

Kajian Model Estimasi Erosi Tanah Menggunakan Pendekatan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) Studi Kasus Hulu Kanal Duri

**Andreas Panjaitan, Imam Suprayogi, Trimaijon
Laboratorium Hidroteknik
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau
Email : andreaspanjaitan26@yahoo.com**

ABSTRACT

Sedimentation-erosion that happed at top canal of Duri is one of problem that must be described in analyzing DAS because canal of Duri is multifunction of canal that usefull in wealth of people.

Method that used is analysis using some formulas of erosion-sedimentation such as USLE and MUSLE, MUSLE it self is the development of USLE method by changing erosivitas factor with flow factor.

Prediction result of erosion potential with MUSLE model show that sedimentation happened at top canal of Duri condition of closing land 2012. It has amount 31.16 ton and in 2002 was 29.38 ton. It shows that sedimentation that happened 2012 was bigger than the sedimentation that happened before in 2002. This happened, because of the changing of closing land happened, had caused the increase of top debit in rain. as a result of the increasing of koefisien of surface flow. Erosion prediction with USLE model at top canal of Duri in 2002 was 45.72 ton/ha/year. Show that the result depends on how high the rain falls. The higher of rain falls the bigger of land erosion.

Key word: Erosion-sedimentation, closing land, rain falls.

1. Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan dapat mengakibatkan perubahan efektivitas perlakuan DAS. Perubahan lahan juga dapat mengakibatkan perubahan besarnya erosi pada saat terjadinya hujan. realitas yang terjadi saat ini di wilayah administrasi Provinsi Riau marak terjadinya pembukaan lahan khususnya untuk perkebunan kelapa sawit, pembangunan infrastruktur serta masifnya *illegal logging*. Dengan terjadinya perubahan ekosistem pada kawasan hulu dari DAS di sebagian wilayah administrasi wilayah Provinsi Riau tentunya akan berdampak terhadap pengelolaan sumberdaya air bagian hilir DAS dengan peningkatan volume sedimen.

Model erosi MUSLE sendiri merupakan pengembangan dari persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang pertama kali diterbitkan dalam *Agricultural Handbook* No. 282 (1965) dan dipublikasikan lagi pada *Agricultural Handbook* No. 587 (1978). metode MUSLE tidak menggunakan faktor energi

hujan sebagai faktor penentu besarnya erosi, akan tetapi faktor yang menentukan besarnya erosi adalah limpasan/aliran. Hasil sedimen (*sediment yield*) yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air diukur pada periode waktu dan tempat tertentu.

2. Tinjauan Pustaka

Mengingat bahwa harga nisbah pengangkutan sedimen (*Sediment Delivery Ratio = SDR*) tidak menentu dan harganya bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya, Williams (1975) melakukan modifikasi USLE dengan mengganti faktor R/ faktor erosivitas hujan dengan faktor aliran. Dengan cara baru ini, yang selanjutnya dinamai modifikasi USLE (MUSLE), besarnya sedimen yang terjadi sudah menggambarkan erosi yang terjadi.

Selain mengganti faktor hujan dengan faktor aliran model erosi MUSLE juga menggunakan faktor yang terdapat pada USLE dalam memprediksi erosi yang terjadi. Faktor-faktor yang terdapat pada MUSLE adalah :

- Faktor aliran
- Erodibilitas tanah
- Panjang dan kemiringan lereng
- Faktor penggunaan lahan
- Faktor pengelolaan lahan

MUSLE dapat dituliskan dalam bentuk (Williams, 1975; Simon and Senturk, 1992).

$$SY = a (V_Q Q_Q)^b \cdot K \cdot C \cdot P \cdot LS$$

Dimana:

- SY : Sedimen Yiel
 V_Q : Volume aliran (m^3),
 Q_Q : Debit Puncak (m^3),
a dan b : Koefisien, yang besarnya 11,8 dan 0,56 (Williams, 1977).
K : Faktor erodibilitas tanah
C : Faktor penutupan tanah oleh tanaman
P : Faktor praktek konservasi tanah
LS : Faktor panjang dan kemiringan lahan

2.1 Volume aliran

Metoda SCS dikembangkan dari hasil pengamatan curah hujan selama bertahun-tahun dan melibatkan banyak daerah pertanian di Amerika Serikat. Metoda SCS berusaha mengkaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan tataguna lahan dengan bilangan kurva air larian CN (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu. Persamaan yang berlaku untuk metoda SCS adalah sebagai berikut:

$$V_Q = \frac{(I - 0.2S)^2}{I + 0.8S}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

2.2 Debit Puncak Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik dapat dibuat apabila pada daerah aliran sungai yang diobsevasi, sama sekali tidak ada data pencatatan tinggi muka air otomatis

(AWLR). Sehingga untuk membuat hidrograf sintetik tersebut diperlukan peninjauan kondisi karakteristik daerah aliran sungai terlebih dahulu. Adapun beberapa parameter yang berhubungan dengan karakteristik daerah aliran sungai, antara lain.

