

ANALYSIS DINAMIKA SPASIAL DAN TEMPORAL PENGGUNAAN LAHAN DAN IMPLIKASINYA TERHADAP SEDIMENTASI DI WILAYAH PESISIR DAS CITARUM

ANALYSIS OF SPATIAL AND TEMPORAL DYNAMICS OF LAND USE AND ITS IMPLICATIONS ON SEDIMENTATION IN COASTAL AREAS OF CITARUM WATERSHED

Paryono¹⁾, Sri Suryo Sukoraharjo²⁾, Ario Damar³⁾, Setyo Budi Susilo⁴⁾, Rokhmin Dahuri³⁾, dan Heny Suseno⁵⁾
¹⁾Budidaya Perairan, Univ.Mataram; ²⁾P3SDLP KKP ; ³⁾Dept MSP FPIK-IPB ; ⁴⁾Dept ITK FPIK-IPB ; ⁵⁾BATAN paryonoap1@gmail.com; suryo@kkp.go.id

Diterima tanggal : 28 November 2016, diterima setelah perbaikan : 2 Februari 2017, disetujui tanggal 13 Februari 2017

ABSTRAK

Upaya mengelola wilayah pesisir akan efektif jika diikuti pengelolaan di Daerah Aliran Sungai (DAS) di atasnya, karena perubahan penggunaan lahan di DAS akan berdampak pada sedimentasi di wilayah pesisir. Pengelolaan wilayah pesisir secara efektif membutuhkan kajian keterkaitan penggunaan lahan di wilayah DAS terhadap sedimentasi di wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan menganalisis : (a) perubahan luas penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir; (b) luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum; (c) hubungan antara perubahan luas penggunaan lahan dengan luas sedimentasi. Lokasi penelitian di DAS Citarum bagian hilir. Perhitungan luas penggunaan lahan dan luas sedimentasi menggunakan analisa citra satelit. Hasil perhitungan luas penggunaan lahan menunjukkan terjadi perubahan luas penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir dari tahun 2000 - 2014 secara signifikan, yaitu : (1) terjadi peningkatan luas penggunaan lahan non-vegetasi; (2) terjadi penurunan luas lahan sawah; dan (3) terjadi penurunan luas lahan bervegetasi. Hasil perhitungan luas area sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum menunjukkan peningkatan luas sedimentasi tahun 2000 - 2014. Analisa keterkaitan antara luas sedimentasi dengan berbagai luas penggunaan lahan yaitu : (1) semakin luas lahan bervegetasi maka semakin kecil luas sedimentasi; (2) semakin luas lahan non-vegetasi maka luas sedimentasi makin besar ; (3) peningkatan luas lahan sawah berdampak pada penurunan luas sedimentasi. Dari berbagai faktor tersebut, faktor yang berpengaruh nyata terhadap peningkatan sedimentasi adalah faktor lahan bervegetasi. Hasil pemodelan perhitungan luas penggunaan lahan di DAS Citarum hilir yang berdampak pada luas sedimentasi paling kecil terjadi jika curah hujan maksimum dan luas sawah minimum dengan komposisi luasan yaitu luas sawah sebesar 124.796 hektar dari kisaran 124.796 - 179.416 hektar, luas lahan bervegetasi maksimum 92.134 hektar dari kisaran 71.015 - 92.134 hektar, dan luas lahan non vegetasi 76.000 hektar dari kisaran 40.000 - 90.000 hektar.

Kata kunci: Penggunaan lahan, DAS Citarum, sedimentasi

ABSTRACT

Coastal zone management will be effective if they are followed by managing the watershed above it. Therefore, the study on relation between land use in the watershed area and the coastal sediment becomes crucial to do. This research aims to study the spatial and temporal dynamics of land use in the downstream of Citarum watershed and its implications on the sediment in the coastal areas. The goals of the study are carried out by: (a) finding out land use dynamics in the downstream of Citarum watershed; (b) calculating the sediment area around Citarum estuary; and (c) analyzing relation between areal dynamics of land use in the downstream of Citarum watershed and sediment area on the coastal area around Citarum estuary. Land use area and sedimentation area measurement using remote sensing. Based on the land use area measurement, there was a significant change in the land use area in downstream of Citarum watershed from 2000 to 2014, namely: (a) there was an increasing use of non-vegetative land; (b) there was a significant decrease in the rice field area; and (c) there was a decrease in the vegetative lands. The calculation of sedimentation areas, area of sedimentation has increased in 2000 – 2014. The analysis on relation between sedimentation area with various land-use areas using regression calculation, the relation pattern is as follows: (1) the

bigger the land area with vegetation, the smaller the sedimentation area; (2) the bigger the non-vegetative land, the bigger the sedimentation area; (3) the bigger the rice field area, the smaller the sedimentation area; Of the three independent factors, vegetative land have significant influences on sedimentation in the coastal areas. The results of modeling calculation on land-use in the downstream of Citarum watershed that have the smallest impact on sedimentation area happens when the maximum precipitation and minimum rice field with the composition as follows rice field as much as 124,796 hectares from the range between 124,796 and 179,416 hectares, maximum vegetative land 92,134 hectares from the range between 71,015 and 92,134 hectares, and non-vegetative land of 76,000 hectares from the range between 40,000 and 90,000 hectares.

Key words: Citarum watershed, land-use, sedimentation

PENDAHULUAN

Desentralisasi pemerintahan di Indonesia tahun 1999, dengan memberi kewenangan pemerintah daerah dalam mengelola daerahnya masing-masing telah berpengaruh besar terhadap pengelolaan lingkungan hidup. Salah satu dampak dari desentralisasi pemerin-tahan yaitu kebijakan penataan ruang antar daerah sering berbeda dan tidak sejalan dengan pengelolaan lingkungan pada suatu kawasan ekologi (Farhan & Lim, 2010; Wever L. *et al.*, 2012; Glaser *et al.*, 2012). Kebijakan tata ruang daerah otonom di bagian hulu sering tidak sejalan dengan pengelolaan wilayah pesisir di bagian hilir.

