

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No.2, Agustus 2017



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan nomor penerbitan dari dua menjadi tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap nomornya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam *invited paper* yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, *review* perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, *technical paper* hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta *research methodology* berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 2 Agustus 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof. Dr. Ir. Kamaruddin Abdullah, IPU. (Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Agus Buono, MSi, MKom (Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ery Suhartanto, ST.,MT (Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir.Hj. Nurpilihan Bafdal, MSc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M. Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Asri Widyasanti, STP.,M.Eng (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App., Sc., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP.,MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr.Ir. Sugiarto, MSi (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

**Kajian Sedimen Melayang pada Sub DAS Sei Kalembah (DAS Padang),
Studi Kasus : Perkebunan Kelapa Sawit PTPN 4 Kebun Pabatu**

*Assesment of suspended sediment transport in Kalembah Sub watershed (Padang
Watershed), case study of Pabatu Oil Palm Plantation*

Edi Susanto, Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Email: edinara68@yahoo.com

Budi Indra Setiawan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
Email: budindra@yahoo.com

Yuli Suharnoto, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
Email: y.suharnoto@gmail.com

Liyantono, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: l_tono@yahoo.com

Abstract

The purpose of this study was determined the amount of suspended sediment concentration dan sediment rating curve. Sediment rating curve are use to show the relationship between the discharge of the river and sediment discharge, a value sediment discharge can be used to predict the magnitude of the sedimentation process. Assesment of the suspended sediment have been made to overcome the problems associated with the movement of contaminants, changes in water quality, to predict the lifetime of a dam on the river, and also to determine the rate of erosion due to changes in land use. Replanting at oil palm plantations, especially during land clearing that part of the land to be bare land. This condition causes the surface flow of replanted areas become rapidly concentrated into a ditch and into the river carrying sediment. The research results were obtained that the value of sediment discharge at the study site including the criteria for very high (greater than 20 tons/ha/yr) and already exceeds the limit sediment load criteria issued by the Ministry of Forestry.

Keywords : *suspended sediment, sediment discharge, sediment rating curve, replanting, oil palm plantation*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya konsentrasi sedimen melayang (*suspended sediment*) dan kurva lengkung sedimen (*sediment rating curve*). Kurva lengkung sedimen merupakan kurva yang menunjukkan hubungan antara debit sungai dengan nilai debit sedimen sehingga dapat digunakan untuk memprediksi besarnya proses sedimentasi. Kajian terhadap sedimen melayang (*suspended sediment*) telah dilakukan untuk mengatasi masalah yang berhubungan dengan proses pergerakan kontaminan (bahan penyebab polusi), perubahan kualitas air, memprediksi masa pakai dari sebuah bendungan di sungai, dan juga untuk mengetahui laju erosi akibat perubahan tataguna lahan. Kegiatan peremajaan (*replanting*) pada perkebunan kelapa sawit, terutama pada saat pembersihan lahan (*land clearing*) maka sebagian lahan menjadi terbuka. Kondisi ini yang menyebabkan aliran permukaan dari areal peremajaan menjadi cepat terkonsentrasi ke parit dan menuju sungai dengan membawa sedimen. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa nilai debit sedimen pada lokasi penelitian termasuk kriteria sangat tinggi (lebih besar dari 20 ton/ha/thn) dan sudah melebihi batas kriteria muatan sedimen yang dikeluarkan oleh Kementerian Kehutanan.

Kata kunci : Sedimen melayang, Debit sedimen, kurva lengkung sedimen, peremajaan, perkebunan kelapa sawit

Diterima: 16 Juni 2016; Disetujui: 31 Mei 2017

Pendahuluan

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama, DAS juga merupakan suatu ekosistem yang terdiri dari berbagai macam komponen dan terjadi keseimbangan dinamik antara komponen yang merupakan masukan (*input*) dan komponen yang merupakan keluaran (*output*), dimana pengaruh yang berlaku pada salah satu bagian di dalamnya akan mempengaruhi wilayah secara keseluruhan (Loebis *et al.* 1993; Sri-Harto 1993; Asdak 2007; Triatmodjo 2008)

Sub DAS Sei Kalembah merupakan bagian dari DAS Padang yang terletak di Kabupaten Serdang Begadei Propinsi Sumatera Utara. Luas DAS Padang dengan luas 110,671.85 ha, sedang luas Sub DAS Sei Kalembah 4,360.15 ha (3.94% dari luas DAS Padang) (Departemen-Kehutanan 2010). Tutupan lahan pada DAS Padang didominasi (60 %) oleh perkebunan dan pertanian lahan kering, sedangkan jenis tanahnya merupakan jenis ordo Inceptisol dan Entisol dengan luas terbesar termasuk *great ordo* Dystropepts yaitu sekitar 58%, DAS Padang dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2,312 mm/tahun, debit maksimum aliran sungai 43.2 m³/dtk dan debit minimumnya 13.4 m³/dtk (Departemen-Kehutanan 2010).

