

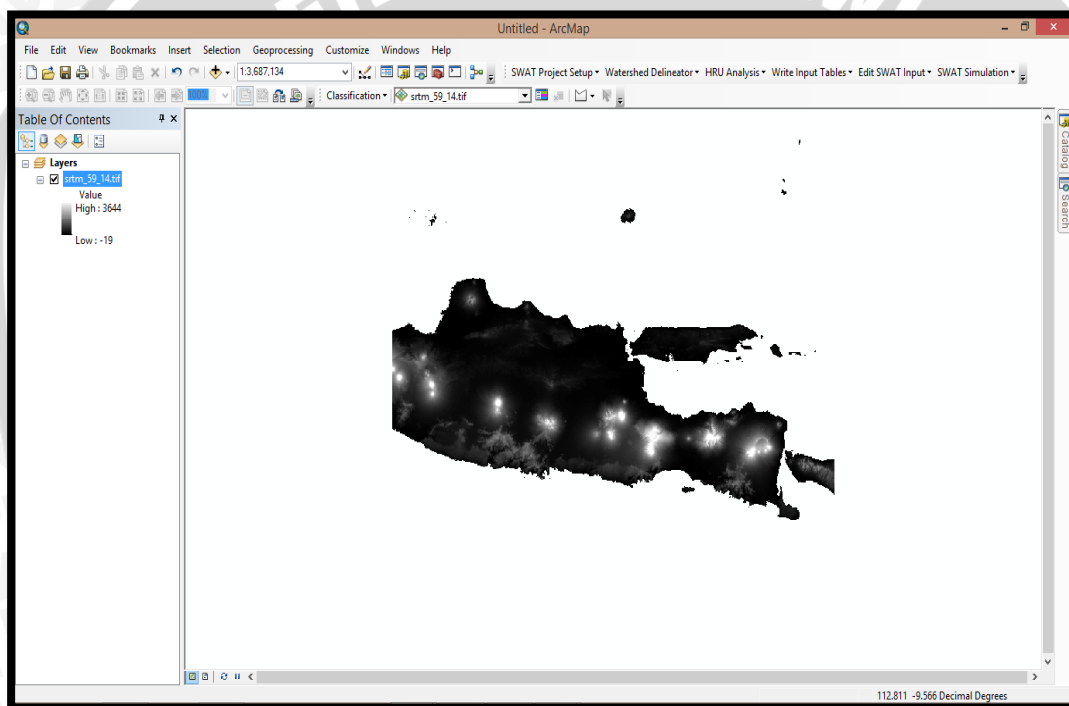
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan batas DAS

Penentuan batas DAS pada studi ini menggunakan bantuan software *ArcGIS 10.1*. Dalam menentukan batas DAS dibutuhkan data DEM terlebih dahulu. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penggambaran batas DAS:

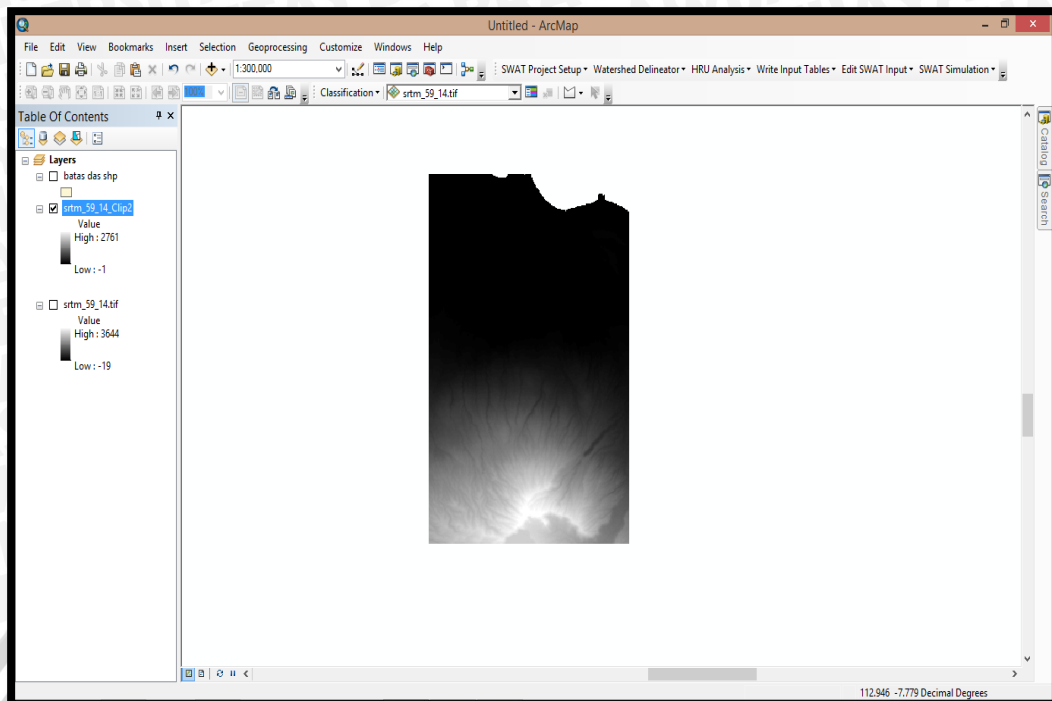
1. Mempersiapkan data DEM yang menggunakan *SRTM* yang diambil dari *gdem.ersdac.SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)* merupakan misi untuk membuat data topografi (DEM) dengan menggunakan system radar dari wahana pesawat ulang alik antariksa.



Gambar 4.1 Tampilan data DEM *SRTM*

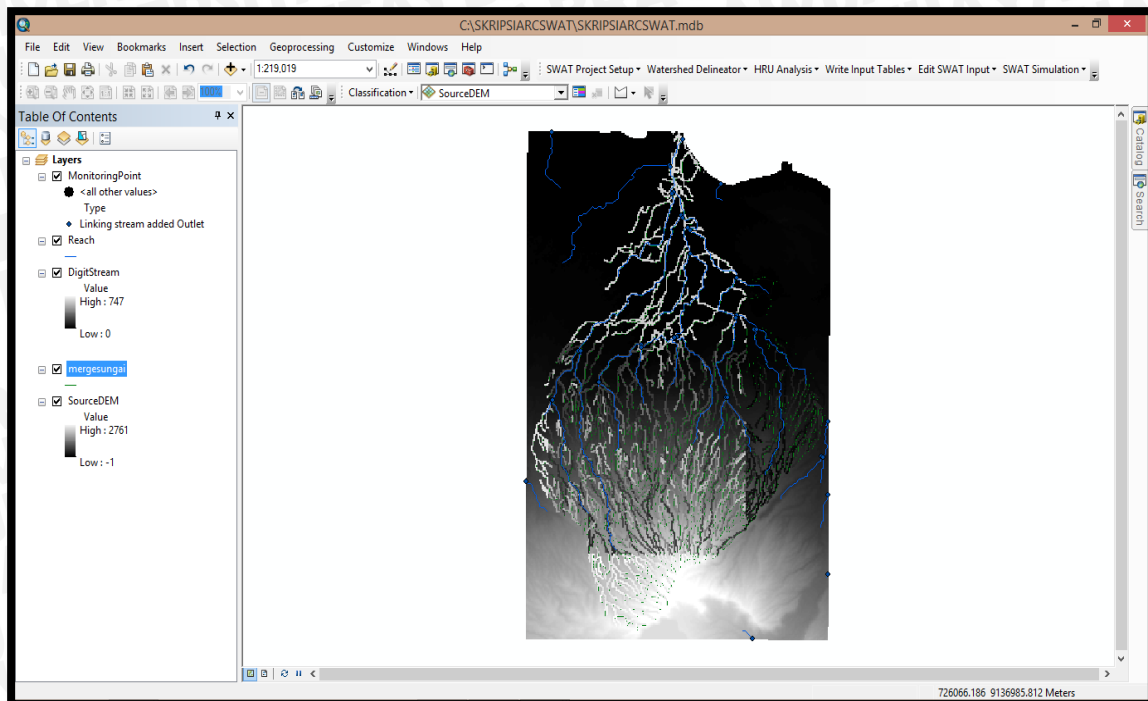
Sumber: *gdem.ersdac*

2. Selanjutnya adalah memotong DEM sesuai dengan wilayah studi dengan menggunakan tools ArcGIS. Buka *data management tools* pada *arctoolbox*, lalu klik *raster-raster processing-clip*.



Gambar 4.2 Tampilan data DEM SRTM setelah dipotong sesuai dengan wilayah studi
Sumber: ArcMap 10.1

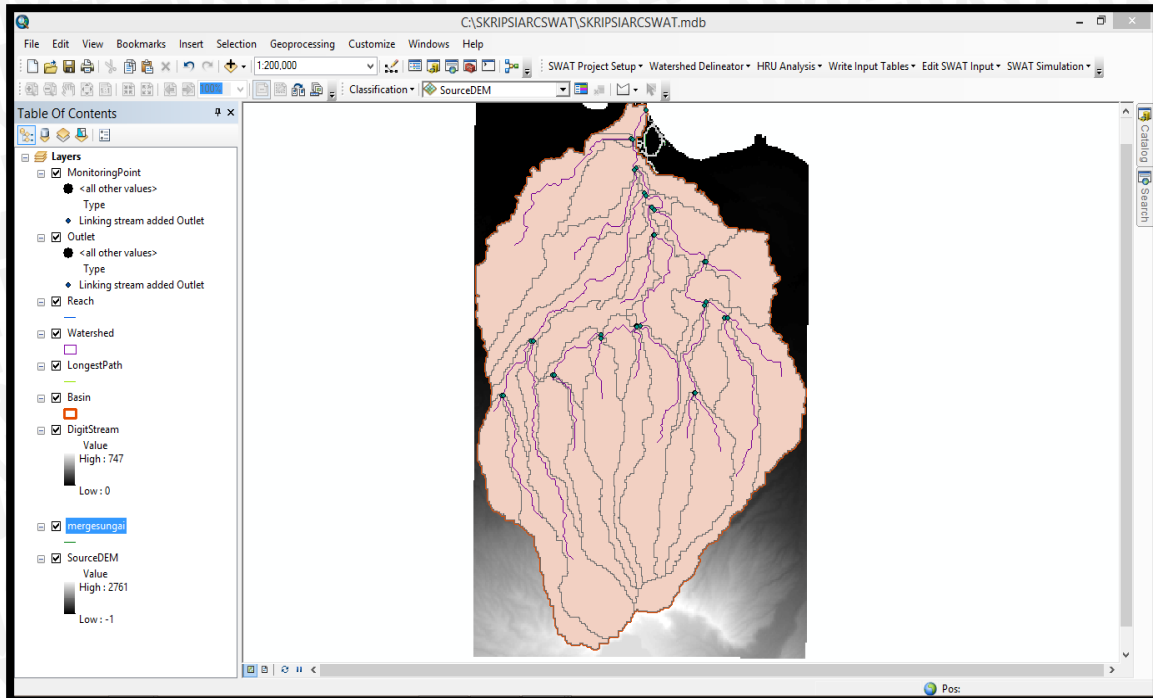
3. Setelah membuat DEM sesuai dengan wilayah studi. Tahap selanjutnya adalah menggambar batas DAS dengan menggunakan ArcSWAT. Tahap awal yang dilakukan adalah membuat project setup pada ArcSWAT. Lalu, memasukkan data DEM yang sudah dibuat tersebut menggunakan *tools watershed delineation*. Setelah itu membuat *DEM projection setup*.
4. Setelah memasukkan data DEM, selanjutnya adalah membuat jaringan aliran sungai dengan menginput layer sungai dalam bentuk *shapefile*.



Gambar 4.3 Tampilan jaringan aliran sungai

Sumber: ArcMap 10.1

5. Tahapan terakhir pada pembuatan DAS adalah mendefinisikan batas DAS dan batas Sub DAS dalam DEM. Pemilihan *outlet* DAS dengan tombol *select*, maka akan didapatkan *theme watershed* (batas DAS). Hal yang perlu diperhatikan adalah apabila terdapat *outlet* yang tidak terdapat pada *theme outlet*, maka perlu penambahan titik outlet dengan tombol *add* pada toolbar *watershed delineation*. Namun bila terdapat outlet yang tidak diinginkan maka dapat dilakukan penghapusan titik *outlet* dengan tombol *remove* (hapus).



Gambar 4.4 Tampilan hasil pembuatan DAS

Sumber: ArcMap 10.1

4.2. Penginderaan jauh (*remote sensing*)

Dalam kaitan ilmiah, hingga pada saat ini, hampir semua metode atau teknik pengambilan (*sampling*) data yang paling sering dilakukan dan dimaksudkan untuk pembuatan dan pengembangan data spasial adalah teknik-teknik dari kelompok *remote sensing* (penginderaan jauh) yakni; ilmu dalam mendapatkan informasi objek, luasan (*area*), atau bahkan suatu fenomena alamiah melalui suatu analisis terhadap data yang diperlukan dari perangkat (sensor dan platform) tanpa kontak (menyentuh) langsung.

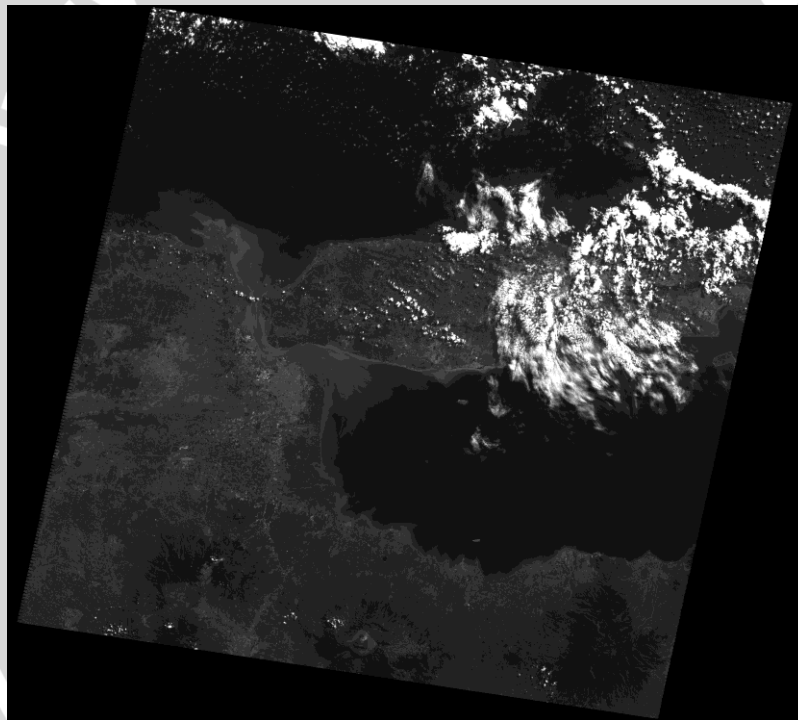
Alasan metode-metode dari kelompok ini yang paling sering digunakan karena hasil yang didapat akan memiliki cakupan (wilayah studi atau operasi) yang sangat bervariasi mulai dari yang kecil hingga yang luas (komprehensif), dapat memberikan gambaran unsur-unsur spasial yang komprehensif dengan bentuk-bentuk geometri relative (dan hubungan ketetanggaan) yang benar, periode pengukuran (pengamatan) relative singkat dan dapat diulang kembali dengan cepat dan konsisten (presisi), skala (akurasi data spasial) yang didapat dapat bervariasi dari yang kecil hingga besar, kecenderungan dalam mendapatkan data yang paling *up to date* (terbaru), dan (total) biaya (*survey*) keseluruhan (waktu, personil, dan sebagainya) terhitung (*relative*) murah. (Prahasta, 2008:4).

4.3. Interpretasi citra satelit

Interpretasi citra satelit diperlukan untuk mengolah data citra menjadi peta tataguna lahan. Interpretasi ini menggunakan ArcMap 10.1. Hasil interpretasi yang berupa peta tata guna lahan digunakan untuk melengkapi data spasial dalam melakukan analisis terhadap limpasan permukaan dan erosi di daerah studi.

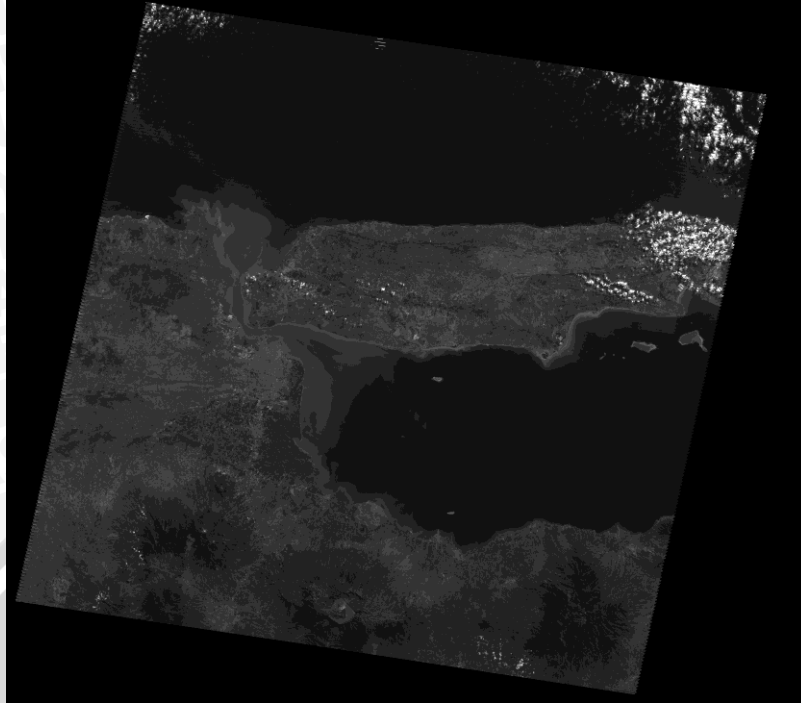
4.3.1. Data citra

Data citra satelit yang digunakan adalah citra satelit Landsat 7 SLC tahun 2002, 2006, dan tahun 2009. Citra yang diperoleh masih berupa citra mentah yang masih berkoordinat NUTM49, karena itu diperlukan koreksi dengan member koordinat sesuai dengan koordinat aslinya. Pada gambar 4.5, 4.6, dan 4.7 menunjukkan data citra satelit yang masih mentah yang selanjutnya akan diolah menjadi peta tataguna lahan.



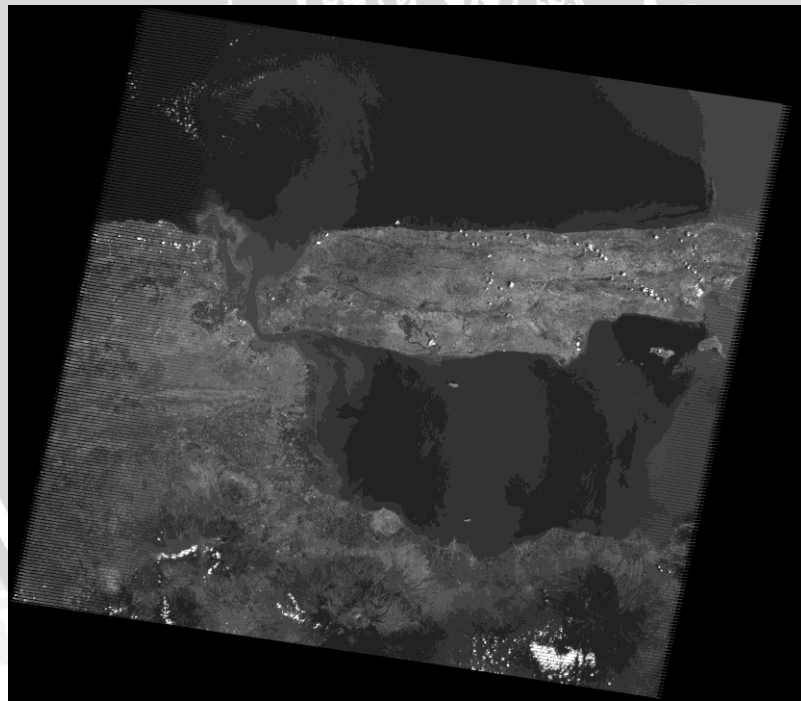
Gambar 4.5 Citra Landsat tahun 2002

Sumber: glovis.usgs.gov



Gambar 4.6 Citra Landsat tahun 2006

Sumber: glovis.usgs.gov

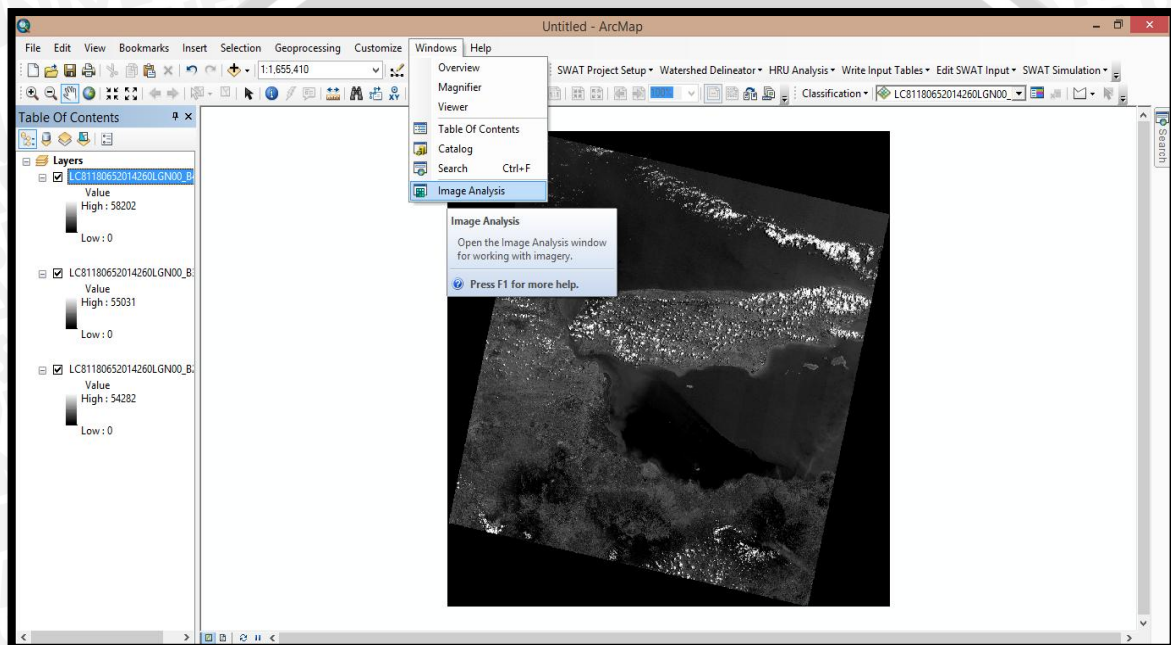


Gambar 4.7 Citra Landsat tahun 2009

Sumber: glovis.usgs.gov

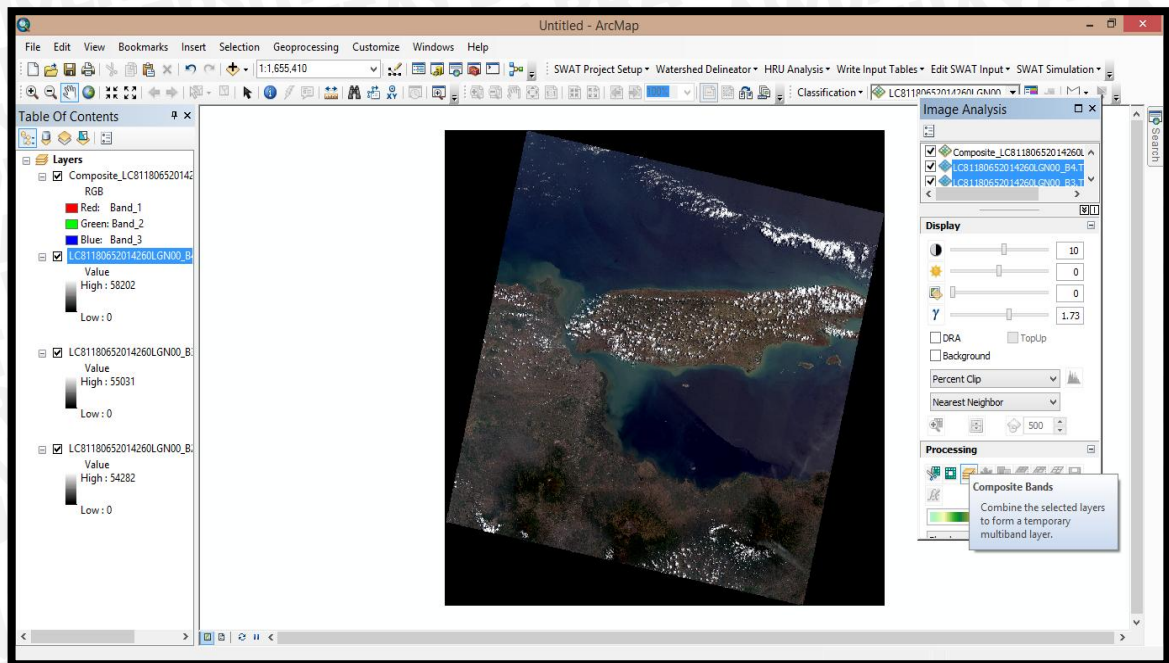
4.3.2. Pembuatan komposit citra

Pembuatan komposit citra bertujuan untuk memperjelas kenampakan pada citra sehingga dapat mempermudah dilakukannya proses interpretasi visual citra. Didalam langkah ini dibuat kombinasi dari beberapa *band* yang ada pada citra Landsat daerah DAS Rejoso untuk membantu mengidentifikasi dan inerpretasi tataguna lahan di permukaan bumi. Kombinasi *band* yang cocok untuk mengetahui penggunaan lahan pada studi ini adalah 4-3-2. Proses pembuatan komposit citra menggunakan *tools windows*, *image analysis*, dan *compocite bands*. Selanjutnya akan tampak menu seperti pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.8 Proses komposit Citra Landsat tahun 2009 RGB 4-3-2

Sumber: *ESRI ArcMap 10.1*



Gambar 4.9 Tampilan komposit Citra Landsat tahun 2009 RGB 4-3-2

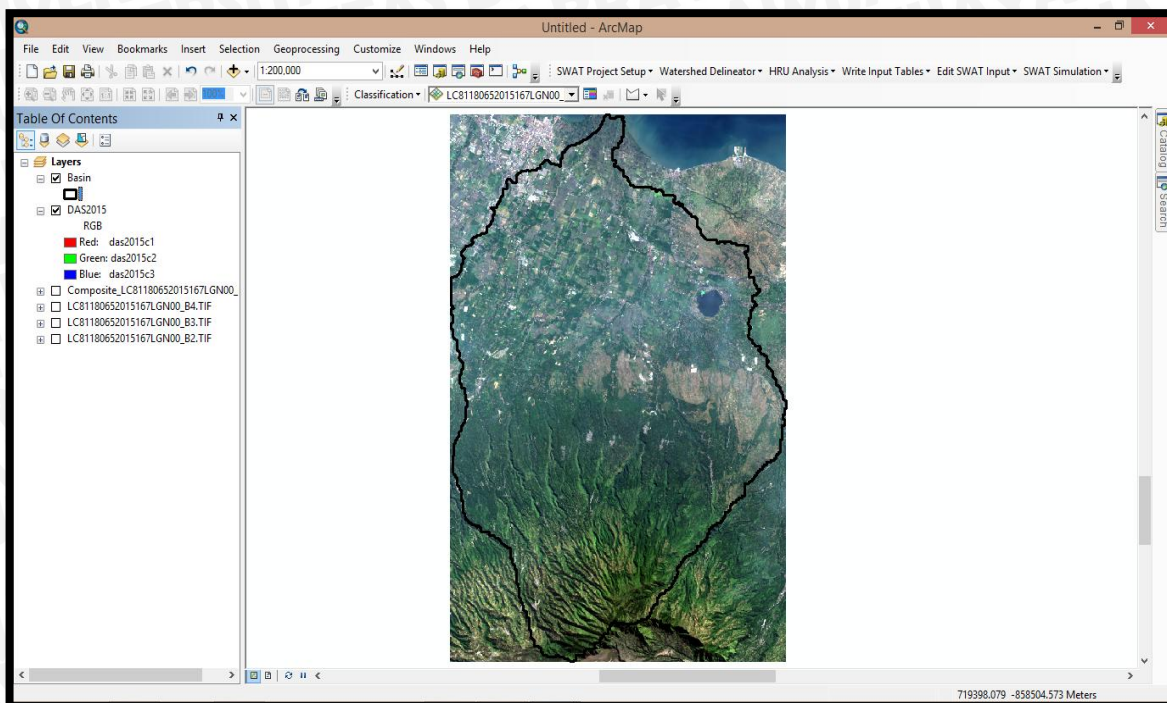
Sumber: *ESRI ArcMap 10.1*

4.3.3. Koreksi geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk membetulkan atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi. Dalam koreksi geometri ini, digunakan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) sebagai peta kontrol. Peta kontrol ini dipakai untuk menyamakan posisi koordinat antara titik-titik tertentu pada citra dengan titik yang sama pada RBI. Karena data citra yang didapat sudah terkoreksi, maka proses ini tidak dilakukan.

4.3.4. Pemotongan citra

Pemotongan citra dilakukan bertujuan untuk memperjelas lokasi studi sehingga mempermudah proses interpretasi. Pemotongan citra landsat DAS Rejoso disesuaikan dengan batas DAS Rejoso berdasarkan peta batas DAS yang telah dibuat sebelumnya. Prosesnya yaitu dengan menggunakan tools *arctoolbox-data management-raster-raster processing-clip*. Hasil dari proses pemotongan citra dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil pemotongan Citra Landsat tahun 2009 RGB 4-3-2

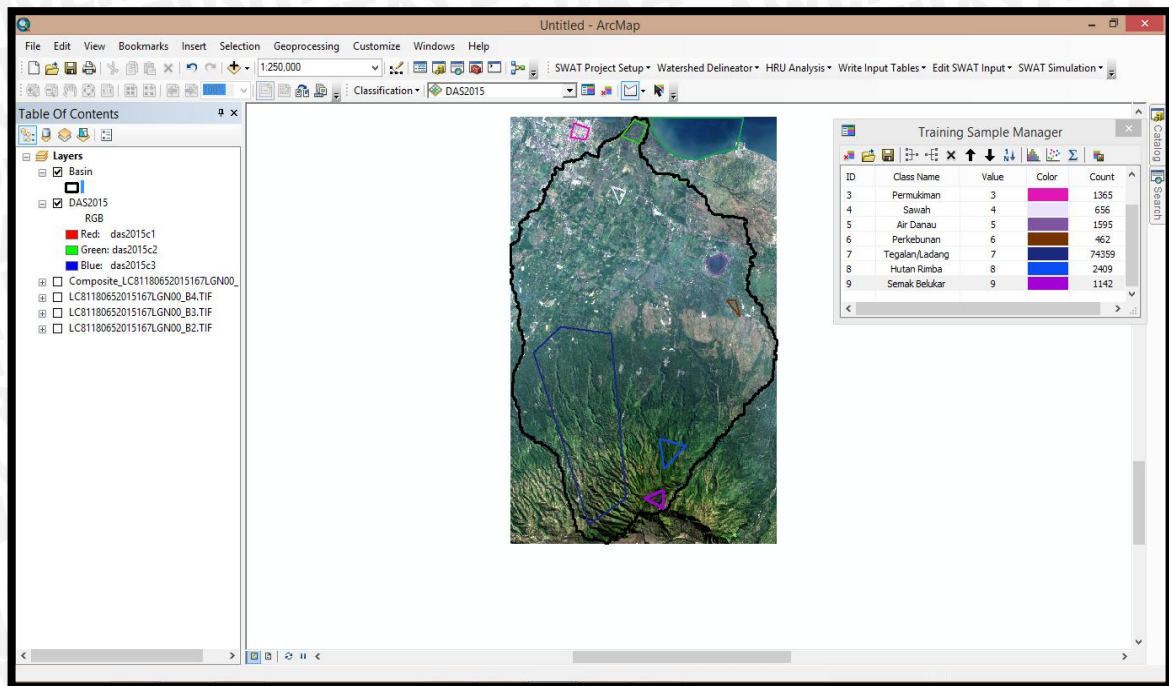
Sumber: *ESRI ArcMap 10.1*

4.3.5. Klasifikasi citra

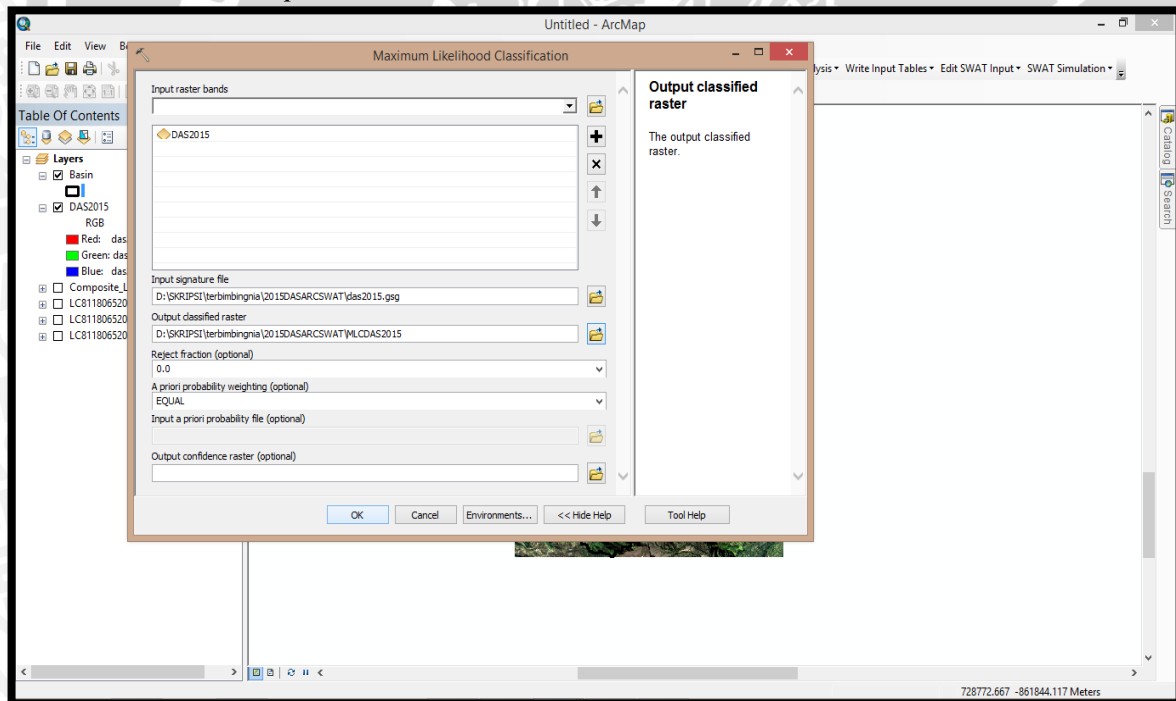
Klasifikasi citra dilakukan untuk memperoleh informasi tentang tataguna lahan pada daerah studi. Pada citra satelit menampilkan aneka ragam warna, dimana setiap warna mewakili tataguna lahan di permukaan bumi. Dalam proses klasifikasi citra satelit, secara umum dikenal dua teknik yaitu klasifikasi tak terbimbing dan klasifikasi terbimbing. Klasifikasi citra dalam analisis ini menggunakan klasifikasi terbimbing.