Salah satu dampak penggunaan lahan di daratan terhadap wilayah pesisir adalah terjadi erosi di daratan yang pada akhirnya menimbulkan sedimentasi di wilayah pesisir (Cui B. and Li X., 2011; Gao *et al.*, 2012; Pralongo P. *et al.*, 2013). Arsyad (2010) menjelaskan erosi di daratan terkait dengan tutupan lahan, tingkat kelerengan lahan, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan. Dari berbagai faktor yang mempengaruhi erosi tersebut, faktor perubahan penggunaan lahan merupakan faktor yang berpengaruh besar terhadap erosi tanah.

Sedimen yang berasal dari erosi di daratan akan terendapkan sebagian di sekitar muara sungai (Dora GU. *et al.*, 2014; Kakisina TJ., 2015; Li X., 2016; Van Maren DS., 2016; Zamora HA., 2013). Kondisi ini juga terjadi di muara Sungai Citarum, dinamika sedimentasi terus terjadi di sekitar muara Sungai Citarum hingga terbentuk daratan baru yang luas (Febriansyah I., 2008; Gunarso DBW., 2012; Handayani S., 2006; Yosi M., 2006; Sandaya N., 1996; Ongkosogo OSR. 2004). Masyarakat setempat biasa menyebut penambahan luas daratan akibat sedimentasi

dengan sebutan tanah timbul. Terjadinya tanah timbul di sekitar Muara Sungai Citarum diyakini terkait dengan perubahan penggunaan lahan DAS Citarum. Dahuri R. *et al.* (1996) menjelaskan bahwa berdasarkan konsep kajian interaksi daratan dan lautan, terjadi keterkaitan antara darat dan laut. Untuk mengetahui dampak perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum terhadap sedimentasi maka diperlukan metode yang cepat dalam cakupan yang luas. Salah satu metode tersebut adalah dengan penginderaan jarak jauh (Lymburner L. *et al.*, 2016; Yao H. 2013).

Penelitian ini lebih fokus pada kajian keterkaitan dinamika penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir yang mengakibatkan sedimentasi di wilayah pesisir di sekitar muara Sungai Citarum. Aspek yang dikaji pada penelitian ini yaitu perhitungan perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir dan perhitungan luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum pada berbagai waktu. Selanjutnya akan dianalisis keterkaitan dinamika penggunaan lahan di DAS Citarum hilir dengan luas sedimentasi di wilayah pesisir sekitar Muara Sungai Citarum dan perhitungan luas penggunaan lahan DAS Citarum hilir yang optimum untuk menghasilkan luas sedimentasi terkecil. Dengan perolehan luas masing-masing penggunaan lahan di DAS Citarum hilir yang berdampak minimum terhadap luas sedimentasi di pesisir dapat dijadikan landasan kebijakan dalam pengelolaan wilayah pesisir dan DAS Citarum hilir secara terpadu.

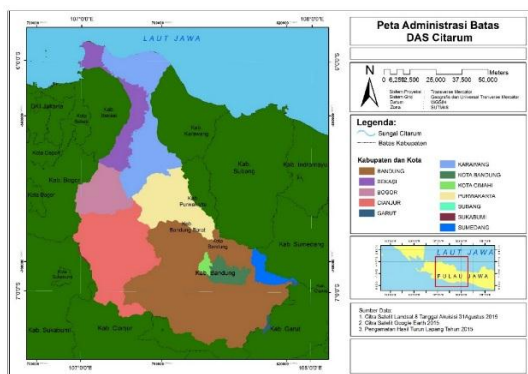
Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. mengetahui dinamika penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir
2. menghitung luasan sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum
3. menganalisis hubungan antara luas perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir

dengan luas sedimentasi di pesisir sekitar muara Sungai Citarum.

BAHAN DAN METODE

Lingkup penelitian dinamika penggunaan lahan di daratan dan sedimentasi di pesisir dibatasi pada wilayah DAS Citarum bagian hilir. DAS Citarum bagian hilir merupakan bagian dari DAS Citarum secara keseluruhan, yaitu DAS Citarum bagian hilir, DAS Citarum bagian tengah, dan DAS Citarum bagian hulu (BP DAS Citarum Ciliwung 2009). DAS Citarum bagian hilir terletak mulai daerah tangkapan air Waduk Jatiluhur ke arah hilir sampai di wilayah pesisir di Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi dan sebagian pesisir Kabupaten Karawang (Gambar 1). Rentang waktu perhitungan perubahan penggunaan lahan dan luas sedimentasi yaitu dari tahun 2000-2014.



Gambar 1 Batas administrasi DAS Citarum (BP DAS Citarum Ciliwung 2009)

Penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan data penginderaan jauh (citra *landsat*) dan sistem informasi geografis (SIG). Penggunaan data citra satelit untuk penelitian ini dengan pertimbangan dapat dilakukan dengan waktu yang cepat dan dalam cakupan yang luas (Lymburner L. *et al.*, 2016; Yao H. 2013). Input data berasal dari pengukuran lapangan, data citra, peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000, dan data sekunder yang telah dikumpulkan. Data primer untuk keperluan penelitian berupa data Citra *landsat*. Data citra *landsat* diakuisisi dari tahun 2000-2014 dan diunduh dari situs resmi NASA

(<http://usgs.gov.us>) pada tahun 2016 dalam bentuk file TAR (*.tar). Citra satelit *landsat* sebagian sudah terkoreksi. Citra satelit *landsat* 8 yang digunakan sudah terkoreksi secara radiometrik tetapi belum terkoreksi secara geometrik (Lymburner *et al.* 2016). Tahap awal pengolahan data citra satelit dimulai dengan pembuatan *training area* berupa pemukiman /bangunan, area sawah/lahan pertanian, area semak belukar, area perkebunan, area tanah terbuka, area hutan, area perairan, dan area tambak dengan cara mendigitasi peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000. Proses selanjutnya dilakukan pemberian warna yang disesuaikan dengan obyek yang diinginkan. Karena obyek penelitian cukup banyak, maka pewarnaan beberapa area obyek penelitian menggunakan kombinasi dari tiga warna yaitu *red, green, blue*. Data *training area* tersebut digunakan untuk menentukan klasifikasi terbimbing (*supervised clasification*), yaitu pengaturan warna pada *region color* untuk mencari perbedaan antara darat, laut dan mangrove lalu disimpan dalam bentuk *.ERS. Formula NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dimasukkan untuk mengetahui indikator kehijauan dari citra satelit dengan menggunakan kanal infra merah (NIR) dan *band* merah (VIS) (Hashri, 2014).