Sedimen merupakan hasil dari proses erosi yang mengendap di kaki bukit, daerah genangan banjir, saluran air, sungai dan waduk (Asdak 2007). Memprediksi besarnya jumlah angkutan sedimen merupakan tujuan dari berbagai keahlian seperti ahli teknik (*engineers*), ahli hidrologi (*hydrologist*), ahli sedimen (*sedimentologist*) (Leopold *et al.* 1995). Ahli teknik menggunakan nilai besarnya angkutan sedimen untuk memprediksi masa pakai dari sebuah bendungan di sungai, dan ilmuwan lain menggunakannya untuk mempelajari laju erosi dan perubahan lingkungan (Syvitski *et al.* 2000). Jenis angkutan sedimen berdasarkan ukurannya partikelnya terbagi menjadi tiga yaitu 1) Sedimen cuci (*wash load*) terdiri dari partikel liat dan debu yang terbawa masuk kedalam sungai dan tetap tinggal melayang sampai mencapai laut, 2) Sedimen melayang (*suspended load/sediment*) terutama terdiri dari pasir halus yang melayang di dalam aliran karena terpengaruh oleh turbulensi aliran air, dan 3) angkutan sedimen didasar saluran (*bed load*) terutama untuk butiran yang lebih besar akan bergerak menggelincir, menggelinding di dasar (Asdak 2007; Mulyanto 2007). Sumber dari sedimen melayang tergantung dari keadaan lingkungan sekitarnya DAS. Tutupan lahan, bentuk dari drainase DAS, curah hujan, perkembangan iklim dan bentuk topografi dan aktivitas manusia adalah merupakan faktor yang mempengaruhi

produksi dan perpindahan sedimen (Milliman dan Meade 1983).

Menurut Dephut (2010) salah satu penyebab terjadinya banjir di DAS Padang adalah akibat karena adanya proses sedimentasi yang cukup besar yang berasal dari areal perkebunan (kelapa sawit atau karet) terutama pada saat dilakukan proses peremajaan (*replanting*). Pada proses peremajaan kegiatan yang dilakukan yaitu pembukaan lahan dan pelebaran talud sungai sehingga sebagian lahan dan tebing sungai menjadi terbuka. Kondisi ini yang menyebabkan aliran permukaan dari areal peremajaan cepat terkonsentrasi ke parit dan menuju sungai dengan membawa sedimen. Besarnya konsentrasi sedimen khususnya pada areal perkebunan kelapa sawit yang melakukan kegiatan peremajaan masih belum banyak diteliti, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian. Adapun tujuan penelitian ini adalah : 1) menghitung besarnya konsentrasi sedimen melayang yang seluruh tutupan lahannya adalah tanaman kelapa sawit, 2) Menentukan persamaan garis lengkung sedimen (*sediment rating curve*). Sedimen cuci (*wash load*) dan sedimen melayang (*suspended load*) bagi para engineering dan geomorfologis mempunyai pengertian yang berbeda, akan tetapi keduanya tetap mengacu pada perpindahan butiran halus (debu dan liat), sehingga peneliti tetap mengacu pada definisi tersebut (Aquino *et al.* 2009).

Penelitian untuk menghitung besarnya nilai debit sedimen dapat ditentukan dengan berbagai metode diantaranya dengan pengukuran langsung di sungai dengan pengukuran konsentrasi sedimen (Saud 2008) atau dengan menggunakan persamaan empiris seperti metode Yang, metode Bagnold dan metode Sheng, metode Engelung-Hansen dan Hung (Saud 2008; Boangmanalu dan Indrawan 2011; Pangestu dan Haki 2013) dan juga menggunakan model hidrologi (Sukartaatmadja 2006). Rata-rata nilai konsentrasi sedimen yang diukur pada DAS Berantas bagian hulu diperoleh sebesar 63.33 mg/l dengan besarnya debit 19.07 m³/dtk sehingga besarnya debit sedimen 102.28 ton/hari (Saud 2008), sedang besarnya total debit sedimen dari penelitian yang dilakukan di sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin propinsi Sumatera Selatan diperoleh sebesar 6.507 ton/hari (Pangestu dan Haki 2013). Di Pulau Jawa penelitian sejenis juga dilakukan pada sungai Bengawan Solo, dari penelitian tersebut diperoleh rata-rata besarnya debit sungai adalah 100.23 m³/dtk, konsentrasi sedimen 638.50 mg/l dan debit sedimen 2920.21 ton/hari (Hidayah *et al.* 2013), sedang penelitian yang dilakukan di DAS Wampu Kabupaten Langkat propinsi Sumatera Utara nilai debit sedimen diperoleh 39.34 ton/hari (Boangmanalu dan Indrawan 2011).

Garis lengkung sedimen (*sedimen rating curve*) telah banyak digunakan sebagai salah satu metode empiris yang menghubungkan konsentrasi sedimen,

C_s (g/m^3) dengan debit saluran, Q (m^3/detik) (Colby 1956; Isik 2014). Pada umumnya karya ilmiah yang sudah dipublikasi yang menggunakan garis lengkung sedimen merupakan fungsi *power* dalam bentuk persamaan seperti dibawah ini (Asselman 2000; Syvitski *et al.* 2000) :

$$C_s = aQ^b \quad (1)$$

dimana a konstanta regresi dan b konstanta eksponensial.

Nilai-nilai konstanta regresi dan eksponensial dari kurva lengkung sedimen (*sediment rating curve*) tergantung pada tingkat erosi yang terjadi, atau ketersediaan bahan sedimen yang merupakan hasil pelapukan di daerah tertentu dan juga kekuatan air sungai untuk mengikis dan mengangkut bahan sedimen (Asselman 2000).

Bahan dan Metode

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu: tahap penentuan lokasi penelitian, tahap penentuan titik outlet untuk pengukuran debit dan pengambilan sampel sedimen, tahap pembuatan DAS (*watershed deliniation*), tahap pembuatan sekat ukur cipoletti untuk pengukuran debit sungai, tempat botol sampel dan pemasangan *Automatic Water Level Recorder* (AWLR), tahap pengambilan sampel sedimen, tahap pengukuran konsentrasi sedimen, dan tahap pembuatan garis lengkung debit sedimen.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret 2015 sampai bulan Maret 2016 yang berlokasi di Sub DAS Sei Kalembah (DAS Padang) atau di areal perkebunan kelapa sawit PTPN 4 kebun Pabatu (Gambar 1).