Tahapan dalam klasifikasi terbimbing ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan *training area*. *Training area* dibuat dengan mengklik *Draw training sample with polygon* (dalam toolbar *Image Classification*) untuk menentukan dan menggolongkan warna citra yang akan mewakili nama kelas klasifikasi selanjutnya. Klik *Training Sample Manager* untuk mengedit keterangan warna dan nama kelas. Lalu klik *Save*. Proses tersebut terdapat pada Gambar 4.11.
2. Membuat file raster dengan klasifikasi kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Klik *Create Signature File* untuk menyimpan. Lalu, proses klasifikasi terbimbing dilakukan dengan menggunakan *tool Maximum Likelihood Classification*. Proses tersebut terdapat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Pembuatan polygon untuk masing-masing sampel tataguna lahan
Sumber: ESRI ArcMap 10.1



Gambar 4.12 Proses klasifikasi terbimbing

Sumber: ESRI ArcMap 10.1

4.4. Tataguna lahan dan Jenis Tanah

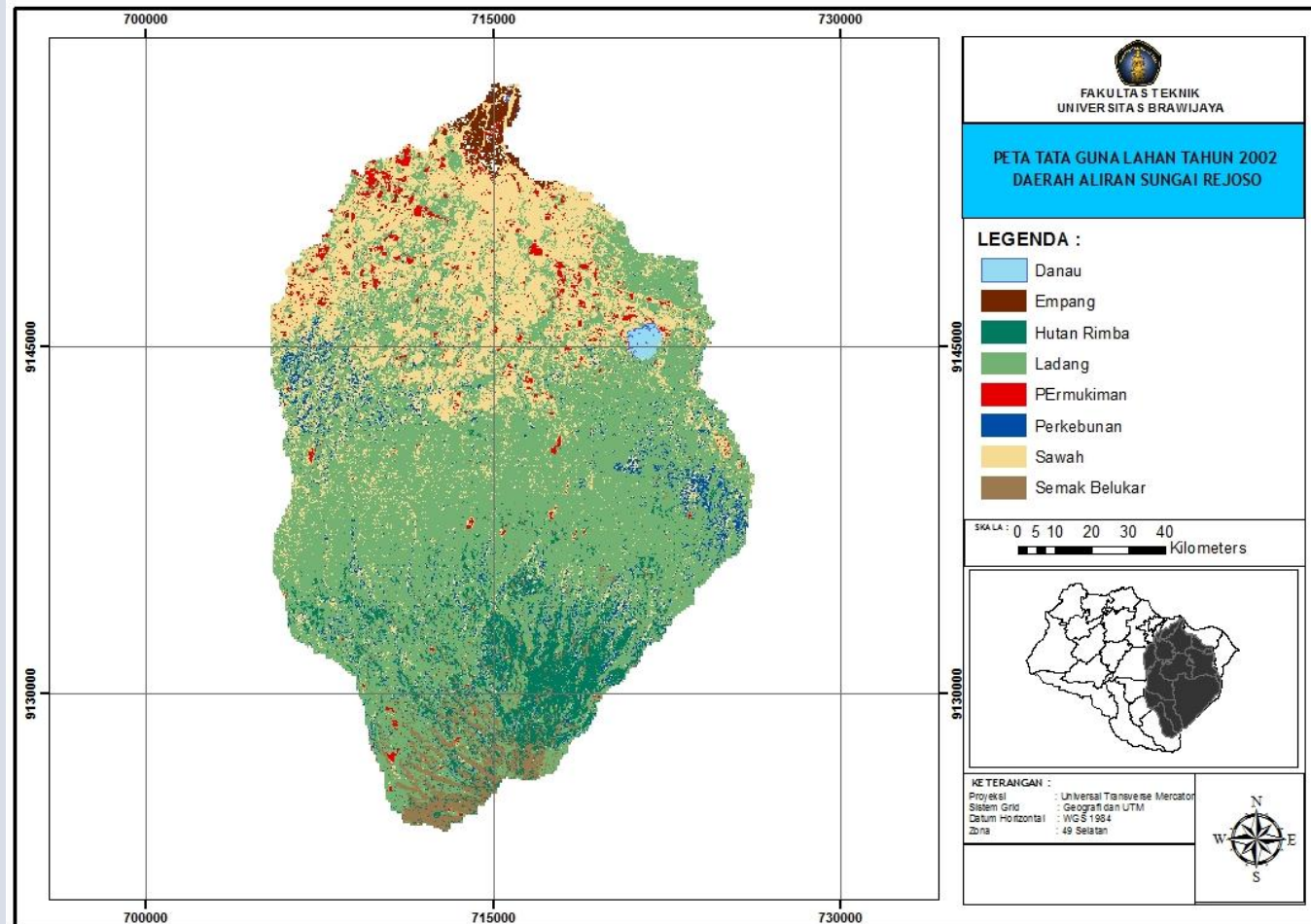
4.4.1. Peta tataguna lahan

Hasil dari klasifikasi citra satelit adalah informasi tentang tataguna lahan di daerah studi. Peta sebaran tataguna lahan yang diperoleh dari hasil klasifikasi yang format *filenya* belum *.shp* selanjutnya diekspor ke *file* berformat *.shp*. Perubahan format file ini sesuai dengan kebutuhan analisis berikutnya. Hasil klasifikasi citra satelit dapat dilihat pada Gambar 4.13, 4.14, 4.15, dan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Luasan tataguna lahan DAS Rejoso

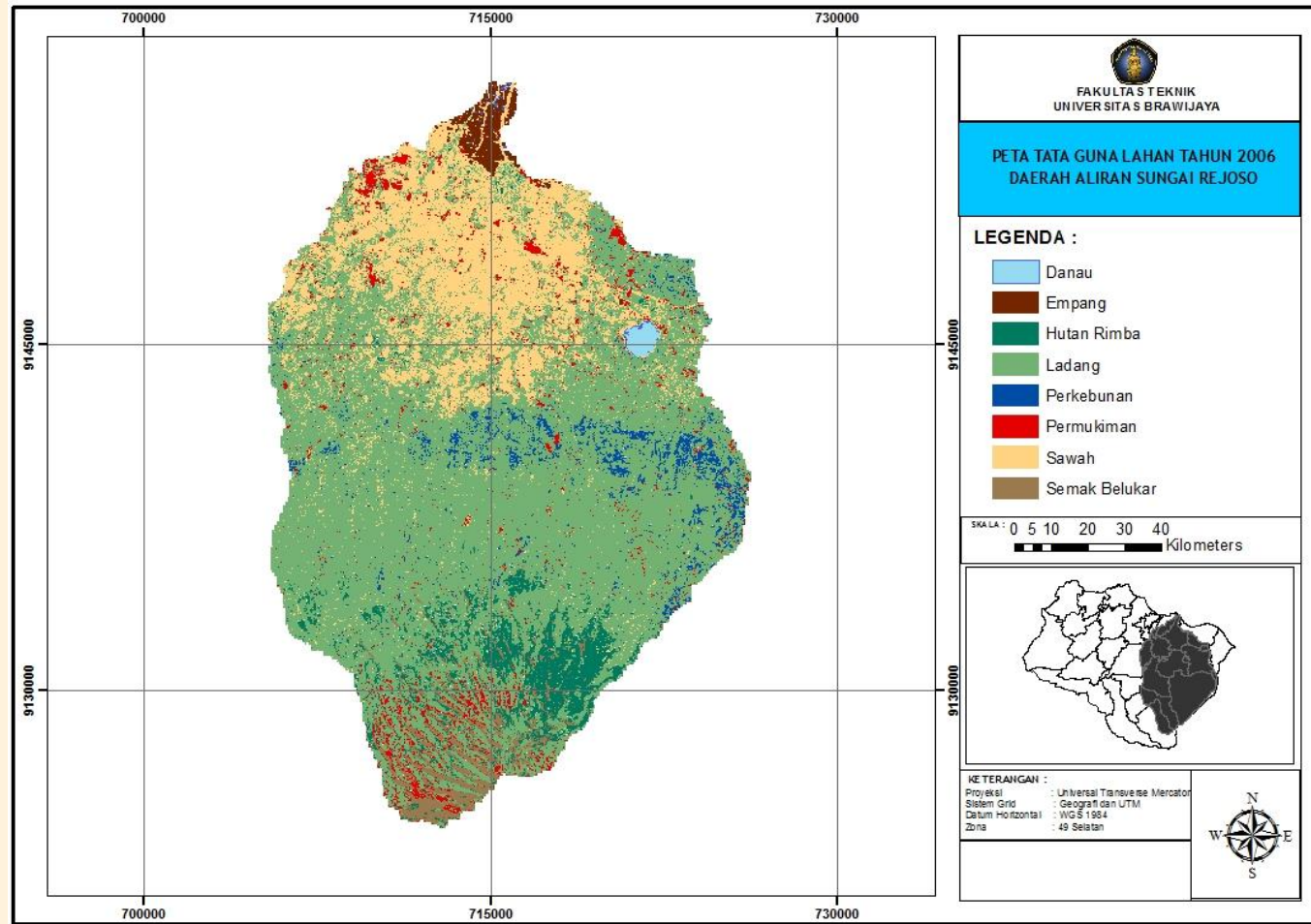
Tataguna Lahan	2002		2006		2009	
	Luas (Ha)	Luas (%)	Luas (Ha)	Luas (%)	Luas (Ha)	Luas (%)
Air Danau	172	0.393	177	0.405	179	0.409
Empang	553	1.264	554	1.266	553	1.264
Hutan Rimba	2838	6.487	2431	5.557	1601	3.660
Perkebunan	1747	3.993	1306	2.985	916	2.094
Permukiman	1120	2.560	1677	3.833	2444	5.586
Sawah	11011	25.169	8750	20.000	5624	12.855
Semak Belukar	1777	4.062	1409	3.221	580	1.326
Tegalan/Ladang	24531	56.072	27445	62.733	31852	72.806
Total Luas	43749.58 Ha					

Sumber:Perhitungan



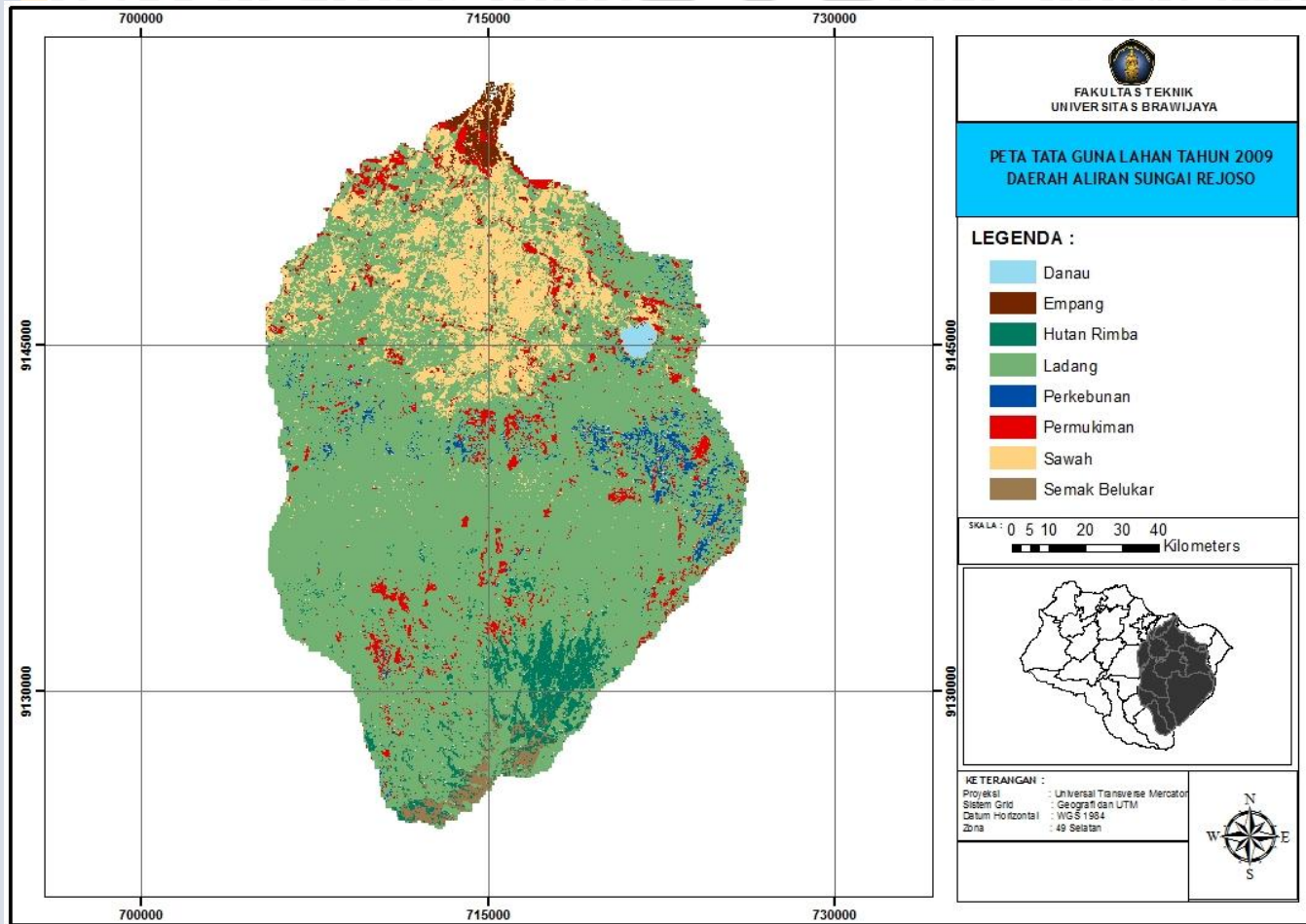
Gambar 4.13 Hasil klasifikasi citra satelit tahun 2002

Sumber: *ESRI ArcMap 10.1*



Gambar 4.14 Hasil klasifikasi citra satelit tahun 2006

Sumber: *ESRI ArcMap 10.1*

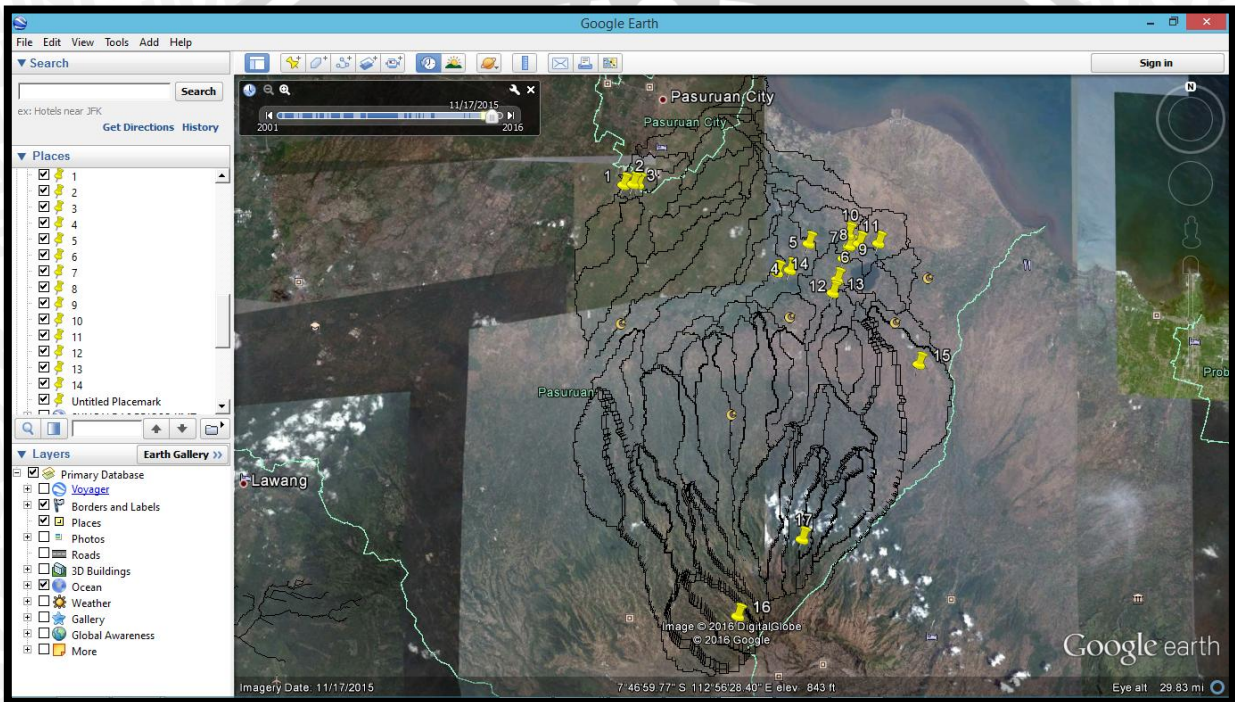


Gambar 4.15 Hasil klasifikasi citra satelit tahun 2009

Sumber: *ESRI ArcMap 10.1*

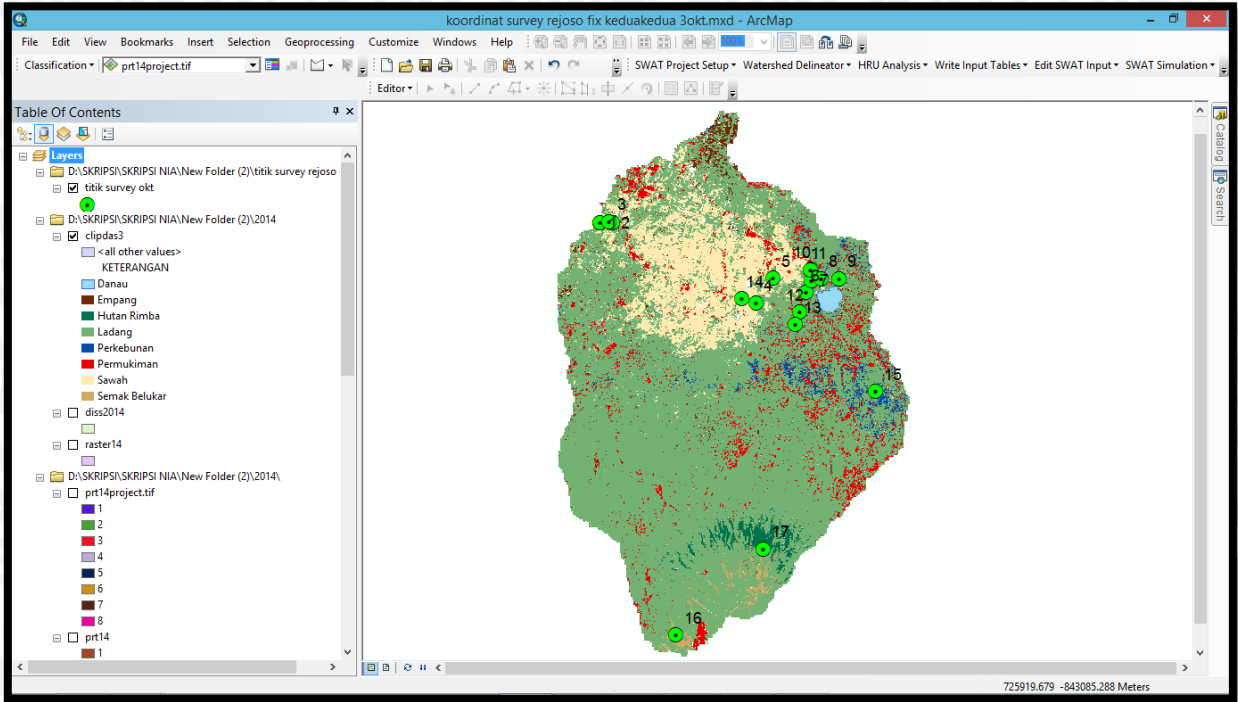
4.4.1.1. Verifikasi peta tataguna lahan

Untuk melihat atau membuktikan keakuratan citra landsat dalam pembuatan peta tataguna lahan diperlukan verifikasi lebih lanjut, hal ini dilakukan karena data citra landsat memiliki keterbatasan untuk menerjemahkan klasifikasi untuk peta tataguna lahan. Berikut adalah hasil dari verifikasi hasil dari citra landsat dengan lokasi di lapangan dan *google earth*, peta tataguna lahan yang digunakan untuk verifikasi menggunakan peta tataguna lahan tahun 2015.



Gambar 4.16 Tampilan DAS Rejoso pada *google earth*

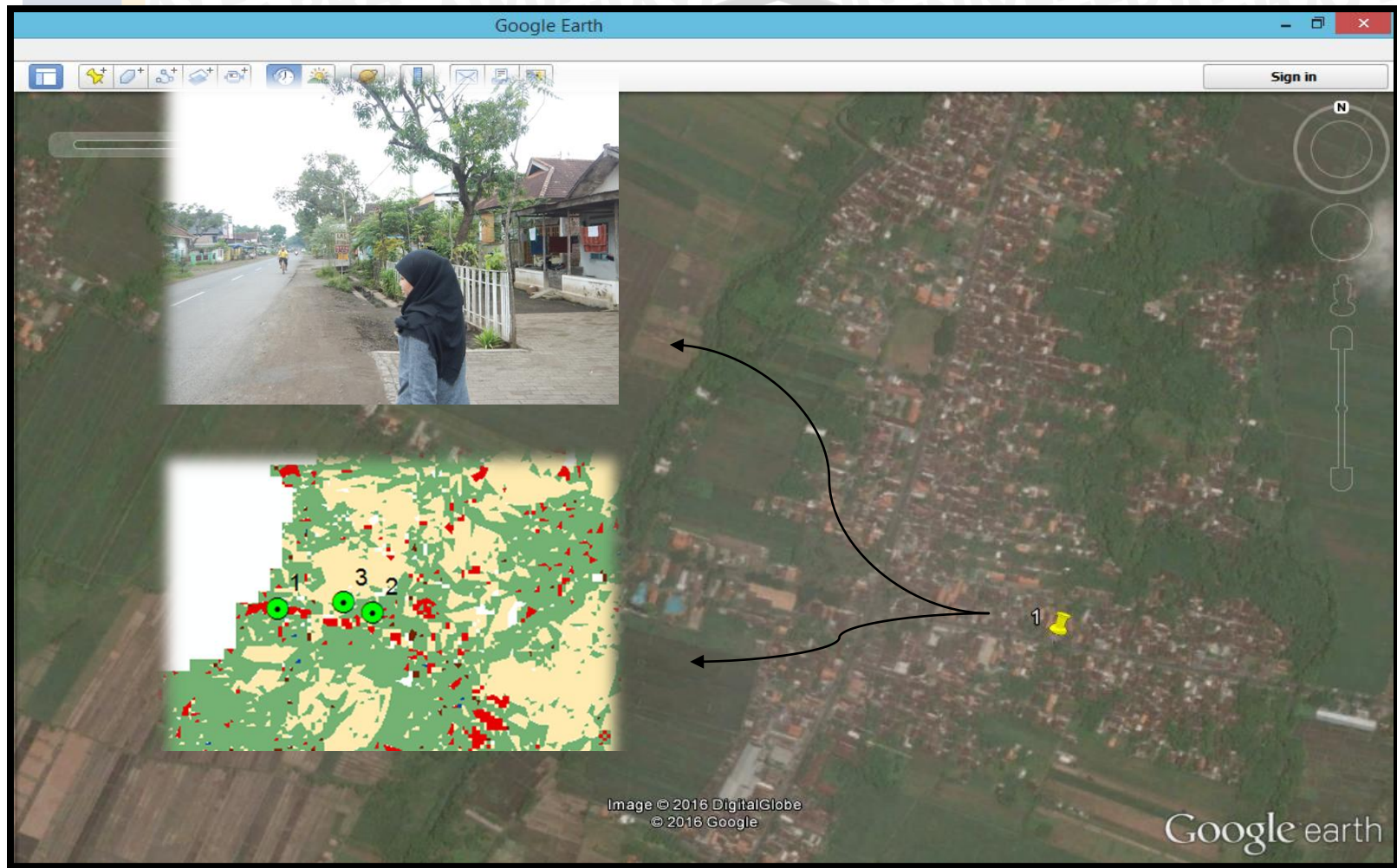
Sumber: *Google earth*



Gambar 4.17 Tampilan DAS Rejoso hasil klasifikasi citra landsat

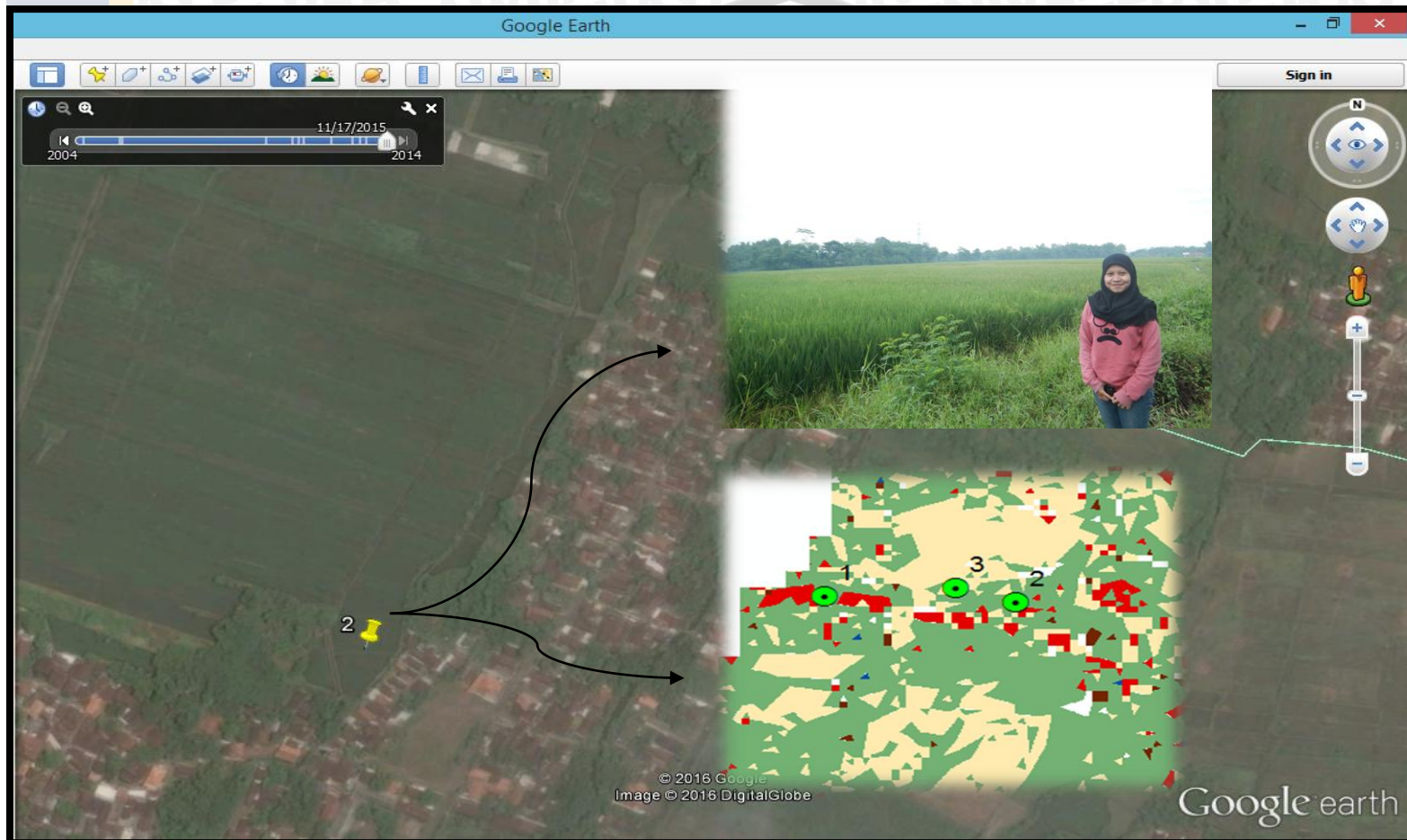
Sumber: ESRI ArcMap 10.1





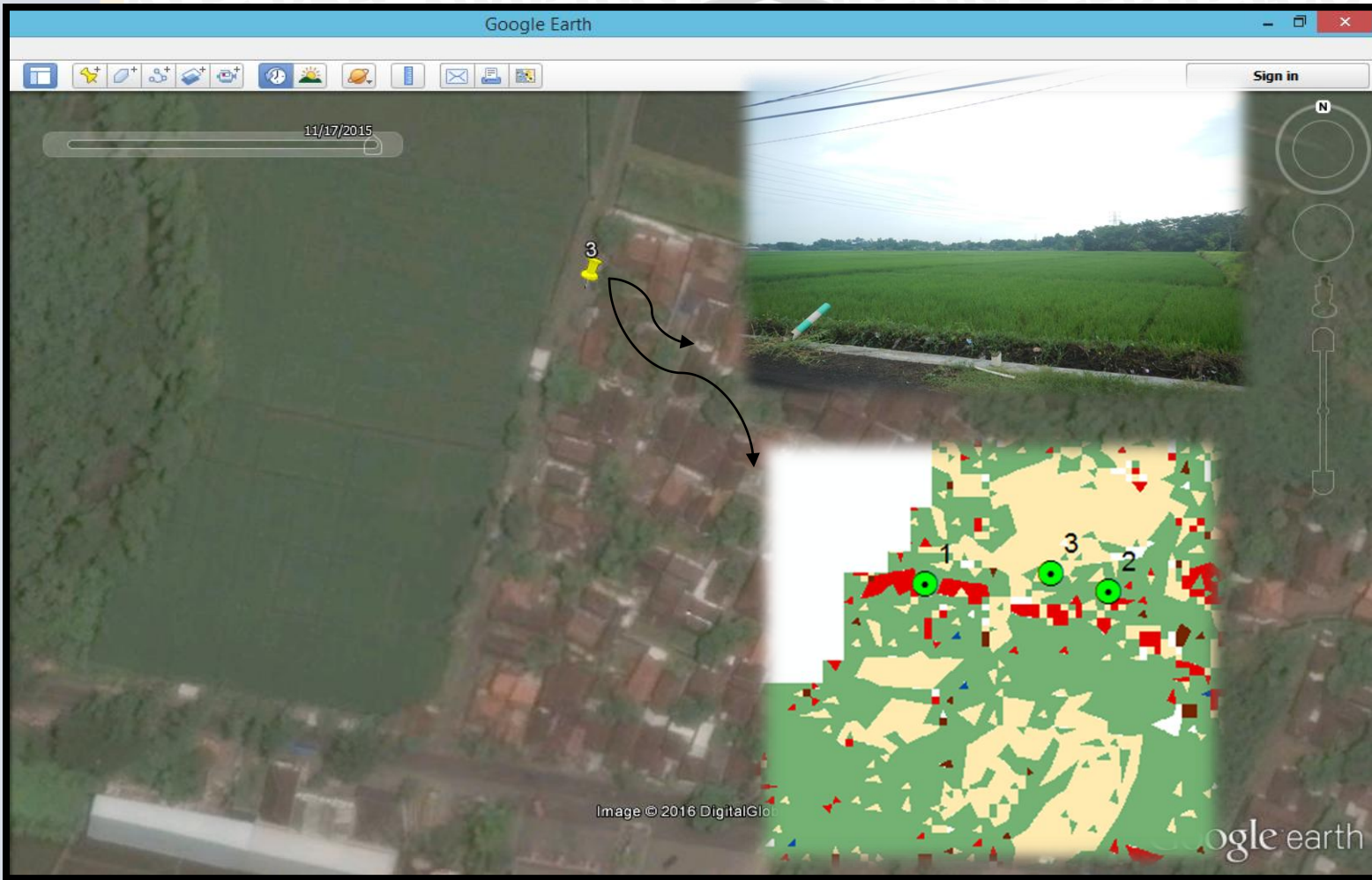
Gambar 4.18 Tampilan titik 1 (Permukiman)

Sumber: Hasil pengamatan



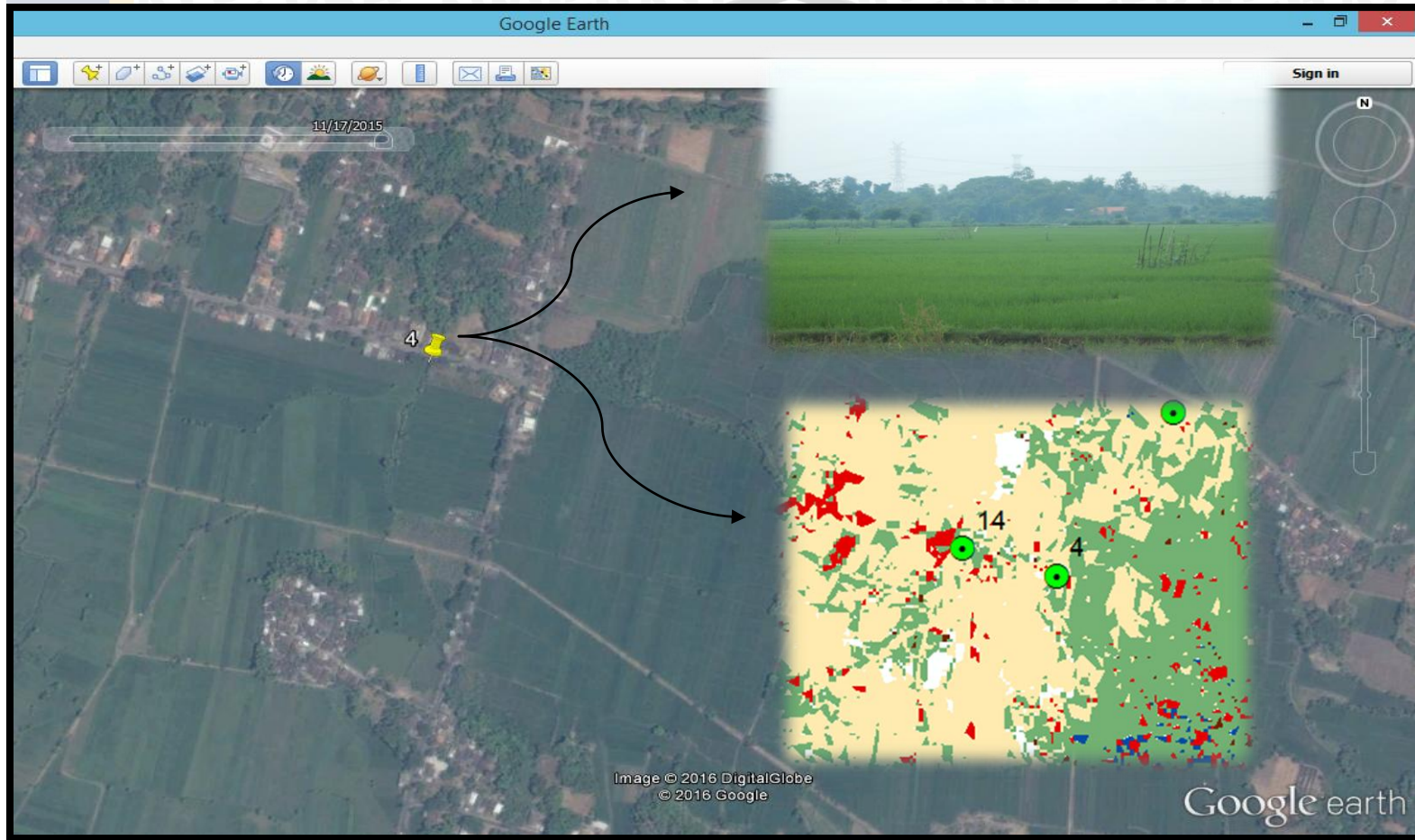
Gambar 4.19 Tampilan titik 2 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.20 Tampilan titik 3 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.21 Tampilan titik 4 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.22 Tampilan titik 5 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



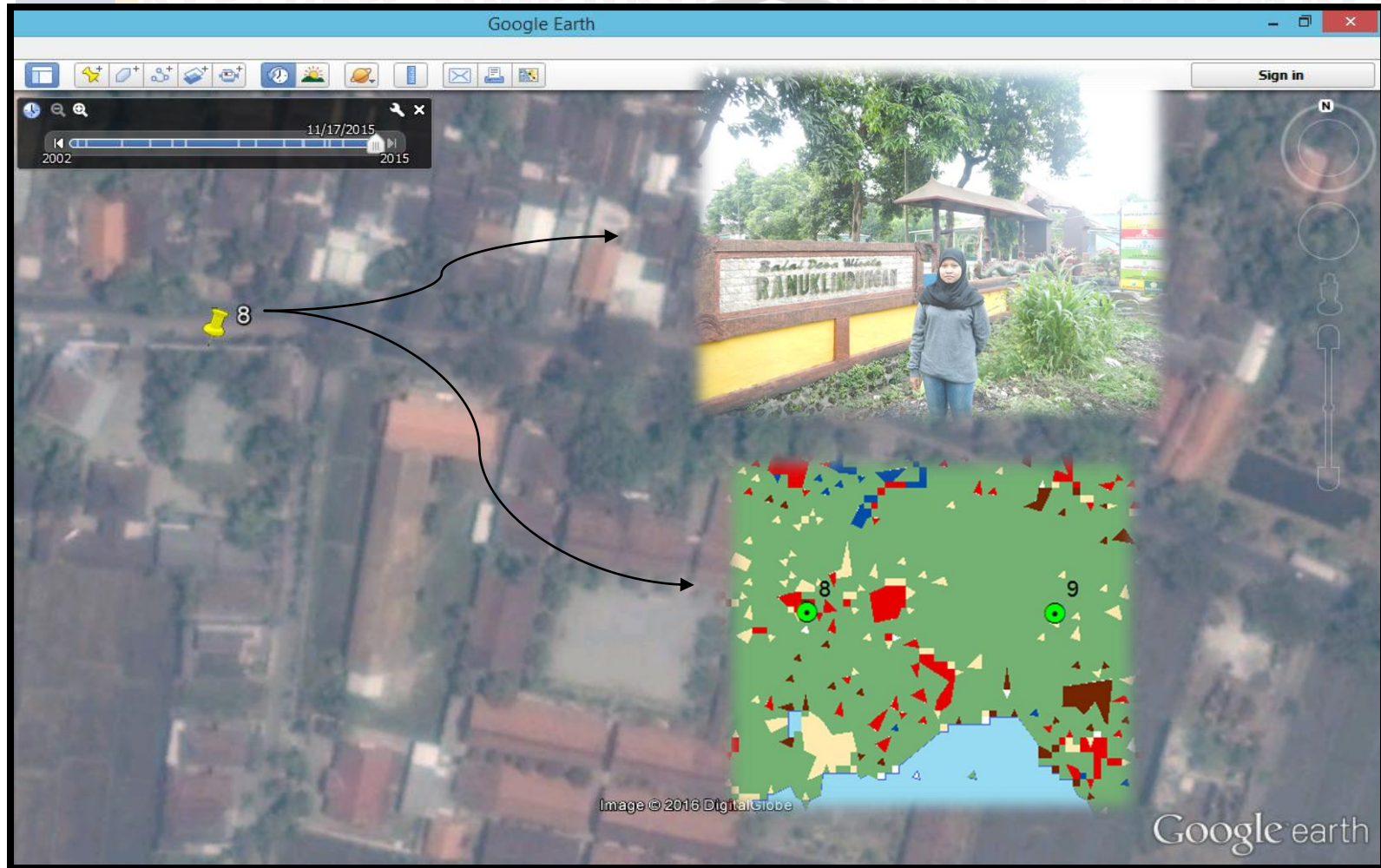
Gambar 4.23 Tampilan titik 6 (Ladang)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.24 Tampilan titik 7 (Ladang)

