

LAJU ANGKUTAN SEDIMEN MELAYANG DI SUNGAI WIMBI SUB DAS WIMBI KABUPATEN POSO

Sedimen Load Rate on Wimbi River Wimbi Sub Watershed, Poso Regency

Herman Harijanto, Abdul Wahid, Arief Sudhartono, dan Nikteri Perori

Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako

ABSTRACT. *The research purpose was to determine of floating sediment loading rate which transported along Wimbi river water runoff and analyzed the relationship between water discharge with floating sediment discharge in the Wimbi river. The method used in this study was a survey method, namely by conducting direct measurements in the field, including: measurement of water discharge and water sampling for analysis of floating sediment content. Parameter measured for the purpose of analyzing the sediment loading rate, namely floating sediment concentration C_s (mg / l), river water discharge Q (m³ / sec) and floating sediment discharge Q_s (kg / sec). The relationship between water discharge and sediment discharge was analyzed using a suspended sediment rating curve. The results showed the flow of river water flowing at the cross section of the Wimbi river ranged from 0.88 m³ / sec - 13.7 m³ / sec (average of 6.17 m³ / sec). Furthermore, the height of the water level (H) flowing in the cross section of the Wimbi river ranged from 0.5 to 1.84 m with average = 1.14m. Sediment loading rates float in the Wimbi river ranged from 2.110 - 99.511kg / sec (average of 35.222 kg / sec). The analyzed results of the relationship between water discharge and floating sediment discharge obtained a positive relationship with a correlation value of 0.96.*

Keyword: *Suspended Sediment; Discharge; Wimbi Watershed*

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju angkutan sedimen melayang yang terangkut bersama limpasan air sungai Wimbi dan mengkaji hubungan antara debit air dengan debit sedimen melayang pada sungai Wimbi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, yakni dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan, meliputi : pengukuran debit air serta pengambilan sampel air untuk analisis kandungan sedimen melayang. Parameter parameter yang diukur untuk keperluan analisis laju angkutan sedimen ini, yaitu konsentrasi sedimen melayang C_s (mg/l), debit air sungai Q (m³/detik) dan debit sedimen melayang Q_s (kg/detik). Hubungan antara debit Air dan debit sedimen dianalisis menggunakan kurva lengkungan sedimen (*suspended sediment rating curve*). Hasil penelitian menunjukkan Debit air sungai yang mengalir pada penampang sungai Wimbi berkisar antara 0,88 m³/detik – 13,7 m³/detik (rata-rata sebesar 6,17 m³/detik). Selanjutnya, tinggi muka air (H) yang mengalir pada penampang sungai Wimbi berkisar 0,5 – 1,84 m dengan $H_{rata-rata}$ = 1,14m. Laju angkutan sedimen melayang pada sungai Wimbi berkisar antara 2,110 – 99,511kg/dtk (rata-rata sebesar 35,229 kg/det). Hasil analisis hubungan antara debit air dan debit sedimen melayang diperoleh suatu hubungan positif dengan nilai korelasi sebesar 0,96.

Kata kunci: Sedimen Melayang; Debit Air, DAS Wimbi

Penulis untuk korespondensi, surel: hermanharijanto@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung gunung atau bukit yang menerima, menampung dan mengalirkan air yang jatuh di atasnya melalui sungai utama yang bermuara ke danau atau lautan. Sebuah DAS memiliki lima fungsi utama yang tercakup dalam fungsi hidrologis dan ekologis (Damayanti, 2013) Salah satu fungsi hidrologis dari DAS adalah sebagai pemasok air dengan kuantitas dan kualitas

yang baik terutama bagi orang di wilayah hilir (Swallow dkk. 2006)

Terjadinya erosi tanah, banjir, serta sedimentasi merupakan ciri dari kerusakan permukaan lahan dalam suatu wilayah DAS yang sering muncul sebagai akibat adanya bencana alam maupun aktivitas manusia (Hardwinarto, 1996; Yusmandany, 2004). Mengacu pada analisis sistem DAS, DAS dapat berperan sebagai tempat transformasi input berupa curah hujan menjadi output berupa hasil air dan endapan (sedimen). (Hardwinarto, 1996)

Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik erosi permukaan, erosi parit, atau tipe erosi lainnya (Asdak 2010). Sedimen yang dihasilkan dari proses erosi tersebut akan diangkut oleh aliran air permukaan dan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatannya melambat atau terhenti (Arianti dkk, 2012)

