang berarti bahwa diberbagai titik dengan kedalaman yang berbeda sedimen terendap didominasi oleh material berbutir halus dan masuk dalam kelas butiran pasir. Bertambahnya kedalaman genangan waduk diikuti oleh peningkatan kekasaran sedimen terendap. Material bahan kerajinan Bukit Balibe juga didominasi oleh material dalam kelas butiran pasir ( $< 2$  mm) dengan persentase sebesar 61.78%, sedangkan persentase material dalam kelas butiran kerikil ( $\geq 2$  mm) sebesar 27.26%. Komposisi material bahan kerajinan Bukit Balibe mendekati komposisi sedimen terendap Waduk Batujai pada elevasi 87.5 mdpl, yaitu untuk kelas butiran kerikil masing-masing mengandung 27.26% dan 30.91%, sedangkan untuk kelas butiran pasir adalah 61.78% berbanding 62.82%. Kurva gradasi butiran material menunjukkan bahwa persentase material bahan kerajinan Bukit Balibe untuk material berbutir halus terutama berdiameter  $\leq 0.18$  mm (Saringan Nomer 80) lebih mendekati persentase sedimen terendap pada elevasi 92.5 mdpl dan elevasi 90.0 mdpl, sedangkan untuk material berbutir lebih kasar dengan diameter  $\geq 3.35$  mm (Saringan Nomer 6) lebih mendekati persentase material sedimen terendap pada elevasi 87.5 mdpl. Analisis gradasi butiran menunjukkan bahwa rekayasa komposisi material sedimen terendap Waduk Batujai memungkinkan untuk dilakukan hingga tingkat tertentu agar mendekati komposisi material bahan kerajinan gerabah Bukit Balibe.

### Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti atas hibah dana Penelitian Peningkatan Kapasitas Perguruan Tinggi Tahun 2024 dengan Nomer Kontrak 1765/UN18.L1/PP/2024 dan kepada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I (BWS NT I) yang telah menyediakan fasilitas pendukung untuk kelancaran pengambilan sampel sedimen.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2019, *Undang-undang Nomer 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air*, Tambahan Lembaran Negara RI Tahun 2019 Nomer 190.
- Ara, Z., dan Zakwan, M., 2018, Reservoir Sedimentation Analysis : A Case Study, *Proceeding of 5th National Conference on Water, Environment and Society (NCWES)*, June 2018, pp. 247-253.
- Azmeri, Sunday, D., dan Sapha, D., 2017, Kajian Kualitas Batu Bata Merah melalui Pemanfaatan Bahan Sedimentasi Bendung Krueng Aceh, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 2, pp. 115-122.
- Garg, V., dan Jothiprakash, V., 2008, Trap Efficiency Estimation of A Large Reservoir, *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 4, No. 2, pp. 88-101.

- Jain, M.K., and Kothyari, U.C., 2000, Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield using GIS, *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 45, No. 5, pp. 771-786.
- Parker, G., 1991, Some random notes on grain sorting, *Proceeding the International Grain Sorting Seminar*, Zurich, pp. 19-76.
- Rice, P.M., 1987, *Pottery Analysis: A Sourcebook*, The University of Chicago Press, Chicago, pp. 1-558.
- Saadi, Y., 2008, Fractional Critical Shear Stress at Incipient Motion in a Bimodal Sediment, *Journal of Civil Engineering Science and Application, Civil Engineering Dimension*, Vol. 10, No. 2, pp. 89-98.
- Saadi, Y., Suroso, A. dan Putra, I.G.B., 2016, Identification of Suspended Sediment Concentration in Stream Network, *Journal of Applied Mechanics and Materials*, Vol. 845, pp. 3-9.
- Saadi, Y., Suroso, A., Negara, I.D.G.J., dan Salehudin, S., 2023, Observation of Mixed Grain Size Sediment Transport Rate and Streamwise Nearbed Flow Velocity in A Gravel-worked Bed, *E3S Web of Conferences*, No. 464, pp. 1-6.
- Saadi, Y., Salehudin, Suroso, A., Pradjoko, E., Estyana, E., Rohmayani, H.N., dan Aslam, F.B., 2024, *Analisis Komposisi Sedimen Terendap Waduk Batujai dan Rekayasa Material untuk Potensi Pemanfaatan Alternatif*, Laporan Akhir Hibah Penelitian Peningkatan Kapasitas, Tahun Anggaran 2024, Universitas Mataram.
- Shaw, J., dan Kellerhals, R., 1982, *The Composition of Recent Alluvial Gravels in Alberta River Beds*, Bulletin 41, Alberta Research Council, Edmonton, Canada.
- Suraja, S., dan Siregar, N., 2023, Pemanfaatan Material Lokal Sedimen Bendungan Batang Ilung dalam Pembuatan Paving Block, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 7, No. 2, pp. 184-193.
- Suzuki, K., dan Hano, A., 1991, Grain size change of bed surface layer and sediment discharge of an equilibrium river bed, *Proceeding the International Grain Sorting Seminar*, Zurich, pp. 151-162.
- USDI., 1987, *Design of Small Dams*, A Water Resources Technical Publication, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation.
- Vanoni, V.A., 1975, *Sedimentation Engineering*, ASCE Committee for the Preparation of the Manual on Sedimentation of the Sedimentation Committee of the Hydraulics Division.
- Widowati, dan Sinaga, A., 2016, Studi Kelayakan Usaha Pembuatan Bata Merah Berbahan Baku Sedimen Bendungan Sengguruh, *Jurnal Akses Pengabdian Indonesia*, Vol. 1, No.1, pp.43-54).