Sumber: Hasil pengamatan



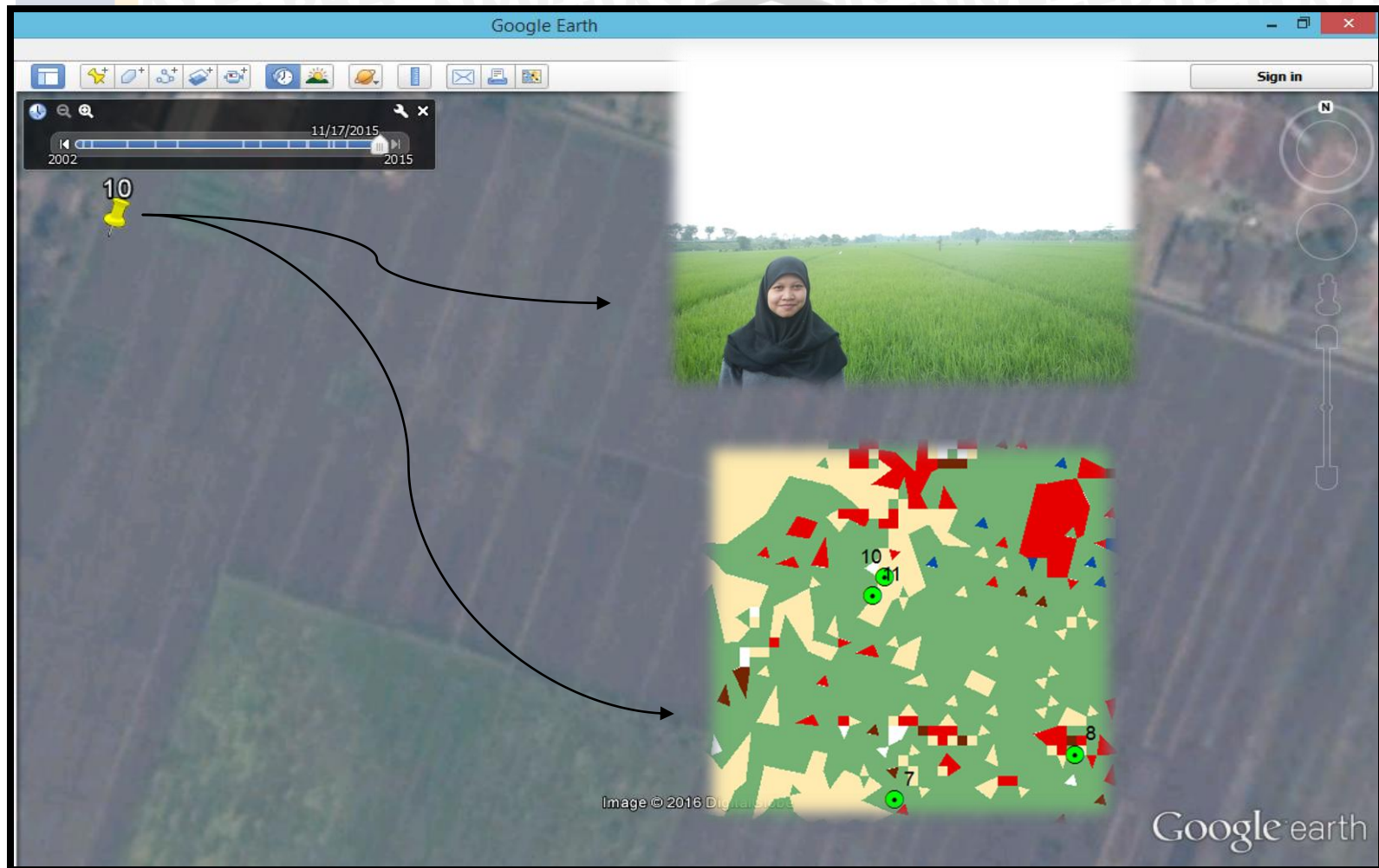
Gambar 4.25 Tampilan titik 8 (Permukiman)

Sumber: Hasil pengamatan



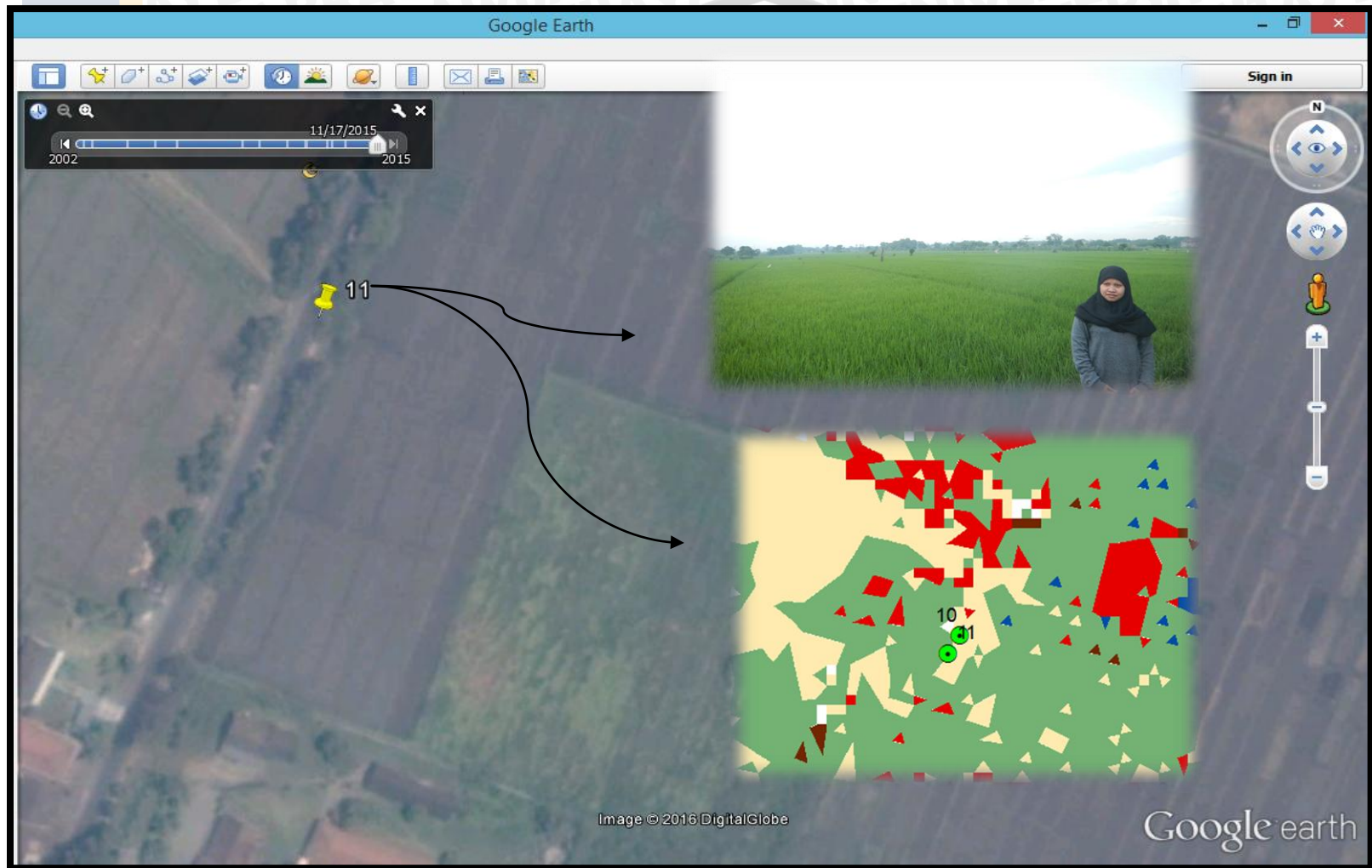
Gambar 4.26 Tampilan titik 9 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.27 Tampilan titik 10 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



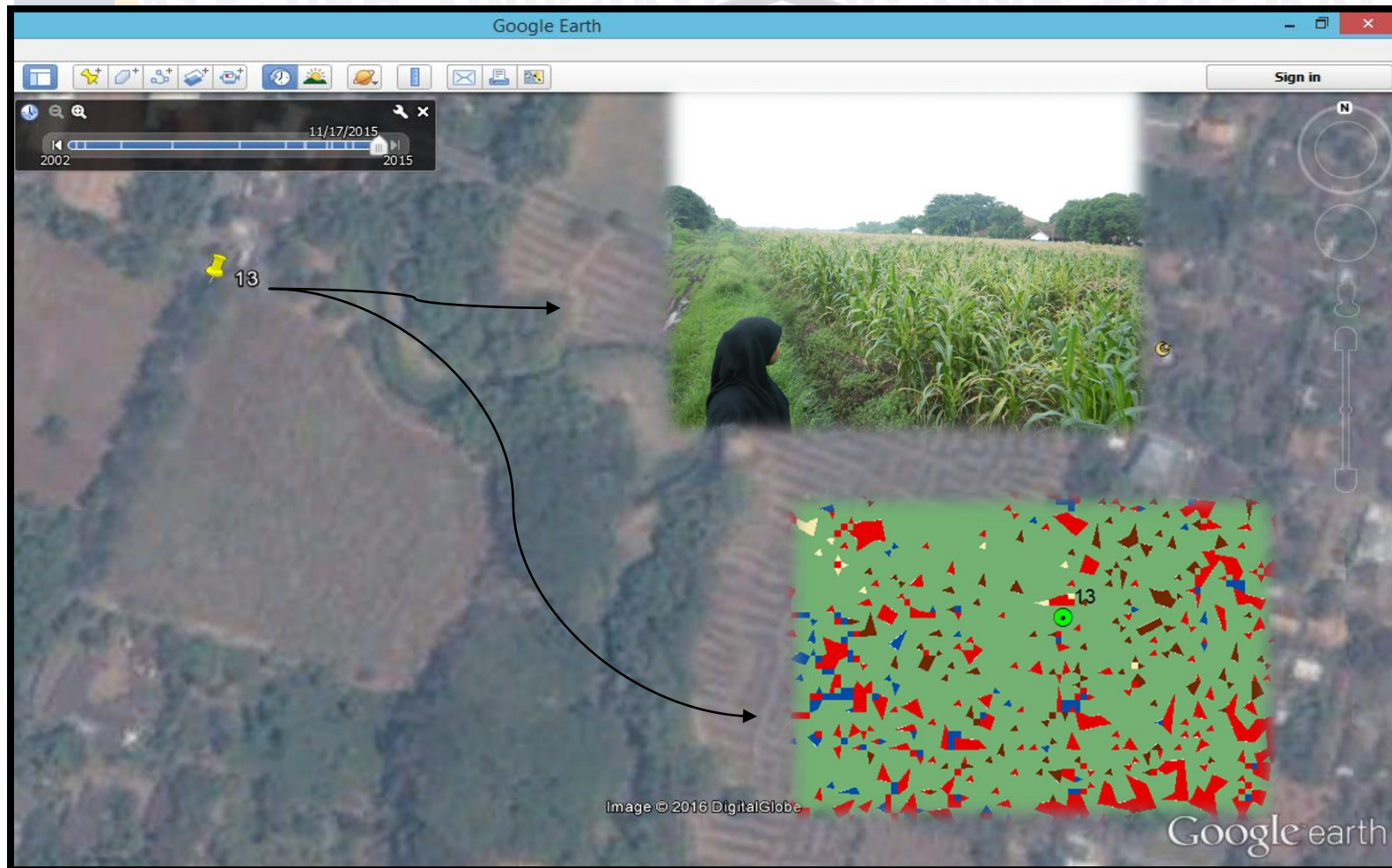
Gambar 4.28 Tampilan titik 11 (Sawah)

Sumber: Hasil pengamatan



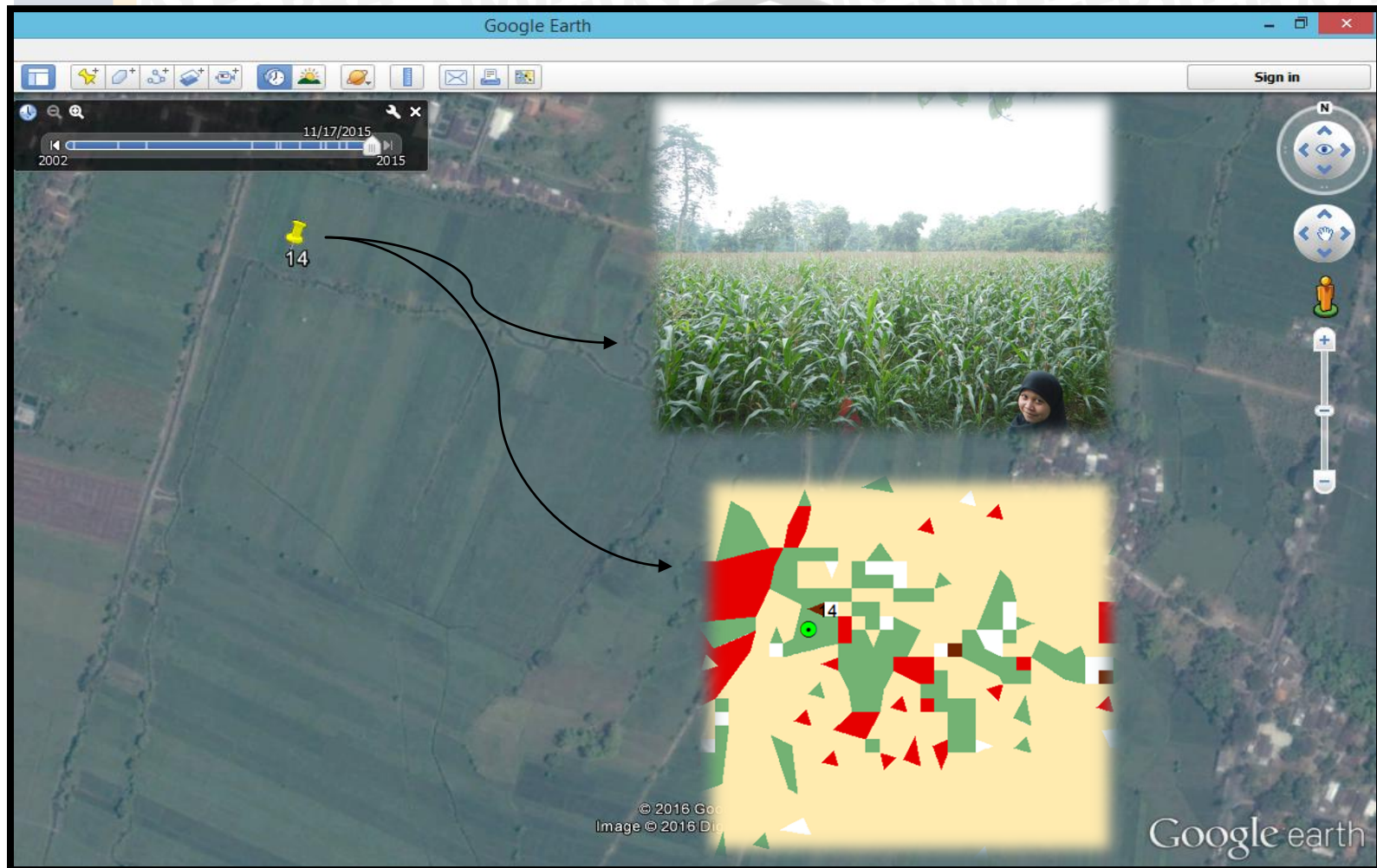
Gambar 4.29 Tampilan titik 12 (Ladang)

Sumber: Hasil pengamatan



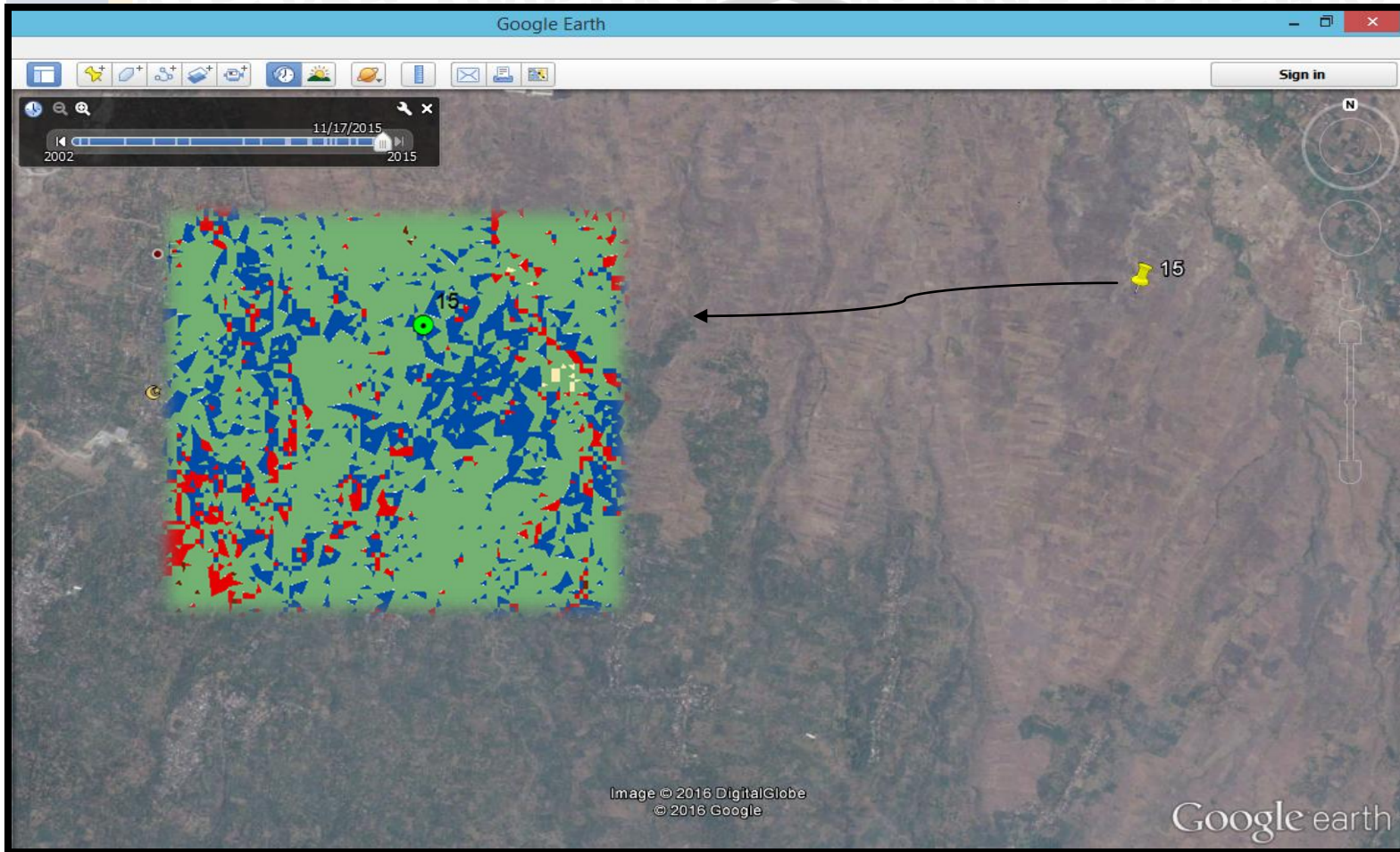
Gambar 4.30 Tampilan titik 13 (Ladang)

Sumber: Hasil pengamatan



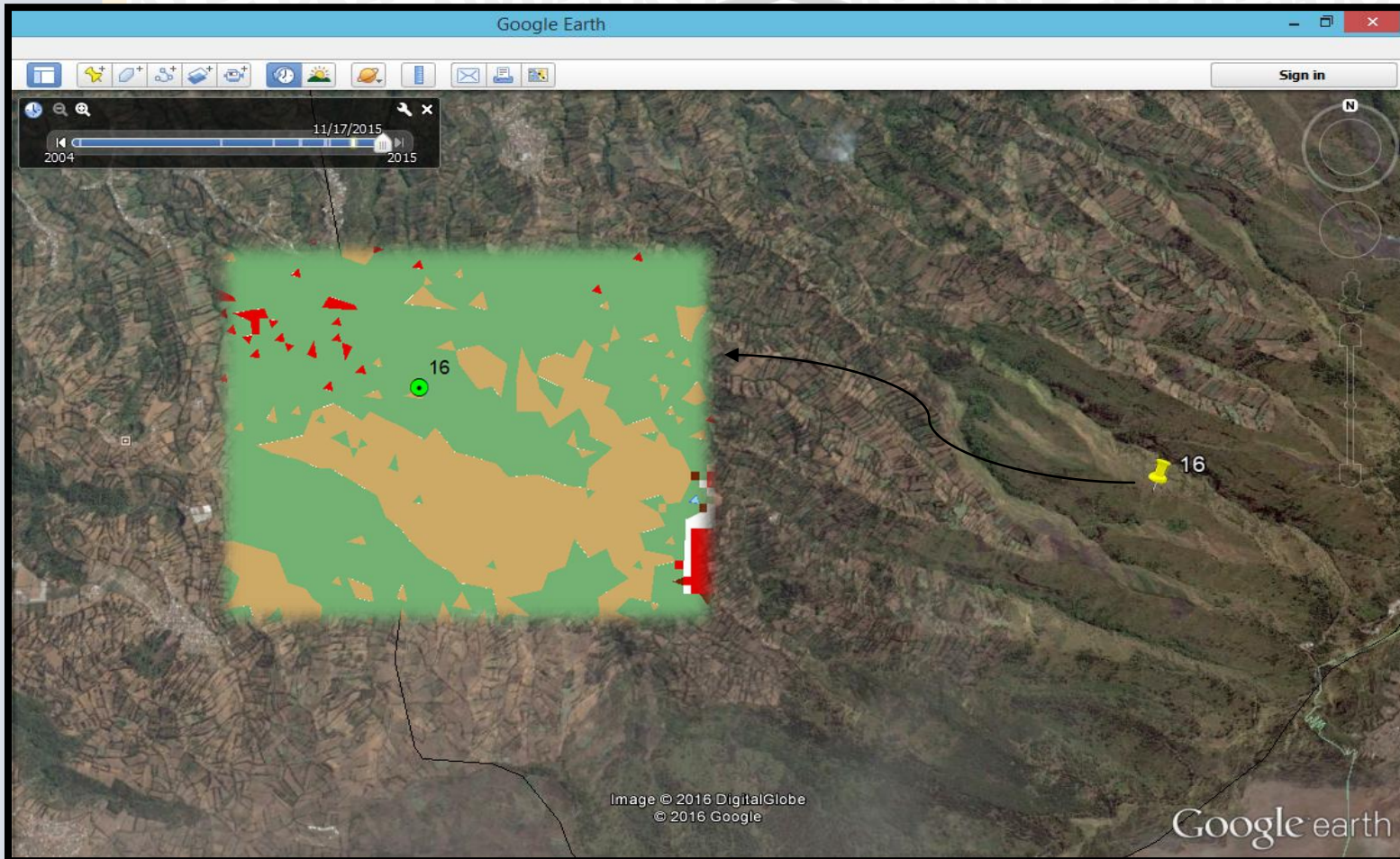
Gambar 4.31 Tampilan titik 14 (Ladang)

Sumber: Hasil pengamatan



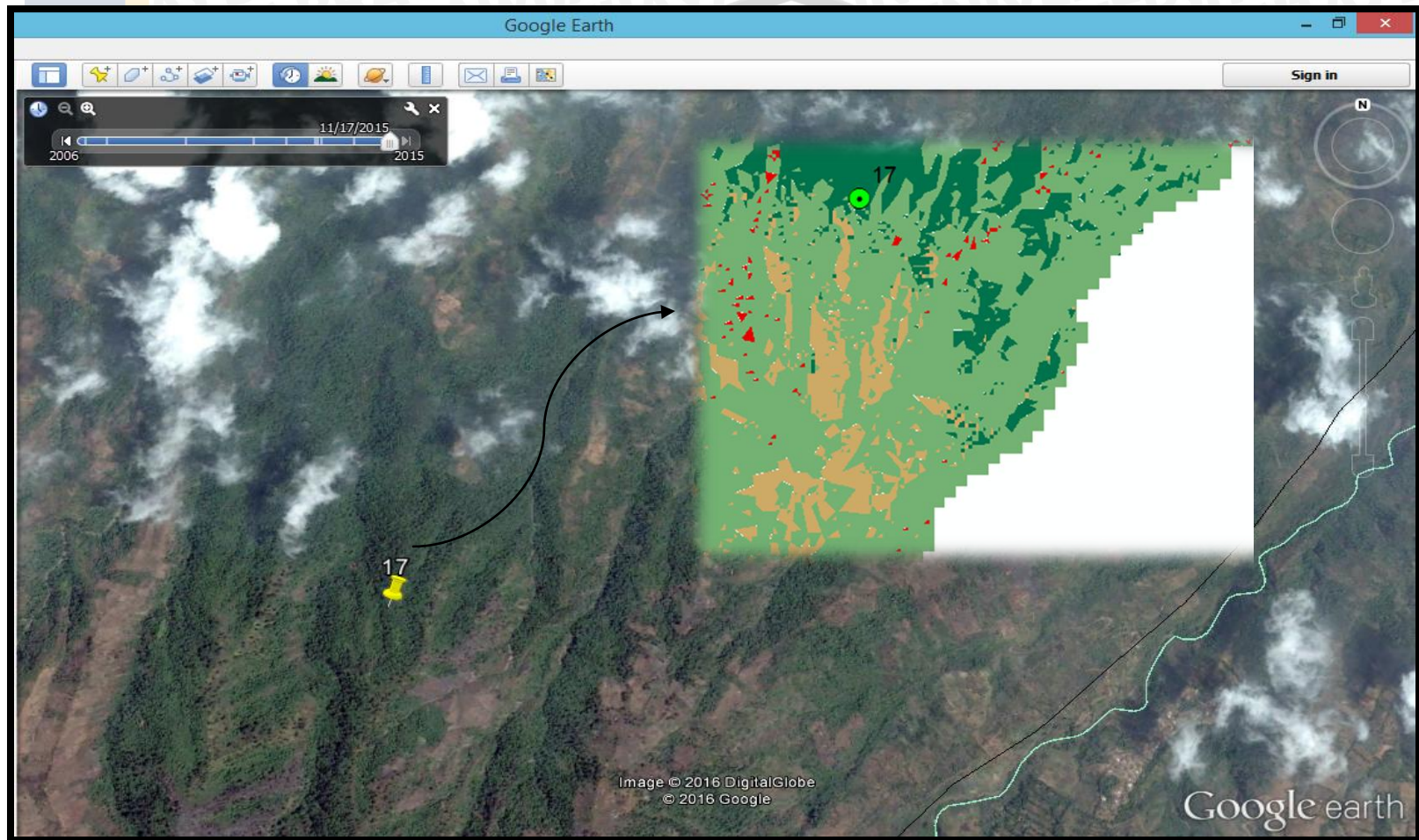
Gambar 4.32 Tampilan titik 15 (Perkebunan)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.33 Tampilan titik 16 (Semak Belukar)

Sumber: Hasil pengamatan



Gambar 4.34 Tampilan titik 17 (Hutan Rimba)

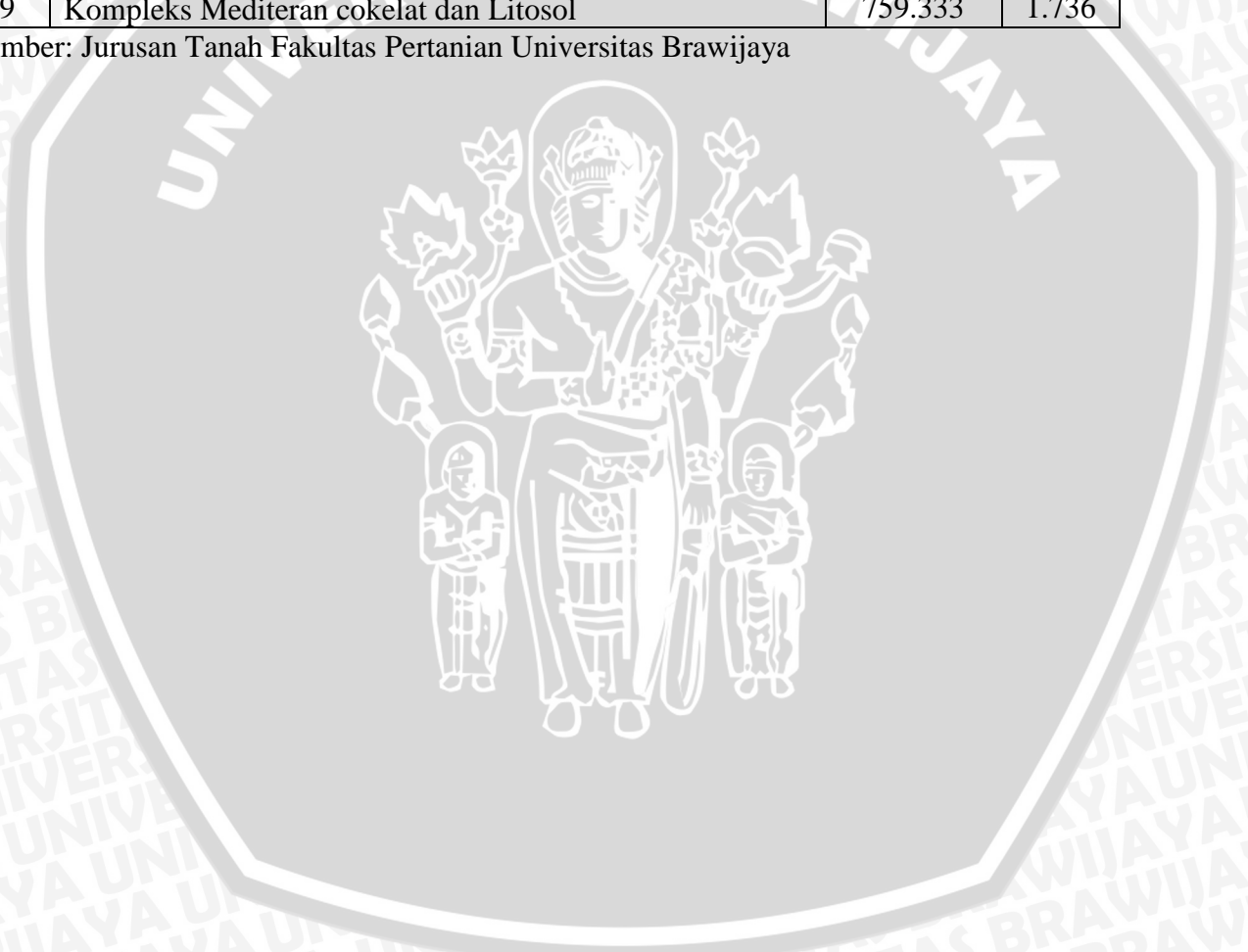
Sumber: Hasil pengamatan

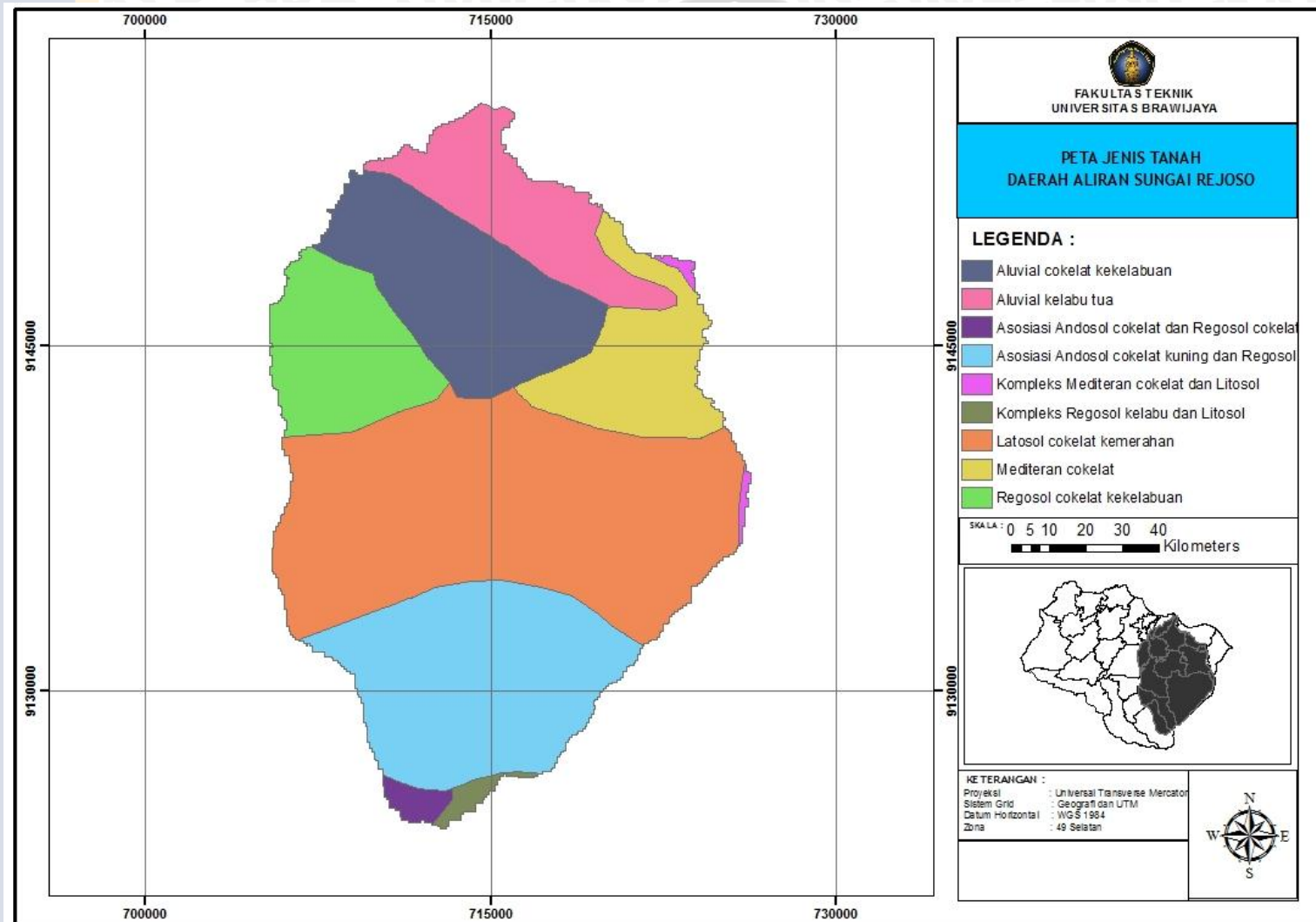
4.4.2. Peta jenis tanah

Tabel 4.2 Jenis tanah di DAS Rejoso

No	Jenis Tanah	Ha	(%)
1	Asosiasi Andosol coklat kekuningan dan Regosol coklat kekuningan	9149.686	20.923
2	Asosiasi Andosol coklat dan Regosol coklat	683.557	1.563
3	Kompleks Regosol kelabu dan Litosol	827.844	1.893
4	Aluvial coklat kekelabuan	6450.055	14.749
5	Mediteran coklat	894.660	2.046
6	Latosol coklat kemerahan	23141.102	52.917
7	Regosol coklat kekelabuan	835.960	1.912
8	Aluvial kelabu tua	988.749	2.261
9	Kompleks Mediteran coklat dan Litosol	759.333	1.736

Sumber: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya





Gambar 4.35 Peta jenis tanah

Sumber: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

4.5. Pengolahan data hujan

Pengaruh hujan terhadap kualitas air pada DAS dapat bersifat langsung dan tidak langsung. Pengaruh langsung adalah melalui tenaga kinetis air hujan, dan pengaruh tidak langsung ditentukan melalui pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetasi. Sedangkan parameter iklim yang dikumpulkan dalam studi ini menggunakan pengaruh iklim yang bersifat langsung yaitu hujan.

Data hujan dibutuhkan dalam program ArcSWAT untuk memperoleh nilai presipitasi, evaporasi, transpirasi, aliran permukaan, aliran lateral, aliran sungai, dan sebagainya yang berhubungan dengan air dalam pemodelan siklus hidrologi. Data hujan juga dibutuhkan sebagai referensi awal pembangkitan data hujan yang digunakan dalam periode simulasi model.