1. Luas daerah aliran sungai
2. Panjang sungai utama
3. Koefisien aliran.

Sehingga rumus yang digunakan untuk menentukan nilai dari Debit Puncak adalah:

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left[\frac{C.A.R_o}{0.3 T_p + T_{0.3}} \right]$$

(Sumber: Nugroho, 2010)

Dimana:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dtk)

C = Koefisien aliran

A = luas DAS (km^2)

R_o = hujan satuan 1 mm

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0.3}$ = waktu yang diperlukan penurunan debit, dari debit puncak sampai 30 % dari debit puncak (jam)

2.3 Faktor erodibilitas tanah

Faktor erodibilitas tanah (K) menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik air hujan.

Tabel 1 Faktor erodibilitas tanah berbagai jenis tanah di Indonesia dan amerika serikat

ordo	jenis tanah	lokasi	faktor erodibilitas tanah			sumber
			kisaran	rata-rata	kelas	
alfisol	Hapludalf (mediteran)	DAS cimanuk	0.13-0.13	0.13	r	Hamer (1980)
	Hapludalf (mediteran)	DAS cimanuk	0.14-0.18	0.16	r	Hamer (1980)
	Hapludalf (mediteran)	DAS cimanuk	0.17-0.23	0.20	r	Hamer (1980)
	Tropaqualf (mediteran)	Pnung, Pacitan	0.18-0.25	0.22	sd	U. Kurnia dan Suwardjo (1984)
	Tropudalf (mediteran)	Putat, Gn. Kidul	0.16-0.29	0.23	sd	Undang K. dan Suwardjo (1984)
	Endoaqualf	DAS cimanuk	0.24-0.32	0.28	sd	Hamer (1980)
andisol	hapludand	sumber jaya, lampung	-	0.05	sr	subagyono et al.(2004)
	hydrudand	pulau hawai	0.07-0.08	0.07	sr	dangler dan el-swaify (1976)
	dystrudand	pulau hawai	0.12-0.22	0.17	r	dangler dan el-swaify (1976)
	eutrudand	pulau hawai	0.16-0.26	0.21	sd	dangler dan el-swaify (1976)
	hapludand (andosol)	DAS cimanuk	0.24-0.38	0.31	sd	hamer (1980)
	hapludand (andosol)	DAS cimanuk	0.23-0.41	0.32	sd	hamer (1980)
	eutrudand	pulau hawai	0.51-0.6	0.55	t	dangler dan el-swaify (1976)
inceptisol	dystrudand	sumber jaya, lampung	-	0.15	r	dariah (2004)
	ustropep	pulau oahu, hawai	0.03-0.41	0.19	r	dangler dan el-swaify (1976)
	dystrudept (kambisol)	DAS cimanuk	0.21-0.21	0.21	sd	hamer (1980)
	eutrupept (kambisol)	DAS cimanuk	0.20-0.38	0.29	sd	hamer (1980)
	aquept (gleisol)	DAS cimanuk	0.27-0.35	0.31	sd	hamer (1980)
	aquept (gleisol)	DAS cimanuk	0.17-0.47	0.32	sd	hamer (1980)
	vertisol	chromudert (grumusol)	DAS cimanuk	0.24-0.24	0.24	sd
chromudert (grumusol)		jegu blitar	0.24-0.30	0.27	sd	undang K & suwardjo
chromustert		pulau oahu, hawai	0.26-0.31	0.3	sd	dangler dan el-swaify (1976)

2.4 Faktor penutupan tanah oleh tanaman (C)

Faktor C merupakan perbandingan antara besarnya erosi dari tanah akibat aliran permukaan dengan pengelolaan tertentu, terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan tanpa pengelolaan.