Menurut (Simoen, 1985) Proses pengangkutan sedimen dapat dibagi menjadi 3 yaitu: sebagai muatan melayang (*suspended load*), muatan bilas (*wash load*) dan muatan dasar (*bed load*). Angkutan sedimen dasar bergerak di dasar secara menggelinding (*rolling*), gesbergeser (*sliding*), dan meloncat (*jumping*), pada dasar sungai. Angkutan sedimen melayang (*suspended load*) bergerak di atas dasar secara melayang dan dipengaruhi oleh gerak *turbulensi* aliran (Iksan, 2007). Sedimen melayang merupakan mekanisme angkutan utama di dalam saluran-saluran sungai dan prediksi tentang hasil endapan sering didasarkan hanya data tentang sedimen melayang dan, data tentang angkutan sedimen melayang dari suatu sungai dapat digunakan untuk memprediksi erosi pada wilayah bersangkutan (Hardwinarto, 1996)

Sub DAS Wimbi yang meliputi kawasan seluas 10.487,4 ha. merupakan salah satu Sub DAS dari DAS Poso. Sub DAS Wimbi memiliki sungai utama yaitu sungai Wimbi yang merupakan salah satu sungai yang memasok sumber air bagi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sulewana di Kabupsten Poso. Secara administrasi pemerintahan sub DAS Wimbi termasuk dalam wilayah kecamatan Pamona Timur Kabupaten Poso. Berdasarkan hasil monitoring (Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, 2014) menunjukkan bahwa wilayah sub DAS Wimbi memiliki lahan kritis dengan kategori agak kritis sampai kritis seluas 1063,2 ha (10,%) dari luas sub DAS Wimbi. Lahan kritis ini cenderung semakin terdegradasi karena erosi yang terjadi di DAS Wimbi cukup besar. Hasil penelitian (Chaeruddin & Hardwinarto, 2011), menyimpulkan bahwa 63,97% wilayah Sub DAS Wimbi didominasi oleh TBE sedang sampai sangat berat. Hal ini menunjukkan bahwa erosi dengan intensitas tinggi masih terus berlangsung di wilayah sub DAS Wimbi, mengingat curah hujan yang relatif tinggi serta kondisi topografi di wilayah DAS Wimbi yang juga didominasi oleh topografi

sedang sampai sangat curam yakni sekitar 64% dari luas wilayah sub DAS Wimbi.

Berdasarkan uraian tersebut, secara umum, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui laju angkutan sedimen melayang yang terangkut bersama limpasan air sungai Wimbi dan mengkaji hubungan antara debit air dengan debit sedimen melayang pada sungai Wimbi

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Wimbi yang merupakan salah satu Sub DAS di Daerah Aliran Sungai (DAS) Poso Kabupaten Poso pada bulan Oktober sampai Desember 2019. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 500 – 1.200 m dpl. Lokasi pengambilan sampel sedimen dilakukan pada muara Sungai Wimbi. Berdasarkan Sistem klasifikasi iklim menurut Schmidth dan Fergusson, kawasan DAS Wimbi memiliki tipe iklim A dengan curah hujan tahunan sebesar 1.447 – 2.640 mm (rata-rata 2.240 mm/th). Suhu udara harian rata-rata sebesar 29,4 °C, dengan rata-rata suhu maksimum 25 °C dan rata-rata suhu minimum sebesar 23,8 °C. Secara umum, jenis tanah yang dominan di lokasi penelitian adalah latosol dengan tekstur lempung sampai lempung berpasir

Pengukuran debit air dilakukan pada, muara (*outlet*) sungai Wimbi, dengan mengukur luas penampang basah badan sungai, kecepatan aliran dan tinggi muka air. Tinggi muka air diukur dengan membaca elevasi permukaan pada alat duga air. Pengukuran kecepatan arus dilakukan dengan menggunakan *current meter*. Debit air sungai dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (Chow, 1988)

$$Q = V.A \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

Q = debit air sungai (m³/det),

V = kecepatan air sungai (m/det),

A = luas penampang sungai (m²)

Hubungan antara debit air dan tinggi muka air dianalisis menggunakan persamaan sebagai berikut: (Linsley dkk (1980).

$$Q = a (h)^b \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Q = Debit air sungai (m³/detik)
h = Tinggi muka air (m)
a dan b = Nilai konstanta