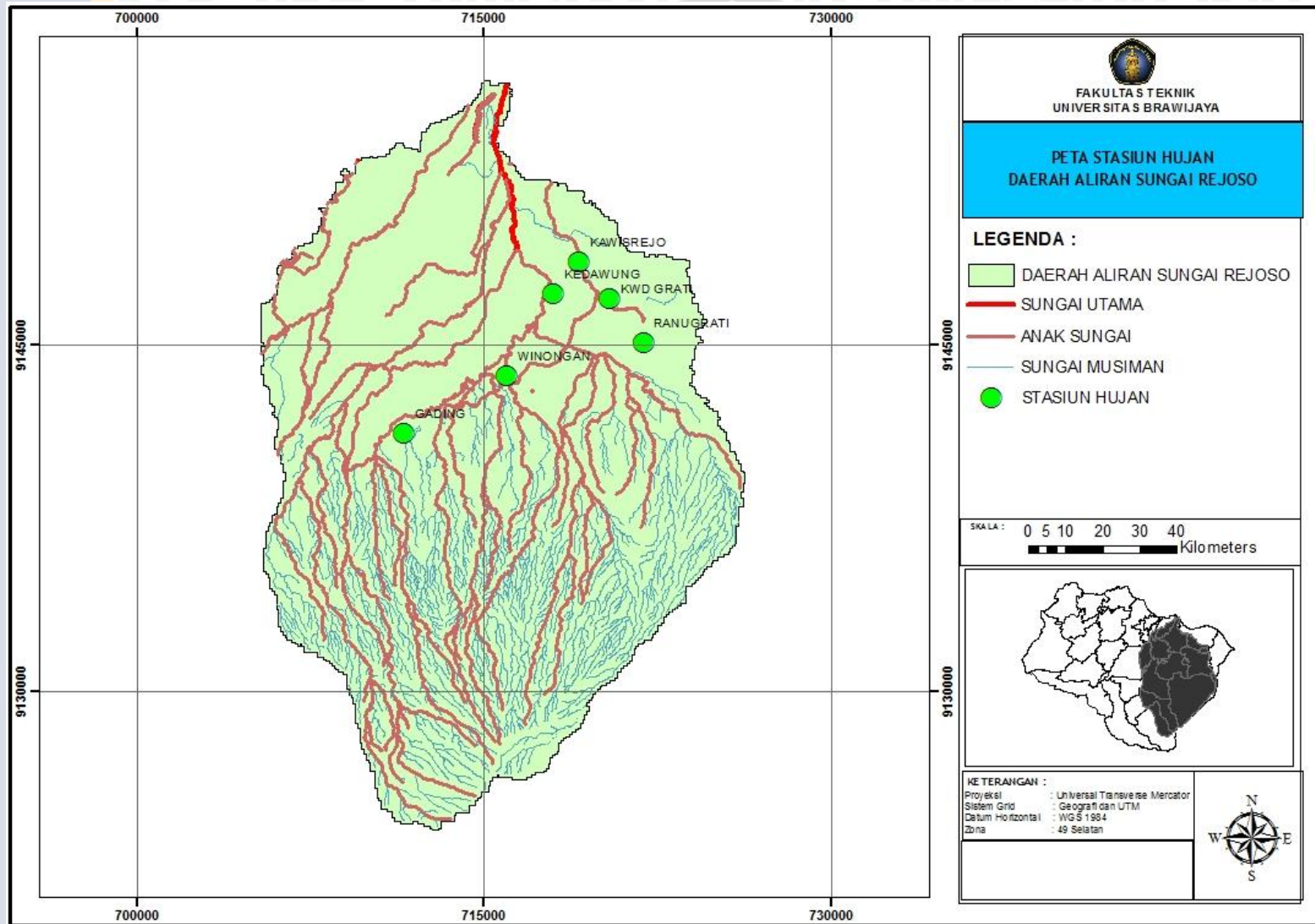
4.5.1. Lokasi stasiun hujan

Data hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data hujan stasiun-stasiun hujan di DAS Rejoso yang direkam oleh UPT Gembong Pekalen. Banyaknya stasiun hujan yang digunakan berjumlah 6 stasiun hujan. Keenam stasiun hujan itu adalah Stasiun Hujan Kedawung, Stasiun Hujan Kawisrejo, Stasiun Hujan Gading, Stasiun Hujan Ranugrati, Stasiun Hujan Kwd. Grati, dan Stasiun Hujan Winongan. Dengan jangka waktu 14 tahun yakni tahun 2000 sampai dengan tahun 2013.

Tabel 4.3 Lokasi stasiun hujan di DAS Rejoso

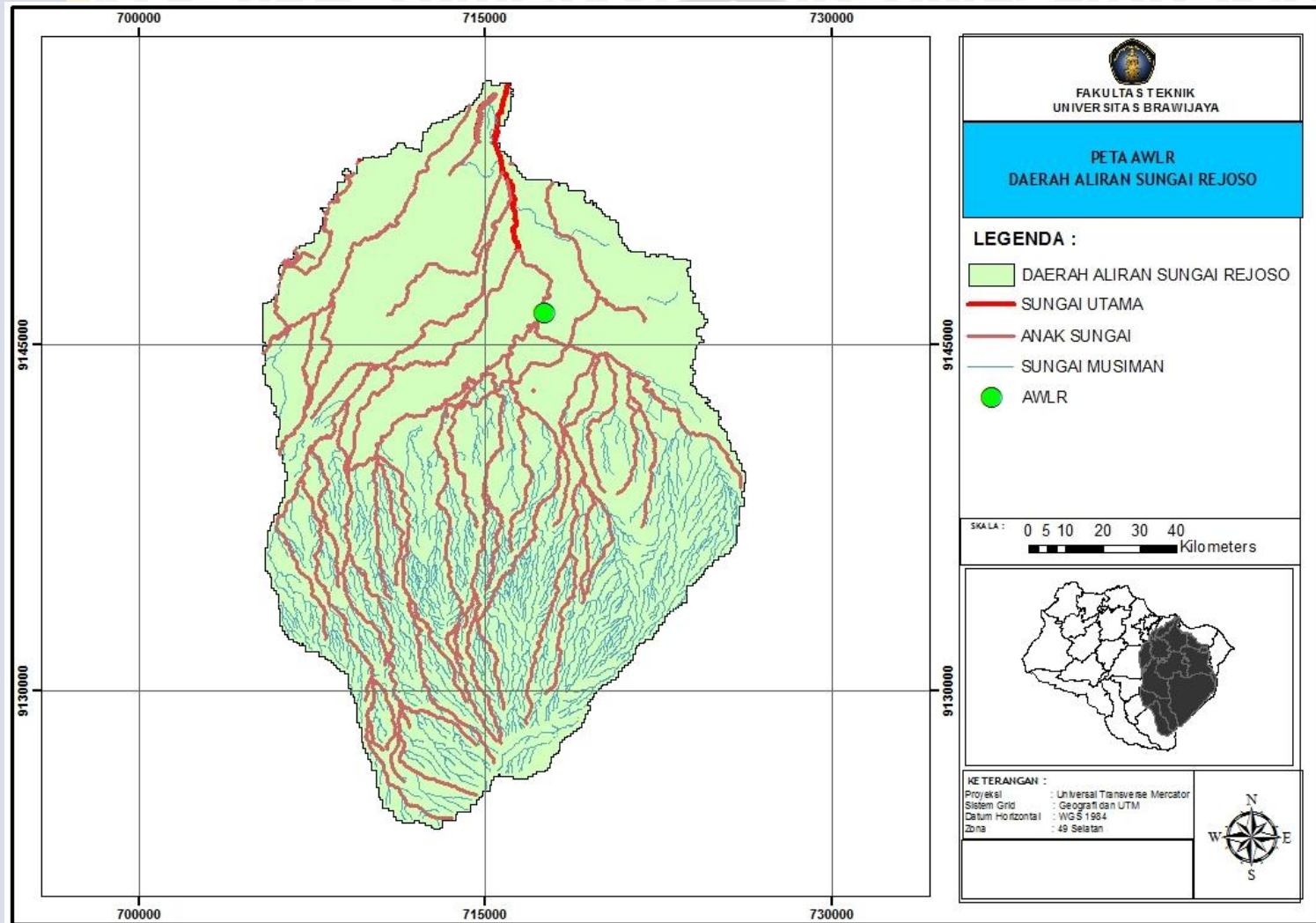
No	Nama	Koordinat		Elevasi (Mdpl)
		BT	LS	
1	Sta. Kedawung	112,976389	-7,077222	+ 2
2	Sta. Kawisrejo	112,986389	-7,697778	+ 8
3	Sta. Gading	112,947210	-7,724300	+ 10
4	Sta. Ranugrati	113,011944	-7,729278	+ 14
5	Sta. Kwd. Grati	112,998611	-7,723889	+ 10
6	Sta. Winongan	112,958611	-7,742500	+ 10

Sumber: UPT Gembong Pekalen



Gambar 4.36 Peta stasiun hujan

Sumber: UPT Gembong Pekalen Pasuruan



Gambar 4.37 Peta outlet AWLR

Sumber: UPT Gembong Pekalen Pasuruan

4.5.2. Uji konsistensi data

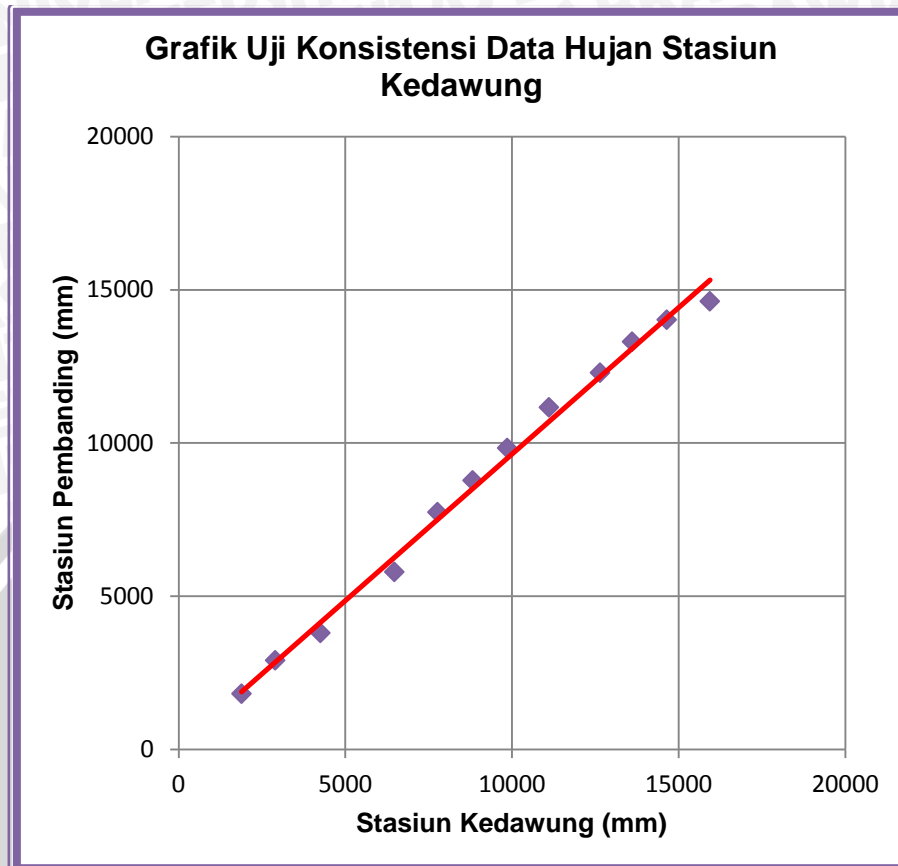
Data-data hujan harian tiap-tiap stasiun selama 12 tahun terlebih dahulu diuji kekonsistenan datanya dengan teknik lengkung massa ganda. Uji ini bertujuan untuk membandingkan data dari stasiun yang diamati dengan stasiun sekitarnya. Adapun stasiun pengamatan hujan yang digunakan untuk mengambil data hujan dari DAS Rejoso meliputi 6 stasiun hujan.

Hasil pengujian data hujan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik dalam tabel 4.4 - 4.9 dan gambar 4.38 - 4.43. Dari grafik-grafik uji konsistensi data hujan tidak ditemukan data yang terlalu menyimpang sehingga data hujan dianggap konsisten dan dapat digunakan untuk perhitungan dalam model ArcSWAT.

Tabel 4.4. Uji konsistensi data stasiun hujan Kedawang

Tahun	Stasiun Kedawang (mm)	Stasiun Kawisrejo (mm)	Stasiun Gading (mm)	Stasiun Ranugrati (mm)	Stasiun Kwd. Grati (mm)	Stasiun Winongan (mm)	Kumulatif Stasiun Kedawang (mm)	Rata-rata Stasiun Pembanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pembanding (mm)
2013	1818	2196	1945	2002	1873	1428	1818	1889	1889
2012	1089	931	1139	1130	1117	730	2907	1009	2898
2011	894	1323	1508	1345	1202	1403	3801	1356	4254
2010	1990	2234	2614	1681	1901	2666	5791	2219	6474
2009	1949	1173	1315	1187	1399	1394	7740	1294	7767
2008	1036	1197	1205	929	986	956	8776	1055	8822
2007	1058	1006	1225	844	872	1243	9834	1038	9860
2006	1327	991	1172	1342	1320	1435	11161	1252	11112
2005	1130	1277	1563	1656	1544	1631	12291	1534	12646
2004	1011	861	910	1296	990	756	13302	962	13608
2003	717	874	977	1211	1097	1037	14019	1039	14647
2002	602	1147	1124	1357	1336	1501	14621	1293	15940

Sumber: Perhitungan



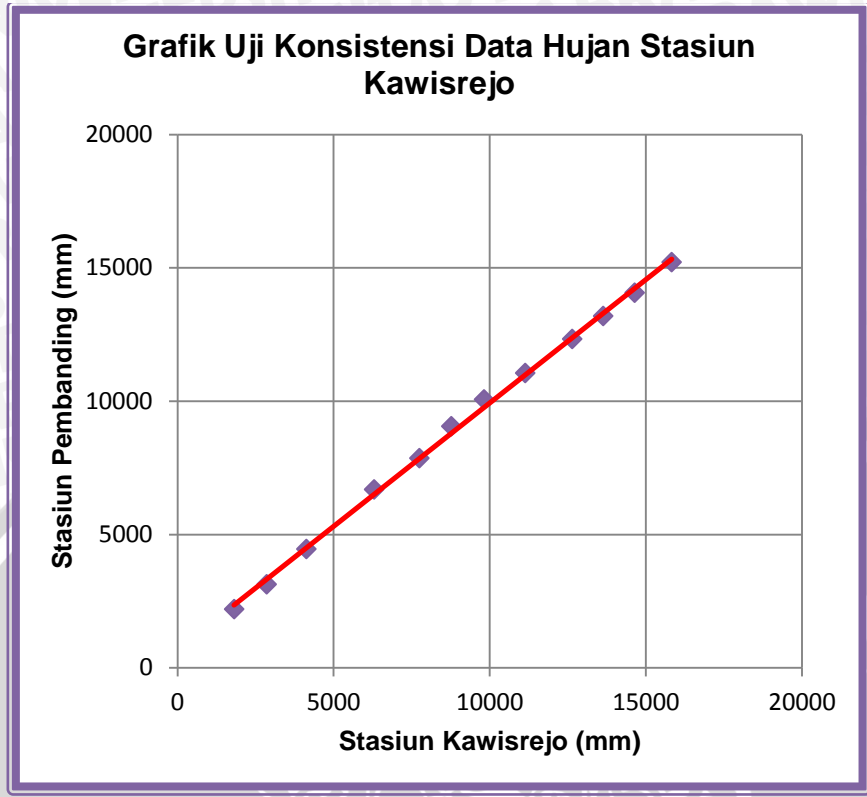
Gambar 4.38 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Kedawang

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.5. Uji konsistensi data stasiun hujan Kawisrejo

Tahun	Stasiun Kedawang (mm)	Stasiun Kawisrejo (mm)	Stasiun Gading (mm)	Stasiun Ranugrati (mm)	Stasiun Kwd. Grati (mm)	Stasiun Winongan (mm)	Kumulatif Stasiun Kawisrejo (mm)	Rata-rata Stasiun Pemandang (mm)	Kumulatif Stasiun Pemandang (mm)
2013	1818	2196	1945	2002	1873	1428	2196	1813	1813
2012	1089	931	1139	1130	1117	730	3127	1041	2854
2011	894	1323	1508	1345	1202	1403	4450	1270	4125
2010	1990	2234	2614	1681	1901	2666	6684	2170	6295
2009	1949	1173	1315	1187	1399	1394	7857	1449	7744
2008	1036	1197	1205	929	986	956	9054	1022	8766
2007	1058	1006	1225	844	872	1243	10060	1048	9815
2006	1327	991	1172	1342	1320	1435	11051	1319	11134
2005	1130	1277	1563	1656	1544	1631	12328	1505	12638
2004	1011	861	910	1296	990	756	13189	992	13631
2003	717	874	977	1211	1097	1037	14062	1008	14638
2002	602	1147	1124	1357	1336	1501	15209	1184	15822

Sumber: Perhitungan



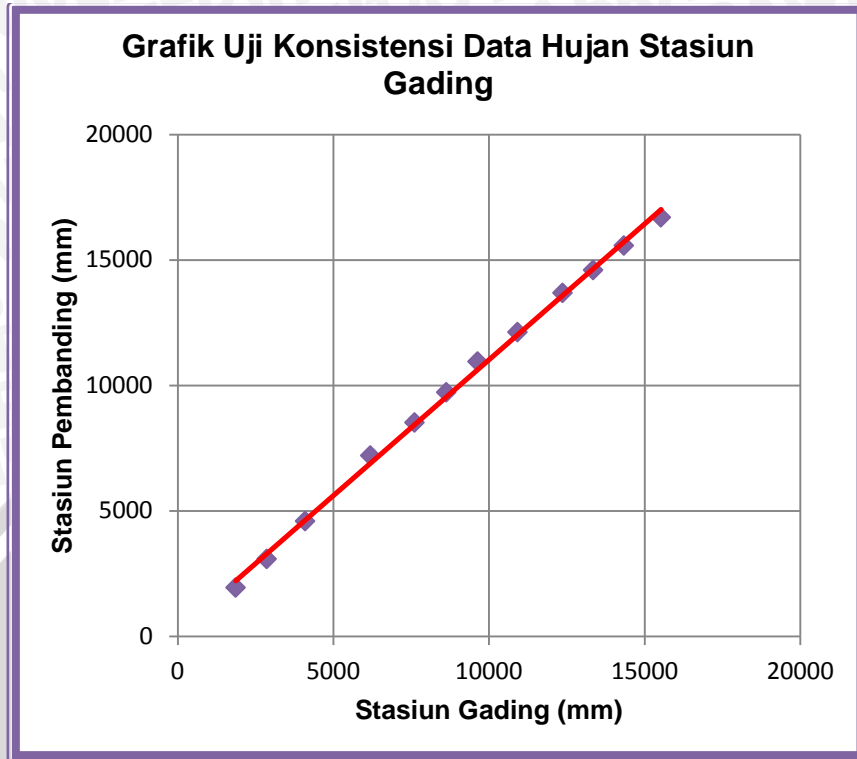
Gambar 4.39 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Kawisrejo

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.6. Uji konsistensi data stasiun hujan Gading

Tahun	Stasiun Kedawung (mm)	Stasiun Kawisrejo (mm)	Stasiun Gading (mm)	Stasiun Ranugrati (mm)	Stasiun Kwd. Grati (mm)	Stasiun Winongan (mm)	Kumulatif Stasiun Gading (mm)	Rata-rata Stasiun Pemanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pemanding (mm)
2013	1818	2196	1945	2002	1873	1428	1945	1863	1863
2012	1089	931	1139	1130	1117	730	3084	999	2863
2011	894	1323	1508	1345	1202	1403	4592	1233	4096
2010	1990	2234	2614	1681	1901	2666	7206	2094	6191
2009	1949	1173	1315	1187	1399	1394	8521	1420	7611
2008	1036	1197	1205	929	986	956	9726	1021	8632
2007	1058	1006	1225	844	872	1243	10951	1005	9636
2006	1327	991	1172	1342	1320	1435	12123	1283	10919
2005	1130	1277	1563	1656	1544	1631	13686	1447	12367
2004	1011	861	910	1296	990	756	14596	983	13349
2003	717	874	977	1211	1097	1037	15572	987	14336
2002	602	1147	1124	1357	1336	1501	16696	1189	15525

Sumber: Perhitungan



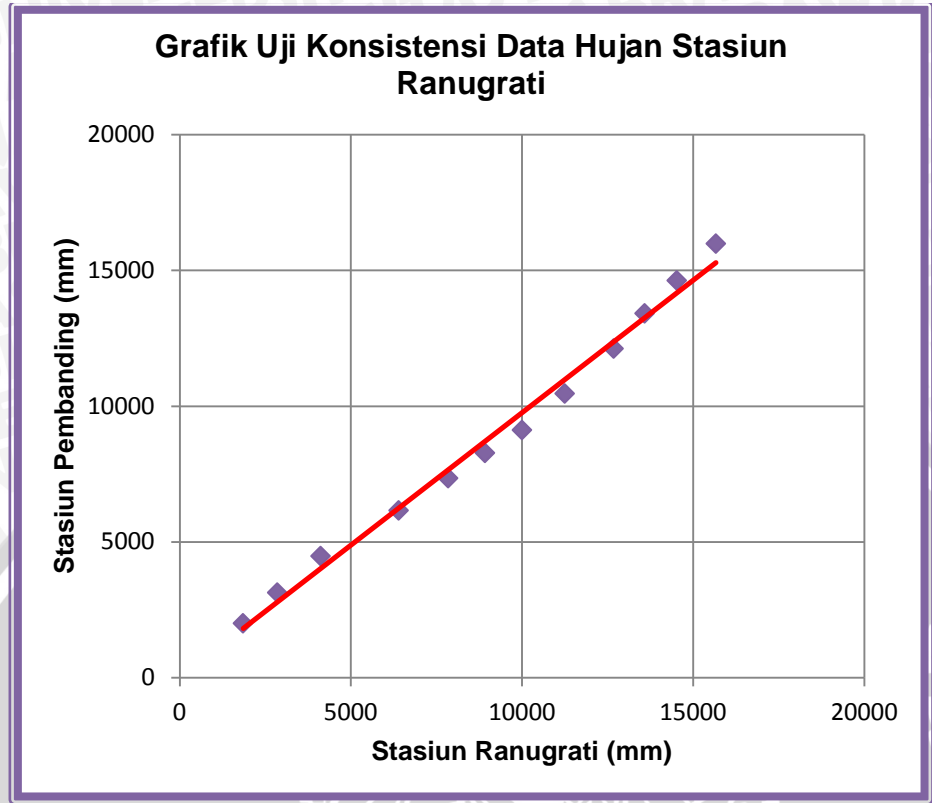
Gambar 4.40 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Gading

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.7. Uji konsistensi data stasiun hujan Ranugrati

Tahun	Stasiun Kedawang (mm)	Stasiun Kawisrejo (mm)	Stasiun Gading (mm)	Stasiun Ranugrati (mm)	Stasiun Kwd. Grati (mm)	Stasiun Winongan (mm)	Kumulatif Stasiun Ranugrati (mm)	Rata-rata Stasiun Pemanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pemanding (mm)
2013	1818	2196	1945	2002	1873	1428	2002	1852	1852
2012	1089	931	1139	1130	1117	730	3132	1001	2853
2011	894	1323	1508	1345	1202	1403	4477	1266	4119
2010	1990	2234	2614	1681	1901	2666	6158	2281	6400
2009	1949	1173	1315	1187	1399	1394	7345	1446	7846
2008	1036	1197	1205	929	986	956	8274	1076	8922
2007	1058	1006	1225	844	872	1243	9118	1081	10003
2006	1327	991	1172	1342	1320	1435	10460	1249	11252
2005	1130	1277	1563	1656	1544	1631	12116	1429	12681
2004	1011	861	910	1296	990	756	13411	905	13586
2003	717	874	977	1211	1097	1037	14622	940	14526
2002	602	1147	1124	1357	1336	1501	15979	1142	15668

Sumber: Perhitungan



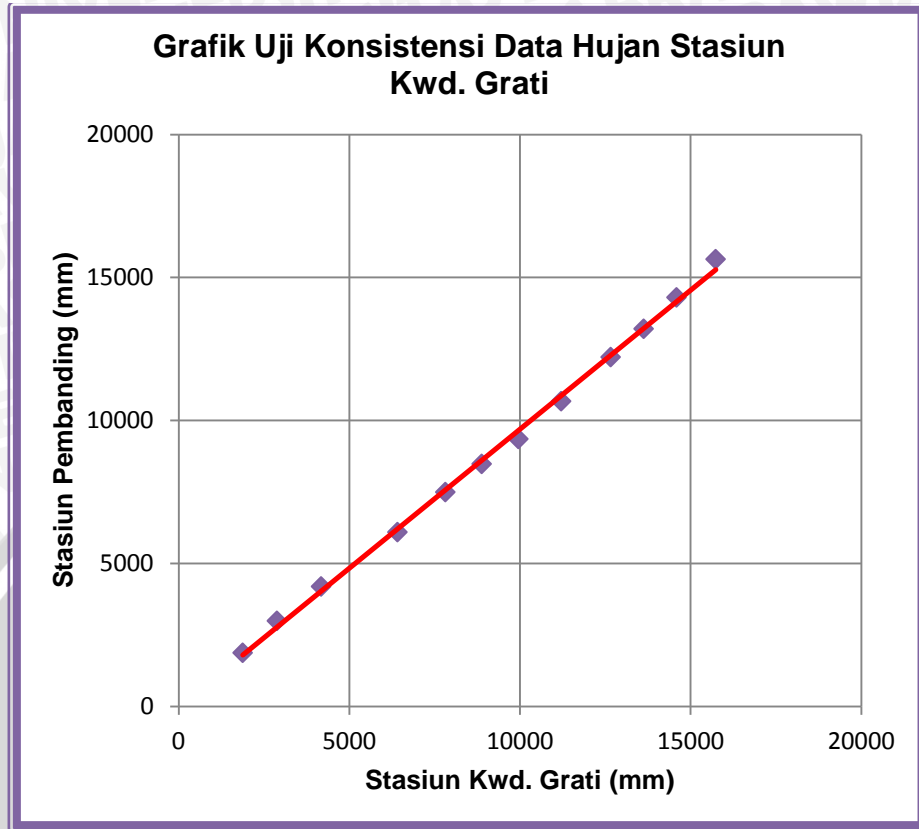
Gambar 4.41 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Ranugrati

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.8. Uji konsistensi data stasiun hujan Kwd. Grati

Tahun	Stasiun Kedawang (mm)	Stasiun Kawisrejo (mm)	Stasiun Gading (mm)	Stasiun Ranugrati (mm)	Stasiun Kwd. Grati (mm)	Stasiun Winongan (mm)	Kumulatif Stasiun Kwd. Grati (mm)	Rata-rata Stasiun Pemanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pemanding (mm)
2013	1818	2196	1945	2002	1873	1428	1873	1878	1878
2012	1089	931	1139	1130	1117	730	2990	1004	2882
2011	894	1323	1508	1345	1202	1403	4192	1295	4176
2010	1990	2234	2614	1681	1901	2666	6093	2237	6413
2009	1949	1173	1315	1187	1399	1394	7492	1404	7817
2008	1036	1197	1205	929	986	956	8478	1065	8881
2007	1058	1006	1225	844	872	1243	9350	1075	9957
2006	1327	991	1172	1342	1320	1435	10670	1253	11210
2005	1130	1277	1563	1656	1544	1631	12214	1451	12661
2004	1011	861	910	1296	990	756	13203	967	13628
2003	717	874	977	1211	1097	1037	14300	963	14591
2002	602	1147	1124	1357	1336	1501	15636	1146	15737

Sumber: Perhitungan



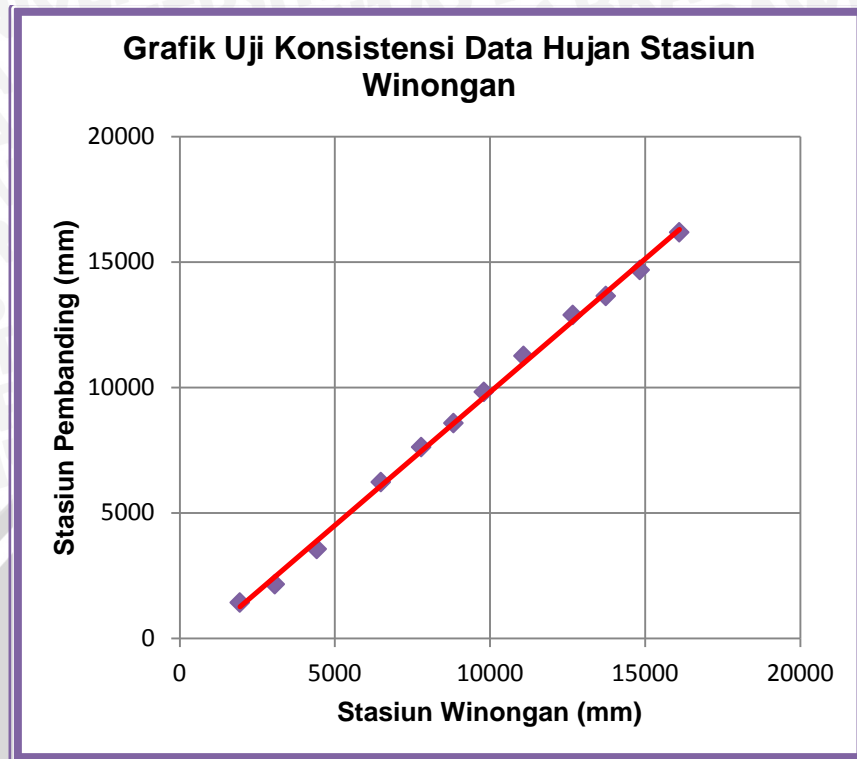
Gambar 4.42 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Kwd. Grati

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.9. Uji konsistensi data stasiun hujan Winongan

Tahun	Stasiun Kedawung (mm)	Stasiun Kawisrejo (mm)	Stasiun Gading (mm)	Stasiun Ranugrati (mm)	Stasiun Kwd. Grati (mm)	Stasiun Winongan (mm)	Kumulatif Stasiun Winongan (mm)	Rata-rata Stasiun Pemandang (mm)	Kumulatif Stasiun Pemandang (mm)
2013	1818	2196	1945	2002	1873	1428	1428	1940	1940
2012	1089	931	1139	1130	1117	730	2158	1129	3069
2011	894	1323	1508	1345	1202	1403	3561	1352	4420
2010	1990	2234	2614	1681	1901	2666	6227	2065	6486
2009	1949	1173	1315	1187	1399	1394	7621	1300	7786
2008	1036	1197	1205	929	986	956	8577	1040	8826
2007	1058	1006	1225	844	872	1243	9820	980	9806
2006	1327	991	1172	1342	1320	1435	11255	1278	11084
2005	1130	1277	1563	1656	1544	1631	12886	1587	12672
2004	1011	861	910	1296	990	756	13642	1065	13737
2003	717	874	977	1211	1097	1037	14679	1095	14831
2002	602	1147	1124	1357	1336	1501	16180	1272	16104

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.43 Grafik uji konsistensi data stasiun hujan Winongan

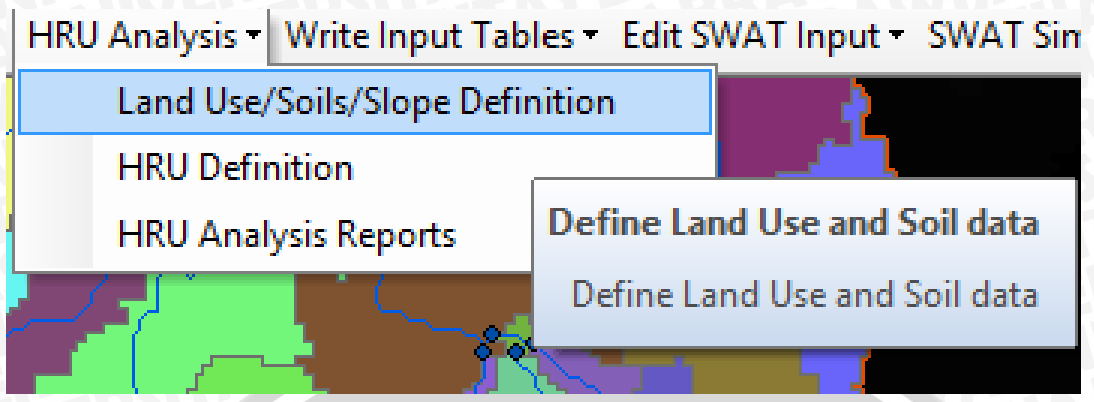
Sumber: Perhitungan

4.6. Format input data dan pembuatan database ArcSWAT

4.6.1. Penggolongan tema tataguna lahan

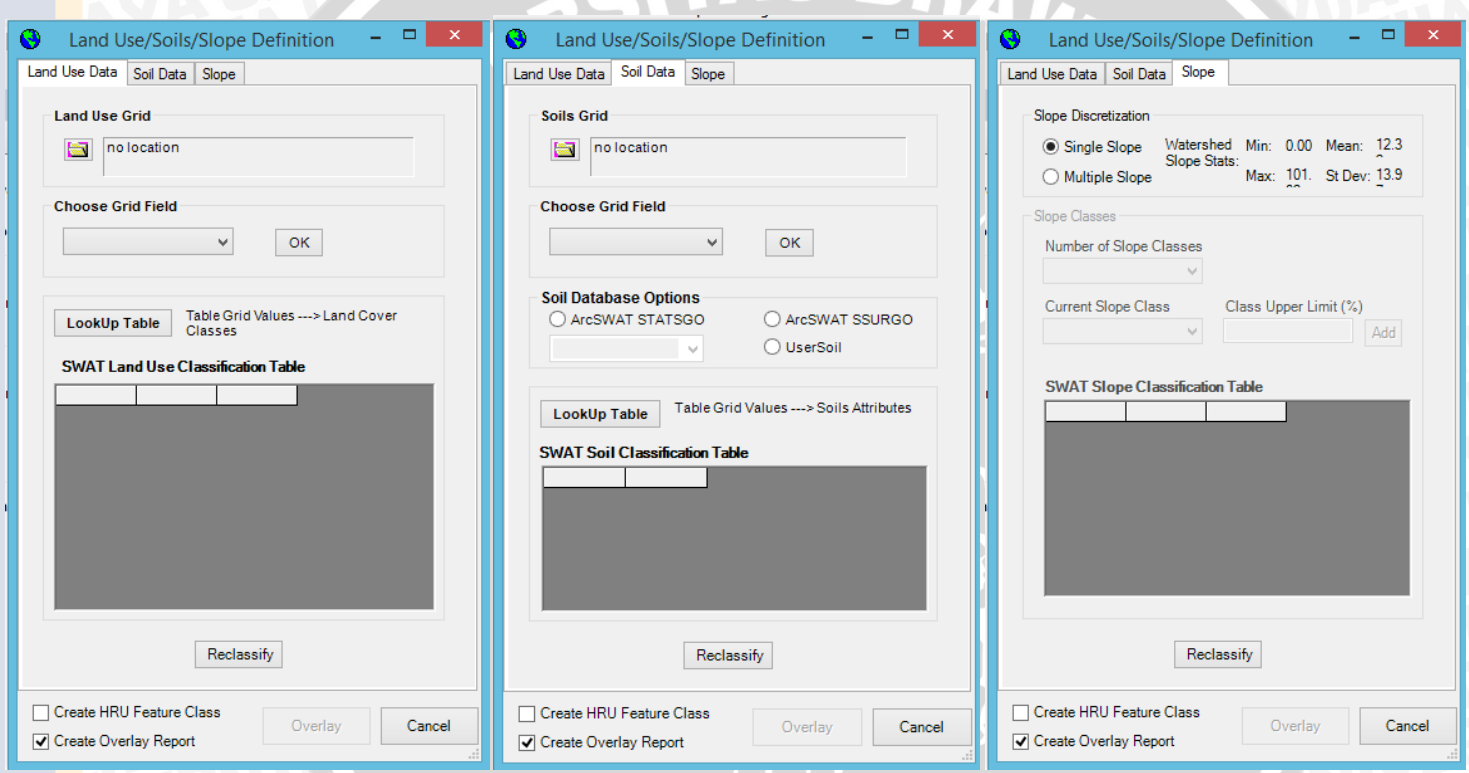
Program pemodelan ArcSWAT membutuhkan informasi-informasi mengenai data berupa peta tataguna lahan, jenis tanah dan slope di daerah studi. ArcSWAT memiliki tools yang disebut *Land Use/Soils/Slope Definition*. Tools ini berfungsi untuk mengakses dialog box untuk memasukkan peta tataguna lahan, peta jenis tanah, dan slope, menghubungkan peta ke SWAT database dan mengoverlay. Tools ini akan hidup ketika proses deliniasi DAS sudah berhasil dengan menghasilkan sub-sub DAS dalam DAS yang akan dianalisis.

Untuk memulai proses *overlay* peta tataguna lahan, peta jenis tanah dan slope dilakukan dengan memilih *HRU Analysis*. Setelah *HRU Analysis* diklik maka akan muncul pilihan-pilihan seperti yang tampak pada Gambar 4.44. Klik *LandUse/Soils/Slope Definition*, maka akan muncul tampilan seperti yang tampak pada Gambar 4.45.