Secara garis besar pengolahan data citra satelit terdiri dari tiga tahapan, yaitu *pre processing*, penajaman citra, dan klasifikasi hasil (Hashri, 2014; Lillesand & Kiefer, 1997;). Tahap *pre-processing* dilakukan dengan cara pemotongan citra (*cropping*) untuk membatasi citra yang diperlukan untuk tujuan analisis sesuai lokasi yang akan diteliti. Pemotongan citra terdiri atas dua proses yaitu koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Koreksi radiometrik dilakukan untuk menghilangkan faktor-faktor yang menurunkan kualitas citra. Sedangkan koreksi geometri diperlukan untuk memperbaiki kesalahan posisi obyek-obyek yang terekam pada citra karena adanya distorsi/perbedaan yang bersifat geometri. Koreksi geometri dimulai dengan tahapan *georeferensi*, yaitu suatu proses menentukan sistem koordinat dan proyeksi ke dalam suatu peta raster (*image*), dimana peta yang dijadikan acuan adalah peta yang telah terkoreksi (*master map*) yang dapat berbentuk citra ataupun dalam bentuk

vektor (peta). Pengambilan titik kontrol bumi (*ground control point / GCP*) dalam koreksi geometri harus memiliki posisi yang sama antara citra yang akan dikoreksi dengan citra yang menjadi acuan. Pengambilan titik kontrol bumi dalam koreksi ini yaitu sistem koordinat *Universal Transverse Mercator (UTM)*. Pengambilan titik kontrol bumi menggunakan alat bantu *Global Positioning System (GPS)*. Pengambilan titik kontrol bumi disarankan sebanyak mungkin, menyebar merata dan mampu mewakili dari setiap obyek. Setelah pemotongan citra langkah berikutnya dilakukan penajaman citra.

Proses penajaman citra menggunakan komposit/gabungan band RGB 542. Proses penajaman citra untuk mendapatkan nilai gambar luasan perubahan penggunaan lahan dengan membedakan vegetasi/hutan, daratan, dan perairan. Penajaman citra untuk vegetasi /hutan ditransformasi dengan *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)* yang prinsipnya memisahkan spektral reflektansi vegetasi dari spektral reflektansi tanah dan air yang melatarbelakanginya. Formula pada *landsat* yang digunakan untuk membedakan antara vegetasi, darat dan air berdasarkan kanal pada citra satelit menggunakan persamaan berikut:

$$NDVI = (IR-R)/(IR+R)$$

Keterangan :

NIR (Near Infra Red) : Nilai digital citra kanal dekat Infra merah.

IR (Infra Red) : Nilai digital citra kanal infra merah

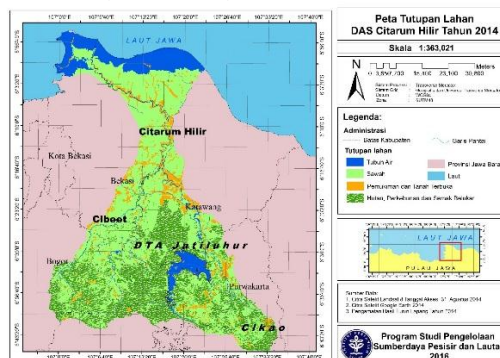
Pada analisa penutupan lahan, setelah hasil klasifikasi diperoleh dari atribut citra masih ditemukan beberapa atribut untuk satu tipe penutupan lahan lain, sehingga diperlukan *recording* data hasil klasifikasi dengan tujuan untuk menggabungkan daerah-daerah yang memiliki tipe penutupan lahan yang sama. Penilaian tingkat akurasi dilakukan dengan cara membandingkan data yang diperoleh dari hasil pengecekan di lapangan (*ground truth*) dengan hasil klasifikasi yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

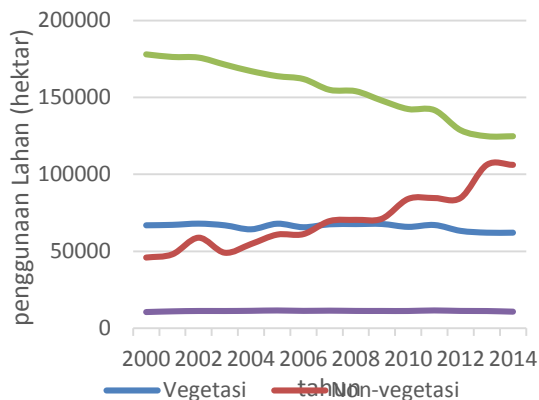
Perubahan Luas Penggunaan Lahan DAS Citarum Bagian Hilir

Perhitungan perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir menggunakan analisa data citra *landsat*. Hasil akuisi data citra kemudian diolah melalui beberapa tahapan sampai dihasilkan luasan obyek yang diamati. Tahapan pengolahan data yaitu pemotongan citra (*cropping*), penajaman citra, dan klasifikasi citra. Obyek pengamatan dikelompokkan menjadi lahan bervegetasi, lahan non vegetasi, lahan sawah, dan tubuh air. Lahan vegetasi meliputi hutan, perkebunan, dan semak belukar. Lahan non-vegetasi meliputi pemukiman, bangunan, dan tanah terbuka. Tubuh air meliputi waduk dan sungai. Pemukiman/bangunan yang diamati meliputi pemukiman penduduk, kawasan perkotaan, bangunan perkantoran, kawasan industri. Hutan yang diamati meliputi hutan di wilayah daratan dan hutan bakau di wilayah pesisir. Obyek penelitian tersebut akan dikaji perubahannya pada waktu yang berbeda yaitu tahun 2000 sampai tahun 2014.

Berdasarkan hasil perhitungan perubahan luas penggunaan lahan dengan analisa citra satelit, maka didapatkan data luas penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir dari tahun 2000-2014 sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Contoh peta perhitungan luas penggunaan lahan disajikan tahun 2014 (Gambar 2).



Gambar 2 Peta luasan penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir tahun 2014.