Bersamaan dengan pengukuran debit air, dilakukan juga pengukuran sedimen melayang (*suspended sediment load*) dengan mengambil sampel air sungai menggunakan *sediment sampler*. Sampel air sungai yang telah terkumpul kemudian disaring dengan menggunakan kertas filter dan filtratnya dikeringkan dalam oven pengering pada suhu 105 °C selama 24 jam, selanjutnya ditimbang untuk mengetahui berat kering contoh sedimen melayang yang diperlukan dalam penentuan konsentrasi sedimen melayang. Konsentrasi sedimen melayang dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Hardwinarto, 1996)

$$Cs = \frac{G_2 - G_1}{V} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

Cs = konsentrasi sedimen melayang (g/L),
G₂ = berat filtrat sedimen melayang dan kertas filter dalam keadaan kering (mg),
G₁ = berat kertas filter (mg)
V = volume sampel sedimen melayang (L)

Debit sedimen melayang yang mengalir melalui penampang melintang saluran sungai dalam setiap waktu dapat dihitung dengan persamaan berikut (Gregory dan Walling, 1976):

$$Q_s = Q \cdot C_s \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

Q_s = debit sedimen melayang (kg/det),
Q = debit air sungai (m³/det)
C_s = konsentrasi sedimen melayang (mg/L)

analisis hubungan antara debit air dan debit sedimen dianalisis dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: (Linsley dkk, 1980)

$$Q_s = a \cdot (Q)^b \dots\dots\dots (5)$$

keterangan:

Q_s = debit sedimen melayang (kg/det)
Q = debit air sungai (m³/det)
a dan b = konstanta faktor bentuk hidrolika sungai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Air (*Discharge*) dan Tinggi Muka Air

Debit air (Q) adalah volume air yang mengalir melalui penampang basah sungai yang dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/det) atau liter per detik (L/det) (Soewarno 1991). Pengukuran debit air dan tinggi muka air sungai dilakukan pada muara (outlet) sungai Wimbi. Hasil pengukuran debit air dan tinggi muka air yang dilakukan selama perioda penelitian disajikan pada Tabel-1.

Tabel 1. Debit Air, Tinggi Muka Air dan Konsentrasi Sedimen dan Debit Sedimen Melayang pada Outlet Wimbi.

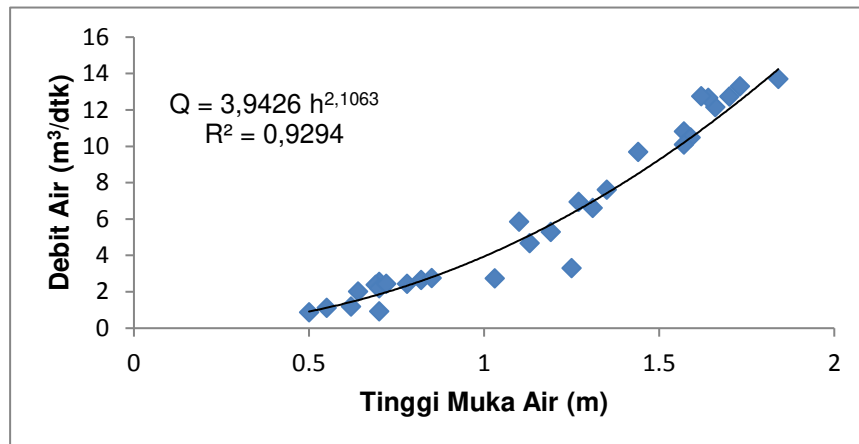
No.	TMA (m)	Debit (m ³ /dtk)	CS (mg/ltr)	QS (Kg/dtk)
1	0,64	2,02	1,141	2,305
2	0,70	2,55	2,202	5,615
3	0,50	0,88	1,819	2,110
4	0,62	1,2	2,106	2,527
5	1,70	12,74	6,621	84,352
6	1,84	13,7	7,239	99,174
7	1,66	12,15	6,244	75,865
8	1,64	12,67	6,323	80,112
9	1,62	12,75	7,063	90,053
10	1,10	5,86	4,72	27,659
11	0,69	2,39	1,941	4,639
12	0,70	0,93	2,542	4,906
13	0,55	1,13	2,188	2,472
14	1,44	9,7	5,403	52,409
15	1,57	10,82	8,546	92,468
16	0,70	2,2	2,441	5,370
17	1,25	3,3	1,622	5,353
18	1,59	10,48	6,441	67,502
19	1,57	10,1	6,194	62,559
20	1,27	6,94	4,394	30,494
21	1,19	5,3	3,64	19,292
22	0,78	2,45	2,024	3,744
23	0,82	2,65	2,543	4,196
24	1,03	2,74	2,422	6,636
25	0,85	2,75	1,923	3,808
26	0,72	2,45	2,175	3,850
27	1,35	7,61	6,726	51,185
28	1,13	4,68	4,662	21,818
29	1,31	6,62	6,78	44,884
30	1,73	13,3	7,482	99,511
total	34,26	185,06	127,567	1056,868
rataan	1,14	6,17	4,2522	35,229
max	1,84	13,7	8,5460	99,511
min	0,5	0,88	1,1410	2,110