Gambar 4.44 Tampilan menu *HRU Analysis*

Sumber: ArcSWAT



Gambar 4.45 Jendela dialog definisi tataguna lahan dan jenis tanah

Sumber: ArcSWAT

Tabel 4.10. Contoh data (*dbf) peta tataguna lahan

VALUE	LANDUSE
1	DNAU
2	EMPG
3	HTAN
4	LDNG
5	PMKM
6	PKBN
7	SWAH
8	SMAK

Sumber: Pengolahan data

Keterangan:

VALUE : Kode Simbol pada Peta

LANDUSE : Simbol Nama Jenis Tataguna Lahan

DNAU : Danau

EMPG : Empang

HTAN : Hutan

LDNG : Ladang

PMKM : Pemukiman

PKBN : Perkebunan

SWAH : Sawah

SMAK : Semak

Peta tataguna lahan dipanggil melalui perintah *Land Use Grid* dan *SWAT Landuse Classification Table*. Setelah semua data yang diminta program selesai dimasukkan selanjutnya mengklik *Reclassify*. Namun, sebelum proses pemanggilan peta tataguna lahan, terlebih dahulu dilakukan penggolongan tema peta tataguna lahan. Dalam penggolongan tema peta tataguna lahan tersebut, peta disajikan dengan atribut simbol-simbol dan angka 1,2,3 dan seterusnya berformat (*dbf) dan (*txt). Format disusun seperti format yang diminta program agar program dapat berjalan dengan sempurna.

4.6.2. Penggolongan tema jenis tanah

Peta jenis tanah dipanggil melalui *Soils Grid* dan *SWAT Soils Classification Table*. Setelah semua data yang diminta program selesai dimasukkan, selanjutnya mengklik *Reclassify*. Namun, sebelum proses pemanggilan peta tataguna lahan, terlebih dahulu

dilakukan penggolongan tema peta tataguna lahan. Dalam penggolongan tema peta tataguna lahan tersebut, peta disajikan dengan atribut simbol-simbol dan angka 1,2,3 dan seterusnya berformat (*dbf) dan (*txt). Format disusun seperti format yang diminta program agar program dapat berjalan dengan sempurna.

Tabel 4.11. Contoh data (*dbf) peta jenis tanah

VALUE	SNAM
1	ANDOSOL CO KUN REGOSOL CO KUN
2	ANDOSOL CO REGOSOL CO
3	REGOSOL KE LITOSOL
4	ALUVIAL CO KE
5	MEDITERAN CO
6	LATOSOL CO ME
7	REGOSOL CO KE
8	ALUVIAL KE
9	MEDITERAN CO LITOSOL

Sumber: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Keterangan:

VALUE : Kode Simbol pada Peta

SNAM : Nama Jenis Tanah

ANDOSOL CO KUN REGOSOL CO KUN : Andosol Coklat Kekuningan dan Regosol Coklat Kekuningan

ANDOSOL CO REGOSOL CO : Andosol Coklat dan Regosol Coklat

REGOSOL KE LITOSOL : Regosol Kelabu dan Litosol

ALUVIAL CO KE : Aluvial Coklat Kekelabuan

MEDITERAN CO : Mediteran Coklat

LATOSOL CO ME : Latosol Coklat Kemerahan

REGOSOL CO KE : Regosol Coklat Kekelabuan

ALUVIAL KE : Aluvial Kelabu

MEDITERAN CO LITOSOL : Mediteran Coklat dan Litosol

4.6.3. Kemiringan lahan (*Slope*)

Topografi diartikan sebagai tinggi rendahnya permukaan bumi yang menyebabkan terjadi perbedaan lereng. Faktor lereng berpengaruh terhadap erosi yang terjadi, semakin besar presentase kemiringan pada suatu lereng akan memberikan daya erosivitas pada hujan yang

semakin besar (Utomo, 1994). Berdasarkan Arsyad (2010:112) selain memperbesar jumlah aliran permukaan, makin curamnya lereng juga memperbesar kecepatan aliran permukaan, dengan demikian memperbesar energy angkut air.

Panjang lereng dihitung mulai dari titik pangkal aliran permukaan sampai pada suatu titik dimana air masuk kedalam saluran atau sungai, atau kemiringan lereng yang berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran air berubah (Arsyad, 2010:114). Klasifikasi kemiringan lahan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12. Klasifikasi kemiringan lahan

Kemiringan (%)	Klasifikasi
0-8	Datar
8-15	Landai
15-25	Agak curam
25-45	Curam
>45	Sangat curam

Sumber: Asdak, 2004:415

4.6.4. Pengolahan data hujan untuk input data ArcSWAT

Input data hujan dalam ArcSWAT digunakan untuk memperoleh nilai-nilai presipitasi, standart deviasi dan kepengcengan, probabilitas, dan curah hujan maksimum. Untuk maksud diatas, terlebih dahulu data hujan dikelompokkan dalam susunan bulanan selama jangka waktu 12 tahun seperti yang tampak pada Gambar 4.46.

DATA CURAH HUJAN HARIAN DAS REJOSO

Peta No :
 Koordinat : XPR = 717989.4 , YPR = 9147195.9
 Kecamatan : Grati
 Nama stasiun : Kedawung
 Elevasi : + 2 m Bulan :Desember

TANGGAL	2002 (mm)	2003 (mm)	2004 (mm)	2005 (mm)	
1	5	10	26	0	→
2	0	9	9	0	→
3	0	0	5	3.5	→
4	0	0	0	0.5	→
5	0	0	18	5	→

Gambar 4.46 Contoh pengelompokan data hujan

Setelah pengelompokan curah hujan arian menurut bulan selesai, dilakukan perhitungan-perhitungan statistik pada data hujan tuntuk mendapatkan:

1. Rata-rata total presipitasi bulanan (PCPMM)
2. Standar deviasi presipitasi bulanan (PCPSTD)
3. Kepencengan presipitasi bulanan (PCPSKW)
4. Probabilitas hari hujan terhadap hari kering (PR_W1)
5. Probabilitas hari hujan terhadap hari hujan (PR_W2)
6. Rata-rata jumlah hari hujan bulanan (PCPD)
7. Hujan maksimum bulanan (RAINHHMX)

Tabel 4.13. Contoh perhitungan susunan data hujan bulanan Stasiun Kedawung

Tanggal	2002 (mm)	2003 (mm)	2004 (mm)	2005 (mm)	2006 (mm)	2007 (mm)	2008 (mm)	2009 (mm)	2010 (mm)	2011 (mm)	2012 (mm)	2013 (mm)
1	5	10	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	10	0
3	0	0	5	3.5	0	38	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0.5	7	43	0	0	0	0	0	0
5	0	0	18	5	0	0	0	0	0	0	0	2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	25	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	8	0	15.8	0	0	0	0	0	0	0	13
9	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	8	0	0	0	11	0	0	8	0	3	0
11	17	10	0	38.5	0	8	15	0	2	0	6	1
12	10	10	4	0	0	0	5	0	67	0	0	1
13	0	15	0	0	0	49	15	4	4	0	2	0
14	0	0	5	1.2	0	0	10	0	2	0	26	0
15	0	25	0	12.2	0	0	1	0	3	0	0	20
16	0	24.5	0	31.5	0	0	8	37	4	0	0	8
17	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	40
18	0	0	3	45.8	0	33	0	0	0	0	0	20
19	0	0	0	8.7	0	12	2	0	0	0	5	1
20	0	0	0	6.6	0	0	5	0	0	0	0	0
21	0	1	0	28.5	0	20	0	0	18	0	0	0
22	7	0	4	12	0	12	0	0	0	0	0	0
23	10	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	11
24	8	0	20	0	0	25	0	0	6	0	18	1
25	24	0	29	12.5	0	0	0	0	18	0	0	0

26	12	10	10	7.4	0	51	0	0	6	0	2	0
27	7	8	1	3.8	0	79	0	80	9	0	0	0
28	0	0	1	9.5	39	0	2	0	2	0	0	0
29	5	0	1	25.5	29	5	0	2	5	0	7	0
30	7	0	0	4.5	26	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	12.5	0	21	0	0	6	0	29	0
Total	112	177.5	149	315.5	101	407	63	123	160	0	108	118
Hari Hujan	11	15	15	23	4	14	9	4	15	0	10	11

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh format perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$1. \sum_{d=1}^N R_{day,mon} = 112 + \dots + 118$$

$$= 1834$$

$$2. Days_{wet, i} = 11 + 15 + \dots + 11$$

$$= 135$$

$$3. N = 31 + 31 + 31 + 31 + \dots + 31$$

$$= 465$$

$$4. yrs = 14$$

a. PCPMM

Rata-rata total presipitasi bulanan (mm), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day,yrs}}{N} = \frac{1834}{14} = 131$$

b. PCPSTD

Standar deviasi presipitasi bulanan (mm), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,yrs} - \bar{R}_{mon})^2}{N-1}} = 10.464$$



c. PCPSKW

Kepeccengan presipitasi bulanan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$g_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,yrs} - \overline{R_{mon}})^3}{(N-1)(N-2)(\sigma_{mon})^3} = 3.655$$

d. PR_W1

Probabilitas hari hujan mengikuti hari kering dalam bulan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PR_W1 = \frac{days_{W/D,i}}{days_{dry,i}} = 0,485$$

e. PR_W2

Probabilitas hari hujan yang mengikuti hari basah dalam bulan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$PR_W2 = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}} = 0,434$$

f. PCPD

Jumlah rata-rata hujan harian dalam bulan, parameter ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\overline{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs} = 10.134$$

g. RAINHHMX

Hujan harian maksimum seluruh periode dalam bulan, nilai ini mewakili dari satu hari hujan maksimum dalam seluruh periode dalam bulan. Untuk contoh stasiun Kedawung curah hujan maksimum sebesar 80 mm pada bulan Januari.

Semua data tersebut dirangkum dalam bentuk tabel untuk input data dalam ArcSWAT. Input data hujan dapat dilakukan melalui 2 cara, yakni melalui tampilan *database* pada menu *Edit SWAT Input* atau melalui file *database userwgn (*.wgn)*.



4.6.4.1. Rekapitulasi input data hujan

Hasil perhitungan data hujan untuk input ArcSWAT dapat dilihat pada Tabel 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, dan 4.19 berikut ini.

Tabel 4.14. Input pengolahan data hujan Stasiun Hujan Kedawung

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	216.367	224.687	202.433	84.887	59.600	54.613	15.267	0.400	6.200	9.933	93.653	131
PCPSTD	15.254	15.946	14.429	10.662	7.554	8.386	3.657	0.278	2.305	2.757	11.459	10.464
PCPSKW	4.117	3.005	3.990	6.095	5.471	7.040	9.845	21.564	14.298	13.020	5.394	3.655
PR_W1	0.678	0.628	0.587	0.194	0.120	0.114	0.000	0.002	0.011	0.029	0.190	0.486
PR_W2	0.335	0.366	0.366	0.411	0.540	0.522	0.786	1.000	0.400	0.538	0.389	0.434
PCPD	12.533	10.933	11.467	4.867	3.333	3.067	0.933	0.067	0.333	0.867	4.800	10.133
RAINHHMX	142	95.000	144.000	106.000	68.000	100.000	50.000	6.000	41.000	47.000	107.000	80.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.15. Input pengolahan data hujan Stasiun Hujan Kawisrejo

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	211.933	228.773	198.133	112.633	81.933	42.800	13.133	1.000	9.333	9.067	86.600	173.033
PCPSTD	13.124	15.160	13.397	12.473	9.793	7.636	3.434	0.696	3.209	2.211	11.236	12.750
PCPSKW	2.810	2.785	2.797	5.136	5.278	7.893	10.058	21.564	11.968	10.958	7.056	3.741
PR_W1	0.742	0.816	0.585	0.236	0.151	0.082	0.026	0.002	0.016	0.033	0.216	0.615
PR_W2	0.379	0.325	0.422	0.314	0.508	0.441	0.833	1.000	0.429	0.467	0.500	0.345
PCPD	13.200	12.733	11.067	5.733	4.067	2.267	0.800	0.067	0.467	1.000	5.333	11.800
RAINHHMX	70.000	72.000	85.000	118.000	101.000	88.000	48.000	15.000	47.000	35.000	142.000	106.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16. Input pengolahan data hujan Stasiun Hujan Gading

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	239.533	234.440	225.167	125.800	91.533	55.400	14.200	1.667	10.733	12.000	108.067	198.367
PCPSTD	15.759	15.915	15.203	12.958	10.617	8.528	3.915	1.159	3.377	3.144	12.291	13.439
PCPSKW	3.070	3.136	2.970	4.368	5.051	6.694	11.259	21.564	11.072	11.693	5.091	3.029
PR_W1	0.755	0.840	0.620	0.268	0.168	0.095	0.000	0.000	0.016	0.033	0.230	0.661
PR_W2	0.365	0.325	0.393	0.326	0.507	0.436	0.833	1.000	0.429	0.533	0.476	0.314
PCPD	13.333	12.933	11.867	6.333	4.467	2.600	0.800	0.067	0.467	1.000	5.600	12.333
RAINHHMX	105.000	120.000	81.000	97.000	98.000	95.000	60.000	25.000	45.000	51.000	113.000	85.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.17. Input pengolahan data hujan Stasiun Hujan Ranugrati

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	241.067	241.767	248.100	107.267	86.600	52.267	6.400	1.933	6.667	7.733	98.033	168.833
PCPSTD	15.232	17.253	17.446	11.556	9.647	9.138	2.113	1.070	3.154	1.970	10.731	11.884
PCPSKW	3.312	2.742	3.636	5.234	4.628	7.506	11.520	19.246	16.111	10.548	4.455	3.301
PR_W1	0.816	0.626	0.582	0.268	0.183	0.087	0.013	0.004	0.007	0.000	0.197	0.517
PR_W2	0.321	0.640	0.404	0.358	0.486	0.472	0.667	1.000	0.333	0.750	0.419	0.396
PCPD	13.933	10.933	11.400	6.333	4.800	2.400	0.400	0.133	0.200	0.800	4.933	10.267
RAINHHMX	116.000	99.000	149.000	118.000	71.000	101.000	29.000	22.000	58.000	29.000	86.000	76.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.18. Input pengolahan data hujan Stasiun Hujan Kwd Grati

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	227.433	243.800	219.067	107.633	85.233	56.067	10.800	1.467	7.533	11.733	105.233	158.533
PCPSTD	14.980	17.301	15.202	11.492	9.154	9.820	3.310	0.855	3.289	2.652	11.226	11.087
PCPSKW	3.382	2.943	3.568	5.412	4.721	10.104	12.898	20.272	14.505	9.234	4.386	3.417
PR_W1	0.729	0.801	0.620	0.301	0.186	0.103	0.024	0.004	0.009	0.036	0.206	0.576
PR_W2	0.301	0.354	0.348	0.308	0.493	0.452	0.727	1.000	0.500	0.500	0.429	0.371
PCPD	13.067	12.600	11.867	6.933	4.867	2.800	0.733	0.133	0.267	1.067	5.133	11.333
RAINHHMX	107.000	110.500	132.000	107.000	66.000	155.000	55.000	18.000	54.000	33.000	96.000	88.000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19. Input pengolahan data hujan Stasiun Hujan Winongan

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	219.313	363.540	209.900	118.693	82.553	57.133	11.933	1.667	8.467	13.333	112.700	186.293
PCPSTD	14.880	15.254	14.091	11.546	9.329	8.650	3.724	1.070	3.073	3.082	12.422	13.571
PCPSKW	3.441	2.743	3.256	4.251	4.875	7.577	12.769	21.334	13.526	9.291	5.575	3.396
PR_W1	0.729	0.972	0.722	0.331	0.177	0.128	0.020	0.004	0.016	0.033	0.220	0.643
PR_W2	0.367	0.306	0.395	0.348	0.500	0.373	0.667	1.000	0.286	0.533	0.432	0.346
PCPD	13.067	13.933	13.000	7.467	4.667	3.400	0.600	0.133	0.467	1.000	5.400	12.133
RAINHHMX	99.000	113.000	89.000	81.000	77.000	105.000	61.000	25.000	45.000	42.000	146.000	87.000

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6.5. Pembuatan *database*

4.6.5.1. *Landcover/planth growth database*

Pembuatan *database* diperlukan agar program mengenali data-data yang dibuat secara manual. Data tataguna lahan dapat dimasukkan melalui *landcover/planth growth* dan *urban area database* atau kedalam *file SWAT2012.mdb-crop* dan *urban*. Tampilan seperti pada Gambar 4.47 akan muncul setelah mengklik *database* yang terdapat pada ArcSWAT.

Land Cover/Plant Growth Database Edit

Crop types

- Danau
- Empang
- Hutan
- Ladang
- Perkebunan
- Sawah
- Semak

Crop type Parameters

Crop Name Danau		CPNM (4 character) DNAU	
IDC Perennial	<input type="checkbox"/> Crop is fertilized	Op Schedule WATR	
BIO_E [(kg/ha)/(MJ/m2)] 0	HVST1 [(kg/ha)/(kg/ha)] 0	BLAI (m2/m2) 0	
FRGRW1 (fraction) 0	LAIMX1 (fraction) 0	CHTMX (m) 0	RDMX (m) 0
FRGRW2 (fraction) 0	LAIMX2 (fraction) 0	DLAI (heat units/heat units) 0	
T_OPT (C) 0	T_BASE (C) 0	CNYLD(kg N/kg seed) 0	CPYLD(kg P/kg) 0
BN1 (kg N/kg biomass) 0	BN2 (kg N/kg biomass) 0	BN3 (kg N/kg biomass) 0	
BP1 (kg P/kg biomass) 0	BP2 (kg P/kg biomass) 0	BP3 (kg P/kg biomass) 0	
WSYF [(kg/ha)/(kg/ha)] 0	USLE_C 0	GSI (m/s) 0	VPDFR (kPa) 0
FRGMAX (fraction) 0	WAVP (rate) 0	CO2HI (uL/L) 0	BIOEHI (ratio) 0
RSDCO_PL (fraction) 0	ALAI_MIN (m2/m2) 0	BIO_LEAF (fraction) 0	
MAT_YRS (years) 0	BMX_TREES (tons/ha) 0	EXT_COEF 0	BM_DIEOFF 0.1

Hydrological Parameters

OV_N Manning's N (roughness) 0.01	<input type="checkbox"/> LU	SCS Runoff Curve Numbers			
		A 92	B 92	C 92	D 92
					LU

Add New

Save Edits

Cancel Edits

Delete

Default

Exit

Urban Area Database Edit

Urban area types

- Pemukiman

Urban Area Parameters

Urban Name Pemukiman		URBNAME (4 character) PMKM	
FIMP (fraction) 0.38	FCIMP (fraction) 0.3	CURBDEN (km/ha) 0.24	
URBCOEF (1/mm) 0.18	DIRTMX (kg/curb km) 225	THALF (days) 0.75	
TNCONC (mg N/kg sed) 550	TPCONC (mg P/kg sed) 223	TNO3CONC (mg NO3-N/kg sed) 7.2	

Hydrological Parameters

OV_N Manning's N (roughness) 0.1	<input type="checkbox"/> LU	SCS Runoff Curve Numbers			
		A 39	B 61	C 74	D 80
					LU
		URBCN2 98			

Add New

Save Edits

Cancel Edits

Delete

Default

Exit

Gambar 4.47 Tampilan Landcover/planth growth dan Urban Area database

Sumber: ArcSWAT

a. Penentuan nilai *Curve Number* (CN)

Nilai *Curve Number* (CN) atau bilangan kurva air limpasan ditentukan berdasarkan dua parameter fisik dari DAS, yaitu kondisi jenis tanah dan jenis penutupan lahan. Kemudian nilai CN dicari menurut kelompok tanah pada keadaan kelembaban awal II sesuai dengan jenis penutupan lahannya. Nilai CN pada keadaan kelembaban awal II untuk kelompok tanah untuk masing-masing jenis penutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.19.

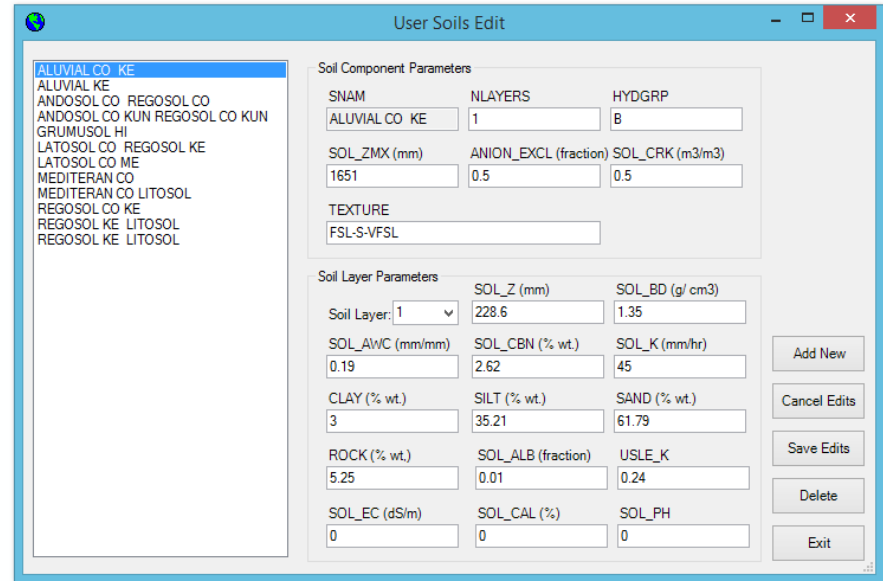
Tabel 4.20. Nilai CN II untuk masing-masing tataguna lahan

No	Tataguna Lahan	Nilai CN II			
		A	B	C	D
1	Danau	92	92	92	92
2	Empang	92	92	92	92
3	Hutan	36	60	73	79
4	Ladang	67	78	85	89
5	Perkebunan	67	78	85	89
6	Permukiman	77	85	90	92
7	Sawah	63	75	83	87
8	Semak	35	56	70	77

Sumber: SWAT2000 Theoretical Documentation, 2002:95

4.6.5.2. *User Soil database*

Pembuatan *database* diperlukan agar program mengenali data-data yang dibuat secara manual. Data tanah dapat dimasukkan melalui *user soil database* atau kedalam *file* SWAT2012.mdb-user soil. Tampilan seperti pada Gambar 4.48 akan muncul setelah mengklik *database* yang terdapat pada ArcSWAT.



Gambar 4.48 Tampilan *User Soil database*

Sumber: ArcSWAT

a. Penentuan nilai K tanah

Pada pembuatan *database user soil* nilai K tanah harus dimasukkan berdasarkan jenis tanahnya. Sedangkan nilai-nilai K dan tingkat erodibilitas diperkirakan dengan melihat peta serta merujuk pada tabel-tabel yang tercantum pada referensi.

Tabel 4.21. Nilai K untuk masing-masing tanah

No	Jenis Tanah	K
1	Mediteran Coklat Litosol	0.32
2	Grumusol Hitam	0.21
3	Andosol Coklat Kekuningan Regosol	0.31
4	Latosol Coklat Kemerahan	0.23
5	Regosol Coklat Kelabu	0.29
6	Aluvial Coklat Kelabu	0.2
7	Latosol Coklat Regosol Kelabu	0.32
8	Regosol Kelabu Litosol	0.32
9	Andosol Coklat Regosol Coklat	0.31
10	Mediteran Coklat	0.23
11	Aluvial Kelabu	0.28

Sumber: Nilai faktor K beberapa tanah di Indonesia (Arsyad, 1009:144)

4.6.5.3. Angka kekasaran *Manning* di lahan dan sungai

Koefisien kekasaran lahan dan sungai adalah salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan debit puncak limpasan yang terjadi pada fenomena limpasan permukaan yang terjadi dalam suatu kawasan DAS. Angka kekasaran *manning* di lahan merupakan masukan data untuk perhitungan waktu konsentrasi yang terjadi di lahan melalui SWAT2012.mdb-crop. Sedangkan angka kekasaran *manning* di sungai akan digunakan sebagai masukan data untuk perhitungan waktu konsentrasi aliran di sungai. Angka kekasaran *manning* di anak sungai dimasukkan melalui menu *interface* “Write Subbasin General Data (*.sub)” pada *toolbar* input, sedangkan angka kekasaran *manning* di sungai utama dimasukkan melalui menu “Write Main Channel Data (*.rte). Hasil penentuan angka kekasaran *manning* tersebut dapat dilihat pada tabel 4.22 dan 4.23.

Tabel 4.22 Angka kekasaran *manning* untuk aliran di sungai

No	Jenis Sungai	Tipe Saluran	Angka kekasaran <i>Manning</i>
1	Anak sungai	Saluran alam : sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu atau ada tumbuhan bawah.	0,05
2	Sungai utama	Saluran alam : sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu.	0,025

Sumber: Angka kekasaran *manning* untuk aliran di saluran (Chow, 1959)

Tabel 4.23 Angka kekasaran *manning* untuk aliran di lahan

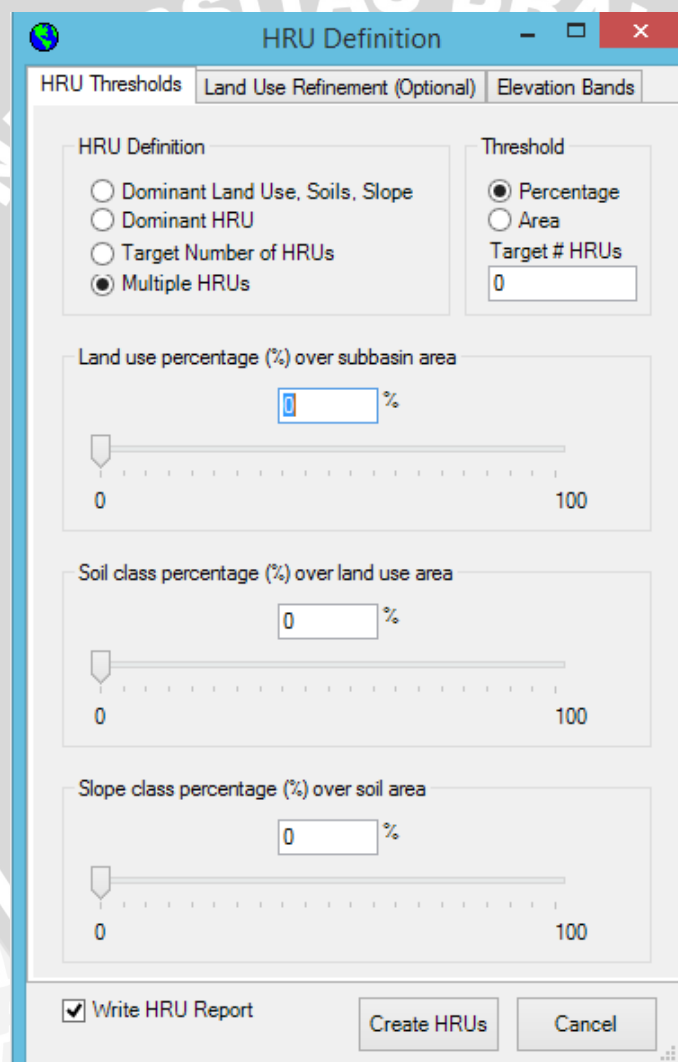
No	Tataguna Lahan	Angka Kekasaran <i>Manning</i>
1	Danau	0.01
2	Empang	0.01
3	Hutan	0.1
4	Ladang	0.14
5	Perkebunan	0.14
6	Permukiman	0.1
7	Sawah	0.14
8	Semak	0.15

Sumber: Angka kekasaran *manning* untuk aliran di saluran (Chow, 1959)

4.6.6. Pengolahan HRU (*Hydrologic Response Unit*)

HRU adalah unit satuan lahan yang mendeskripsikan peta penutup lahan atau jenis tanah yang ada pada suatu sub DAS. Pada ArcSWAT terdapat suatu *tool* yaitu *HRU definition* yang berfungsi untuk menjelaskan luasan distribusi penutup lahan atau jenis tanah apa saja yang ada dalam suatu sub DAS yang akan dimodelkan.

Menu ini otomatis aktif apabila *overlay* antara peta tataguna lahan dengan peta jenis tanah pada menu *landuse/soil/slope definition* telah dilakukan dengan sempurna. Setelah proses *overlay* berhasil, maka selanjutnya klik menu *HRU Analysis* maka akan muncul pilihan *HRU definition* seperti yang tampak pada Gambar 4.49.



Gambar 4.49 Tampilan menu *HRU Definition*

Sumber: ArcSWAT

Pada jendela dialog terdapat empat menu pilihan. Masing-masing menu pilihan memiliki fungsi yang berbeda, berikut penjelasan tentang fungsi masing-masing menu:

1. *Dominant Land Use, Soils, Slope*

Apabila pengguna memilih menu ini, maka proses distribusi HRU pada masing-masing sub DAS hanya akan memproses tataguna lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng yang dominan. Tataguna lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng yang tidak dominan tidak diperhitungkan pada proses perhitungan selanjutnya.

2. *Dominant HRU*

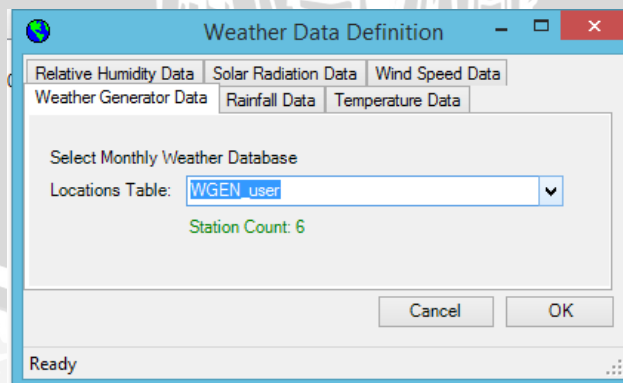
Apabila pengguna memilih menu ini, maka proses distribusi HRU hanya akan membuat satu HRU untuk setiap subdas.

3. *Multiple HRUs*

Program ini akan mengenali semua HRU yang ada pada suatu sub DAS tergantung pada presentase cakupan luasan yang diberikan. Terdapat tiga presentase cakupan luasan yang ditawarkan program, yaitu *Land use percentage (%) over subbasin area*, *Soil class percentage (%) over land use area*, dan *Slope class percentage (%) over soil area*.

4.6.7. Pengolahan *Weather Station*

Program ArcSWAT membutuhkan informasi tentang hujan harian, temperature udara, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi matahari yang terdapat pada setiap stasiun cuaca. Data-data ini dimasukkan melalui menu *Write input tables-weather station* seperti yang tampak pada Gambar 4.50.



Gambar 4.50 Tampilan *weather station*

Sumber: ArcSWAT

Format data-data yang diinput pada menu *Weather Data Definition* juga harus sesuai dengan format yang diminta oleh program. Jika format data yang dimasukkan tidak sesuai dengan permintaan program, maka akan muncul kotak pemberitahuan. Pada Tabel 4.24, 4.25, 4.26, 4.27 merupakan bentuk format tabel yang sesuai dengan permintaan program.

Tabel 4.24. Format data lokasi stasiun hujan

ID	NAME	LAT	LONG	ELEVATION
1	pcpkedawung	-7.710551	112.976390	2
2	pcpkawisrejo	-7.697773	112.986390	8
3	pcpgading	-7.765293	112.918426	10
4	pcpranugrati	-7.729273	113.011945	14
5	pcpkwdgrati	-7.712275	112.998651	10
6	pcpwinongan	-7.742496	112.958613	10

Sumber: Hasil Analisa ArcGIS 10.1

Tabel 4.25. Format data hujan harian Stasiun Kedawung

DATE	PCP
01/01/2002	9
01/02/2002	0
01/03/2002	0
01/04/2002	0
01/05/2002	27
01/06/2002	6
01/07/2002	0
01/08/2002	0
01/09/2002	0
01/10/2002	0

Sumber: UPT Gembong Pekalen

Tabel 4.26. Format data temperatur

ID	NAME	LAT	LONG	ELEVATION
1	tmp_karangploso	-7.894167	112.661111	575

Sumber: BMKG Karangploso

Tabel 4.27. Format data temperatur Stasiun Karangploso

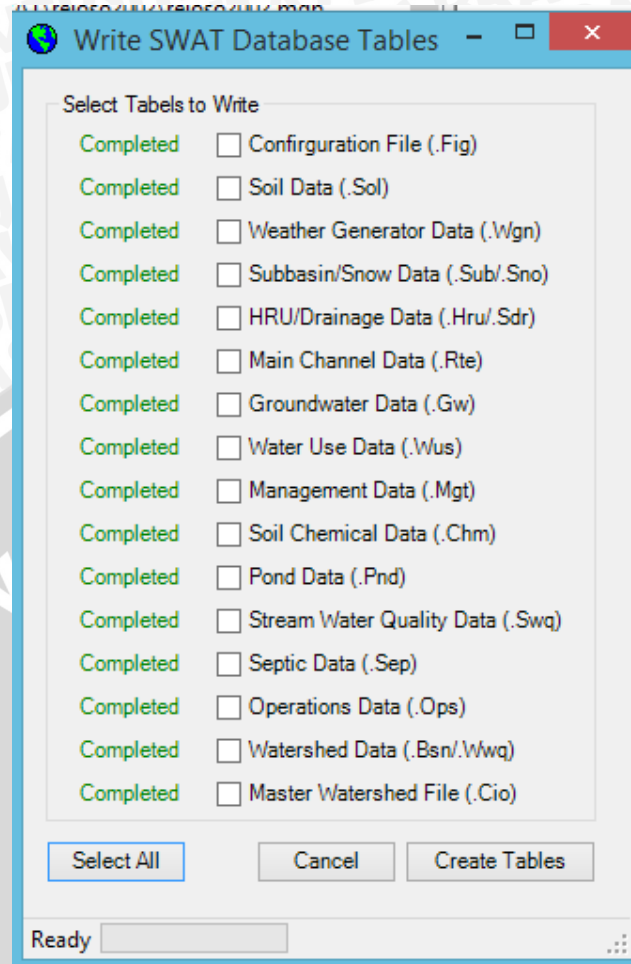
DATE	MAX	MIN
01/01/2002	22,8	21,8
01/02/2002	23,8	21,5
01/03/2002	24,4	21,9
01/04/2002	23,8	22,6
01/05/2002	22,6	23,4
01/06/2002	23,2	22,4
01/07/2002	23,6	22,6
01/08/2002	25	21,1
01/09/2002	24,2	20,6
01/10/2002	25,6	21,6

Sumber: BMKG Karangploso

Pada saat pembuatan nama *file* dilakukan dalam format (*.dbf) dan (*.txt), pengguna harus menyamakan singkatan antara singkatan nama lokasi stasiun hujan dengan nama *file* yang berisi data hujan. Karena data hujan akan otomatis dibaca oleh program ketika input data stasiun hujan selesai dilakukan pada perintah *raingages*.

4.6.8. Pengolahan *Write SWAT input tables*

Perintah *write all* ini dilakukan setelah input data *weather station* berhasil dilakukan. Perintah ini bertujuan untuk menghasilkan tabel hasil dari *input* data yang dilakukan sebelumnya. Pada Gambar 4.51 terdapat 16 parameter yang akan di cek ulang sebelum proses simulasi dilakukan.

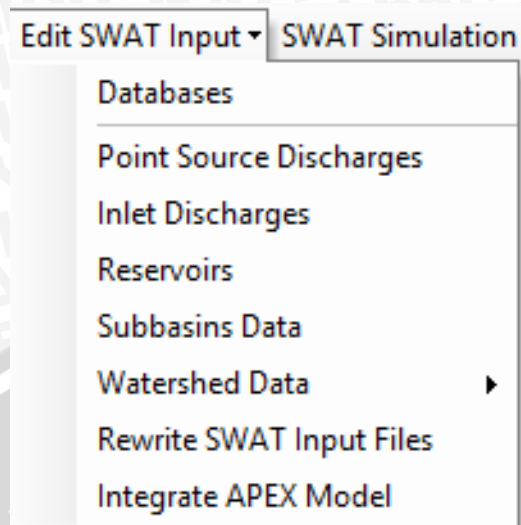


Gambar 4.51 Tampilan menu *Write SWAT Database Tables*

Sumber: ArcSWAT

4.6.9. Edit SWAT Input

Menu Edit SWAT Input pada pemodelan ArcSWAT merupakan fasilitas paket model untuk melakukan *editing* parameter yang sudah terbentuk. Tujuan dari menu edit ini adalah untuk kebutuhan kalibrasi dan verifikasi pemodelan, yaitu untuk pencarian koefisien-koefisien parameter lahan DAS/Sub DAS sehingga menghasilkan hasil pemodelan yang sesuai dengan nilai yang terukur di lapangan. Tampilan menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.52.



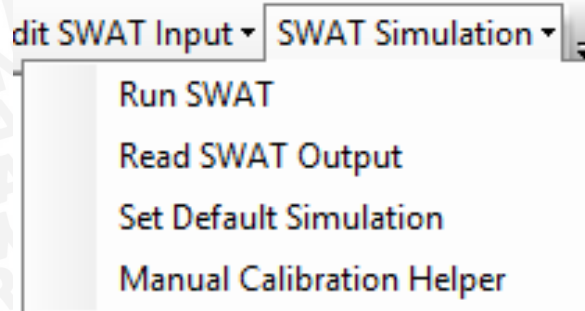
Gambar 4.52 Tampilan menu *Edit SWAT Input*

Sumber: ArcSWAT

Namun untuk kepentingan kalibrasi dan verifikasi, dominan terpakai adalah sub menu “*Subbasins Data*”. Selain untuk tujuan kalibrasi, menu “*Edit SWAT Input*” ini juga memberikan kemudahan kepada penggunanya untuk memasukkan informasi mengenai proses-proses fisik yang terjadi pada sub DAS melalui data manajemen lahan.