Tabel 2 Nilai faktor penutupan tanah dan pengelolaan tanaman (C)

No	Macam penggunaan	Nilai faktor
1	Tanah terbuka / tanpa tanaman	1.0
2	Tegalan / Perkebunan	0.7
3	Kebun campuran: kerapatan tinggi	0.1
	Kerapatan sedang	0.2
	Kerapatan rendah	0.5
4	Perladangan	0.4
5	Hutan alam: serasah banyak	0.001
	Serasah kurang	0.005
6	Hutan produksi: tebang habis	0.5
	Tebang pilih	0.2
7	Semak belukar / padang rumput	0.3

(Sumber : hidrologi dan Pengelolaan DAS, Chay Asdhak, 2004 : 376)

2.5 Faktor praktek konservasi tanah

Faktor P adalah perbandingan antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor erosi yang lain diasumsikan tidak berubah. Dalam pemakaian dibidang konstruksi besarnya P menunjukkan kekasaran permukaan tanah sebagai akibat cara kerja traktor dan mesin-mesin pertanian lainnya. Nilai faktor P untuk tindakan khusus konservasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Nilai faktor P sesuai tindakan khusus konservasi

No	Tindakan khusus konservasi tanah	Nilai P
1	Teras bangku	
	- Konstruksi baik	0.04
	- Konstruksi sedang	0.15
	- Konstruksi kurang baik	0.35
	- Teras tradisional kurang baik	0.40
2	Strip tanaman rumput (padang rumput)	0.40
3	Pengolahan tanah dan penanaman menurut kontur	
	- Kemiringan 0 – 8 %	0.50
	- Kemiringan 9 – 20 %	0.75
	- Kemiringan > 20 %	0.90
4	Tanpa tindakan konservasi	1.0

(Sumber : hidrologi dan Pengelolaan DAS, Chay Asdhak, 2004 : 376)

Faktor penggunaan lahan dan pengelolaan lahan dan pengelolaan lahan sering dinyatakan sebagai satu kesatuan parameter, yaitu faktor CP. Jika pengelolaan lahan (tindakan konservasi) tidak dilakukan maka nilai P adalah 1, sedangkan bila usaha pengelolaan lahan dilakukan maka nilai P menjadi kurang dari 1. Berikut ini adalah nilai faktor CP.

Tabel 4 Faktor CP untuk padang rumput

Tingkat pengelolaan	Faktor CP		
	Kemiringan	Kemiringan	Kemiringan
	0-2%	2-15%	15-40%
Dibiarkan	0.02	0.05	0.07
Diperbaiki	0.005	0.01	0.02

(Sumber: Jurnal SMARTek, Vol. 8 No. 3. Agustus 2010: 169 – 181)

2.6 Faktor panjang dan kemiringan lereng

Dalam praktek lapangan nilai L sering dihitung sekaligus dengan faktor kemiringan (S) sebagai faktor kemiringan lereng (LS).

$$LS : L^{1/2} (0.00138 S^2 + 0.00965 S + 0.0138)$$

(Sumber : Chay Asdak, 2001)

Dimana :

L : Panjang lereng (m)

S : Kemiringan Lereng (%)

3. Metode Penelitian

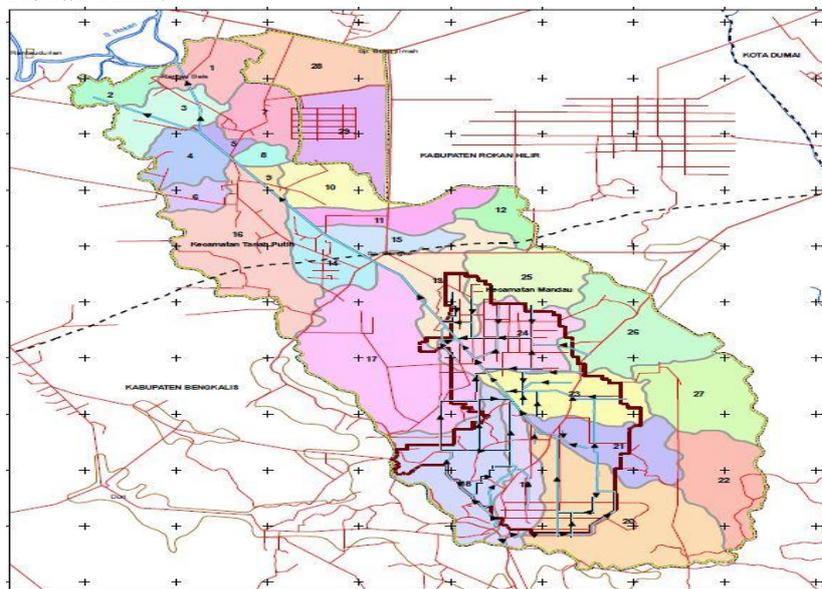
Proses pelaksanaan studi ini pada prinsipnya terbagi dalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data/perhitungan dan keluaran berupa hasil analisa. Langkah-langkah yang diambil dalam prosedur penelitian ini adalah studi literatur dan pengumpulan data.