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan berupa: data spasial seperti peta *Digital Elevation Model* (DEM), dan peta tata guna lahan, data series iklim dan sampel sedimen. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat komputer dengan *software* arcSWAT dan *Microsoft Office*, Sekat ukur tipe Cipoletti, GPS Garmin, kertas saring Whatman tipe 934-AH diameter 55 mm, *water level logger* tipe Global Water WL16U, botol tempat sampel sedimen.

Metode

Penelitian ini menggunakan data sekunder dan primer, data sekunder yang diperlukan antara lain berupa data DEM, data curah hujan. Data DEM 30 m (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) digunakan untuk deliniasi Sub DAS Sei Kalembah (lokasi penelitian) dengan menggunakan *software* arcSWAT, sedangkan data curah hujan harian mulai bulan Maret 2015 – Maret

2016 diperoleh dari PTPN 4 Kebun Pabatu.

Untuk memperoleh data primer berupa debit sungai di titik outletnya maka dibangun sekat ukur cipoletti (bentuk trapezoidal) dengan prakiraan ketinggian maksimum air disaluran sebesar 30 cm dan lebar penampang dasar ambang saluran (*crest*) 200 cm. Sekat ukur dilengkapi dengan AWLR atau *water level logger* merk Global Water tipe WL16U (Gambar 1) yang berfungsi untuk mencatat data tinggi muka air sungai setiap 30 menit secara otomatis.

Hasil dari tinggi muka air sungai tersebut digunakan untuk menghitung debit dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Kraatz dan Mahajan 1982; Kalsim *et al.* 2006):

$$Q = 1.86 LH^{3/2} \quad (2)$$

dimana: Q = debit sungai (liter/detik), L = lebar penampang dasar ambang saluran (m) dan H = beda elevasi antara ambang dengan muka air sungai (cm).

Data primer yang lain berupa sampel sedimen melayang yang diambil pada titik *oulet* sungai, sampel sedimen diambil dengan dua metode yaitu pertama dengan botol sampel yang ditempel pada dinding sekat ukur. Ketinggian setiap botol sampel akan mewakili beberapa besaran debit sungai dan cara yang kedua dengan menggunakan alat sedimen sampler USDH 48 yang telah dimodifikasi. Pengambilan sampel sedimen ini diambil setiap 2 minggu sekali (SNI 2008).

Untuk memperoleh konsentrasi sedimen maka air sampel sebanyak 200 ml dianalisa di laboratorium dengan cara difiltrasi dengan pompa vakum dalam tabung yang dilengkapi dengan kertas saring (kertas saring Whatman tipe 934-AH dengan ukuran pori (*pore size*) = $1.5\mu\text{m}$ dan diameter 55 mm) dan kemudian ditimbang massa sedimen yang melekat pada kertas filter (APHA 1995; SNI 2004).

Pembuatan kurva lengkung sedimen yang menghubungkan antara debit sedimen dengan debit sungai menggunakan persamaan 1 (Syvitski *et al.* 2000).



Gambar 1. Sekat Ukur dan rumah *Water Level Logger* pada lokasi penelitian.

Hasil dan Pembahasan

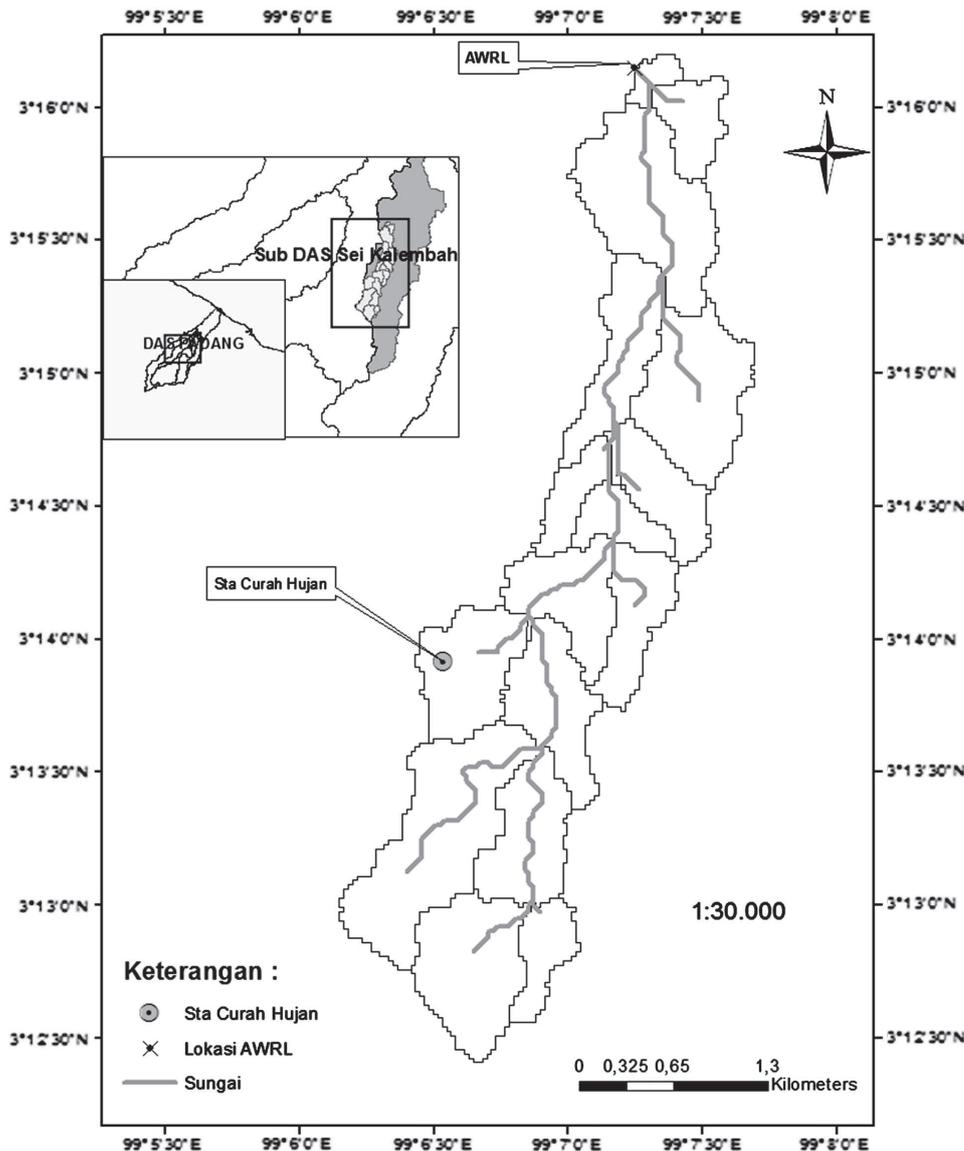
Karakteristik Fisik Sub DAS Sei Kalembah (Lokasi Penelitian)