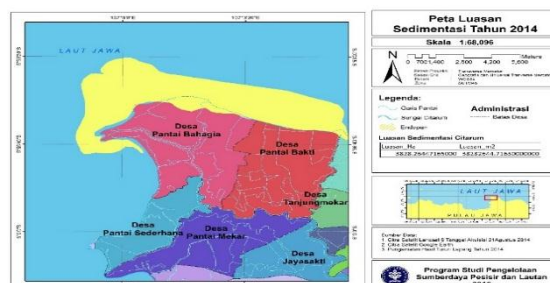
Gambar 3 Luas penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir tahun 2000-2014

Berdasarkan data luas penggunaan lahan pada Gambar 3 terlihat perubahan luas penggunaan lahan untuk berbagai pemanfaatan, yaitu terjadi penurunan penggunaan lahan bervegetasi (perkebunan, hutan dan semak belukar), penurunan luas lahan pertanian (sawah). Sementara penggunaan lahan non-vegetasi untuk pemukiman/bangunan mengalami peningkatan yang besar. Perubahan penggunaan lahan pertanian ke kawasan industri dan pemukiman secara besar-besaran terjadi di wilayah Sub DAS Cibeeb dan sub DAS Citarum hilir yang berada di Kabupaten Bogor, Bekasi, dan Karawang. Perkembangan industri yang mengarah ke Karawang dan Purwakarta telah mengakibatkan alih fungsi lahan menjadi kawasan industri dan pemukiman. Perubahan lahan ini berpotensi menimbulkan peningkatan aliran permukaan dan erosi yang pada akhirnya menimbulkan sedimentasi di muara sungai.

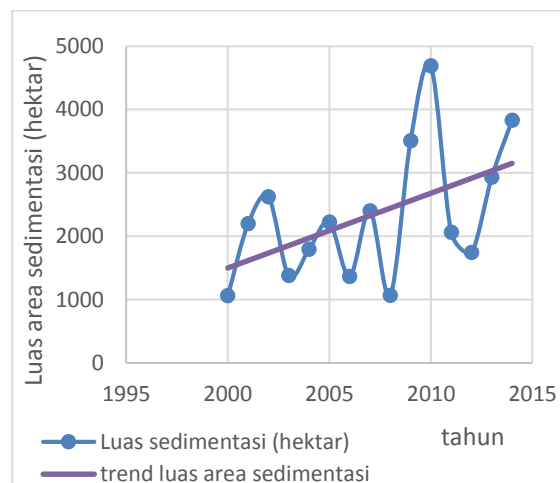
Luas Sedimentasi Di Sekitar Muara Sungai Citarum

Untuk mengetahui luas endapan sedimen di sekitar muara Sungai Citarum digunakan perhitungan dengan analisa citra. Data citra yang digunakan yaitu citra *landsat* tahun 2000 sampai tahun 2014. Salah satu contoh pemetaan luas sedimentasi disajikan peta tahun 2014 (Gambar 4). Berdasarkan hasil perhitungan luas sedimentasi dengan analisa citra diperoleh data luas sedimentasi dari tahun 2000 sampai 2014 seperti disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan data luas endapan sedimen pada Gambar 5 terlihat luas area

sedimentasi dari tahun 2000 seluas 1060,63 hektar dan seterusnya sampai tahun 2014 seluas 3828,26 hektar. Dari data tersebut terlihat bahwa dari tahun 2000 sampai tahun 2014 terjadi penambahan seluas 2.767,63 hektar.



Gambar 4 Peta luasan sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum tahun 2014.



Gambar 5 Luas dan kecenderungan sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum tahun 2000 - 2014

Keterkaitan Dinamika Penggunaan Lahan di DAS Citarum Bagian Hilir terhadap Sedimentasi di sekitar Muara Sungai Citarum

Hasil uji keterkaitan dinamika luas penggunaan lahan di DAS Citarum hilir dengan dinamika luas sedimentasi di sekitar Muara Sungai Citarum disajikan dengan grafik hubungan regresi (Lampiran 3, 4, 5, dan Lampiran 6). Berdasarkan analisa regresi antara luas sedimentasi sebagai faktor *dependent* (y) dengan

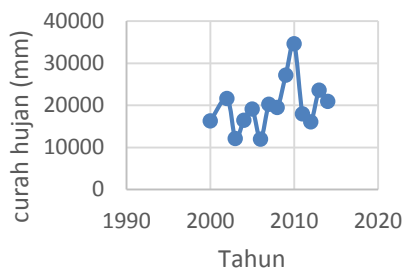
luas masing-masing penggunaan lahan dan curah hujan sebagai faktor *independent* (x) didapatkan berbagai pola regresi. Lampiran 3 menunjukkan hasil bahwa semakin luas lahan di DAS Citarum hilir yang bervegetasi akan mengakibatkan luas sedimentasi yang makin kecil. Lampiran 4 menunjukkan semakin luas lahan non-vegetasi di DAS Citarum hilir maka luas sedimentasi di wilayah pesisir sekitar muara Sungai Citarum semakin luas. Hal ini menunjukkan peran vegetasi berupa hutan, perkebunan dan semak belukar mampu menahan erosi tanah sehingga tidak menimbulkan sedimentasi di wilayah pesisir.

Vegetasi di daratan dapat melindungi permukaan tanah dari serangan atau pukulan butir-butir air hujan yang jatuh (Holly 1980). Energi butir-butir yang jatuh akan teredam oleh tajuk vegetasi sehingga ketika sampai di permukaan tanah kekuatan perusakannya telah berkurang dan menjadi lebih kecil dari energi hujan yang jatuh langsung ke permukaan tanah. Menurut Arsyad (2010) besarnya pengurangan energi hujan waktu sampai di permukaan tanah dipengaruhi oleh kerapatan tajuk dan tinggi tajuk dari permukaan tanah. Semakin rendah tajuk dan semakin rapat tajuk semakin kecil energi hujan yang sampai di permukaan tanah. Pengaruh vegetasi terhadap aliran dan besarnya erosi berbeda, ditentukan oleh jenis vegetasi dan keadaan lahan. Tumbuhan yang merambat dipermu-kaan tanah adalah penghambat aliran permukaan, sedangkan pohon-pohon yang jarang tegakannya, kecil sekali pengaruhnya terhadap kecepatan aliran permukaan. Tumbuhan yang ditanam pada tanah-tanah yang mudah ditembus oleh akar maka tumbuhan ini cepat untuk berfungsi sebagai penahan air dan dengan adanya akar ini menyebabkan agregat tanah menjadi stabil secara mekanik dan kimia (Holly 1980). Kohnke dan Bertrand (1959) rnengemukakan bahwa pengaruh tanaman terhadap erosi ditentukan oleh jenis tanaman, kerapatan tanaman, distribusi tanaman, tinggi tanaman, dan arah terhadap lereng. Tanaman dengan tajuk besar dan tinggi akan mengintersepsi air hujan yang jatuh lebih banyak, serta mengurangi kekuatan pukulan butir-butir hujan.