Data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder. Adapun data yang dibutuhkan adalah berupa data erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, tata guna lahan, luas daerah serta data curah hujan harian Stasiun Duri yang secara administrasi terletak di Provinsi Riau.

3.1 Analisis Penelitian

3.1.1 Lokasi penelitian

Adapun lokasi yang menjadi penelitian ini yaitu di Kecamatan Sungai Mandau Kabupaten Bengkalis dan Kecamatan Tanah Putih Kabupaten Rokan Hilir.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(sumber : Google)

3.1.2 Tahapan Analisis

Mempersiapkan data hujan harian dalam mm Berikut tahapan analisisnya:

1. Memperkirakan debit banjir rencana dengan menganalisa data curah hujan kemudian mentransformasikan menjadi data debit dengan menggunakan metode yang tepat dengan mengumpulkan data-data hidrologi berupa: data curah hujan harian.
2. Langkah selanjutnya adalah menghitung besarnya curah hujan rencana untuk kala 10 tahun berdasarkan analisa frekuensi.

3. Untuk mensimulasi besarnya debit banjir rencana dengan kala ulang tertentu, ditentukan dulu daerah yang akan dihitung debit alirnya, kemudian ditentukan luas daerah tangkapan hujannya (catchment area), dan koefisien pengalirannya. Maka debit banjir rencana dengan waktu yang ditentukan dapat dihitung dengan metode HSS Nakayasu.
4. Penentuan Parameter-parameter yang dibutuhkan.
 - Parameter hidrologi untuk mendukung estimasi volume limpasan (runoff) dengan metode SCS yaitu : grup hidrologi tanah (*hidrologic soil grup*), tipe penutupan lahan (*land cover*), dan curah hujan rencana
 - Parameter hidrologi untuk mendukung estimasi debit maksimum dengan metode HSS nakayasu yaitu : curah hujan efektif, luas DAS, lama hujan dan panjang sungai.
 - Parameter hidrologi untuk estimasi erosi dan sedimentasi dengan metode *MUSLE* yaitu erosititas hujan sebagai faktor aliran, erodibilitas tanah (K), panjang lereng (L), kemiringan lereng (S), penutupan tanaman (C), dan praktek konservasi tanah (P).
5. Input data berupa data curah hujan rencana mm, data tanah dan data topografi dan data tata guna lahan.
6. Memperkirakan besaran erosi yang terjadi di DAS Kanal Duri.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Erosi tanah MUSLE

rumus erosi tanah menggunakan MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) adalah:

$$SY = a (V_Q \cdot Q_Q)^b \cdot K \cdot C \cdot P \cdot LS$$

(Menurut Williams, 1977) bahwa penetapan nilai $a = 11.8$ dan $b = 0.56$

sehingga rumus erosi tanah menggunakan rumus MUSLE adalah:

$$SY = 11.8 (V_Q \cdot Q_Q)^{0.56} \cdot K \cdot C \cdot P \cdot LS$$

4.1.1 Analisa volume aliran menggunakan pendekatan SCS

Adapun langkah-langkah menentukan nilai V_q adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai kurva number
Kurva number dihitung dengan membagi CN% dengan luas daerah
2. Menghitung nilai S / perbedaan antara curah hujan dan aliran air (mm)
3. Menentukan nilai I / curah hujan rencana
4. Menghitung volume aliran SCS / V_Q .
untuk menghitung volume aliran SCS diperoleh volume aliran pada tahun 2002, $V_Q = 108.868$ mm dan volume aliran tahun 2012 $V_Q = 84.83$ mm.