Lokasi penelitian terletak pada 03°13'0"N - 03°16'30"N dan 99°06'0"E - 99°08'0"E (Gambar 2) yang merupakan bagian di Sub DAS Sei Kalembah (DAS Padang). Luas Sub DAS Sei Kalembah (lokasi penelitian) 734 ha sehingga termasuk kedalam kategori DAS sangat kecil (Permenhut 2013) dengan panjang sungai utama sebesar 7.5 km dengan 19 jaringan sungai. Tutupan lahan seluruhnya berupa tanaman sawit dan dengan ketinggiannya mulai 36 m – 120 m diatas permukaan laut, curah hujan tahunan sebesar 1888 mm/tahun yang diperoleh dari stasiun curah hujan yang diukur pada setiap afdeling. Klasifikasi tanah lokasi penelitian didominasi oleh jenis ordo Inceptisol dan Entisol dengan luas terbesar termasuk *great ordo Dystropepts* yaitu sekitar 100%.

Bentuk (*shape*) lokasi penelitian berdasarkan nisbah kebulatan (*circulating ratio/Rc*) adalah

memanjang (Permenhut 2013) dengan nilai Rc sebesar 0.16. Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir ke outlet, semakin bulat bentuk DAS maka waktu konsentrasi yang dibutuhkan semakin singkat sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi, sebaliknya semakin lonjong/memanjang bentuk DAS maka semakin lama waktu konsentrasi yang dibutuhkan dan fluktuasi banjir semakin rendah.

Jaringan sungai dapat mempengaruhi besarnya debit aliran sungai yang dialirkan oleh anak-anak sungainya. Nisbah percabangan yaitu perbandingan antara jumlah alur sungai suatu orde tertentu dengan orde sungai satu tingkat di atasnya merupakan parameter yang dapat diukur secara kuantitatif. Semakin tinggi nilai nisbah percabangan maka sungai tersebut mempunyai banyak anak-anak sungai sehingga fluktuasi debit yang terjadi semakin besar. Lokasi penelitian mempunyai nisbah percabangan yang bernilai 2 sehingga dapat dikatakan lokasi penelitian mempunyai fluktuasi debit yang kecil.



Gambar 2. Lokasi Penelitian.

Tabel 1. Data curah hujan, debit sedimen dan debit sungai.

Bulan Tahun	Curah hujan (mm/bln)	Debit sedimen (ton/bulan)	Debit sungai (m ³ /dtk)
Maret 2015	114	1,449	0.044
April 2015	87	1,774	0.043
Mei 2015	145	3,908	0.043
Juni 2015	92	3,527	0.042
Juli 2015	160	4,642	0.061
Agust 2015	147	14,187	0.061
Sept 2015	212	7,772	0.049
Okt 2015	148	17,744	0.060
Nop 2015	247	116,877	0.084
Des 2015	58	1,831	0.051
Jan 2016	80	6,186	0.064
Feb 2016	171	5,946	0.053

Pola aliran sungai pada lokasi penelitian berbentuk paralel dimana pola jaringan anak-anak sungai sejajar atau hampir sejajar dengan sungai utama dengan membentuk sudut yang lancip.

Gradien sungai merupakan perbandingan beda elevasi dengan panjang sungai utama. Lokasi penelitian mempunyai gradien kurang dari 1 %. Gradien sungai menunjukkan tingkat kecuraman sungai, semakin besar nilai gradien sungai maka akan semakin besar kecepatan aliran sungai.

Pola aliran sungai utama berbentuk paralel atau sejajar, karena terdapat beberapa patahan (*fault*) (Departemen-Kehutanan 2010).

Kerapatan aliran pada suatu DAS adalah panjang aliran sungai per kilometer persegi luas DAS. Semakin besar nilai kerapatan aliran maka semakin baik sistem pengaliran (*drainase*) di daerah tersebut. Nilai kerapatan aliran pada lokasi penelitian sebesar 2 km/km² yang termasuk kategori sedang dan masih cukup baik dalam penyediaan sumber air karena jika nilai kerapatan sungai <0.62 km/km² berarti DAS akan sering mengalami banjir sedang jika nilai kerapatan sungai >5 km/km² berarti DAS tersebut akan sering mengalami kekeringan.