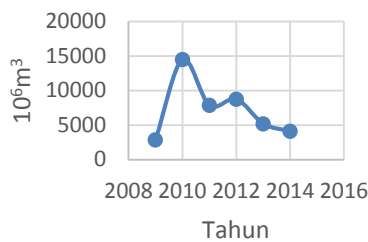
Selanjutnya pada Lampiran 5 menunjukkan pola hubungan antara luas sawah dan luas sedimentasi. Semakin luas sawah, maka luas sedimentasi

semakin kecil. Peningkatan luas sawah bisa menyebabkan penurunan luas sedimentasi di pesisir disebabkan topografi sawah di kawasan DAS Citarum hilir berada pada dataran rendah dengan elevasi yang sangat kecil, sehingga laju air limpasan permukaan bergerak lambat. Melambatnya aliran air permukaan akan memperkecil erosi tanah.

Dalam hubungannya dengan erosi, topografi diartikan sebagai kemi-ringan permukaan lahan yang di sebabkan perbedaan tinggi permukaan bumi. Derajat kemiringan dan panjang lereng merupakan dua sifat utama dari topografi .yang mempengaruhi erosi. Dengan makin curam dan makin panjangnya lereng maka makin besar kecepatan aliran air permukaan dan bahaya erosi. Aliran permukaan dapat menyebabkan terjadinya erosi, hal ini disebabkan adanya interaksi antara aliran permukaan (*run-off*) dengan panjang lereng. Rata-rata kecepatan air yang hilang sangat kecil pada lereng yang panjang dengan tipe tanah yang bermacam-macam, khususnya tanah-tanah yang mempunyai *permeabilitas* yang tinggi ketika kering (Bennet 1955 *dalam* Arsyad 2010). Selanjutnya Arsyad (2010) mengemukakan jika lereng permukaan tanah menjadi dua kali lebih curam, rnaka besarnya erosi menjadi 2,0 – 2,5 kali lebih banyak. Penambahan luas sedimentasi yang besar dari tahun 2008 sampai tahun 2010 di sekitar muara Sungai Citarum tidak semata disebabkan perubahan penggunaan lahan. Di wilayah pesisir terjadi dinamika sedimentasi oleh berbagai faktor (Dyer KR. 1986). Faktor peningkatan erosi di wilayah daratan dipicu oleh peningkatan curah hujan yang tinggi. Gambar 6 menunjukkan pada tahun 2010 terjadi curah hujan yang ekstrim sehingga meningkatkan volume air Sungai Citarum yang sangat tinggi dibandingkan tahun sebelumnya (Gambar 7). Peningkatan curah hujan tahun 2010 yang ekstrim telah menyebabkan terjadinya peningkatan sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum (Gambar 5) dan peningkatan volume air Sungai Citarum (Gambar 7).



Gambar 6 Curah hujan tahunan di DAS Citarum bagian hilir tahun 2000-2014 (PJT 2 Jatiluhur)



Gambar 7 Volume air Sungai Citarum hilir tahun 2009-2014 (PJT 2 Jatiluhur 2016 dan BBWS Citarum 2016)

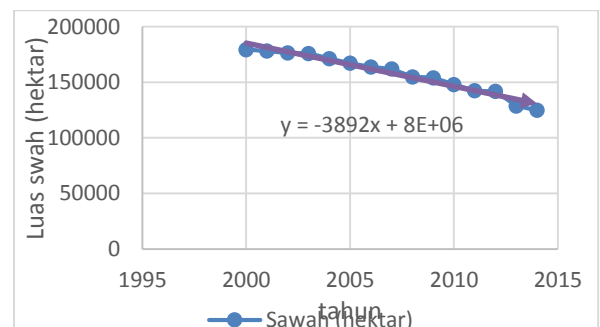
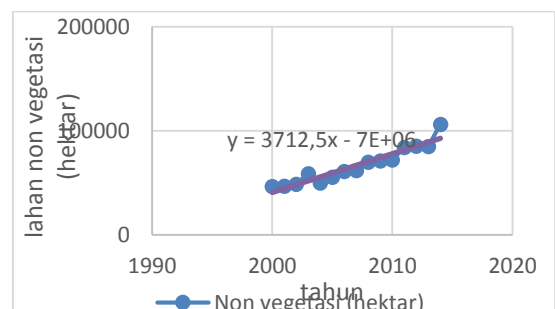
Berbagai faktor perubahan penggunaan lahan (lahan vegetasi, lahan non-vegetasi, lahan sawah), dan curah hujan tidak bekerja secara terpisah-pisah dalam kaitannya terhadap sedimentasi, maka perlu dicari faktor mana yang paling berpengaruh terhadap sedimentasi di wilayah pesisir. Hasil uji regresi berganda sebagaimana disajikan pada Lampiran 1 ditunjukkan dengan persamaan berikut :

$$Y = -0,179X_1 + 0,162 X_2 + 10904,80 \dots (1)$$

- Y = luas sedimentasi
- X1 = luas vegetasi
- X2 = curah hujan

Persamaan 1 menunjukkan bahwa faktor lahan bervegetasi dan curah hujan adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap sedimentasi di pesisir Muara Gembong. Hal ini sesuai dengan kajian Arsyad (2010) yang menjelaskan bahwa erosi tidak banyak berarti pada daerah tropika basah (curah hujan > 1000 mm per tahun) yang

masih tertutup vegetasi lebat dengan kondisi tanah stabil. Pada lahan daerah tropika basah yang tidak bervegetasi, maka dengan curah hujan besar akan menimbulkan erosi yang hebat. Kondisi lahan DAS Citarum hilir, sebagian besar tidak bervegetasi dan curah hujan tahunan yang besar (> 3000 mm per tahun). Kondisi ini menimbulkan erosi yang besar. Kondisi ini bisa dilihat dari kadar sedimen di lokasi pengambilan sampel pada aliran Sungai Citarum hilir yang menunjukkan total sedimen yang besar. Pengaruh luas lahan bervegetasi dan curah hujan di DAS Citarum hilir tidak berbanding lurus dengan luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum, karena sedimen yang berasal dari daratan di DAS Citarum hilir tidak semuanya terendapkan di sekitar muara Sungai Citarum. Sebagian sedimen akan terbawa arus laut menuju ke wilayah laut yang lain, hal ini diketahui dari fluktuasi luas sedimentasi (tanah timbul) yang berbeda setiap tahunnya.