4.7. Simulasi ArcSWAT

Setelah semua data-data yang diminta program berhasil diinput dengan sempurna sesuai dengan tahapan-tahapan tersebut, maka simulasi baru bisa dilakukan. Simulasi ini bertujuan untuk memproses semua data masukan sehingga menghasilkan nilai debit limpasan permukaan, erosi dan sedimen yang terjadi di daerah studi. Simulasi tersebut menggunakan menu *SWAT Simulation* yang terdapat pada ArcSWAT. Tampilan menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.53.

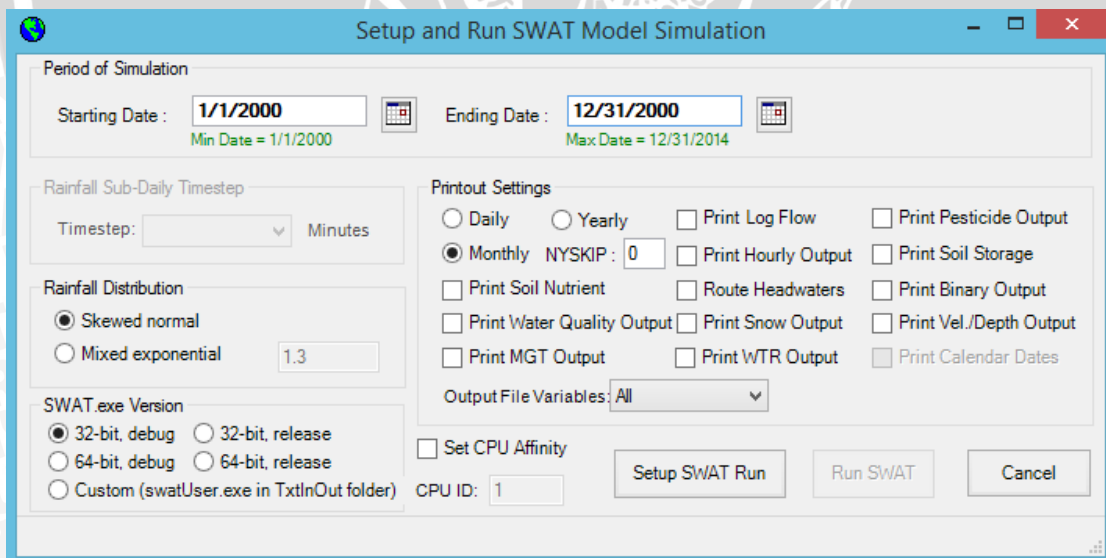


Gambar 4.53 Tampilan menu *SWAT Simulation*

Sumber: ArcSWAT

Perintah *SWAT Simulation* dipilih, kemudian pilih menu *Run SWAT*, maka akan muncul tampilan seperti Gambar 4.54. Pada analisis ini maka menu pada *Set Up and Run SWAT model simulation* akan diisi sebagai berikut:

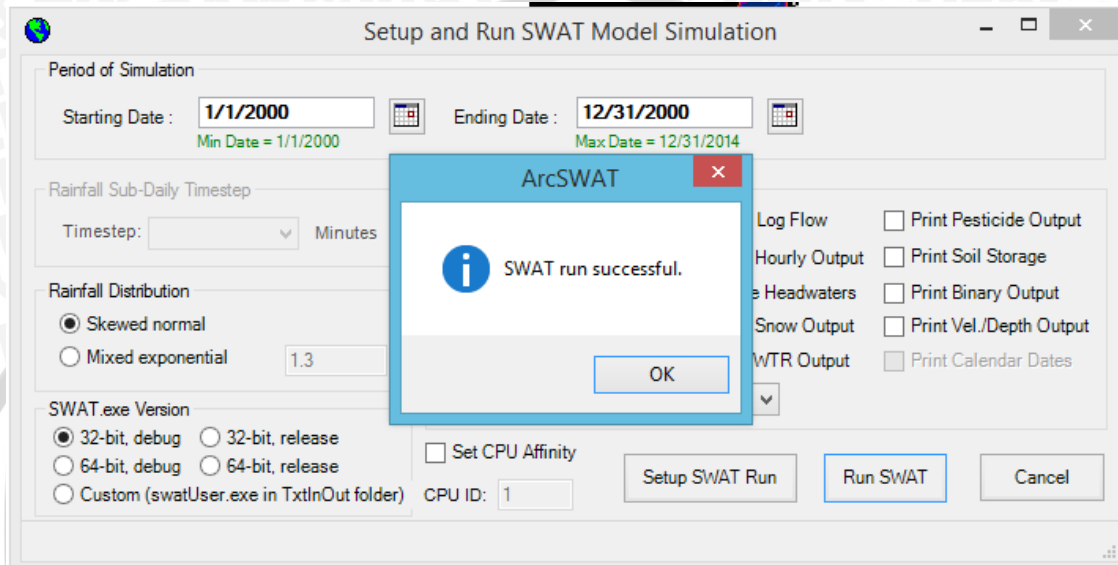
1. *Period of simulation* : 1 Januari 2002 – 31 Desember 2002
2. *Rainfall distribution* : *Skewed normal*
3. *Printout settings* : *Monthly*



Gambar 4.54 Tampilan menu *Setup and Run Model Simulation*

Sumber: ArcSWAT

Sebelum memulai proses simulasi, maka terlebih dahulu mengklik menu *Setup SWAT Run*. Ketika *run SWAT* berjalan dengan sukses, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4.55. Tampilan ini akan muncul secara otomatis setelah proses run berjalan dengan baik.

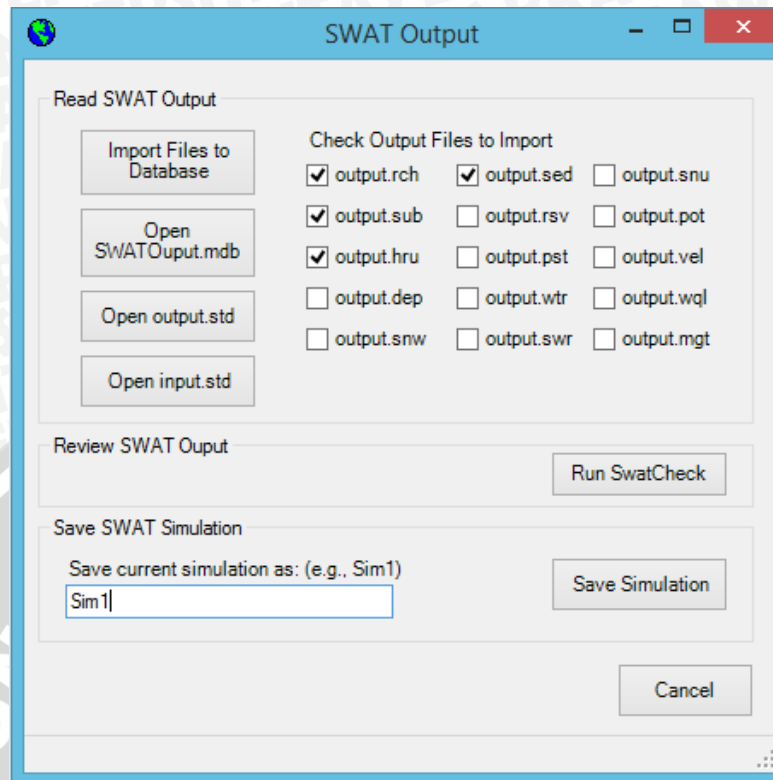


Gambar 4.55 Tampilan SWAT run successful

Sumber: ArcSWAT

4.8. Output ArcSWAT

Setelah *run SWAT* berhasil, untuk melihat hasil dari simulasi ArcSWAT tersebut menggunakan menu *Read SWAT Output* yang terdapat pada menu *SWAT Simulation*. Tampilan menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.56.



Gambar 4.56 Tampilan menu *SWAT Output*

Sumber: ArcSWAT

Pada bagian *Read SWAT Output* beri tanda centang pada *file output* yang akan diimport, seperti *output.rch*, *output.sub*, *output.hru*, dan *output.sed*. Setelah *file output* yang dibutuhkan sudah dicentang, lalu pilih menu *Import Files to Database*. Setelah proses *import* selesai, simpan *file* dengan mengisi nama *file* seperti *Sim1* pada bagian *Save SWAT Simulation*, lalu klik menu *Save Simulation*. *File output* yang tersimpan adalah dalam bentuk *file .mdb*. Dalam proses menampilkan hasil dari simulasi ini bias juga ditampilkan langsung tanpa harus menyimpan *file output* tersebut, yaitu dengan cara memilih menu *Open SWATOutput.mdb* atau *Open output.std*.

4.9. Hasil simulasi

4.9.1. Hasil simulasi sebelum kalibrasi

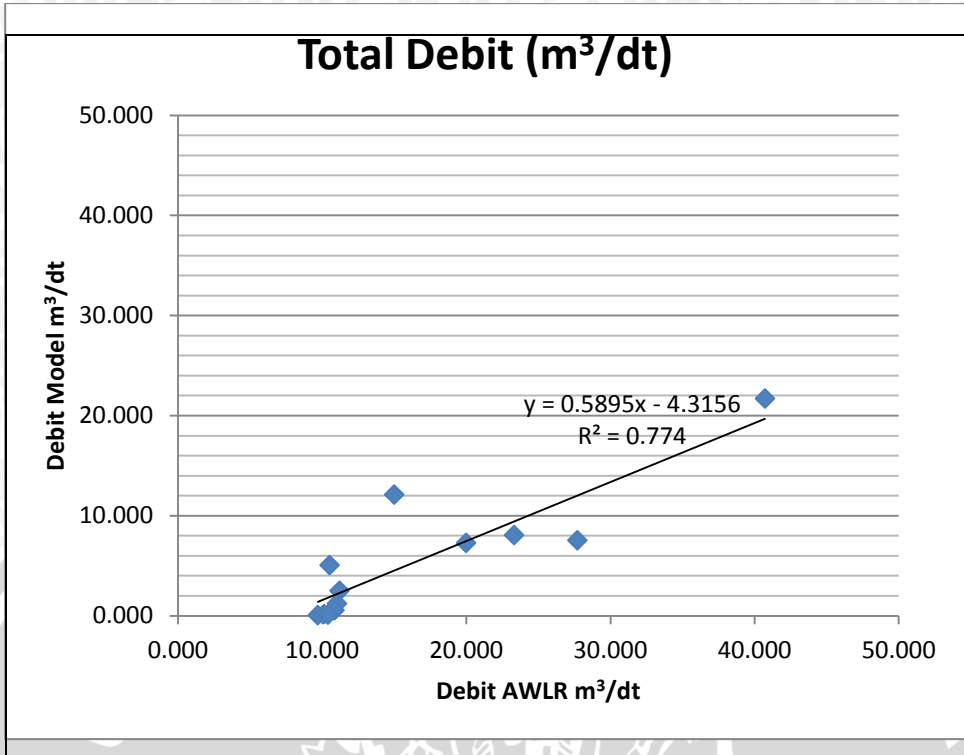
Simulasi awal dilakukan tanpa merubah parameter-parameter yang terdapat dalam program. Parameter tersebut dibiarkan dalam kondisi awal untuk menguji hasilnya dengan data lapangan di titik kontrol. Dengan adanya simulasi awal ini, maka akan terlihat apakah parameter-parameter yang dalam program sesuai dengan kondisi daerah studi atau tidak. Jika tidak sesuai maka akan dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan parameter-parameter yang berpengaruh dalam DAS.

Simulasi yang akan ditampilkan hanya perwakilannya dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2013 saja, yaitu tahun 2002, 2006, dan 2009. Hasil simulasi selebihnya akan ditampilkan pada lampiran. Tahun tersebut disesuaikan dengan data hujan dan peta tataguna lahan yang tersedia, hal ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi dengan data debit simulasi ArcSWAT dan data debit pengamatan di lapangan. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan data debit terukur yang tercatat pada AWLR dari DAS Rejoso.

Tabel 4.28 Perbandingan debit model ArcSWAT dengan debit AWLR sebelum kalibrasi pada tahun 2002

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)	
	AWLR	Model
Januari	14,990	12,110
Februari	19,980	7,284
Maret	27,700	7,544
April	23,310	8,063
Mei	10,510	5,063
Juni	11,200	2,502
Juli	11,020	1,223
Agustus	10,850	0,549
September	10,120	0,171
Oktober	9,683	0,064
November	10,390	0,115
Desember	40,720	21,708

Sumber: Hasil Analisa



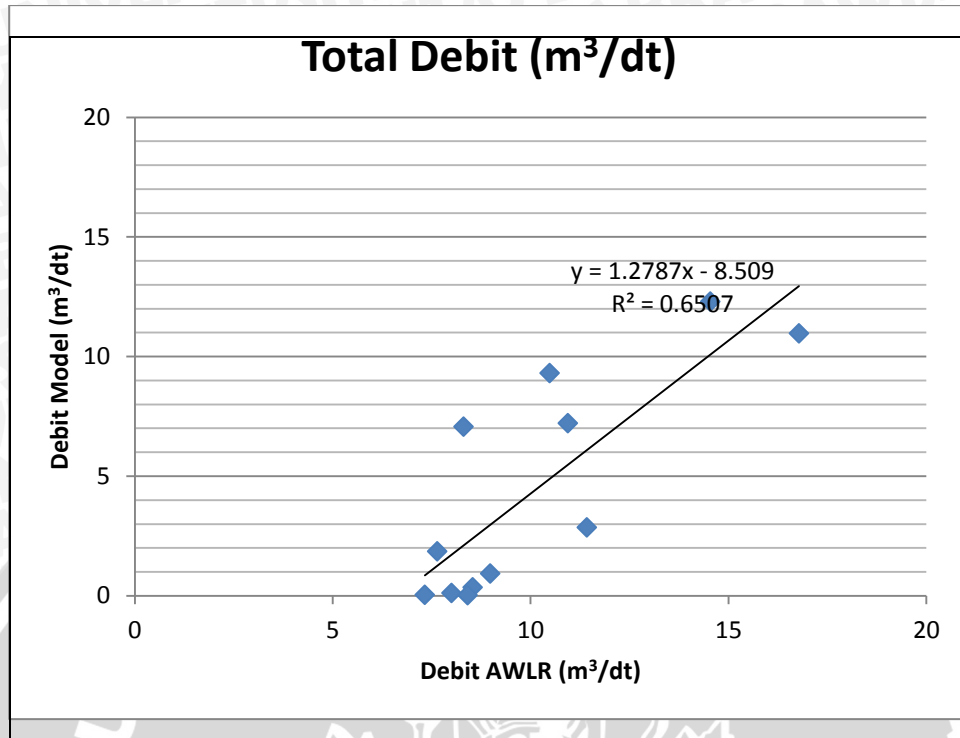
Gambar 4.57 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2002

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.29 Perbandingan debit model ArcSWAT dengan debit AWLR sebelum kalibrasi pada tahun 2006

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)	
	AWLR	Model
Januari	16,780	10,970
Februari	14,540	12,300
Maret	10,480	9,311
April	10,940	7,216
Mei	8,305	7,071
Juni	7,639	1,859
Juli	8,978	0,931
Agustus	8,535	0,354
September	8,000	0,118
Oktober	7,325	0,042
November	8,407	0,026
Desember	11,420	2,860

Sumber: Hasil Analisa



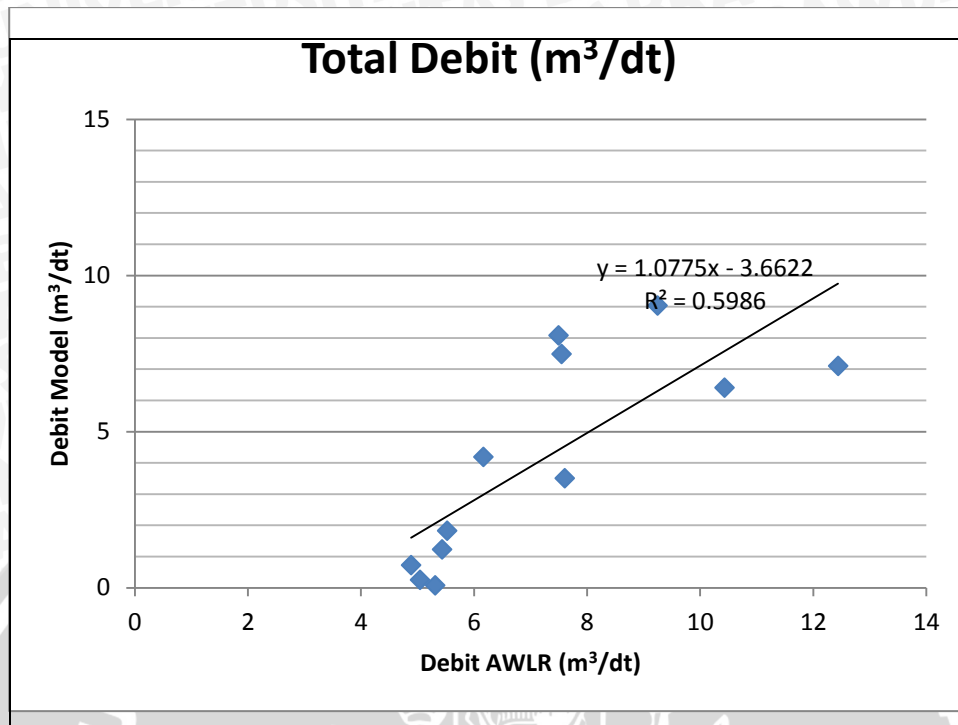
Gambar 4.58 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2006

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.30 Perbandingan debit model ArcSWAT dengan debit AWLR sebelum kalibrasi pada tahun 2009

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)	
	AWLR	Model
Januari	12,440	7,105
Februari	9,246	9,038
Maret	10,430	6,408
April	7,604	3,508
Mei	7,548	7,486
Juni	7,494	8,082
Juli	5,524	1,828
Agustus	4,886	0,726
September	5,044	0,254
Oktober	5,312	0,078
November	5,434	1,229
Desember	6,165	4,190

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.59 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2009

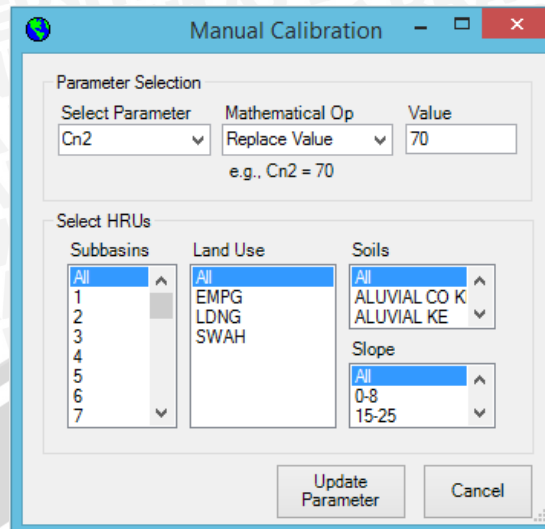
Sumber: Hasil Analisa

4.9.2. Kalibrasi parameter model

Untuk menguji dan mengetahui tingkat penerimaan dan aplikasi model SWAT perlu dilakukan kalibrasi terhadap model SWAT. Hasil disesuaikan dengan kondisi DAS dalam hal ini DAS Rejoso.

Model SWAT mempunyai berbagai kelebihan karena mampu mengintegrasikan antar proses-proses hidrologi, berbasis data spasial, proses yang kontinyu dan dapat dikombinasikan dengan berbagai scenario perubahan lahan dan manajemen DAS. Sebelum program SWAT dapat diterima dan dapat diaplikasikan, diperlukan kalibrasi parameter yang sangat berpengaruh terhadap debit sungai.

Program ArcSWAT memberikan kemudahan bagi para pengguna untuk melakukan kalibrasi melalui *Manual Calibration Helper*. *Manual Calibration Helper* akan hidup setelah proses *run simulation* berjalan dengan sukses. *Manual Calibration Helper* terdapat di menu *SWAT Simulation*. Menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.60.



Sumber: ArcSWAT

Gambar 4.60 Tampilan menu *Manual Calibration Helper*

Kalibrasi parameter dalam model dilakukan dengan cara coba-coba. Proses kalibrasi membutuhkan ketelitian dan ketepatan dalam mengevaluasi setiap perubahan hasil dari setiap perubahan nilai setiap parameter. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah parameter yang diubah tersebut memberi pengaruh terhadap hasil model yang akan dikontrol.

Dalam kalibrasi ini, peneliti membatasi parameter yang akan diubah-ubah hasilnya. Perubahan-perubahan hanya dilakukan pada parameter-parameter tertentu yang berpengaruh besar pada perubahan nilai *surface runoff*. Penentuan nilainya berdasarkan pada besarnya nilai interval yang terdapat dalam parameter tersebut. Parameter-parameter yang digunakan untuk proses kalibrasi adalah CN2, SOL_AWC, ALPHA_BF, ESCO, GW_DELAY, GWQMN, GW_REVAP, dan REVAPMN. Proses kalibrasi ini berdasarkan teori *Hydrologic Calibration*.

Proses simulasi yang dilakukan untuk keperluan kalibrasi dibagi menjadi 4 periode:

Periode I

Simulasi (Periode 1 Januari 2002 – 31 Desember 2002)

Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai data peta tataguna lahan tahun 2002 yang selanjutnya digunakan untuk menduga nilai limpasan, erosi, dan sedimen pada tahun 2003, 2004, dan 2005.

Tabel 4.31 Parameter input pada tahap kalibrasi tahun 2002

Parameter		Lower Bound	Upper Bound	Nilai Kalibrasi
Mgt	CN2	35	98	80
HRU	ESCO	0	1	1
Sol	SOL_AWC	0	1	0.01
GW	GW_DELAY	0	500	31
	ALPHA_BF	0	1	1
	GWQMN	0	5000	100
	GW_REVAP	0.02	0.2	0.2
	REVAPMN	0	1000	950

Periode II

Simulasi (Periode 1 Januari 2006 – 31 Desember 2006)

Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai data peta tataguna lahan tahun 2006 yang selanjutnya digunakan untuk menduga nilai limpasan, erosi, dan sedimen pada tahun 2007, dan 2008.

Tabel 4.32 Parameter input pada tahap kalibrasi tahun 2006

Parameter		Lower Bound	Upper Bound	Nilai Kalibrasi
Mgt	CN2	35	98	75
HRU	ESCO	0	1	1
Sol	SOL_AWC	0	1	0.05
GW	GW_DELAY	0	500	31
	ALPHA_BF	0	1	1
	GWQMN	0	5000	100
	GW_REVAP	0.02	0.2	0.2
	REVAPMN	0	1000	1000

Periode III

Simulasi (Periode 1 Januari 2009 – 31 Desember 2009)

Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai data peta tataguna lahan tahun 2009 yang selanjutnya digunakan untuk menduga nilai limpasan, erosi, dan sedimen pada tahun 2010, 2011, dan 2012.

Tabel 4.33 Parameter input pada tahap kalibrasi tahun 2009

Parameter		Lower Bound	Upper Bound	Nilai Kalibrasi
Mgt	CN2	35	98	80
HRU	ESCO	0	1	0.1
Sol	SOL_AWC	0	1	0.01
GW	GW_DELAY	0	500	80
	ALPHA_BF	0	1	1
	GWQMN	0	5000	100
	GW_REVAP	0.02	0.2	0.02
	REVAPMN	0	1000	750

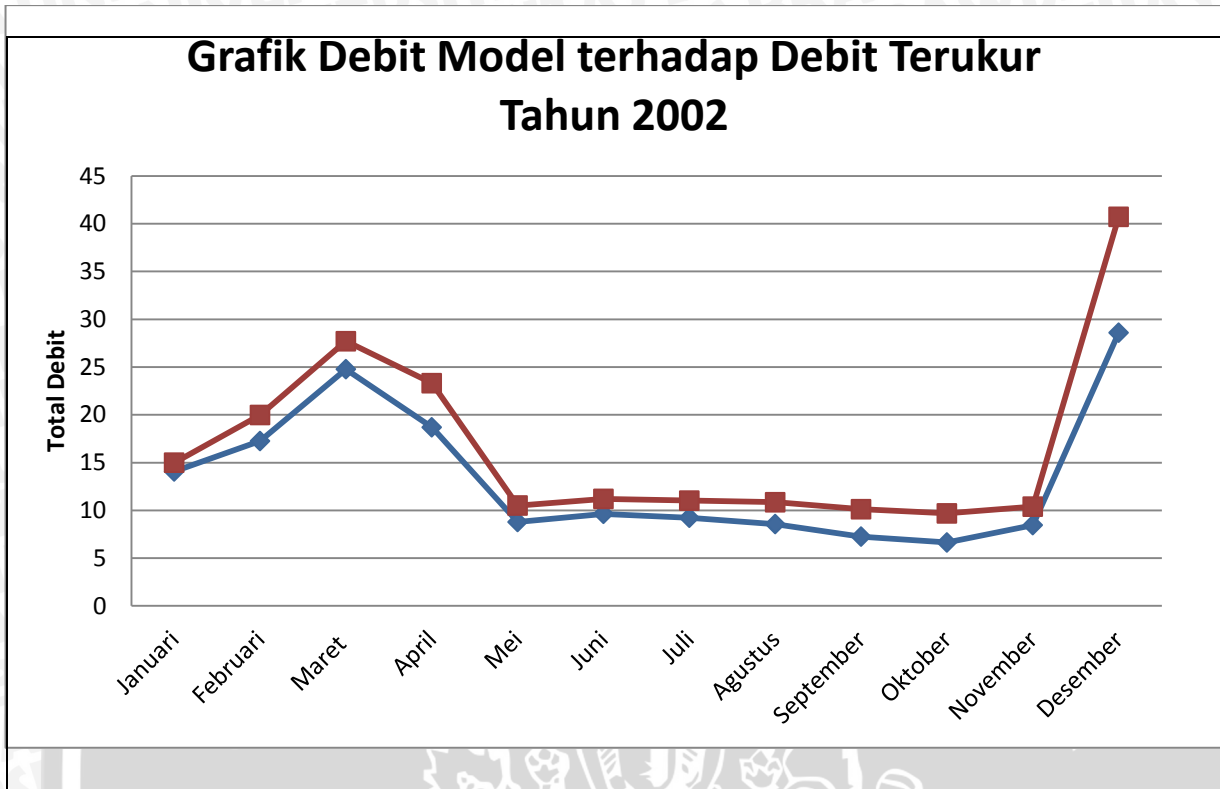
4.9.3. Hasil simulasi model setelah kalibrasi

Kalibrasi parameter memberikan perubahan yang cukup signifikan terhadap perubahan debit model. Debit model yang dihasilkan secara umum sudah mendekati debit kontrol dengan nilai R^2 hampir mendekati 1. Selanjutnya debit model sesudah kalibrasi masing-masing periode dapat dilihat pada Tabel 4.34, 4.35, 4.36 dan Gambar 4.61, 4.62, 4.63, 4.64, 4.65, 4.66.

Tabel 4.34 Hasil simulasi periode I Debit ArcSWAT sesudah kalibrasi pada Tahun 2002

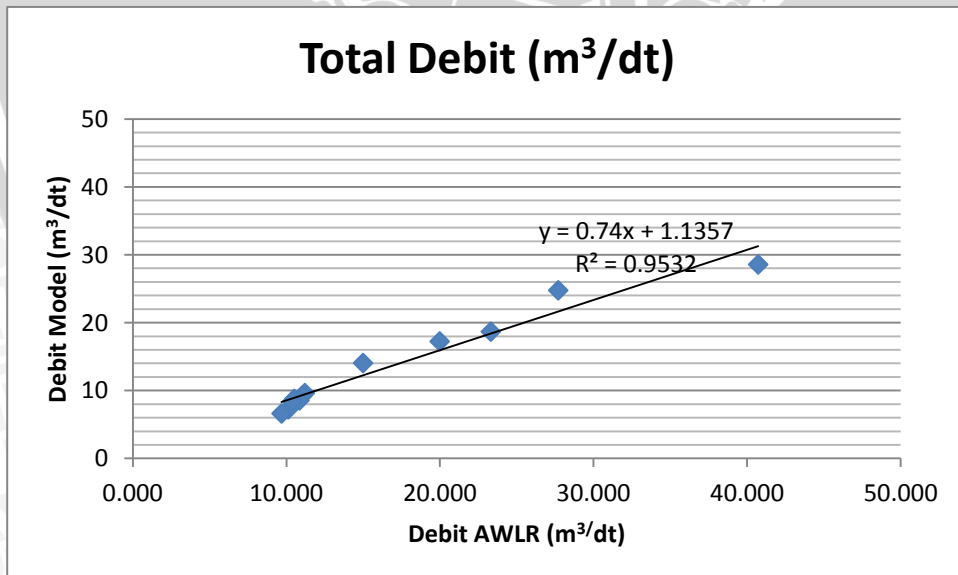
Bulan	Total Debit (m ³ /dt)	
	AWLR	Model
Januari	14,990	14,072
Februari	19,980	17,257
Maret	27,700	24,778
April	23,310	18,694
Mei	10,510	8,784
Juni	11,200	9,641
Juli	11,020	9,232
Agustus	10,850	8,57
September	10,120	7,258
Oktober	9,683	6,641
November	10,390	8,458
Desember	40,720	28,595

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.61 Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2002 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa



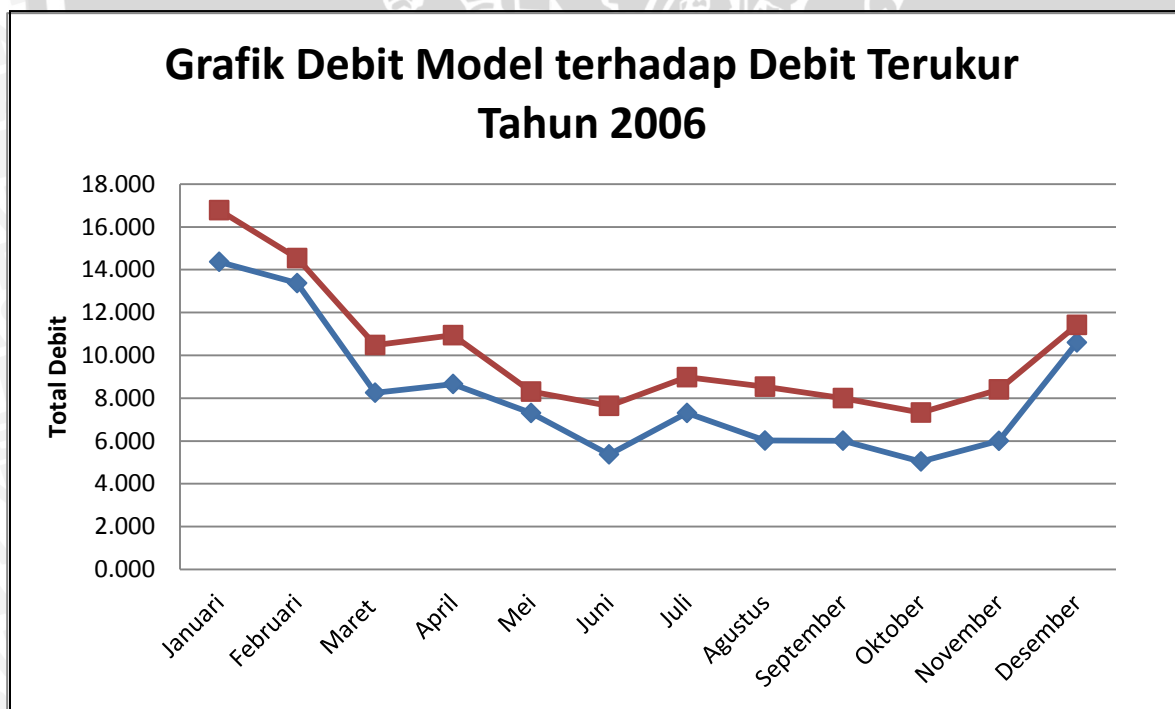
Gambar 4.62 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2002 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.35 Hasil simulasi periode II Debit ArcSWAT sesudah kalibrasi pada Tahun 2006

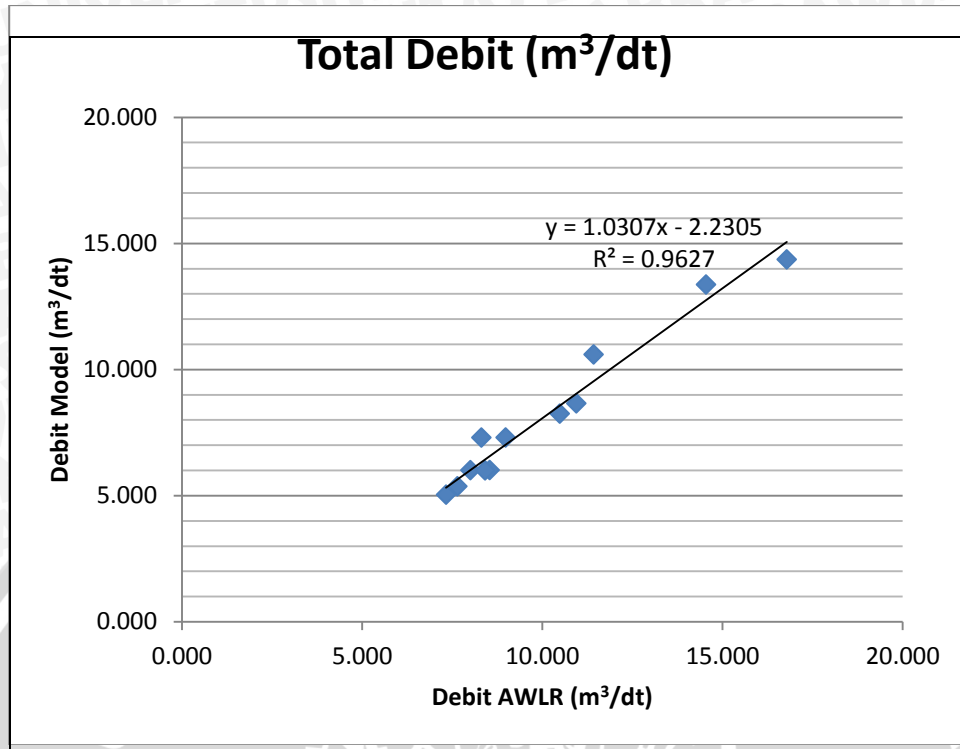
Bulan	Total Debit (m3/dt)	
	AWLR	Model
Januari	16,780	14,368
Februari	14,540	13,372
Maret	10,480	8,253
April	10,940	8,661
Mei	8,305	7,305
Juni	7,639	5,372
Juli	8,978	7,307
Agustus	8,535	6,017
September	8,000	6,012
Oktober	7,325	5,041
November	8,407	6,004
Desember	11,420	10,600

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.63 Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2006 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa



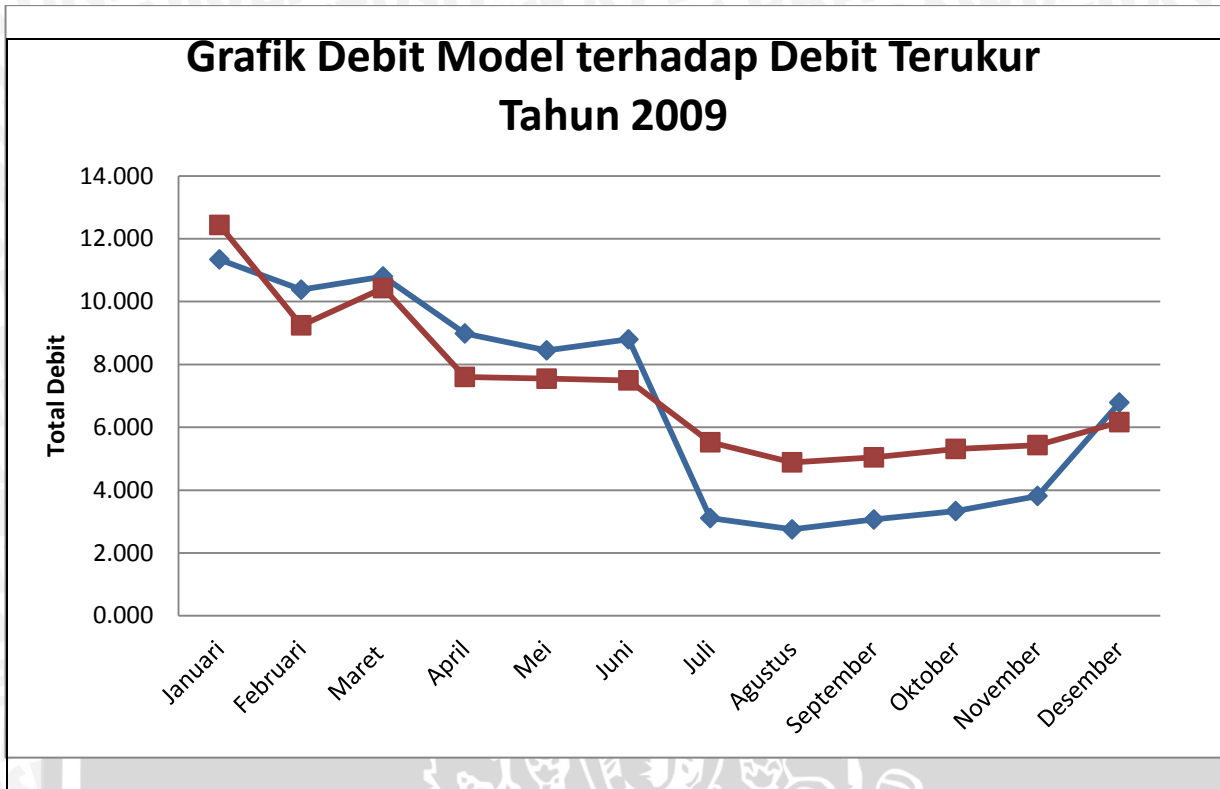
Gambar 4.64 Grafik koelasi debit model terhadap data terukur tahun 2006 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.36 Hasil simulasi periode III Debit ArcSWAT sesudah kalibrasi pada Tahun 2009

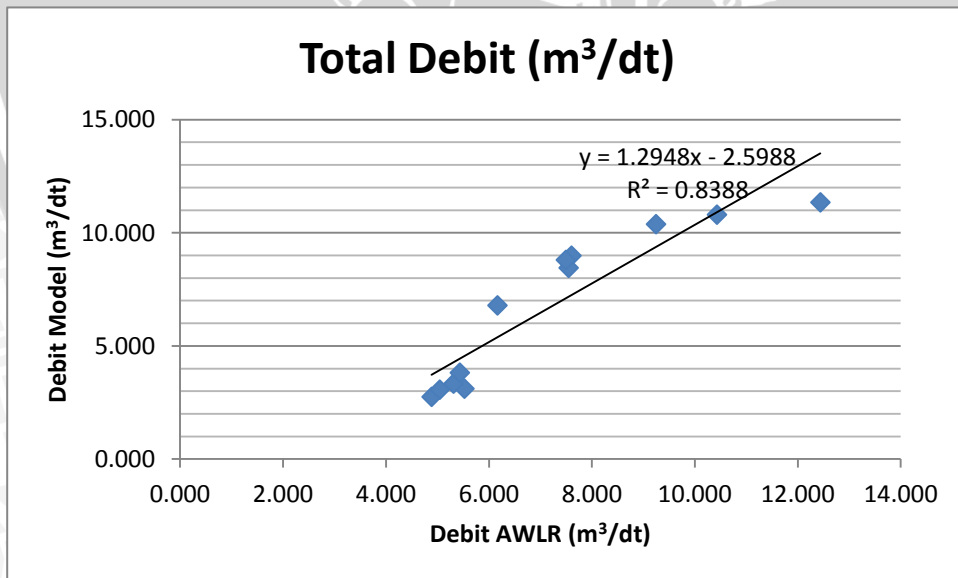
Bulan	Total Debit (m ³ /dt)	
	AWLR	Model
Januari	12,440	11,344
Februari	9,246	10,380
Maret	10,430	10,800
April	7,604	8,987
Mei	7,548	8,450
Juni	7,494	8,799
Juli	5,524	3,110
Agustus	4,886	2,750
September	5,044	3,065
Oktober	5,312	3,334
November	5,434	3,816
Desember	6,165	6,790

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.65 Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.66 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan data hasil model setelah kalibrasi melibatkan korelasi debit model terhadap debit AWLR menghasilkan hubungan yang baik. Oleh karenanya hasil model bisa digunakan untuk menentukan besar erosi, sedimen, dan limpasan di daerah studi.