4.1.2 Menentukan Nilai Debit Puncak Metode Nakayassu

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Nakayasu dengan intensitas hujan menggunakan metode mononobe. Debit banjir yang digunakan yaitu debit banjir dengan periode kala ulang 10 tahun. Intensitas hujan pada jam ke-1 dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_l = \frac{155.95}{24} \left(\frac{24}{1}\right)^{2/3}$$

$$I_l = 54.065 \text{ mm/jam}$$

Tipe daerah aliran pada DAS Kanal Duri meliputi kawasan industri, tanaman campuran, semak dan belukar, hutan alam, pemukiman, perkebunan, daerah tergenang dan tanah terbuka. Sehingga koefisien aliran yang digunakan adalah koefisien aliran rata-rata seperti yang terlihat pada persamaan berikut.

$$C_{r2002} = \frac{\sum Ci.Ai}{A}$$

$$C_r = \frac{3452.05}{10098.91}$$

$$C_r = 0.34$$

$$C_{r2012} = \frac{\sum Ci.Ai}{A}$$

$$C_r = \frac{4185.41}{10098.91}$$

$$C_r = 0.414$$

Curah hujan efektif pada jam ke-1 dapat dihitung menggunakan sebagai berikut dengan C merupakan $C_{rata-rata}$

$$Re = (0.34) (54.065)$$

$$Re = 18.382 \text{ mm/jam}$$

Tabel 5 Rekapitulasi intensitas hujan dan hujan efektif

tahun	jam ke-	Intensitas hujan (mm/jam)	Re (mm/jam)
2002	1	54.065	18.382
	2	34.059	11.580
	3	25.992	8.837
	4	21.456	7.295
	5	18.490	6.287
tahun	jam ke-	Intensitas hujan (mm/jam)	Re (mm/jam)
2012	1	43.644	18.068
	2	27.494	11.382
	3	20.982	8.686
	4	17.320	7.170
	5	14.926	6.179

(sumber : Perhitungan, 2013)

Maka debit puncak banjir untuk curah hujan 1 mm pada sub basin bagian hulu pada tahun 2002 dan tahun 2012 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.20) sebagai berikut.

Tahun 2002

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{C.A.R_o}{(0.37p+70.3)} \right)$$

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{(0.34)(100.9891)(1)}{(0.3)(3.2396)+(4.628)} \right)$$

$$Q_p = 1.7032 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tahun 2012

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{C.A.R_o}{(0.37p+70.3)} \right)$$

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \left(\frac{(0.414)(100.9891)(1)}{(0.3)(3.2396)+(4.628)} \right)$$

$$Q_p = 2.0739 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menghitung aliran dasar Q_b

Debit aliran dasar dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_b = (0.4751) (A)^{0.6444} (D)^{0.943}$$

$$Q_b = (0.4751)(100.9891)^{0.6444} (33/100.9891)^{0.943}$$

$$Q_b = 3.238 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Setelah didapat hidrograf satuan dan debit aliran dasar maka dihitung debit banjir rencana metode Hidrograf Satuan Sintetik nakayasu. Dengan cara mengalikan hidrograf satuan dengan Re yang telah dihitung sebelumnya. Maka akan diperoleh total debit.

Dari hasil perhitungan diambil debit banjir rencana maksimum seperti yang terlihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 6 rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana maksimum

No	Tahun	Debit Puncak (m ³ /dtk)
1	2002	67.975
2	2012	80.717

(sumber : Perhitungan, 2013)

4.2 Hasil Perhitungan

Erosi tanah menggunakan MUSLE untuk tahun 2002

Data-data:

Tabel 7. nilai K, CP, dan LS tahun 2002

no	tata guna lahan	nilai C	nilai P	luas			nilai	nilai	nilai
	tahun 2002								
1	bangunan / infrastruktur	0.5	0.15	3276.87	32.448	0.30	0.097	0.024	0.608
2	tanaman campuran	0.1	1	847.64	8.3935	0.30	0.025	0.008	0.608
3	semak dan belukar	0.3	0.4	2438.44	24.146	0.30	0.072	0.029	0.608
4	pemukiman	0.4	0.15	685.66	6.7895	0.30	0.020	0.004	0.608
5	kelapa sawit rakyat	0.7	0.15	1923.16	19.043	0.30	0.057	0.020	0.608
6	kelapa sawit perusahaan	0.7	0.15	272.92	2.7025	0.30	0.008	0.003	0.608
7	kelapa sawit vegetasi	0.7	0.15	51.47	0.5097	0.30	0.002	0.001	0.608
8	daerah tergenang	1	1	28.32	0.2804	0.30	0.001	0.003	0.608
9	tanah terbuka / kosong	1	0.02	574.3	5.6868	0.30	0.017	0.001	0.608
nilai rata-rata tertimbang							0.300	0.093	

(sumber : Perhitungan, 2013)