Berdasarkan hasil pengukuran seperti yang disajikan pada Tabel-1 menunjukkan bahwa debit air (Q) yang mengalir pada penampang sungai Wimbi berkisar antara 0,88 – 13,7 m³/det dengan Q_{rataan} sebesar 6,17 m³/det. Selanjutnya, tinggi muka air (H) yang mengalir pada penampang sungai Wimbi berkisar 0,5 – 1,84 m dengan H_{rataan} = 1,14m. Dari data tersebut tampak bahwa debit air dan tinggi muka air sungai wimbi berfluktuasi yang dicerminkan oleh perbedaan Q maks dan Q min serta H maks dan H min selama 30 kali pengukuran. Berfluktuasinya debit air dan tinggi muka air tersebut dapat disebabkan oleh adanya curah hujan yang turun selama periode penelitian yakni sebanyak 12 kali kejadian

hujan. Tinggi muka air dan Debit aliran sungai akan meningkat setelah terjadi hujan, kemudian akan turun kembali setelah hujan berhenti (Wiadnyana dkk, 2019). Menurut (Asdak, 2010; Handayani & Indrajaya, 2011) bahwa hujan merupakan input utama dalam suatu DAS. Pada periode tidak terjadi hujan debit air terlihat hampir merata sebaliknya pada periode terjadi hujan debit air tampak meningkat (Nasrullah dan Kartiwa 2010; Muchtar dan Abdullah 2007). Hal senada dikemukakan oleh Kamase dkk (2017) bahwa Ketika intensitas hujan meningkat maka akan terjadi pula peningkatan debit air. (Sudarmadji, 1995) menyatakan bahwa, hasil pengamatan terhadap debit air sungai secara temporal pada umumnya diperoleh

sejumlah besar limpasan debit air sungai yang terjadi pada saat berlangsungnya curah hujan dan beberapa saat ketika hujan berhenti. Sebaliknya ketika tidak terjadi hujan hanya sebagian kecil limpasan air sungai yang ada. Informasi mengenai debit air maksimum dan minimum yang diperoleh dapat menjadi salah satu indikator untuk mengevaluasi suatu DAS apakah kondisinya normal atau terganggu (Baloch dan Tanik, 2008)

Debit air yang mengalir pada penampang sungai Wimbi dihiitung debitnya pada berbagai tinggi muka air sehingga didapatkan pasangan data antara tinggi muka air dengan debit air. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan tersebut, diperoleh hubungan antara tinggi muka air dan debit air (lengkung aliran) seperti yang disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Grafik hubungan antara tinggi muka air (TMA) dan debit air (Q)