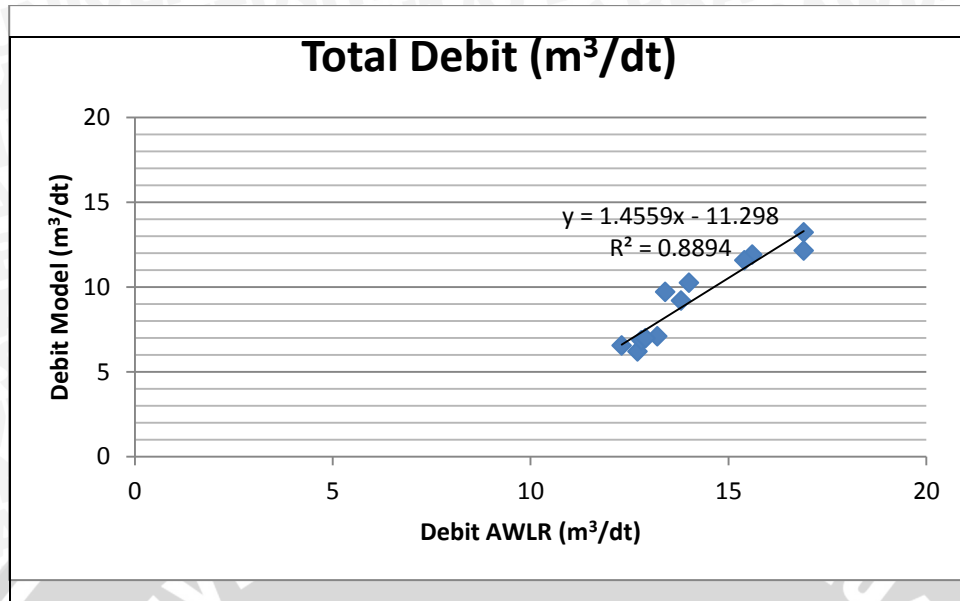
4.10. Validasi hasil simulasi ArcSWAT

Setelah dilakukan kalibrasi, pada tahap ini akan dilakukan validasi untuk hasil simulasi ArcSWAT. Validasi yaitu membandingkan hasil model dengan AWLR tanpa mengubah parameter – parameter yang sudah ada sebelumnya. Pada validasi ini simulasi yang digunakan adalah simulasi pada tahun 2013 dengan menggunakan parameter – parameter pada kalibrasi tahun 2009.

Tabel 4.37 Hasil debit ArcSWAT sebelum validasi pada Tahun 2013

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)	
	AWLR	Model
Januari	13,4	6,203
Februari	14	6,372
Maret	16,9	11,69
April	15,6	9,207
Mei	15,4	7,282
Juni	16,9	9,982
Juli	13,2	4,434
Agustus	12,7	1,613
September	12,8	0,7886
Oktober	12,3	0,2756
November	12,9	9,387
Desember	13,8	5,509

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.67 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2013 sebelum validasi

Sumber: Hasil Analisa

Parameter – parameter yang digunakan untuk melakukan validasi pada tahun 2013 adalah sebagai berikut:

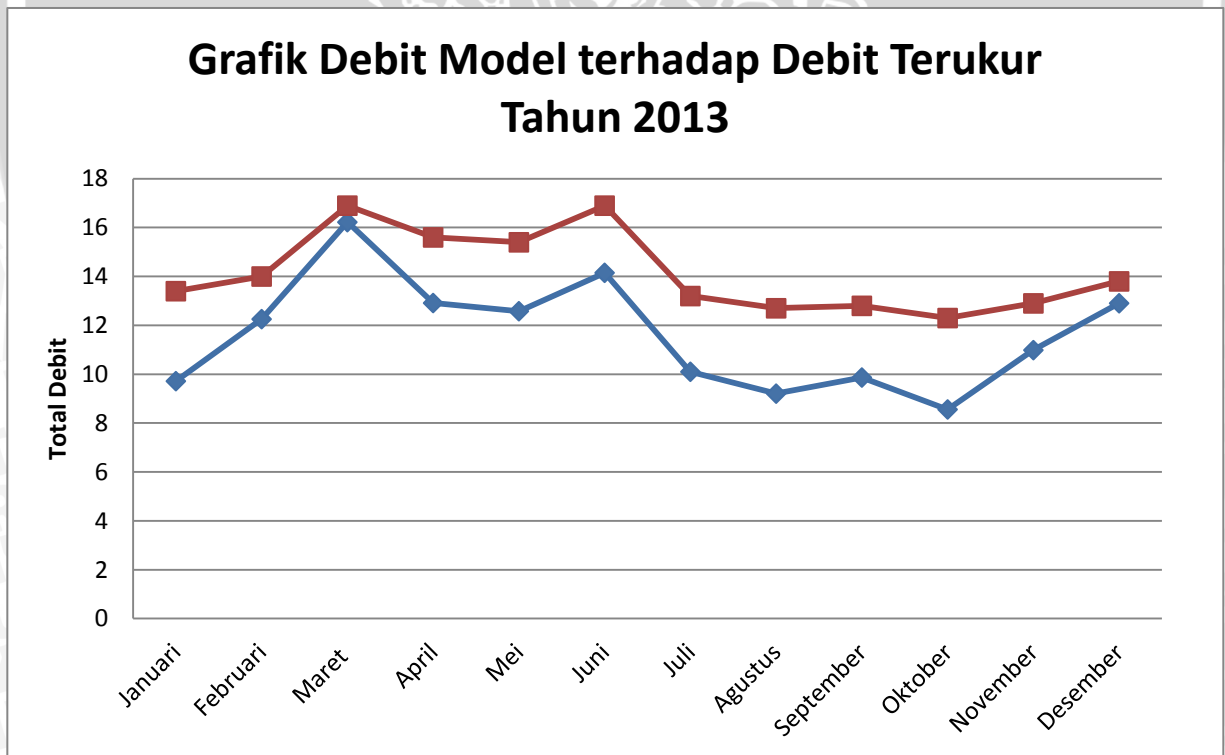
Tabel 4.38 Parameter input pada tahap kalibrasi tahun 2009

Parameter		Lower Bound	Upper Bound	Nilai Kalibrasi
Mgt	CN2	35	98	80
HRU	ESCO	0	1	0.1
Sol	SOL_AWC	0	1	0.01
GW	GW_DELAY	0	500	80
	ALPHA_BF	0	1	1
	GWQMN	0	5000	100
	GW_REVAP	0.02	0.2	0.02
	REVAPMN	0	1000	750

Tabel 4.39 Hasil debit ArcSWAT setelah validasi pada Tahun 2013

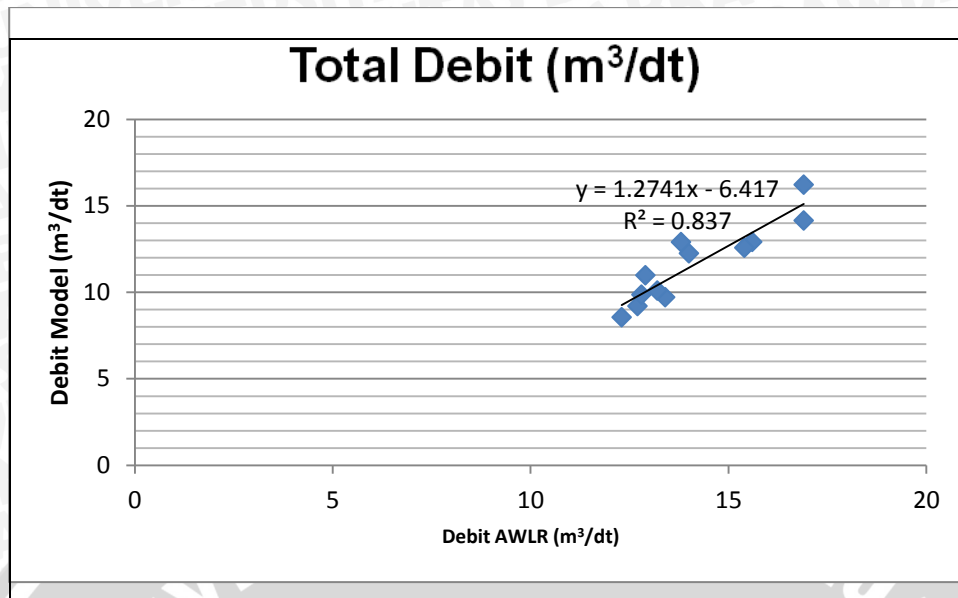
Bulan	Total Debit (m3/dt)	
	AWLR	Model
Januari	13,4	9,718
Februari	14	12,256
Maret	16,9	16,224
April	15,6	12,915
Mei	15,4	12,58
Juni	16,9	14,152
Juli	13,2	10,102
Agustus	12,7	9,207
September	12,8	9,866
Oktober	12,3	8,56
November	12,9	10,987
Desember	13,8	12,905

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.68 Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2013 sesudah validasi

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.69 Grafik korelasi debit model terhadap data terukur tahun 2013 sesudah validasi

Sumber: Hasil Analisa

4.11. Pengujian hasil simulai ArcSWAT

Data debit model dengan debit AWLR akan dilakukan pengujian untuk melihat apakah debit model memiliki keakuratan yang baik. Pengujian ini akan dilakukan dengan metode yakni *Nash Sutcliffe* dan *index of agreement (d)*.

4.11.1. Nash Sutcliffe

Nash-Sutcliffe koefisien efisiensi model digunakan untuk menilai kekuatan prediksi dari model hidrologi.

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}$$

Dimana Q_o^t adalah rata-rata debit di lapangan, Q_m^t adalah debit model, dan \bar{Q}_o adalah debit di lapangan

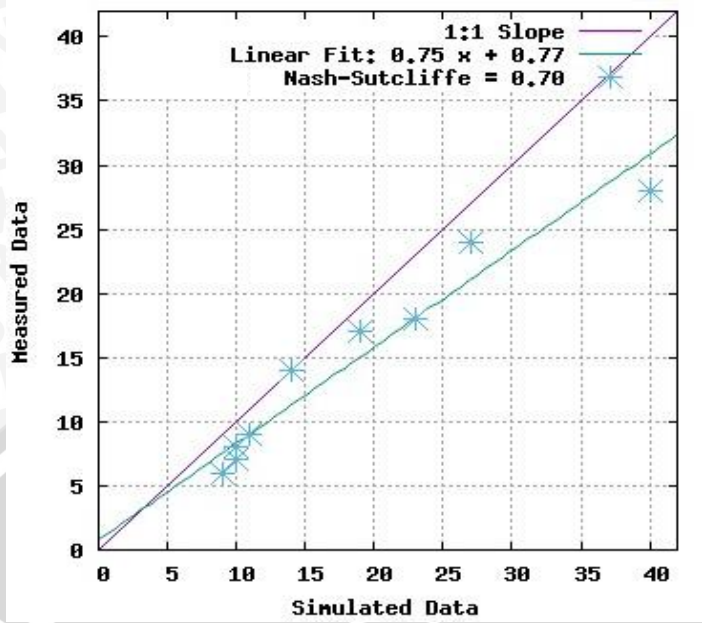
Efisiensi *Nash-Sutcliffe* dapat berkisar dari $-\infty$ ke 1. Sebuah efisiensi 1 ($E = 1$) sesuai dengan pertandingan yang sempurna debit dimodelkan dengan data lapangan. Efisiensi 0 ($E = 0$) menunjukkan bahwa prediksi model yang seakurat rata-rata dari data yang diamati, sedangkan efisiensi kurang dari nol ($E < 0$) terjadi ketika prediktor yang lebih baik dari model atau, dengan kata lain, ketika varians residual (dijelaskan oleh pembilang dalam ekspresi di

atas), lebih besar dari varian data (dijelaskan oleh penyebut). Pada dasarnya, semakin dekat efisiensi model untuk 1, semakin akurat model ini. Hasil simulasi dikatakan baik jika nilai $ENS \geq 0.75$, memuaskan jika $0.75 \geq ENS \geq 0.36$, kurang baik jika $ENS < 0.36$ (Nash dan Sutcliffe dalam Ilhamsyah Yopi, 2012).

Tabel 4.40 Hasil Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2002 sesudah kalibrasi

Bulan	Total Debit (m3/dt)		$(Q_o^t - Q_m^t)^2$	$(Q_o^t - \bar{Q}_o)^2$
	AWLR	Model		
Januari	14,990	14,072	0,843	2,945
Februari	19,980	17,257	7,415	10,719
Maret	27,700	24,778	8,538	120,866
April	23,310	18,694	21,307	43,612
Mei	10,510	8,784	2,979	38,391
Juni	11,200	9,641	2,430	30,317
Juli	11,020	9,232	3,197	32,332
Agustus	10,850	8,570	5,198	34,294
September	10,120	7,258	8,191	43,376
Oktober	9,683	6,641	9,254	49,324
November	10,390	8,458	3,733	39,893
Desember	40,720	28,595	147,016	576,668
Rata-rata	16,706	13,498	18,342	85,228
Jumlah	200,473	161,980	220,101	1022,736
NS			0,785	

Sumber: Hasil Perhitungan



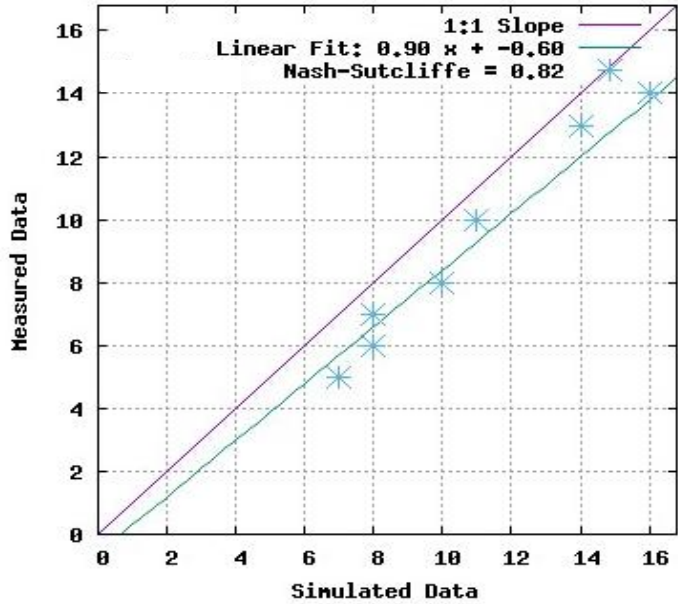
Gambar 4.70 Grafik Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2002 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.41 Hasil Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2006 sesudah kalibrasi

Bulan	Total Debit (m3/dt)		$(Q_o^t - Q_m^t)^2$	$(Q_o^t - \bar{Q}_o)^2$
	AWLR	Model		
Januari	16,780	14,368	5,818	44,457
Februari	14,540	13,372	1,364	19,603
Maret	10,480	8,253	4,960	0,135
April	10,940	8,661	5,194	0,685
Mei	8,305	7,305	1,000	3,267
Juni	7,639	5,372	5,139	6,118
Juli	8,978	7,307	2,792	1,287
Agustus	8,535	6,017	6,340	2,488
September	8,000	6,012	3,952	4,462
Oktober	7,325	5,041	5,217	7,770
November	8,407	6,004	5,774	2,908
Desember	11,420	10,600	0,672	1,710
Rata-rata	10,112	8,193	4,019	7,908
Jumlah	121,349	98,312	48,223	94,890
NS			0,820	

Sumber: Hasil Perhitungan



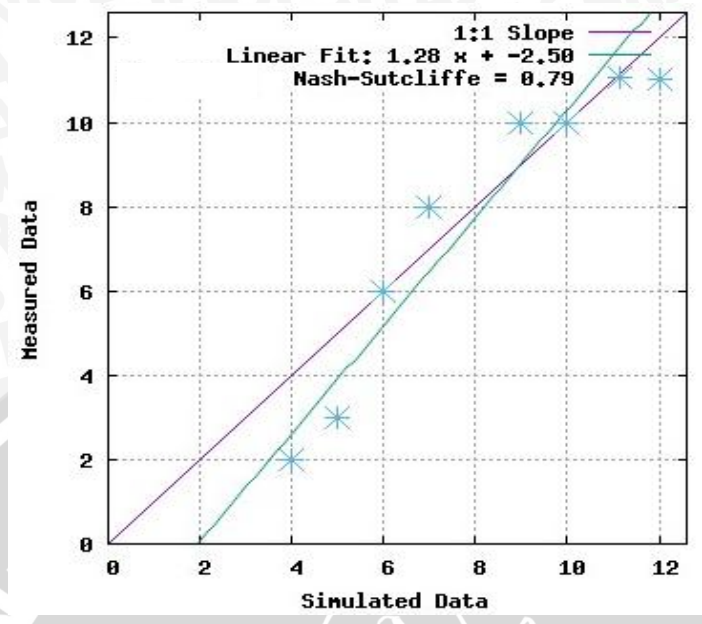
Gambar 4.71 Grafik Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2006 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.42 Hasil Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(Q_o^t - Q_m^t)^2$	$(Q_o^t - \bar{Q}_o)^2$
	AWLR	Model		
Januari	12,440	11,344	1,201	26,826
Februari	9,246	10,380	1,286	3,942
Maret	10,430	10,800	0,137	10,045
April	7,604	8,987	1,913	0,118
Mei	7,548	8,450	0,814	0,083
Juni	7,494	8,799	1,703	0,054
Juli	5,524	3,110	5,827	3,016
Agustus	4,886	2,750	4,562	5,639
September	5,044	3,065	3,916	4,913
Oktober	5,312	3,334	3,912	3,797
November	5,434	3,816	2,618	3,336
Desember	6,165	6,790	0,391	1,200
Rata-rata	7,261	6,802	2,357	5,247
Jumlah	87,127	81,625	28,281	62,970
NS			0,798	

Sumber: Hasil Perhitungan



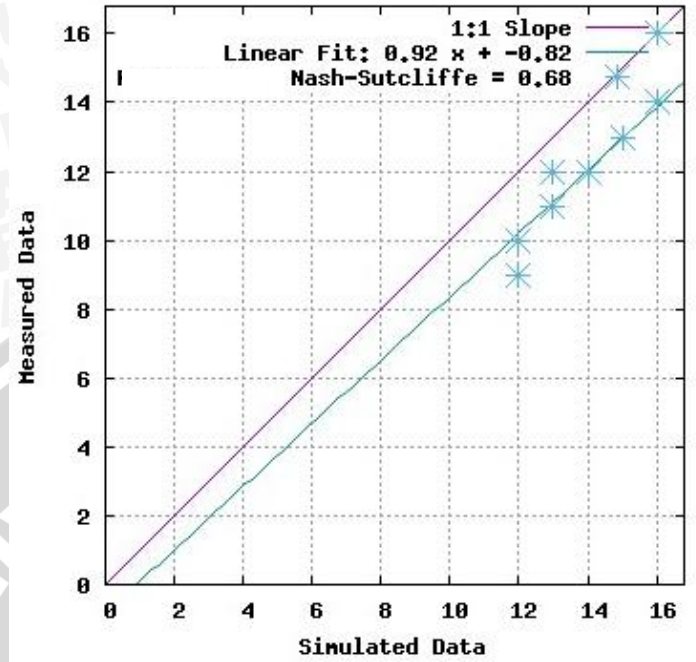
Gambar 4.72 Grafik Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.43 Hasil Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2013 sesudah validasi

Bulan	Total Debit (m3/dt)		$(Q_o^t - Q_m^t)^2$	$(Q_o^t - \bar{Q}_o)^2$
	AWLR	Model		
Januari	13,400	9,718	13,557	0,575
Februari	14,000	12,256	3,042	0,025
Maret	16,900	16,224	0,457	7,517
April	15,600	12,915	7,209	2,078
Mei	15,400	12,580	7,952	1,542
Juni	16,900	14,152	7,552	7,517
Juli	13,200	10,102	9,598	0,918
Agustus	12,700	9,207	12,201	2,127
September	12,800	9,866	8,608	1,845
Oktober	12,300	8,560	13,988	3,453
November	12,900	10,987	3,660	1,583
Desember	13,800	12,905	0,801	0,128
Rata-rata	14,158	11,623	7,385	2,442
Jumlah	169,900	139,472	88,624	29,309
NS			0,679	

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.73 Grafik Nash - Sutcliffe debit model terhadap data terukur tahun 2013 sesudah validasi

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil pengujian dengan menggunakan Metode Nash - Sutcliffe diperoleh nilai dari perbandingan debit model dengan debit AWLR secara keseluruhan memiliki hubungan yang baik. Dengan demikian, data debit model bisa dikatakan cukup akurat dan dijadikan patokan sebagai dasar dalam penentuan besarnya nilai erosi, sedimen, dan limpasan di daerah studi.

4.11.2. Index of agreement (d)

Index of agreement (d) diusulkan oleh Willmot (1981) untuk mengatasi ketidakpekaan E dan r2 perbedaan dari pengamatan dan prediksi (Legates dan McCabe, 1999). Index of agreement (d) merupakan rasio dari potensi kesalahan (Willmot, 1984). Dan untuk mendapatkan nilai dari Index of agreement (d) dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (4-2)$$

Dengan O adalah pengamatan (Observed) dan P adalah prediksi (Prediction).

Nilai dari *Index of agreement* (*d*) sama dengan koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai dengan 1. Jika nilai mendekati atau sama dengan nol, maka dapat dinyatakan tidak ada hubungan atau hubungan buruk. Dan jika nilai mendekati atau sama dengan 1, maka dapat dinyatakan hubungan sempurna atau baik.

Hasil uji *Index of agreement* (*d*) dapat dilihat pada Tabel 4.44, 4.45, 4.46, dan 4.47.

Tabel 4.44 Perhitungan *Index of agreement* (*d*) tahun 2002

Bulan	Total Debit (m3/dt)		$(O_i - P_i)^2$	$ P_i - \bar{O} $	$ P_i - \bar{O} $	$(P_i - \bar{O} + P_i - \bar{O})^2$
	AWLR	Model				
Januari	14,990	14,072	0,843	1,716	2,634	18,924
Februari	19,980	17,257	7,415	3,274	0,551	14,629
Maret	27,700	24,778	8,538	10,994	8,072	363,506
April	23,310	18,694	21,307	6,604	1,988	73,820
Mei	10,510	8,784	2,979	6,196	7,922	199,323
Juni	11,200	9,641	2,430	5,506	7,065	158,034
Juli	11,020	9,232	3,197	5,686	7,474	173,190
Agustus	10,850	8,570	5,198	5,856	8,136	195,781
September	10,120	7,258	8,191	6,586	9,448	257,095
Oktober	9,683	6,641	9,254	9,683	10,065	389,987
November	10,390	8,458	3,733	6,316	8,248	212,115
Desember	40,720	28,595	147,016	24,014	11,889	1289,013
Rata-rata	16,706	13,498	18,342	7,703	6,958	278,785
Jumlah	200,473	161,980	220,101	92,431	83,492	3345,416
<i>d</i>			0.934			

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.45 Perhitungan *Index of agreement (d)* tahun 2006

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(O_i - P_i)^2$	$ P_i - \bar{O} $	$ P_i - \bar{O} $	$(P_i - \bar{O} + P_i - \bar{O})^2$
	AWLR	Model				
Januari	16,780	14,368	5,818	6,668	4,256	119,316
Februari	14,540	13,372	1,364	4,428	3,260	59,093
Maret	10,480	8,253	4,960	0,368	1,859	4,960
April	10,940	8,661	5,194	0,828	1,451	5,194
Mei	8,305	7,305	1,000	1,807	2,807	21,297
Juni	7,639	5,372	5,139	2,473	4,740	52,039
Juli	8,978	7,307	2,792	1,134	2,805	15,522
Agustus	8,535	6,017	6,340	1,577	4,095	32,181
September	8,000	6,012	3,952	2,112	4,100	38,599
Oktober	7,325	5,041	5,217	7,325	5,071	153,671
November	8,407	6,004	5,774	1,705	4,108	33,801
Desember	11,420	10,600	0,672	1,308	0,488	3,223
Rata-rata	10,112	8,193	4,019	2,644	3,254	44,908
Jumlah	121,349	98,312	48,223	31,733	39,043	538,895
<i>d</i>			0.911			

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.46 Perhitungan *Index of agreement (d)* tahun 2009

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(O_i - P_i)^2$	$ P_i - \bar{O} $	$ P_i - \bar{O} $	$(P_i - \bar{O} + P_i - \bar{O})^2$
	AWLR	Model				
Januari	12,440	11,344	1,201216	5,179	4,083	85,800
Februari	9,246	10,380	1,285956	1,985	3,119	26,059
Maret	10,430	10,800	0,1369	3,169	3,539	45,008
April	7,604	8,987	1,912689	0,343	1,726	4,284
Mei	7,548	8,450	0,813604	0,287	1,189	2,181
Juni	7,494	8,799	1,703025	0,233	1,538	3,139
Juli	5,524	3,110	5,827396	1,737	4,151	34,659
Agustus	4,886	2,750	4,562496	2,375	4,511	47,406
September	5,044	3,065	3,916441	2,217	4,196	41,116
Oktober	5,312	3,334	3,912484	5,312	3,927	85,351
November	5,434	3,816	2,617924	1,827	3,445	27,785
Desember	6,165	6,790	0,390625	1,096	0,471	2,453
Rata-rata	7,261	6,802	2,357	2,147	2,991	33,770
Jumlah	87,127	81,625	28,281	25,760	35,895	405,242
<i>d</i>			0.930			

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.47 Perhitungan *Index of agreement (d)* tahun 2013

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(O_i - P_i)^2$	$ P_i - \bar{O} $	$ P_i - \bar{O} $	$(P_i - \bar{O} + P_i - \bar{O})^2$
	AWLR	Model				
Januari	13,4	9,718	13,557124	0,758	4,440	27,026
Februari	14	12,256	3,041536	0,158	1,902	4,246
Maret	16,9	16,224	0,456976	2,742	2,066	23,110
April	15,6	12,915	7,209225	1,442	1,243	7,209
Mei	15,4	12,58	7,9524	1,242	1,578	7,952
Juni	16,9	14,152	7,551504	2,742	0,006	7,552
Juli	13,2	10,102	9,597604	0,958	4,056	25,147
Agustus	12,7	9,207	12,201049	1,458	4,951	41,084
September	12,8	9,866	8,608356	1,358	4,292	31,930
Oktober	12,3	8,56	13,9876	12,300	5,598	320,350
November	12,9	10,987	3,659569	1,258	3,171	19,622
Desember	13,8	12,905	0,801025	0,358	1,253	2,597
Rata-rata	14,158	11,623	7,385	2,231	2,880	43,152
Jumlah	169,900	139,472	88,624	26,775	34,559	517,827
<i>d</i>			0.829			

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil pengujian dengan menggunakan Metode *Index of agreement (d)* diperoleh nilai *d* dari perbandingan debit model dengan debit AWLR secara keseluruhan memiliki hubungan yang baik. Dengan demikian, data debit model bisa dikatakan cukup akurat dan dijadikan patokan sebagai dasar dalam penentuan besarnya nilai erosi, sedimen, dan limpasan di daerah studi.

4.11.3. Root Mean Square Error

Root Mean Square Error (RMSE) adalah ukuran yang sering digunakan dari perbedaan antara nilai-nilai (sampel dan nilai-nilai populasi) diprediksi oleh model atau estimator dan nilai-nilai benar-benar diamati. RMSE merupakan sampel standar deviasi dari perbedaan antara nilai prediksi dan nilai-nilai yang diamati. Perbedaan-perbedaan individual disebut residual saat perhitungan dilakukan atas sampel data yang digunakan untuk estimasi, dan disebut kesalahan prediksi ketika dihitung *out-of-sample*.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - y_i)^2}$$

Hasil uji *Root Mean Square Error* dapat dilihat pada Tabel 4.48 sampai 4.51.

Tabel 4.48 Perhitungan uji *Root Mean Square Error* tahun 2002

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(f_i - y_i)$	$(f_i - y_i)^2$
	AWLR	Model		
Januari	14,990	14,072	-0,918	0,842724
Februari	19,980	17,257	-2,723	7,414729
Maret	27,700	24,778	-2,922	8,538084
April	23,310	18,694	-4,616	21,30746
Mei	10,510	8,784	-1,726	2,979076
Juni	11,200	9,641	-1,559	2,430481
Juli	11,020	9,232	-1,788	3,196944
Agustus	10,850	8,57	-2,28	5,1984
September	10,120	7,258	-2,862	8,191044
Oktober	9,683	6,641	-3,042	9,253764
November	10,390	8,458	-1,932	3,732624
Desember	40,720	28,595	-12,125	147,0156
Jumlah	200,473	161,980	-38,493	220,101
RMSE	4,283			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.49 Perhitungan uji *Root Mean Square Error* tahun 2006

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(f_i - y_i)$	$(f_i - y_i)^2$
	AWLR	Model		
Januari	16,780	14,368	-2,412	5,818
Februari	14,540	13,372	-1,168	1,364
Maret	10,480	8,253	-2,227	4,960
April	10,940	8,661	-2,279	5,194
Mei	8,305	7,305	-1	1,000
Juni	7,639	5,372	-2,267	5,139
Juli	8,978	7,307	-1,671	2,792
Agustus	8,535	6,017	-2,518	6,340
September	8,000	6,012	-1,988	3,952
Oktober	7,325	5,041	-2,284	5,217
November	8,407	6,004	-2,403	5,774
Desember	11,420	10,600	-0,82	0,672
Jumlah	121,349	98,312	-23,037	48,223
RMSE	2,005			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.50 Perhitungan uji *Root Mean Square Error* tahun 2009

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(f_i - y_i)$	$(f_i - y_i)^2$
	AWLR	Model		
Januari	12,440	11,344	-1,096	1,201
Februari	9,246	10,380	1,134	1,286
Maret	10,430	10,800	0,37	0,137
April	7,604	8,987	1,383	1,913
Mei	7,548	8,450	0,902	0,814
Juni	7,494	8,799	1,305	1,703
Juli	5,524	3,110	-2,414	5,827
Agustus	4,886	2,750	-2,136	4,562
September	5,044	3,065	-1,979	3,916
Oktober	5,312	3,334	-1,978	3,912
November	5,434	3,816	-1,618	2,618
Desember	6,165	6,790	0,625	0,391
Jumlah	87,127	81,625	-5,502	28,281
RMSE	1,535			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.51 Perhitungan uji *Root Mean Square Error* tahun 2013

Bulan	Total Debit (m ³ /dt)		$(f_i - y_i)$	$(f_i - y_i)^2$
	AWLR	Model		
Januari	13,4	9,718	-3,682	13,557
Februari	14	12,256	-1,744	3,042
Maret	16,9	16,224	-0,676	0,457
April	15,6	12,915	-2,685	7,209
Mei	15,4	12,58	-2,82	7,952
Juni	16,9	14,152	-2,748	7,552
Juli	13,2	10,102	-3,098	9,598
Agustus	12,7	9,207	-3,493	12,201
September	12,8	9,866	-2,934	8,608
Oktober	12,3	8,56	-3,74	13,988
November	12,9	10,987	-1,913	3,660
Desember	13,8	12,905	-0,895	0,801
Jumlah	169,900	139,472	-30,428	88,624
RMSE	2,717			

Sumber: Hasil Perhitungan

4.12. Output model ArcSWAT

Terdapat 4 file utama untuk *output running simulation* ArcSWAT yang masing-masing mempunyai penjelasan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah penjelasan dari file-file tersebut:

1. HRU Output File (*.HRU)

Parameter-parameter penting yang mengacu pada studi ini adalah:

- SYLD : Sedimen yang tertransport selama periode tertentu.
- USLE : Erosi yang dihitung dengan rumus *USLE* selama periode tertentu.

2. Main Channel Output File (*.RCH)

File ini berisi ringkasan informasi tentang muatan komponen-komponen DAS yang masuk dan keluar saluran. Parameter-parameter penting yang mengacu pada studi ini adalah:

- FLOW_IN : Rata-rata debit perhari yang masuk.
- FLOW_OUT : Rata-rata debit perhari yang keluar.

3. Sedimen Output File (*.SED)

Parameter-parameter penting yang mengacu pada studi ini adalah:

- SED_IN : Jumlah sedimen yang tertransport masuk selama periode waktu tertentu.
- SED_OUT : Jumlah sedimen yang tertransport keluar selama periode waktu tertentu.

4. Subbasin Output File (*.SUB)

File ini berisi tentang informasi yang ada pada masing-masing sub DAS atau juga ringkasan pada HRU pada setiap sub DAS. Parameter-parameter penting yang mengacu dengan studi ini adalah:

- SURQ : Limpasan permukaan sub DAS yang masuk ke dalam saluran.