Gambar 8 Kecenderungan (*trend*) penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir

Analisa kecenderungan sebagai-mana disajikan pada Gambar 8 terlihat bahwa kecenderungan (*trend*) berbagai penggunaan lahan di DAS Citarum hilir cukup signifikan. Penggunaan lahan non-vegetasi berupa pemukiman, kawasan industri, dan bangunan lainnya cenderung

bertambah luas. Sementara luas sawah cenderung turun. Di satu sisi luas sedimentasi (Gambar 5) cenderung bertambah luas, hal ini mengindikasikan erosi di daratan makin besar. Oleh karena itu perlu suatu kebijakan secara terpadu antar wilayah otonomi yang terletak di kawasan DAS Citarum untuk mensinkronkan penggunaan lahan agar di daerah hulu ditingkatkan lahan bervegetasi dan dipertahankan lahan sawah. Sementara di wilayah pesisir agar dijadikan lahan konservasi. Mengingat lokasi tersebut cocok dijadikan lahan konservasi mangrove untuk menjaga keseimbangan ekosistem kawasan Teluk Jakarta.

Proporsi Luas Penggunaan Lahan yang Optimal terhadap Sedimentasi di Pesisir

Berdasarkan analisa keterkaitan antara dinamika spasial dan temporal penggunaan lahan dan curah hujan di DAS Citarum bagian hilir terhadap sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum yang berada di wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong, Kabu-paten Bekasi, maka perlu dicari luasan optimal masing-masing penggunaan lahan di daratan yang berdampak minimum terhadap sedimentasi di pesisir. Untuk mengetahui luasan optimal tersebut maka dilakukan pemodelan perhitungan luas penggunaan lahan yaitu luas lahan bervegetasi (hutan, perkebunan, dan semak belukar), luas lahan non-vegetasi (pemukiman, bangunan, tanah terbuka), luas sawah dan curah hujan terhadap luas sedimentasi. Dalam perhitungan ini, luas tubuh air di DAS Citarum bagian hilir berupa waduk dan sungai dianggap konstan. Luas tubuh air diambil pada kondisimaksimum dari data luas tubuh air yang diperoleh pada tahun 2000-2014. Pemodelan perhitungan luas penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir dilakukan untuk mencari luasan sedimentasi paling kecil. Dalam pemodelan perhitungan ini didasarkan pada data hasil penelitian yang terjadi dalam kurun waktu 2000-2014. Pada pemodelan ini faktor curah hujan dan lahan sawah ditetapkan pada kondisi maksimum, rata-rata, dan minimum. Data hasil perhitungan pada masing-masing kondisi curah hujan dan luas lahan sawah maksimum, rata-rata, dan luas sawah minimum yang berdampak pada luas sedimentasi disajikan pada lampiran. Rangkuman perhitungan luas lahan hasil pemodelan menunjukkan kombinasi berbagai

pemanfaatan lahan disajikan pada Lampiran 2. Dari Lampiran 2 tersebut didapatkan luas sedimentasi paling kecil terjadi jika curah hujan maksimum dan luas sawah minimum dengan komposisi yaitu luas sawah sebesar 124.796 hektar dari kisaran 124.796 sampai 179.416 hektar, luas lahan bervegetasi maksimum 92134 hektar dari kisaran 71015 sampai 92134 hektar, luas lahan non vegetasi 76.000 hektar dari kisaran 40.000 sampai 90.000 hektar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Fenomena tanah timbul sebagai hasil dari sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum diyakini berasal dari aliran sedimen DAS Citarum hilir yang mengalir lewat Sungai Citarum. Penelitian ini mengkaji keterkaitan dinamika spasial dan temporal penggunaan lahan di DAS Citarum hilir terhadap sedimentasi di wilayah pesisir.

Hasil perhitungan luas penggunaan lahan di DAS Citarum bagian hilir tahun 2000 - 2014 terjadi perubahan penggunaan lahan secara signifikan, yaitu :(1) terjadi peningkatan luas penggunaan lahan non vegetasi yang meliputi pemukiman/bangunan dan tanah terbuka; (2) terjadi penurunan luas lahan sawah; dan (3) terjadi penurunan luas lahan bervegetasi (hutan, perkebunan, dan semak belukar). Dari data tersebut di prediksi bahwa peningkatan luas lahan non-vegetasi berasal dari alih fungsi lahan sawah, sebab data penurunan lahan bervegetasi relatif kecil bila dibandingkan dengan penurunan luas lahan sawah.

Hasil perhitungan luas area sedimentasi menunjukkan luas sedimentasi (tanah timbul) tahun 2000 seluas 1060,63 hektar sampai tahun 2014 seluas 3.828,26 hektar. Terjadi fluktuasi luas tanah timbul dari tahun 2000-2014.

Berdasarkan analisa keterkaitan antara luas sedimentasi dengan berbagai luas penggunaan lahan di DAS Citarum hilir dengan perhitungan regresi didapatkan pola hubungan yaitu : (1) semakin luas lahan di DAS Citarum hilir yang bervegetasi mengakibatkan luas sedimentasi makin kecil; (2) semakin luas lahan non-vegetasi

maka luas sedimentasi makin besar ; (3) Penurunan luas sawah mengakibatkan peningkatan luas sedimentasi. Lahan sawah di DAS Citarum hilir berada pada dataran rendah dengan tingkat kemiringan sangat kecil, sehingga limpasan air permukaan bergerak lambat dan cenderung tergenang pada lahan sawah. Dinamika spasial dan temporal penggunaan lahan di DAS Citarum hilir yang berpengaruh terhadap peningkatan sedimentasi di wilayah pesisir adalah faktor curah hujan dan faktor lahan bervegetasi. Hasil pemodelan perhitungan luas penggunaan lahan di DAS Citarum hilir yang berdampak pada luas sedimentasi paling kecil terjadi jika curah hujan maksimum dan luas sawah minimum dengan komposisi luasan yaitu luas sawah sebesar 124.796 hektar dari kisaran 124.796 - 179.416 hektar, luas lahan bervegetasi maksimum 92.134 hektar dari kisaran 71.015 - 92.134 hektar, dan luas lahan non vegetasi 76.000 hektar dari kisaran 40.000 - 90.000 hektar.