Curah Hujan, Debit Air Sungai dan Debit Sedimen

Curah hujan yang terjadi pada lokasi penelitian cenderung fluktuatif, hal ini terlihat dari Tabel 1 dimana rata-rata curah hujan bulanan yang terbesar terjadi pada bulan Nopember sebesar 247 mm sedangkan terkecil terjadi pada bulan Desember sebesar 58 mm.

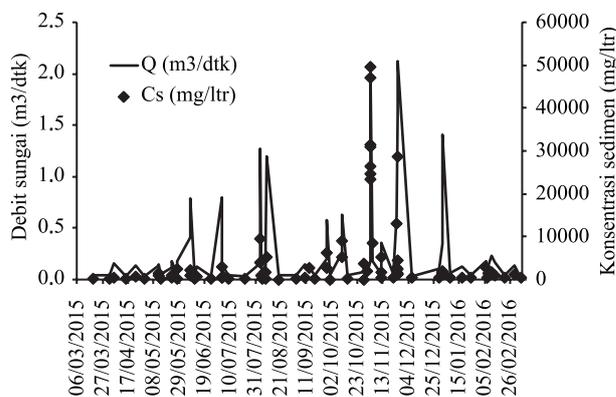
Debit air sungai dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan tinggi muka air sungai yang melewati sekat ukur akan tercatat secara otomatis setiap 30 menit sekali dengan menggunakan *water*

level logger merk global water tipe WL 16U. Lokasi penelitian dengan penutup lahan berupa tanaman kelapa sawit mempunyai rata debit air sungai bulanan tertinggi sebesar 0.0841 m³/dtk yang terjadi pada bulan Nopember dan terkecil sebesar 0.0418 m³/dtk yang terjadi pada bulan Juni. Sampel sedimen yang terisi pada botol untuk bulan Januari sampai Juni diperoleh pada ketinggian H (beda elevasi antara ambang sekat ukur dengan muka air sungai) rata-rata 4 cm atau debit 0.03 m³/detik, hal ini terjadi karena pada bulan Januari – Juni merupakan musim kemarau. Untuk musim hujan yang terjadi mulai bulan Juli – Desember, maka botol sampel sedimen terisi untuk debit yang terendah sampai debit yang terbesar, sehingga distribusi sampel sedimen melayang yang diperoleh sudah mewakili dari setiap debit yang terjadi, baik pada debit yang rendah maupun debit yang tinggi (Gambar 3).

Debit sedimen yang juga sebagai *output* DAS menunjukkan besarnya sedimen (ton) yang terbawa oleh debit air sungai per satuan waktu. Debit sedimen berkorelasi positif dengan debit air sungai dengan kata lain semakin besar debit air sungai, semakin besar daya angkutnya sehingga semakin besar debit sedimen. Hujan yang memiliki daya untuk memecah agregat tanah menjadi partikel yang lebih kecil memberikan sumbangan suspensi pada aliran air yang mengangkutnya.

Jika dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 bahwa hubungan debit air sungai dengan debit sedimen (*Q* dan *Qs*) lebih erat (memiliki pergerakan yang hampir sama) dibandingkan hubungan hujan dengan debit sedimen (*P* dan *Qs*). Hal ini karena debit air sungai bukan saja memiliki daya angkut berbagai sumber erosi yang masuk ke dalam saluran sungai, tetapi juga memiliki daya untuk menggerus tebing sungai dan menjadikannya bentuk sumbangan erosi yang lain. Daya kinetik hujan memecah agregat tanah dapat menghasilkan bahan erosi, tetapi untuk dapat terangkut ke dalam saluran sungai memerlukan proses waktu. Oleh karena itu belum tentu hujan yang semakin besar maka semakin besar pula pada debit sedimen (Handayani dan Indrajaya 2011).

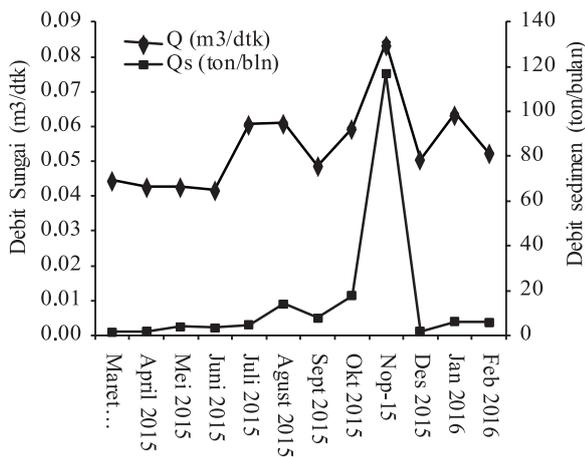
Nilai rata-rata debit sedimen sebesar 250 ton/ha/hari di lokasi penelitian berdasarkan kriteria



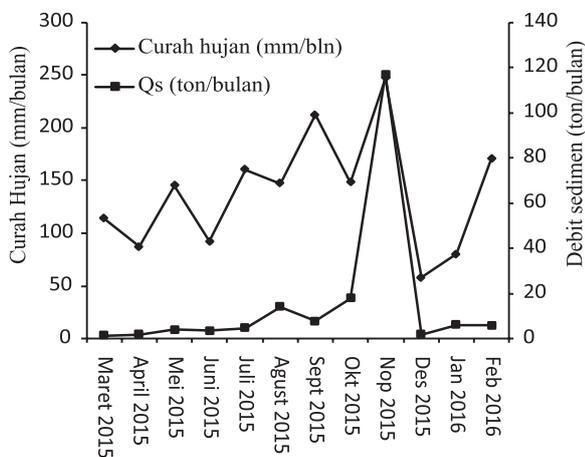
Gambar 3. Grafik hubungan waktu dengan debit sungai dan konsentrasi sedimen.