Pada Tabel 4.52, 4.53, dan 4.54 berikut ini adalah hasil *output file* ArcSWAT setelah direkap berdasarkan analisa. Hasil keseluruhan untuk masing-masing tahun dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.44 Nilai potensi erosi rata-rata tahunan

Sub Basin	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Rata-rata
	(ton/th)														
1	0.69475	0.423333	0.501417	0.924417	1.289333	0.0415	0.073083	0.035667	0.063833	0.086	0.113417	0.052667	0.049417	0.091833	0.31719
2	0.679167	0.413583	0.490083	0.9035	1.26	0.040583	0.0715	0.035	0.062167	0.084083	0.11075	0.0515	0.048167	0.089917	0.31
3	0.234	0.014833	0.013333	0.260083	0.11625	0.10525	0.165667	0.098083	0.15375	0.2315	0.320167	0.144333	0.122083	0.248167	0.159107
4	0.109167	0.006667	0.006	0.117167	0.05325	0.01125	0.024583	0.00725	0.013667	0.065833	0.048083	0.035833	0.03475	0.046333	0.041417
5	0.224583	0.011583	0.011667	0.201167	0.0985	0.02225	0.052333	0.01375	0.028083	0.088167	0.05725	0.03475	0.0445	0.047333	0.066851
6	0.046667	0.009333	0.008917	0.161667	0.075917	0.016583	0.03725	0.010417	0.020583	0.07775	0.0555	0.0425	0.044417	0.054667	0.055726
7	0.177833	0.008667	0.009083	0.149833	0.076417	0.01775	0.044083	0.010833	0.02275	0.068333	0.043167	0.025667	0.033917	0.0355	0.051702
8	0.31675	0.016917	0.016667	0.288667	0.139417	0.0315	0.073083	0.0195	0.0395	0.122	0.079333	0.048167	0.0615	0.06575	0.094196
9	0.600583	0.051833	0.05125	0.659167	0.68025	0.818083	1.96375	0.5345	1.261833	3.10475	1.979167	1.4	1.65075	1.53025	1.163298
10	0.271167	0.015333	0.014583	0.262833	0.123417	0.027333	0.0615	0.017167	0.033667	0.114833	0.0815	0.062333	0.06675	0.080583	0.088071
11	0.263833	0.014667	0.014083	0.252167	0.11925	0.0265	0.06	0.016583	0.032833	0.106917	0.070083	0.042833	0.053583	0.05825	0.080827
12	0.180167	0.009417	0.009333	0.16225	0.0795	0.017833	0.042	0.011	0.0225	0.074	0.051083	0.039333	0.043333	0.051333	0.056649
13	0.73075	0.065833	0.063417	0.834167	0.835083	0.99725	2.313167	0.66475	1.510583	3.910333	1.477167	1.477167	1.831583	2.385083	1.433976
14	0.3735	0.0235	0.021167	0.412	0.184	0.039083	0.084417	0.0255	0.047417	0.17375	0.11675	0.070833	0.083417	0.09425	0.12497
15	0.5185	0.031	0.02875	0.538083	0.243583	0.052667	0.07675	0.034833	0.068667	0.219	0.146583	0.089167	0.108	0.119833	0.16253
16	1.724	0.258083	0.271167	0.648417	0.114417	3.23525	1.843667	1.066917	1.051	2.4755	3.370083	2.06025	1.672917	2.853667	1.613238
17	0.667167	0.0565	0.056583	0.7205	0.751333	0.911917	2.23583	0.598083	1.416083	3.288	2.090917	1.457333	1.744917	1.592333	1.255446
18	0.888333	0.078	0.075833	0.985083	1.071833	1.209917	2.857417	0.797833	1.850167	4.568583	2.872333	1.703417	2.101417	2.799333	1.70425
19	1.790667	0.177167	0.195417	0.187583	0.061	4.109583	2.329833	1.691583	1.6135	3.141917	5.41625	4.3315	3.32075	5.642667	2.429244
20	0.509917	0.0295	0.027667	0.508917	0.23375	0.051833	0.115	0.032917	0.063583	0.20725	0.137667	0.083667	0.103167	0.113167	0.158429
21	1.143667	0.061	0.116833	0.170583	0.040083	0.1445	0.1075	0.038583	0.03875	0.132583	0.105167	0.064167	0.080917	0.035333	0.162833
22	4.425583	2.790583	5.31675	4.580917	3.09175	4.2385	2.217833	0.7545	0.801833	3.505083	2.629	1.301583	2.116417	0.285	2.718238
23	1.797583	3.125083	3.638333	3.00675	2.928667	2.4785	1.298083	0.3785	0.530417	1.9255	1.438917	1.326	1.151667	1.701	1.908607
24	1.394583	0.347917	0.5815	1.249667	0.2375	2.454583	1.251083	0.377583	0.553083	1.6005	1.182667	1.283667	1.210083	1.5645	1.092065
25	2.530417	4.399333	5.13175	4.237417	4.120417	3.490667	4.120417	0.533417	0.748167	2.479	1.852417	1.706167	1.4705	2.200917	2.623071
26	2.485667	0.245583	0.265417	0.257	0.084833	5.1795	2.408167	2.763417	3.211083	4.251417	7.41575	5.94917	4.537917	7.673833	3.337464
27	3.471167	2.146333	4.165167	3.566333	2.456333	3.285667	1.727	0.577583	0.60925	2.641667	1.956417	0.98125	1.6155	1.016667	2.099738
28	1.29	2.259917	2.663333	2.1835	2.099917	1.782667	0.918917	0.274583	0.397	1.509333	1.10525	1.01875	0.900917	1.322333	1.408744
29	3.26825	2.561833	3.21175	3.377083	2.127083	4.495083	2.153	2.425667	2.838917	3.450333	5.894	4.73275	3.74525	6.04825	3.594946
30	3.8065	6.637333	8.02375	6.507	6.182667	5.30125	2.663083	0.811167	1.199833	3.9755	2.86325	2.642583	2.281083	3.377583	4.01947
31	1.644083	2.8695	3.3615	2.766917	2.676667	2.268833	1.178667	0.348333	0.496417	1.827667	1.351667	1.24725	1.092333	1.597167	1.766214
32	0.569333	0.0475	0.048167	0.61225	0.64275	0.782833	1.972917	0.505167	1.23275	2.762417	1.724667	1.176583	1.45275	1.304083	1.059583
33	4.683917	5.565667	7.764	4.306808	2.67525	4.321417	2.270583	1.60475	0.697667	2.739667	5.112583	2.12775	0.605	1.224833	3.264226
34	1.934833	3.35825	3.901167	3.231583	3.155833	2.667417	3.991167	0.406417	0.568583	2.0215	1.515083	1.394667	1.208	1.793833	2.039738
35	2.796583	0.39625	0.53025	0.629417	0.120417	4.693333	3.15825	1.821667	1.3185	4.377417	5.892667	3.729917	1.569083	3.036	2.433554
36	1.879083	0.26275	0.353083	0.424667	0.08075	3.108	2.120333	1.214583	0.886417	3.067417	4.145667	2.620833	1.107083	2.12	1.670762
37	4.531917	0.646083	0.858333	1.003167	0.19325	7.675	4.992	2.933667	2.10775	6.932333	9.016167	4.621333	2.1735	4.339333	3.715988
38	27.983	32.80983	46.58525	25.50167	12.91383	72.34308	39.774	29.14892	16.6795	59.3285	82.14175	40.76442	13.32675	30.78242	37.93449
39	1.04625	1.8255	1.275833	1.75675	1.705667	1.442917	0.7535	0.221333	0.313583	1.214	0.90175	0.831333	0.7335	1.093917	1.140542
40	5.53667	6.449583	8.768083	4.916167	2.923583	7.385917	4.691667	2.880083	1.80325	6.361833	8.298583	4.264	2.03175	3.899417	5.009113
41	2.203083	0.2845	0.397333	0.490833	0.093417	3.46675	2.52475	1.425	1.023333	2.859667	3.765917	1.9685	0.9015	1.683583	1.649119
42	1.435667	0.21025	0.224833	0.5635	0.096583	2.688917	1.488417	0.983	0.91975	1.774833	2.33	1.434333	1.206667	1.973833	1.237899
43	1.561167	2.7215	3.175	2.62	2.543	2.1535	1.1235	0.330083	0.466917	1.735583	1.2895	1.189333	1.0405	1.528917	1.677036
44	6.940417	8.28925	11.85175	6.462917	3.3305	18.24475	9.8845	7.38325	4.26325	16.70583	22.64742	10.8325	4.041083	8.629417	9.964774
45	2.077083	0.288667	0.308583	0.40375	0.094417	8.246417	4.17625	2.384833	2.25225	7.0905	9.964083	6.084	3.967917	7.058167	3.885494
46	18.30525	21.71858	30.62225	16.97875	8.695917	48.06142	26.0315	19.29932	11.38792	39.05825	53.91483	25.58825	9.648833	20.59783	24.99311
47	3.136417	0.435917	0.459	0.596917	0.141167	11.68783	4.887083	4.248	3.791417	9.687167	13.21067	8.292417	5.435833	9.675833	5.406119
48	16.29467	36.35467	43.585	34.66142	30.09067	74.01758	37.85975	16.24008	23.73192	56.42492	60.92317	36.88125	29.21333	52.58942	37.77627
49	43.65525	33.22924	44.89392	39.76892	21.3435	93.86892	37.856	33.0215	30.38908	68.28142	93.45667	60.39742	37.84425	69.29058	50.52081
50	13.82517	30.72575	36.42917	29.14075	25.7315	62.95867	31.88275	13.82633	19.96767	47.6475	34.71767	31.543	25.02458	44.217	31.97411
51	38.40825	45.50908	64.15267	35.55075	18.121	100.568	56.50067	40.47008	23.801	79.86958	113.1167	55.29858	19.78125	42.14125	52.37777
52	9.60025	7.41575	10.16267	9.227	5.15375	21.64667	9.027167	7.830667	7.024417	17.33433	23.59658	14.70625	9.594	17.29775	12.11552
53	50.31358	38.3475	51.53967	45.73233	24.25617	107.3639	43.88717	37.73575	35.612	72.37075	99.71092	63.9865	40.24358	73.78425	56.06958
54	12.692	15.21983	21.87692	11.95475	6.201083	33.88658	18.5625	13.73583	8.1595	27.70958	38.2075	18.172	6.909917	14.32617	17.68628
55	33.05925	25.35242	34.70292	30.96675	17.13292	73.44317	29.91433	26.341	23.85567	53.34683	72.8495	47.976	29.34342	53.47558	39.41141
56	13.43375	29.19058	33.85592	27.40333	25.21633	61.48733	32.13217	13.48967	18.66183	44.74533	32.85325	30.28	24.19733	41.49933	30.6033
57	40.08583	47.5742	67.35608	37.23608	19.01692	105.4385	59.49192	42.60233	25.14717	83.5535	118.1224	57.86608	20.76233	43.90375	54.8686
58	71.523	54.672	73.67942	65.47708	34.87492	154.0997	63.14117	54.29558	54.15667	103.1791	145.9268	91.91183	58.32592	106.7505	80.85811
59	48.9755	37.33	50.18042	44.52025	23.65192	104.5886	42.78867	36.81617	34.65192	70.48158	97.13925	62.35483	39.22633	71.94758	54.61807
60	56.04492	65.3135	89.10525	49.61925	24.80258	140.4783	77.50875	56.95275	32.808	104.5649	145.8438	72.414	25.47517	57.17792	71.2935
61	58.89358	68.83717	94.293	52.4935	26.29625	148.6792	82.27375	60.25258	34.912	110.1853	154				

Tabel 4.45 Nilai sedimen rata-rata tahunan



Tabel 4.46 Tinggi limpasan permukaan rata-rata tahunan



4.13. Analisa perubahan tataguna lahan

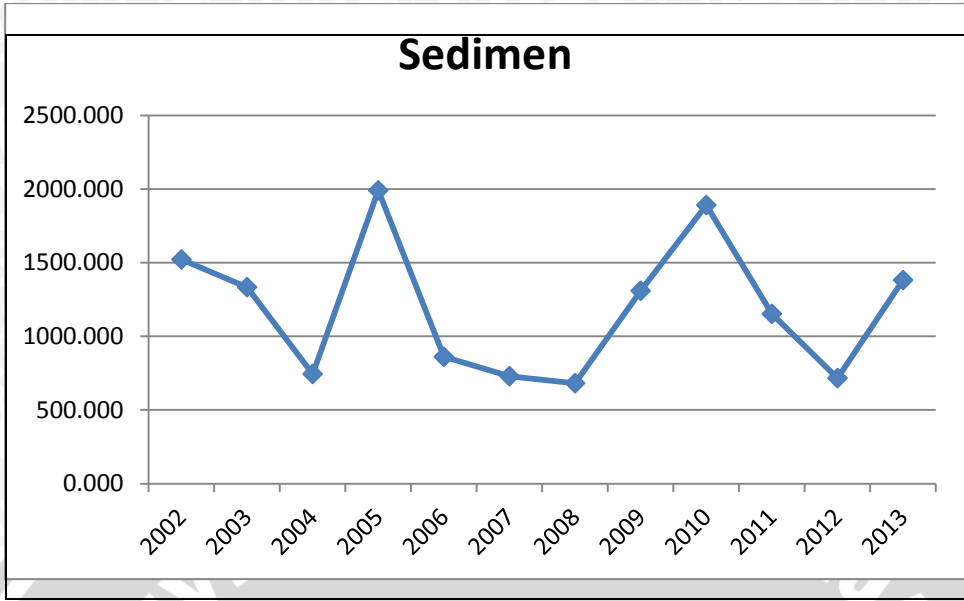
Perubahan tataguna lahan yang meliputi daerah studi diperoleh dari data citra satelit landsat tahun 2002, 2006, dan 2009. Dari hasil analisa pada data citra tersebut menunjukkan telah terjadi perubahan tataguna lahan dari hutan menjadi tanah ladang, kebun dan permukiman.

Hasil analisa tiap tahunnya dapat dilihat pada tabel 4.55.

Tabel 4.55 Rekapitulasi nilai sedimen, erosi, dan limpasan tahun 2000-2013

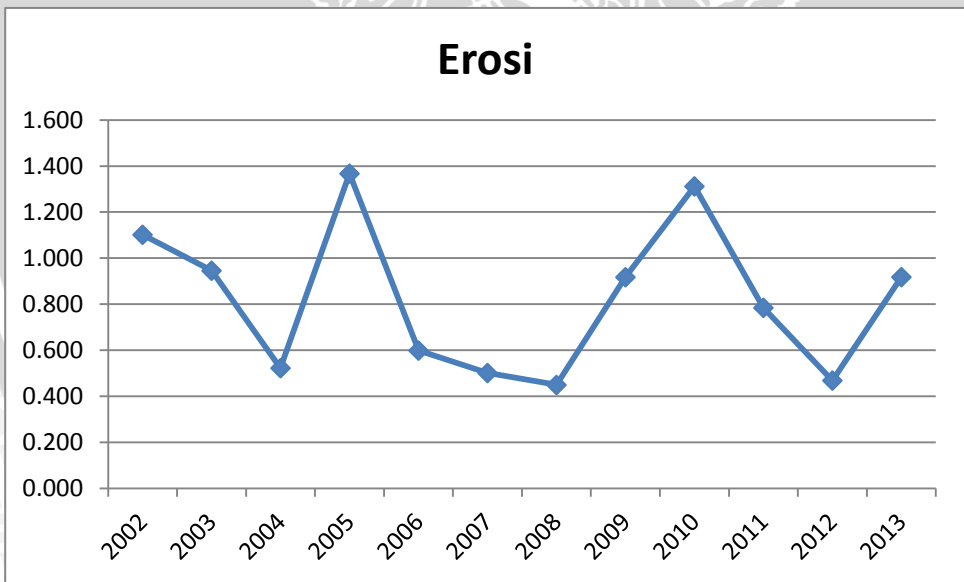
Tahun	Luas (ha)	Sedimen (ton/ha/th)	Erosi (ton/ha/th)	Limpasan (mm/th)
2002	43749.58	1521.812	48198.86	33269.6
2003	43749.58	1333.751	41373.491	28242.53
2004	43749.58	744.449	22855.361	23942.04
2005	43749.58	1990.320	59819.068	55891.95
2006	43749.58	860.674	26186.802	51518.35
2007	43749.58	729.414	21922.177	39902.73
2008	43749.58	681.692	19647.728	40932.82
2009	43749.58	1308.979	40132.973	53483.64
2010	43749.58	1890.749	57395.581	99082.53
2011	43749.58	1152.452	34320.076	52678.87
2012	43749.58	716.221	20490.518	36469.71
2013	43749.58	1381.634	40154.392	66619.37

Sumber: Hasil Analisa



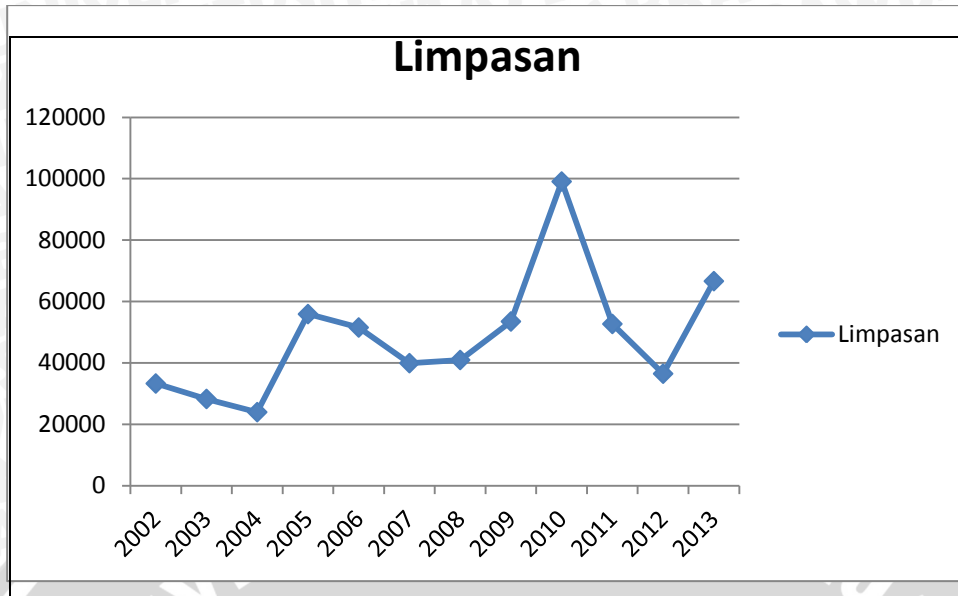
Gambar 4.74 Grafik sedimen yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.75 Grafik erosi yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.76 Grafik limpanan yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil analisa diatas dapat diketahui bahwa telah terjadi perubahan hasil sedimen, erosi, dan limpanan pada setiap tahunnya. Perubahan-perubahan tersebut salah satunya dikarenakan oleh perubahan dari penggunaan lahan pada daerah aliran sungai Rejoso. Sebagai contohnya dapat dilihat pada hasil sedimen, erosi, dan limpanan pada tahun 2006 dan tahun 2009. Pada tahun 2006 laju sedimentasi sebesar 860.674 ton/ha/th, potensi erosi sebesar 26186.802 ton/ha/th, dan tinggi limpanan sebesar 51518.35 mm/th. Sedangkan pada tahun 2009 laju sedimentasi sebesar 1308.979 ton/ha/th, potensi erosi sebesar 40132.973 ton/ha/th, dan tinggi limpanan sebesar 53483.64 mm/th. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa hasil sedimen, erosi, dan limpanan pada tahun 2009 lebih besar daripada tahun 2006. Perbedaan ini dapat dibuktikan dengan melihat hasil tataguna lahan pada tahun 2006 dan 2009. Pada tahun 2009 luasan dari hutan rimba berkurang dibandingkan dengan tahun 2006, dan pada tahun 2009 juga luasan permukiman meningkat dibandingkan dengan tahun 2006. Berkurangnya luasan hutan rimba, menjadi salah satu penyebab hasil dari sedimen, erosi, dan limpanan meningkat.

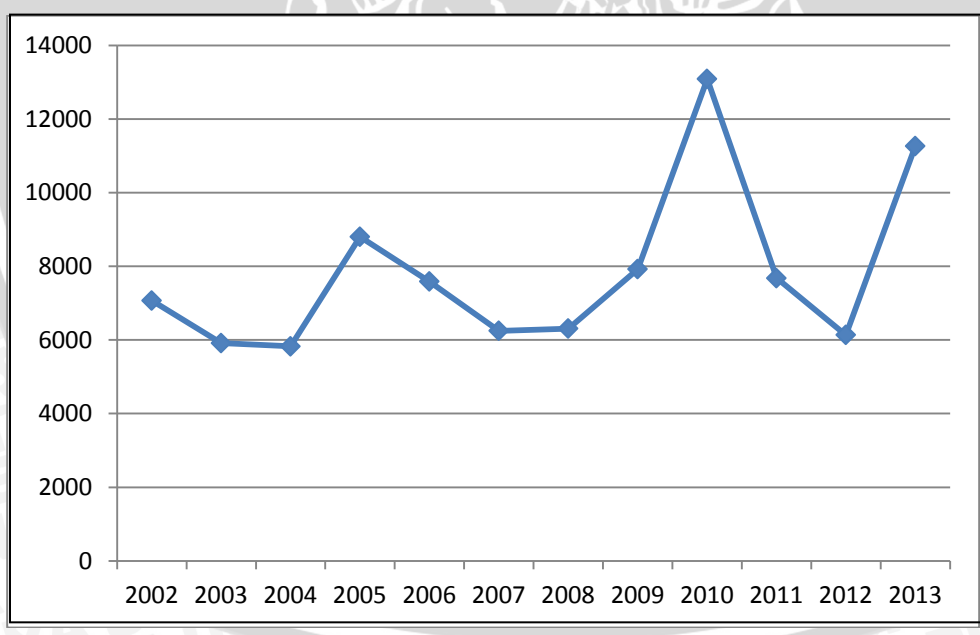
Faktor lain yang menyebabkan perubahan-perubahan dari hasil sedimen, erosi, dan limpanan pada setiap tahunnya adalah curah hujan. Oleh karena itu, untuk membuktikan keakuratan grafik hasil dari sedimen, erosi, dan limpanan dibandingkan dengan grafik dari

curah hujan per tahunnya. Karena, tingginya curah hujan akan menyebabkan tingginya juga nilai dari hasil sedimen, erosi, dan limpasan. Sedangkan, menurunnya curah hujan akan menyebabkan menurunnya juga nilai dari hasil sedimen, erosi, dan limpasan.

Tabel 4.56 Data curah hujan DAS Rejoso

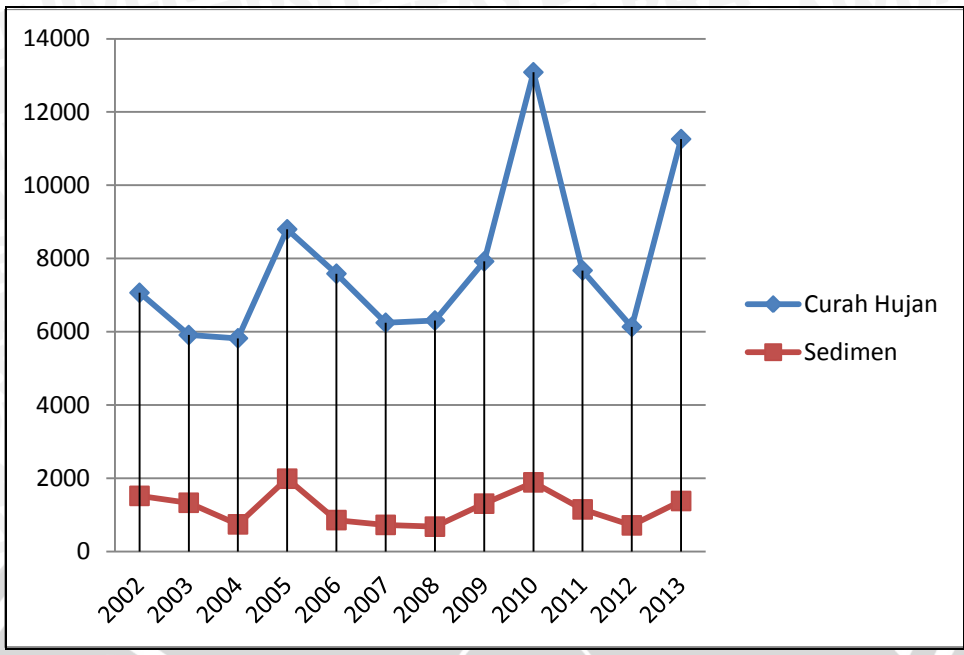
TAHUN	CURAH HUJAN
2002	7067
2003	5913
2004	5824
2005	8799.4
2006	7587
2007	6248
2008	6309
2009	7922
2010	13086
2011	7675
2012	6136
2013	11262

Sumber: UPT Gembong Pekalen



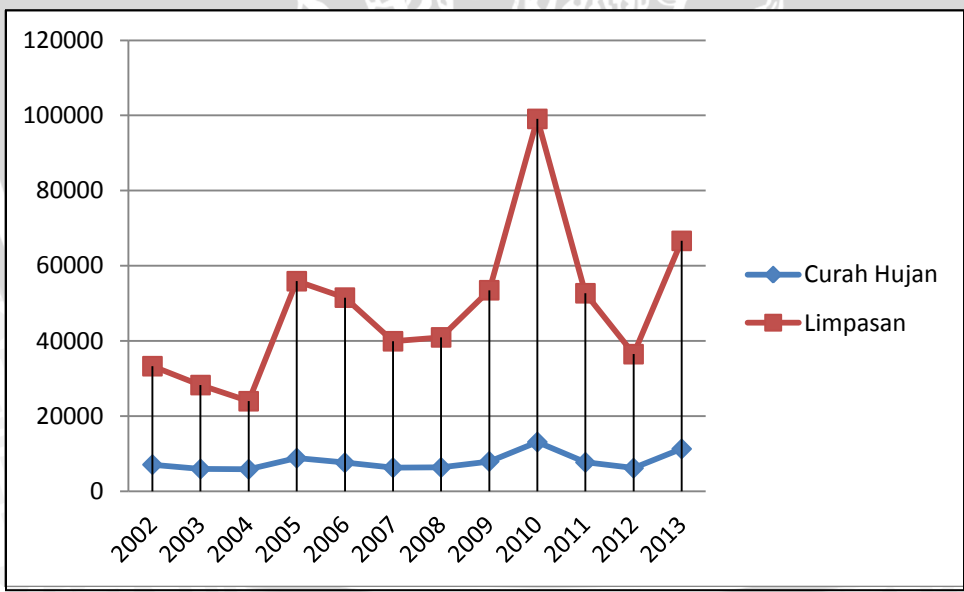
Gambar 4.77 Grafik curah hujan yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa



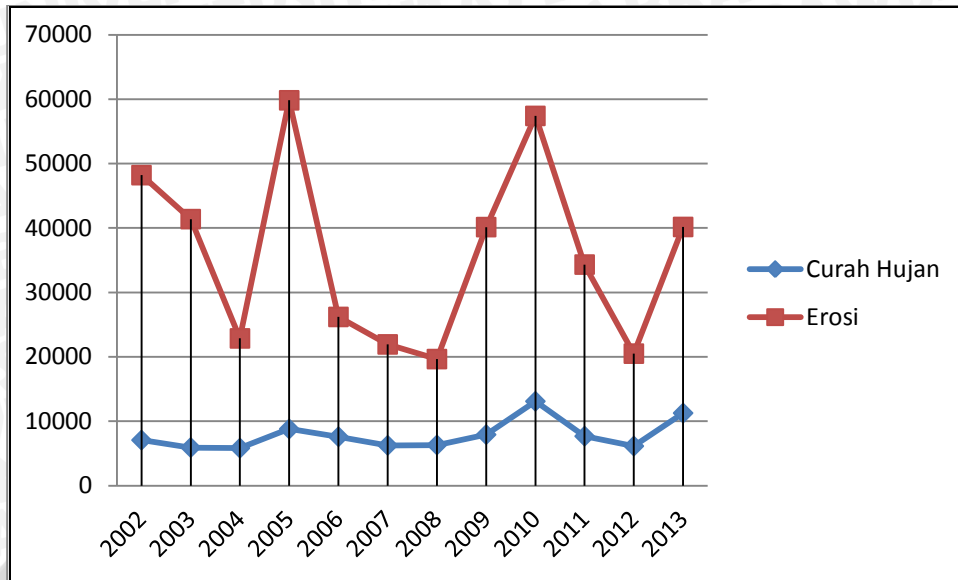
Gambar 4.78 Grafik curah hujan dan sedimen yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.79 Grafik curah hujan dan limpasan yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.80 Grafik curah hujan dan erosi yang terjadi setiap tahun

Sumber: Hasil Analisa

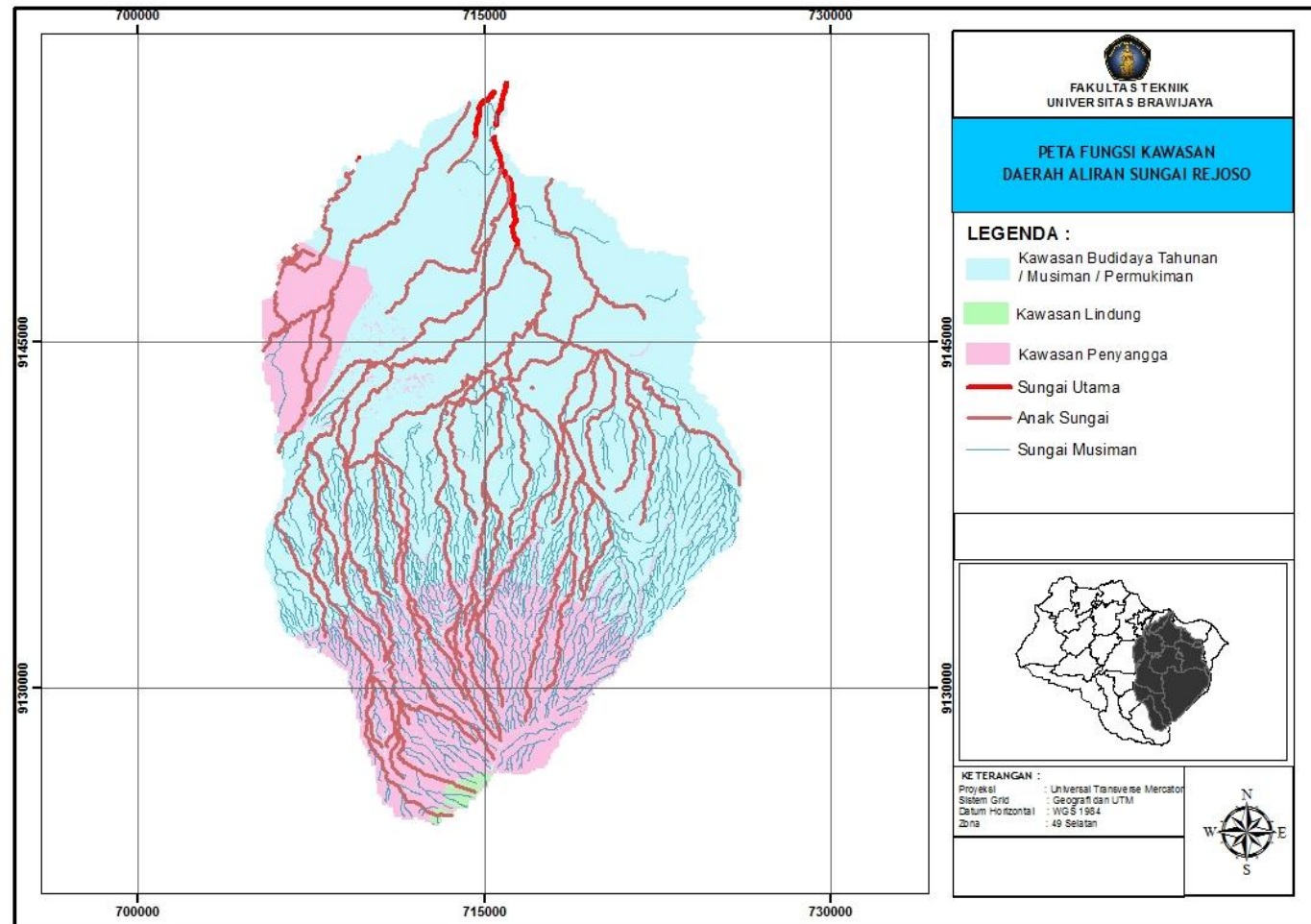
4.14.Rekomendasi penggunaan lahan

Dikarenakan hasil erosi, sedimen, dan limpasan yang rata – rata terus meningkat, maka dalam studi ini memberikan rekomendasi perencanaan tataguna lahan yang ideal agar nilai erosi, sedimen, dan limpasan tidak tinggi. Dalam studi ini juga dibuat peta fungsi kawasan untuk melihat seberapa sesuai nya tataguna lahan yang dibuat dengan fungsi kawasan yang sebenarnya.

4.14.1. Pembuatan peta fungsi kawasan

Peta fungsi kawasan dibuat untuk dijadikan acuan dalam merencanakan tata guna lahan yang baik. Untuk pembuatannya menggunakan 3 karakteristik fisik DAS yaitu, kemiringan lereng, jenis tanah, dan curah hujan harian rata – rata. Langkah – langkah dalam pembuatan peta fungsi kawasan adalah sebagai berikut:

1. Menskoring jenis tanah, kemiringan lereng, dan curah hujan yang klasifikasi skor nya tertera pada bab 2.
2. Mengoverlay peta jenis tanah, kemiringan lereng, dan curah hujan.
3. Menjumlah skor dari jenis tanah, kemiringan lereng, dan curah hujan.
4. Mengoverlay peta jenis tanah, kemiringan lereng, dan curah hujan dengan peta tataguna lahan.



Gambar 4.81 Peta fungsi kawasan Daerah Aliran Sungai Rejos

Sumber: Hasil Analisa

Dari hasil overlay peta fungsi kawasan dengan peta tataguna lahan didapatkan keterangan sesuai dan tidak sesuai nya tataguna lahan yang sudah ada dengan kawasan fungsional pada DAS Rejoso. Peta tataguna lahan yang telah ada dari tahun 2002 sampai 2009 mengalami sekitar 75% kesesuaian dengan peta fungsi kawasan, sedangkan 25% mengalami ketidaksesuaian dengan peta fungsi kawasan.

Peta tataguna lahan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada erosi, sedimen, dan limpasan. Oleh karena itu, untuk meminimalisir terjadinya erosi, sedimen, dan limpasan perencanaan tataguna lahan yang baik adalah 25% tataguna lahan yang mengalami ketidaksesuaian dengan peta fungsi kawasan disesuaikan tataguna lahannya dengan fungsi kawasan.

Peta fungsi kawasan pada DAS Rejoso dapat dilihat pada gambar 4.80. Untuk kawasan budidaya tahunan/musiman/permukiman meliputi empang, danau, permukiman, sawah, ladang, dan perkebunan, untuk kawasan penyangga meliputi hutan rimba, untuk kawasan lindung meliputi hutan rimba.

4.14.2. Analisa rekomendasi tataguna lahan terhadap erosi, sedimen, dan limpasan

Setelah mengetahui perencanaan tataguna lahan ideal yang disesuaikan dengan peta fungsi kawasan, tahap selanjutnya adalah melihat perbedaan hasil erosi, sedimen, dan limpasan. Untuk melihat perbedaan hasil erosi, sedimen, dan limpasan adalah merunning ulang ArcSWAT menggunakan peta tataguna lahan yang disesuaikan dengan peta fungsi kawasan. Berikut ini adalah perbandingan hasil erosi, sedimen, dan limpasan dengan menggunakan tataguna lahan yang sebelumnya dengan tataguna lahan yang sesuai dengan fungsi kawasan.

Tabel 4.57. Perbandingan hasil erosi

Tahun	Luas (ha)	Tataguna lahan sebelumnya	Tataguna lahan sesuai fungsi kawasan	Selisih (%)
		Erosi (ton/ha/th)	Erosi (ton/ha/th)	
	2002	43749,58	48198,86	
2003	43749,58	41373,491	30953,14	25,186
2004	43749,58	22855,361	16402,94	28,232
2005	43749,58	59819,068	42939,08	28,218
2006	43749,58	26186,802	19640,1	25,000
2007	43749,58	21922,177	16156,69	26,300
2008	43749,58	19647,728	14779,47	24,778
2009	43749,58	40132,973	30099,73	25,000
2010	43749,58	57395,581	41959,51	26,894
2011	43749,58	34320,076	25740,06	25,000
2012	43749,58	20490,518	15367,89	25,000
2013	43749,58	40154,392	30840,18	23,196

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.58. Perbandingan hasil sedimen

Tahun	Luas (ha)	Tataguna lahan sebelumnya	Tataguna lahan sesuai fungsi kawasan	Selisih (%)
		Sedimen (ton/ha/th)	Sedimen (ton/ha/th)	
	2002	43749,58	1521,812	
2003	43749,58	1333,751	1000,313	25,079
2004	43749,58	744,449	558,337	25,000
2005	43749,58	1990,320	1393,224	30,120
2006	43749,58	860,674	645,505	25,006
2007	43749,58	729,414	510,59	30,000
2008	43749,58	681,692	477,185	30,008
2009	43749,58	1308,979	916,285	30,055
2010	43749,58	1890,749	1418,061	25,101
2011	43749,58	1152,452	864,339	25,021
2012	43749,58	716,221	537,116	25,007
2013	43749,58	1381,634	1036,225	25,000

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.59. Perbandingan hasil limpasan

Tahun	Luas (ha)	Tataguna lahan sebelumnya	Tataguna lahan sesuai fungsi kawasan	Selisih (%)
		Limpasan	Limpasan	
		(ton/ha/th)	(ton/ha/th)	
2002	43749,58	33269,601	24453,15674	26,500
2003	43749,58	28242,53	21746,7481	23,000
2004	43749,58	23942,044	17347,56711	27,544
2005	43749,58	55891,952	42161,19972	24,567
2006	43749,58	51518,348	38638,761	25,000
2007	43749,58	39902,728	29226,55361	26,756
2008	43749,58	40932,819	28652,9733	30,000
2009	43749,58	53483,639	43029,35254	19,547
2010	43749,58	99082,528	79266,0224	20,000
2011	43749,58	52678,865	42143,092	20,000
2012	43749,58	36469,705	29175,764	20,000
2013	43749,58	66619,366	50846,56491	23,676

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel – tabel diatas dapat dilihat bahwa perbandingan hasil dari erosi, sedimen, dan limpasan yang menggunakan tataguna lahan sebelumnya dengan yang menggunakan tataguna lahan sesuai dengan fungsi kawasan mengalami penurunan sekitar 19 – 30 %.