Perlu suatu kebijakan secara terpadu antar wilayah otonomi yang terletak di kawasan DAS Citarum untuk mensinkronkan penggunaan lahan agar di daerah hulu ditingkatkan lahan bervegetasi dan dipertahankan lahan sawah.

Saran

Dampak dari perubahan penggunaan lahan di daratan tidak hanya berupa erosi di daratan yang menyebabkan sedimentasi di wilayah pesisir, tetapi masih banyak parameter lain yang berpengaruh terhadap kondisi ekologis perikanan di wilayah pesisir. Guna melengkapi kajian dampak perubahan penggunaan lahan dari suatu DAS perlu dikaji parameter-parameter lain yang berasal dari daratan yang terbawa aliran sungai masuk ke wilayah hilir sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Ed ke-2. Bogor (ID): IPB Press.
- BP DAS Citarum-Ciliwung. 2009. *Rencana Pengelolaan DAS Citarum Terpadu*. Bogor (ID): Ditjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan.
- Cui, B. & Li, X. 2011. *Coastline change of the Yellow River estuary and its response to the sediment and runoff (1976–2005)*. *Geomorphology* 127, 32–40.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., & Sitepu, M.J. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Dora, G.U., Kumar, V.S., Vinayaraj, P., Philip, C.S., & Johnson, G. 2014. *Quantitative estimation of sediment erosion and accretion processes in a micro-tidal coast*. *International Journal of Sediment Research*. 29, 218-231. dx.doi.org/10.1016/S1001-6279(14)60038-X
- Dyer, K.R. 1986. *Coastal and estuarine Sediment Dynamics*. Xv+ 342 p. Chishester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore : Wiley Interscience.
- Farhan, A.R.& Lim, S. 2010. Review: *Integrated coastal zone management towards Indonesia global ocean observing system (INA-GOOS): Review and recommendation*. *Ocean & Coastal Management*. 53: 421-427. www.elsevier.com/locate/ocecoaman
- Febriansyah, I. 2008. *Estimation of Suspended Sediment Concentration Using Hidroakustik Instruments (Case Study: Muara Gembong, Bekasi)*. [Theses]. Bandung, Indonesia: Bandung Institute of Technology. <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpb-gdl-inggafebri-31035&q=Estimasi Konsentrasi Sedimen Tersuspensi>.
- Gao, J.H., Jun, L.I., Wang, H., Bai, F.L., Cheng Y. & Wang, Y.P. 2012. *Rapid changes of sediment dynamic processes in Yalu River Estuary under anthropogenic impacts*. *International Journal of Sediment Research*. 27, 37-49. dx.doi.org/10.1016/S1001-6279(12)60014-6
- Glaser, M., Breckwoldt, A., Deswandi, R., Radjawali, I., Baitoningsih, W. & Ferse, S.C.A. 2012. *Of exploited reefs and fishers - A holistic view on participatory coastal and marine management in an Indonesian archipelago*. *Ocean & Coastal Management*. 116: 193-213.
- Gunarso, D.B.W. 2012. *Tidal Flow Mapping and Marine Hydrodynamic Modeling Method and Utilization in the Coastline Change Analysis*

- (Case Study: Coastal Muara Gembong, Bekasi District). [Undergraduate Theses]. Bandung, Indonesia: Bandung Institute of Technology.
<http://digilib3.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpps-gdl-damianusbo-22722&newtheme=gray>
- Handayani, S. 2006. *Study of Land Use Change in the Coastal Muara Gembong by using Landsat 7 ETM+* [Undergraduate Theses]. Bogor, Indonesia: Bogor Agricultural University.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/49636>
- Hashri, M.S. 2014. *Deteksi Vegetasi Mangrove di Cilacap Jawa Tengah dengan Menggunakan Citra Landsat ETM+ dan OLI TIRS*. [Skripsi]. Bogor, Indonesia: IPB
- Kakisina, T.J., Anggoro, S., Hartoko, A. & Suripin. 2015. *Analysis of the impact of land use on the degradation of coastal areas at Ambon Bay-Mollucas Province Indonesia*. *Procedia Environmental Sciences*. 23, 266–273. [dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.040](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.040)
- Kohnke, H., & Bertrand, A.R. 1959. *Soil Conservation*. New York (US): McGraw Hill Book Co., Inc.
- Li, X., Zhu, J., Rui Yuan, R., Qiu, C. & Wu, H. 2016. *Sediment trapping in the Changjiang Estuary: Observations in the North Passage over a spring-neap tidal cycle*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 177, 8-16.
[dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.05.004](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.05.004)
- Lillesand, T.M., & Kiefer, R.W., 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Lymburner, L., Botha, E., Hestir, E., Anstee, J., Sagar, S., Dekker, A. & Malthus, T. 2016. *Landsat 8: Providing continuity and increased precision for measuring multi-decadal time series of total suspended matter*. *Remote Sensing of Environment*. (article in press)
[dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.011](https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.011)
- Ongkosogo, O.S.R. 2004. *Dinamika muara sungai di Pulau Jawa (Abstrak)*. Dalam : W.B. Setiawan, P Purwati, S Sunanisari, D Widarto, R Nasution, O Atijah (eds), *Interaksi daratan dan lautan : pengaruhnya terhadap sumberdaya dan lingkungan*. Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan, Kedepuitan Ilmu Pengetahuan Kebumihan, LIPI, Jakarta (ID), 151-152.
- Pratolongo, P., Mazzon, C., Zapperi, G., Piovan, M.J. & Brinson, M.M.. 2013. *Land cover changes in tidal salt marshes of the Bahía Blanca estuary (Argentina) during the past 40 years*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 133: 23-31.
- Sandaya, N. 1996. *Studi Pengamatan Pola Pergerakan Sedimen dan Perubahan Garis Pantai Di sebelah Timur Teluk Jakarta Menggunakan Citra landsat*. (Skripsi). Bogor : IPB.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/17163>
- Van Maren, D.S., Oost, A.P., Wang, Z.B. & Vos, P.C., 2016. *The effect of land reclamations and sediment extraction on the suspended sediment concentration in the Ems Estuary*. *Marine Geology*. xxx: 1-11.
- Wefer, L., Glaser, M., Gorris, P. & Ferrol-Schutle, D. 2012. *Decentralization and participation in integrated coastal management: Policy lessons from Brazil and Indonesia*. *Journal Ocean & Coastal Management*. 66 (2012) 63e72
- Yao, H. 2013. *Characterizing landuse changes in 1990e2010 in the coastal zone of Nantong, Jiangsu province, China*. *Ocean & Coastal Management*. 71: 108-115.
- Yosi, M. 2006. *Pola Arus dan Angkutan Sedimen di Delta Sungai Citarum*. Bandung (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Zamora, H.A., Nelson, S.M., Flessa, K.W. & Nomura R. 2013. *Post-dam sediment dynamics and processes in the Colorado River estuary: Implications for habitat restoration*. *Ecological Engineering*. 59: 134–143.