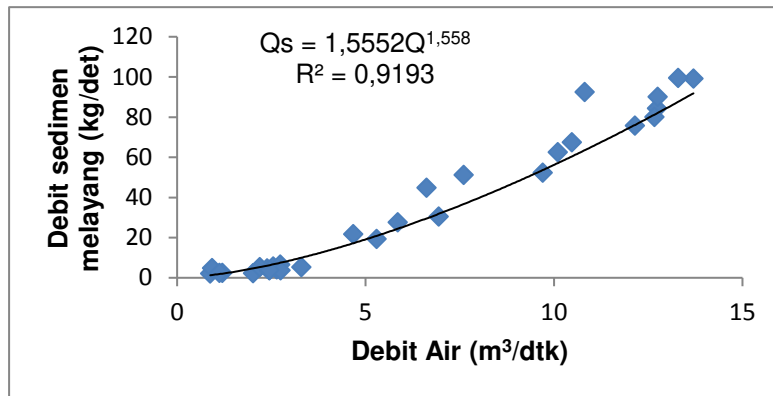
Berdasarkan Gambar-1 dapat diketahui bahwa Hubungan antara tinggi muka air (TMA) dengan debit air diperoleh persamaan lengkung aliran yaitu $Q = 3,4926 h^{2,1063}$, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9294. Hal ini bermakna bahwa terdapat sekitar 92,94% faktor debit air dipengaruhi oleh tinggi muka air sedang sisanya 7,06% adalah faktor lain yang tidak dapat dijelaskan oleh sistem. Berdasarkan gambar-1 dapat diketahui pula bahwa nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,95 yang berarti bahwa hubungan debit air dan tinggi muka air (TMA) adalah hubungan yang positif dan kuat, artinya bahwa kenaikan tinggi muka air juga menyebabkan kenaikan debit air.

Angkutan Sedimen Melayang

Sedimen merupakan hasil proses erosi yang terangkut oleh limpasan permukaan (*surface runoff*), dan bila mana limpasan permukaan mencapai badan sungai maka

aliran sungai merupakan media pengangkut sedimen tersebut (Sudarmadji, 1995). Pengukuran dan pengambilan sampel air untuk menduga muatan sedimen melayang dilakukan bersamaan dengan pengukuran debit air yang selanjutnya dianalisis dilaboratorium. Hasil-hasil pengukuran laju angkutan sedimen melayang pada saluran sungai wimbi selama periode penelitian disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan data pada Tabel-1 menunjukkan bahwa sedimen melayang yang terangkut bersama aliran air berkisar antara 2,110 – 99,511kg/dtk dengan Qsrataan sebesar 35,229 kg/dtk. Berdasarkan hasil pengukuran debit air (Q) dan debit sedimen melayang (Qs) selanjutnya dianalisis hubungan keeratannya dengan membuat grafik lengkung debit suspensi (grafik hubungan Q dan Qs) yang hasilnya disajikan Gambar-2



Gambar 2. Grafik hubungan antara debit air (Q) dan debit Sedimen Melayang

Berdasarkan Gambar-2 dapat diketahui bahwa Hubungan antara debit air dengan debit sedimen melayang diperoleh persamaan lengkung debit suspensi yaitu $Q_s = 1,55 Q^{1,558}$, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,91,93. Hal ini bermakna bahwa terdapat sekitar 91,93% faktor debit sedimen melayang dipengaruhi oleh debit air sedang sisanya 8,07% dipengaruhi oleh faktor lain. Dari gambar-1 dapat pula diketahui bahwa nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,96 yang berarti bahwa hubungan debit air dan debit Sedimen Melayang adalah hubungan yang positif yang kuat. Artinya bahwa semakin tinggi debit air maka sedimen yang terangkut aliran air juga semakin besar.

Meskipun demikian, dari tabel 1 tersebut tampak bahwa pada periode-periode waktu tertentu besarnya debit air tidak diikuti oleh besarnya sedimen yang terangkut bersama aliran air. Hal ini dimungkinkan oleh ketersediaan dari sedimen tersebut yang terangkut bersama aliran sungai.

Menurut (Hardwinarto, 1996), bahwa pada saat-saat tertentu, massa sedimen melayang disaluran sungai tergantung pada jumlah bahan endapan yang terbawa oleh aliran permukaan. Sehingga dengan demikian, meskipun debit air kecil namun bila tersedia bahan endapan yang tercuci oleh aliran permukaan maka konsentrasi sedimen melayang tersebut dapat menjadi lebih besar. Ketersediaan sedimen melayang yang terangkut oleh aliran sungai selain sebagai hasil proses erosi yang terjadi pada lahan yang di atasnya, dapat pula terjadi sebagai hasil proses erosi tebing sungai. (Panjaitan dkk, 2007).