muatan sedimen yang dikeluarkan oleh departemen kehutanan (Permenhut 2014) mempunyai kriteria sangat tinggi (lebih besar dari 20 ton/ha/thn). Salah satu penyebab dari tingginya nilai debit sedimen tersebut karena pada saat itu kebun Pabatu sedang melakukan peremajaan tanaman seluas 114 ha (Gambar 6). Pada proses peremajaan lahan maka kegiatan yang dilakukan berupa pembersihan lahan dari tanaman kelapa sawit yang sudah tua dan juga pelebaran saluran sungai akibatnya maka sebagian lahan menjadi terbuka dan juga terjadi proses erosi dari tebing sungai. Kondisi ini yang menyebabkan aliran permukaan dari areal peremajaan cepat terkonsentrasi ke parit dan menuju sungai dengan membawa sedimen.

Pada saat dilakukan transplating seluruh tanaman tua akan ditebang sehingga lahan menjadi terbuka tanpa adanya penutup lahan, sehingga pada saat terjadi hujan, energi kinetik hujan akan mudah menghancurkan butiran tanah dan pada akhirnya akan mudah terjadinya erosi dan butiran tanah akan terikut ke saluran sungai menjadi sedimen.



Gambar 4. Grafik hubungan Waktu dengan debit sungai dan debit sedimen.



Gambar 5. Grafik hubungan waktu dengan curah hujan dan debit sedimen.

Garis Lengkung Debit Sedimen (Sediment Discharge Rating Curve)

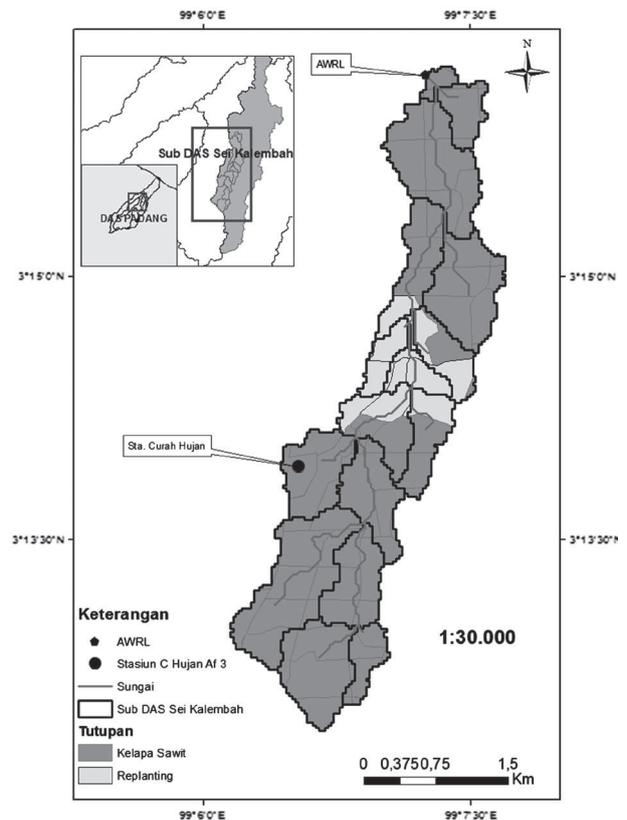
Dengan menggunakan nilai parameter debit sungai dan debit sedimen (Tabel 2) maka dibentuk kurva garis lengkung sedimen (Gambar 7) dengan menggunakan persamaan 1.

Persamaan yang merupakan bentuk fungsi power (*power fuction*) adalah:

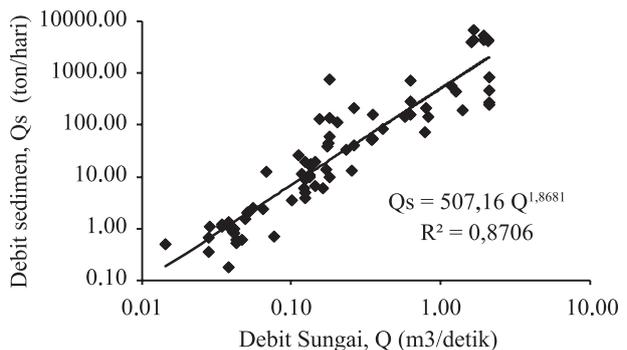
$$Q_s = 507.16 Q^{1.8681} \tag{3}$$

dengan nilai $R^2 : 0.8706$

Dari persamaan diatas diperoleh nilai konstanta *a* sebesar 507.16 sedangkan nilai konstanta *b* sebesar 1.8681 yang berarti debit sedimen yang terjadi pada lokasi penelitian lebih dipengaruhi oleh faktor erodibilitas tanah dibandingkan dengan faktor



Gambar 6. Areal lokasi penelitian yang dilakukan replanting.



Gambar 7. Kurva garis lengkung debit sedimen.

Tabel 2. Data pengamatan debit sungai (Q) dan Konsentrasi sedimen (Cs).