Lampiran 1. Hasil pengolahan data pengaruh berbagai penggunaan lahan dan curah hujan terhadap luas sedimentasi

ANOVA^d

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	1,588E7	4	3970780,651	19,268	,000 ^a
Residual	2060813,456	10	206081,346		
Total	1,794E7	14			
2 Regression	1,497E7	3	4989421,709	18,444	,000 ^b
Residual	2975670,934	11	270515,539		
Total	1,794E7	14			
3 Regression	1,481E7	2	7407075,655	28,400	,000 ^c
Residual	3129784,750	12	260815,396		
Total	1,794E7	14			

a. Predictors: (Constant), Crh_hujan, vegetasi, non_vegetasi, sawah

b. Predictors: (Constant), Crh_hujan, vegetasi, non_vegetasi

c. Predictors: (Constant), Crh_hujan, vegetasi

d. Dependent Variable: L_sediment

coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	-2806,141	7646,184		-,367	,721		
vegetasi	-,208	,088	-,336	-2,369	,039	,573	1,746
non_vegetasi	,066	,029	1,027	2,269	,047	,056	17,829
sawah	,068	,032	1,059	2,107	,061	,045	22,008
Crh_hujan	,190	,027	,968	7,088	,000	,615	1,626
2 (Constant)	7831,167	6579,177		1,190	,259		
vegetasi	-,139	,093	-,225	-1,492	,164	,664	1,505
non_vegetasi	,008	,010	,117	,755	,466	,625	1,601
Crh_hujan	,158	,025	,802	6,279	,000	,924	1,082
3 (Constant)	10904,803	5073,988		2,149	,053		
vegetasi	-,179	,075	-,290	-2,383	,035	,985	1,016
Crh_hujan	,162	,024	,826	6,798	,000	,985	1,016

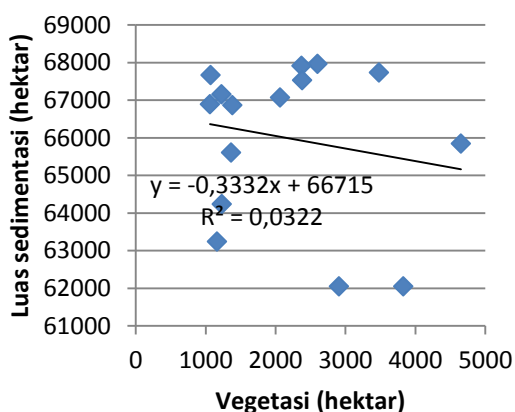
a. Dependent Variable: L_sediment

Lampiran 2. Perhitungan luas penggunaan lahan pada berbagai keadaan

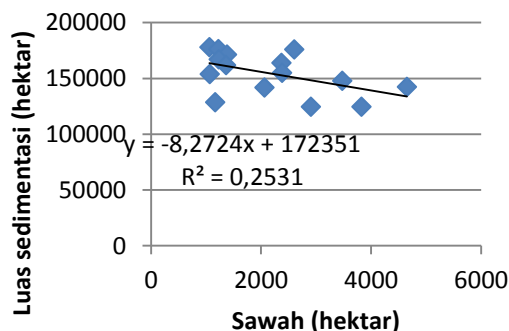
Kondisi DAS	Luas Penggunaan Lahan (hektar)				Curah hujan (mm)	Luas Sedimentasi (hektar)
	Tubuh air	Sawah	Non-vegetasi	Vegetasi		
CH rata-rata, Sawah Max	11149	179416	40000	73515	19601	921
CH rata-rata, Sawah Min	11149	124796	90000	78134	19641	101
CH rata-rata, Sawah rata-rata	11149	157916	57000	78015	19608	117
CH min, Sawah Max	11149	179416	42000	71515	11987	46
CH min, Sawah Min	11149	124796	97000	71134	11987	114
CH min, Sawah rata-rata	11149	157916	64000	71015	11987	135
CH max, Sawah Max	11149	179416	40000	73515	34611	3353
CH max, Sawah Min	11149	124796	76000	92134	34611	20
CH max, Sawah rata-rata	11149	157916	43000	92015	34611	41

Keterangan : CH = curah hujan; min = minimum; max = maksimum;

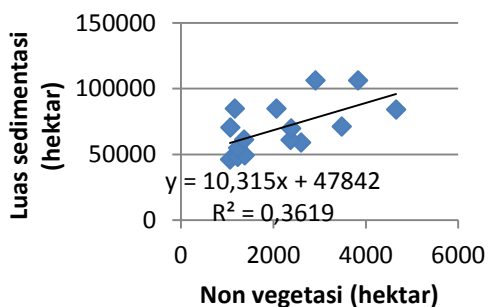
lampiran 3 Regresi linier antara luas lahan bervegetasi di DAS Citarum bagian hilir dengan luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum



Lampiran 5 Regresi linier antara luas lahan sawah di DAS Citarum bagian hilir dengan luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum



lampiran 4 Regresi linier antara luas lahan non-vegetasi di DAS Citarum bagian hilir dengan luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum



Lampiran 6 Regresi linier antara curah hujan tahunan di DAS Citarum bagian hilir dengan luas sedimentasi di sekitar muara Sungai Citarum