Sehingga

$$SY = a (V_Q \cdot Q_Q)^b \cdot K \cdot CP \cdot LS$$

$$SY = 11.8 (108.868 \times 67.975)^{0.56} \times 0.3 \times 0.093 \times 0.608$$

$$SY = 29.38 \text{ ton}$$

Erosi tanah menggunakan MUSLE untuk tahun 2012

Data-data:

Tabel 8. nilai K, CP, dan LS tahun 2012

no	tata guna lahan	nilai C	nilai P	luas			nilai	nilai	nilai	
	tahun 2012			ha	%	K	K	CP	LS	
1	bangunan / kawasan industri	0.7	0.15	4202.48	41.614	0.30	0.125	0.044	0.608	
2	tanaman campuran	0.1	1	2499.2	24.748	0.30	0.074	0.025	0.608	
3	semak dan belukar	0.3	0.4	986.43	9.7678	0.30	0.029	0.012	0.608	
4	hutan alam	0.01	1	72.22	0.7151	0.30	0.002	0.000	0.608	
5	pemukiman	0.4	0.15	689.34	6.826	0.30	0.020	0.004	0.608	
6	kelapa sawit rakyat	0.7	0.15	1067.76	10.573	0.30	0.032	0.011	0.608	
7	kelapa sawit perusahaan	0.7	0.15	540.85	5.3556	0.30	0.016	0.006	0.608	
8	daerah tergenang	1	1	20.02	0.1982	0.30	0.001	0.002	0.608	
9	tanah terbuka / kosong	1	0.02	20.48	0.2028	0.30	0.001	0.000	0.608	
				nilai rata-rata tertimbang			0.300	0.103		

(sumber : Perhitungan, 2013)

Sehingga

$$SY = a (V_Q \cdot Q_Q)^b \cdot K \cdot CP \cdot LS$$

$$SY = 11.8 (84.83 \times 80.717)^{0.56} \times 0.3 \times 0.103 \times 0.608$$

$$SY = 31.16 \text{ ton}$$

5 Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan kehilangan tanah menggunakan Metode MUSLE didapat besar hasil sedimen pada tahun 2002 sebesar 29.38 ton dan hasil sedimen pada tahun 2012 sebesar 31.16 ton.
2. Distribusi curah hujan menjadi aliran langsung selain dipengaruhi oleh sifat fisik permukaan DAS, juga dipengaruhi oleh sifat-sifat hujannya. Mengingat bahwa hujan yang terjadi beriklim tropis basah mempunyai variasi yang cukup besar menurut ruang dan waktu.
3. Besarnya sedimen yang terjadi pada tahun 2012 pada sub. Basin di hulu Kanal Duri disebabkan oleh banyaknya perubahan fungsi lahan.
4. Perubahan penutupan lahan yang terjadi telah menyebabkan peningkatan debit puncak diwaktu hujan, sebagai akibat langsung dari meningkatnya koefisien aliran permukaan.
5. Selain perubahan tata guna lahan tingkat curah hujan yang tinggi juga sangat signifikan berpengaruh terhadap kehilangan tanah.

Daftar Pustaka

- Asdak, Chay. 2004.** *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hadisusanto, Nugroho. 2010.** *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama.
- Hardjoamidjojo, S. Sukartaatmadja, S. 2008.** *Teknik pengawetan tanah dan air*. Bogor: GRAHA ILMU.
- Kurnia, Undang. et al. 2004.** *Teknologi Konversi Pada Lahan Kering Berlereng*. Available at : <www.balittanah.litbang.deptan.go.id/buku/berlereng2> [diakses tanggal 5 Agustus 2013]
- Muchlis, H. 2011.** *Kajian sedimentasi rencana bangunan penahan sedimen sungai kapur kecil*. Universitas Riau : Fakultas Teknik.

- Murtiono, Ugro Hari. 2008.** *Kajian Model Estimasi Volume Limpasan Permukaan DAS kedua, Wonogiri.* Surakarta: Forum Geografi Vol. 22.
- Rahim, Supli Effendi. 2000.** *Pengendalian erosi tanah dalam rangka pelestarian lingkungan hidup.* Palembang: BUMI AKSARA.
- Robianto, M. 2011.** *Pemodelan sedimentasi pada tampungan bendung tibun kab.kampar.* Universitas Riau: Fakultas Teknik.
- Suripin, 2004.** *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutapa, I Wayan. 2010.** *Jurnal Smartek Vol 8.* Palu. Universitas Tadulako: Fakultas Teknik.
- Triatmojo, B. 2008.** *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta: Beta Offset.