No	Tanggal pengambilan sedimen	Konsentrasi sedimen, Cs (mg/ltr)	Debit sungai, Q (m ³ /dtk)	Debit sedimen, Qs (ton/hari)	Debit sedimen, Qs (ton/ha/thn)	No	Tanggal pengambilan sedimen	Konsentrasi sedimen, Cs (mg/ltr)	Debit sungai, Q (m ³ /dtk)	Debit sedimen, Qs (ton/hari)	Debit sedimen, Qs (ton/ha/thn)
1	19/03/2015	346	0.038	1,138	0,566	42	10/10/2015	5315	0.635	291,508	145,158
2	01/04/2015	376	0.038	1,236	0,616	43	14/10/2015	150	0.047	0,608	0,303
3	05/04/2015	435	0.162	6,101	3,038	44	28/10/2015	107	0.077	0,711	0,354
4	15/04/2015	366	0.035	1,091	0,543	45	28/10/2015	3819	0.180	59,296	29,526
5	23/04/2015	839	0.134	9,730	4,845	46	31/10/2015	2150	0.068	12,600	6,274
6	30/04/2015	392	0.035	1,169	0,582	47	02/11/2015	49780	0.180	772,907	384,872
7	12/05/2015	901	0.134	10,449	5,203	48	02/11/2015	47299	1.678	6859,286	3415,606
8	12/05/2015	1573	0.145	19,726	9,822	49	02/11/2015	30974	1.678	4491,840	2236,728
9	13/05/2015	362	0.049	1,543	0,768	50	02/11/2015	31506	1.943	5289,798	2634,074
10	22/05/2015	1120	0.118	11,432	5,693	51	02/11/2015	26466	1.943	4443,557	2212,685
11	22/05/2015	622	0.180	9,681	4,821	52	02/11/2015	24622	2.080	4425,750	2203,818
12	27/05/2015	275	0.042	0,991	0,493	53	02/11/2015	23374	2.080	4201,379	2092,092
13	27/05/2015	2574	0.174	38,726	19,284	54	04/11/2015	8695	0.180	135,005	67,226
14	07/06/2015	2344	0.409	82,924	41,293	55	11/11/2015	456	0.051	2,004	0,998
15	07/06/2015	1094	0.785	74,188	36,942	56	11/11/2015	1774	0.265	40,622	20,228
16	10/06/2015	332	0.038	1,092	0,544	57	11/11/2015	5271	0.353	160,792	80,067
17	12/06/2015	841	0.123	8,968	4,466	58	21/11/2015	437	0.051	1,923	0,958
18	24/06/2015	274	0.028	0,660	0,329	59	24/11/2015	2885	0.625	155,909	77,635
19	03/07/2015	3025	0.801	209,449	104,296	60	24/11/2015	13162	0.625	711,304	354,196
20	03/07/2015	585	0.254	12,838	6,393	61	25/11/2015	28874	1.614	4027,246	2005,382
21	03/07/2015	454	0.125	4,903	2,442	62	25/11/2015	2584	2.122	473,879	235,970
22	04/07/2015	865	0.128	9,585	4,773	63	25/11/2015	4472	2.122	819,969	408,306
23	08/07/2015	223	0.042	0,804	0,400	64	25/11/2015	1477	2.122	270,865	134,878
24	22/07/2015	148	0.028	0,357	0,178	65	25/11/2015	1326	2.122	243,071	121,038
25	03/08/2015	9685	0.156	130,657	65,061	66	07/12/2015	435	0.029	1,080	0,538
26	03/08/2015	3942	1.276	434,628	216,424	67	29/12/2015	403	0.102	3,556	1,771
27	04/08/2015	914	0.134	10,557	5,257	68	01/01/2016	1762	0.351	53,413	26,597
28	05/08/2015	236	0.041	0,835	0,416	69	01/01/2016	2026	0.827	144,678	72,043
29	07/08/2015	1832	0.123	19,536	9,728	70	01/01/2016	1554	1.409	189,093	94,159
30	08/08/2015	365	0.123	3,892	1,938	71	07/01/2016	423	0.064	2,352	1,171
31	08/08/2015	1708	0.350	51,591	25,690	72	17/01/2016	572	0.123	6,062	3,018
32	09/08/2015	5427	1.197	561,219	279,461	73	24/01/2016	400	0.038	1,329	0,662
33	19/08/2015	55	0.038	0,181	0,090	74	06/02/2016	2822	0.179	43,574	21,698
34	02/09/2015	165	0.043	0,614	0,306	75	07/02/2016	508	0.055	2,431	1,211
35	09/09/2015	520	0.144	6,478	3,226	76	08/02/2016	1490	0.135	17,332	8,631
36	13/09/2015	2710	0.111	26,083	12,988	77	10/02/2016	1675	0.234	33,906	16,883
37	17/09/2015	289	0.039	0,981	0,489	78	13/02/2016	929	0.172	13,816	6,880
38	27/09/2015	6265	0.205	110,848	55,197	79	21/02/2016	400	0.038	1,329	0,662
39	27/09/2015	2859	0.580	143,170	71,292	80	29/02/2016	1349	0.135	15,692	7,814
40	30/09/2015	140	0.043	0,521	0,259	81	06/03/2016	408	0.014	0,505	0,251
41	10/10/2015	9128	0.265	209,037	104,091	rata rata		4947	0,465	501,871	249,909

kemampuan air sungai untuk menghancurkan dan memindahkan bahan sedimen. Nilai koefisien a yang tinggi lebih pada lokasi penelitian diakibatkan oleh banyak bahan material hasil pelapukan akibat cuaca yang terkikis dan terangkut oleh hujan kemudian masuk ke sungai sebagai sedimen (Morgan 2005). Dari hasil analisa tekstur tanah pada lokasi penelitian ternyata kandungan pasir mencapai 85%, kandungan pasir yang tinggi ini merupakan salah satu penyebab tingginya erodibilitas tanah (Morgan 2005).