SIMPULAN

Debit air sungai yang mengalir pada penampang sungai Wimbi berkisar antara 0,88 m³/detik – 13,7 m³/detik (rata-rata sebesar 6,17 m³/detik). Selanjutnya, tinggi muka air (H) yang mengalir pada penampang sungai Wimbi berkisar 0,5 – 1,84 m dengan $H_{rata-rata} = 1,14$ m. Laju angkutan sedimen melayang berkisar antara 2,110 – 99,511 kg/dtk (rata-rata sebesar 35,229 kg/det). Hubungan antara debit air dan debit sedimen melayang menunjukkan korelasi yang sangat kuat ($r = 0,96$), hal ini mengindikasikan bahwa meningkatnya debit air sungai akan diikuti dengan meningkatnya sedimen melayang (*suspended load*), yang terangkut bersama aliran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, F. D., Suratman, Martono, E., & Suprayogi, S. 2012. Dampak Pengelolaan Lahan Pertanian Terhadap Hasil Sedimen Di Daerah Aliran Sungai Galeh Kabupaten Semarang. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 19(3), 238–246.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. 2014. *Review Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis Balai Pengelolaan DAS Palu-Poso tahun 2014*. Palu.
- Baloch, M. A., & Tanik, A. (2008). Development of an Integrated Watershed Management strategy for Resource

- Conservation in Balochistan Province of Pakistan. *Desalination*, 226(1-3), 38 - 46.
- Chaeruddin, M. A., & Hardwinarto, S. 2011. Kajian Limpasan Air Permukaan, Laju Erosi Tanah dan Hasil Sedimen pada Sub DAS Wimbi Di DAS Poso Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kehutanan Tropika Humida*, 4(2), 116 - 125.
- Chow, V. T. 1988. *Hand Book of Applied Hydrology*. New York.: Mc. Graw Hill . Book Company.
- Damayanti, A. 2013. Analisis Zone Agroekologi Untuk Strategi Pengelolaan Das Berkelanjutan *Jurnal Geografi* 5(1), 1 - 16
- Gregory, K. J & Walling, D. E. 1976. Drainage Basin Form and Process. Fletcher and Son Ltd.Norwich.
- Handayani, W., & Indrajaya, Y. 2011. Analisis Hubungan Curah Hujan Dan Debit Sub Sub DAS Ngatabaru, Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 8(2), 143-153.
- Hardwinarto, S. 1996. Karakteristik Sebaran Vertikal Beban Endapan Layang dari Lahan Hutan yang Rusak di Dalam DAS. *Jurnal Rimba Kalimantan*, 1(1), 75 – 87.
- Ikhsan, C, 2007. Pengaruh Variasi Debit Air Terhadap Laju Bed Load Pada Saluran Terbuka Dengan Pola Aliran Steady Flow . *Media Teknik Sipil*, Januari 2007, 63-67
- Kamase, M., Hendratta, L.M., & Sumarauw, J.S.F., 2017. Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano Di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat. *Jurnal Sipil Statik*. 5 (4) 175-185
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L.H 1980. *Applied Hydrology*. New York.: Mc. Graw Hill Book Company.
- Muchtar, A., & Abdullah, N. 2007. 'Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa'. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 2(1), 174-187.
- Nasrullah, & Kertiwa, B. (2010). Analisis Alih Fungsi Lahan Dan Keterkaitannya Dengan Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 31, 81 - 98.
- Panjaitan C.N, Aipassa, M.I, & Hardwinarto, S, 2007. Studi Pola Pengelolaan Sub Das Siduung Kabupaten Berau Berdasarkan Pendekatan Kondisi Biofisik Dan Hidroorologi. *Jurnal Kehutanan Unmul* 3 (1), 9-21
- Simoen, S. 1985. Masalah Sedimentasi dalam Rangka Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Lokakarya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu 4 – 7 Oktober 1985*. Yogyakarta.
- Soewarno, 1991. Hidrologi. Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova. Bandung
- Sudarmadji, T. 1995. Rekayasa Pemantauan dan Pengelolaan Komponen Hidrologi. *Kursus Dasar-Dasar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*.: PPLH UNMUL . Samarinda.
- Swallow, B., Johnson, N., Dick, R. M., & Knox, A. 2006. The Challenges of Inclusive Cross-Scale Collective Action in Watersheds. *Water International*, 31(3), 361-375.
- Wiadnyana, D.M, Subagiada, K & Natalisanto, A.I. 2019. Hubungan Tinggi Muka Air Dan Debit Aliran Sungai Karang Mumus Di Lokasi Desa Pampang Kota Samarinda. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 2 (2), 1 - 7
- Yusmandany, E. S. 2004. 'Kemampuan Potensial Tanah Menahan Air Hujan. *Buletin Teknik Pertanian*, 9(1), 26 - 29.