Nilai koefisien determinasi (R^2) persamaan garis lengkung debit sedimen lokasi penelitian sebesar

0.8706, artinya debit sedimen yang terjadi 87% dipengaruhi faktor debit sungai.

Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Nilai konsentrasi sedimen melayang yang terjadi pada lokasi penelitian paling tinggi sebesar 47,780 mg/liter yang terjadi pada bulan Nopember dan terendah sebesar 55 mg/liter yang terjadi pada bulan Agustus, sedangkan

nilai debit sedimen melayang yang paling tinggi sebesar 6,859 ton/hari yang terjadi pada bulan Nopember dan terendah sebesar 0.181 ton/hari yang terjadi pada bulan Agustus.

2. Dari hasil kajian sedimen melayang pada Perkebunan PTPN 4 Kebun Pabatu ternyata akibat dari proses peremajaan tanaman seluas 114 ha dapat menyebabkan tingginya nilai rata-rata debit sedimen sebesar 250 ton/ha/hari
3. Persamaan kurva lengkung sedimen yang diperoleh dengan nilai $R^2 = 0.8706$: $Q_s = 507.16 Q^{1.8681}$

Daftar Pustaka

- [APHA] American Public Health Association. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater part 2540B. 19th ed. [diunduh 2015 Maret 04] tersedia dari http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf
- Aquino, S., E. Latrubesse, B. Maximiliano. 2009. Assessment of wash load transport in the Aragua river (aruana Gauge station), Central Brazil. *Latin American Journal of sedimentology and basin analysis*. 16 (2): 119 - 128.
- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. UGM Press. Yogyakarta.
- Asselman, N.E.M. 2000. Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology* 234: 228 -248.
- Boangmanalu, A.O., I. Indrawan. 2011. Kajian Laju Angkutan Sedimen Pada Sungai Wampu.
- Colby, B.R. 1956. Relationship of sediment discharge to streamflow. US Geol. Survey Open File Report 27- 56.
- Departemen-Kehutanan. 2010. Rencana Pengelolaan DAS Terpadu DAS Padang Buku I Laporan Utama. Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial BP DAS Wampu Sei Ular. Medan.
- Handayani, W., Y. Indrajaya. 2011. Analisis hubungan curah hujan dan debit sub sub DAS Ngatabaru, Sulawesi Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(2): 143 - 153.
- Hidayah, Y.N., M. Suprpto, Suyanto. 2013. Kajian Angkutan Sedimen Pada Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug). *Matriks Teknik Sipil*: 69-73.
- Isik, S. 2014. Regional rating curve models of suspended sediment transport for Turkey. *Earth Sci Inform* 6(2013): 87 - 98.
- Kalsim, D.K., B.I. Setiawan, A. Sapei, Prastowo, Erizal. 2006. Perancangan Irigasi dan Drainase Interaktif Berbasis Teknologi Informasi. Bagian Teknik Tanah dan Air, Departemen Teknik Pertanian FATETA IPB. Bogor.
- Kraatz, D.B., I.K. Mahajan. 1982. Small Hydraulic Structures. Irrigation and Drainage Paper No 26. FAO. Rome.
- Leopold, L.B., M.G. Wolman, J.P. Miller. 1995. Fluvial processes in geomorphology. Dover Publications. New York.
- Loebis, J., Soewarno, B. Supriyadi. 1993. Hidrologi Sungai. Chandy Buana Kharisma. Jakarta.
- Milliman, J.D., R.H. Meade. 1983. World-Wide Delivery Of River Sediment To The Oceans. *The Journal of Geology*. 91(1): 1 - 21.
- Morgan, R.P.C. 2005. Soil Erosion and Conservation. 3thEd. Blackwell Publishing Ltd. England.
- Mulyanto, H.R. 2007. Sungai: Fungsi & Sifat – Sifatnya. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Pangestu, H., H. Haki. 2013. Analisis Angkutan Sedimen Total pada sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 1(1): 103-109.
- [Permenhut] Peraturan Menteri Kehutanan. 2013. Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai. [diunduh 2015 Desember 10] tersedia dari www.dephut.go.id
- [Permenhut] Peraturan Menteri Kehutanan. 2014. Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai. [diunduh 2014 Oktober 15] tersedia dari <http://www.dephut.go.id/uploads/files/9e273c30a090150675cba99a743038c3.pdf>
- Saud, I. 2008. Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya. *Jurnal Aplikasi*. 4(1): 20-26.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia No 06-6989.3. 2004. Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS)secara gravimetri. [diunduh 2014 Februari 11] tersedia dari <http://www.scribd.com/doc/34337545/SNI-06-6989-3-2004-TSS-gravimetri#scribd>
- [SNI] Standar Nasional Indonesia No 3414-2008. 2008. Tata cara pengambilan contoh muatan sedimen melayang di sungai dengan cara integrasi kedalaman berdasarkan pembagian debit. [diunduh 2015 Maret 10] tersedia dari http://www.academia.edu/5104888/SNI3414_-_2008_Sedimen_Sungai
- Sri-Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia. Jakarta.
- Sukartaatmadja, S. 2006. Evaluasi aliran permukaan, erosi dan sedimentasi di Sub DAS Cisadane Hulu dengan menggunakan Model AGNPS (Agricultural Non Point Source Pollutions Model) *Jurnal Keteknik Pertanian*. 20(3): 217 - 223.
- Syvitski, J.P., M.D. Morehead, D.B. Bahr, T. Mulder. 2000. Estimating fluvial sediment transport: The rating parameters. *Water Resources Research*. 36(9): 2747 - 1760.
- Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta.