

IMPLEMENTASI PERSAMAAN MOORE AND BURCH UNTUK MENENTUKAN INDEKS EROSI POTENSIAL PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BABAKAN KABUPATEN BREBES JAWA TENGAH

Poegoeh Prasetyo Rahardjo¹⁾ dan Alexander Tunggul Sutan Haji²⁾

¹⁾Institut Pertanian Malang

²⁾Universitas Brawijaya Malang

ABSTRACT

The research aim to make an spatial information system to determine Potential Erosion Index in Babakan watershed area to learning, testing, and evaluating erosion level using Geographical Information System (GIS). Spatial analysis that used are Digital Terrain Modelling (DTM)/Digital Elevation Modelling (DEM) that integrated with Moore and Burch (1986) equations. This analyze represented land surface relief in 3 dimension form to increase correctness of identification of land slope, catchment area, flow direction, flow accumulation, length of flow, and flowing area. The datas that used on this research are digital topographic map 1:25000 scale, watershed boundary map, rivers network of Babakan watershed map, and landuse map. Analysis on this research is DEM processing from the countour map than integrated them to the Moore and Burch (1986) equations. The result of this research shown that minimum Potential Erosion Index value is 0 and maximum is 12244515840.

Keywords : Geographical Information System, erotion, DAS, SIG

PENDAHULUAN

Metode baru yang masih dikembangkan dan di uji untuk memprakirakan besarnya erosi adalah persamaan Moore and Burch (1986). Metode ini didapatkan melalui proses substitusi dari fluks sediment dan dipengaruhi oleh topografi suatu daerah walaupun tidak mengabaikan faktor hujan, faktor tanah dan penggunaan lahan. Penggunaan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui pemodelan permukaan bumi secara digital dengan model spasial dapat diintegrasikan ke dalam persamaan Moore and Burch sehingga besarnya erosi pada wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan Kabupaten Brebes, Jawa Tengah dapat diprakirakan dengan merepresentasikan

model aliran yang mengalami pengendapan sedimentasi, sehingga dapat memberikan informasi spasial secara rasional.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Erosi Potensial dalam persamaan Moore and Burch pada DAS Babakan Kabupaten Brebes, dan untuk mengetahui besarnya nilai Indeks Erosi Potensial pada DAS Babakan Kabupaten Brebes.

METODE PENELITIAN

1) Data Penelitian

Data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- Peta topografi skala 1 : 25.000 dari BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional).
- Peta batas DAS dan jaringan sungai DAS Babakan dari Balai Pengelolaan DAS Babakan Kabupaten Brebes.
- Peta tataguna lahan DAS Babakan skala 1 : 25.000 dari Balai Pengelolaan DAS Babakan Kabupaten Brebes.

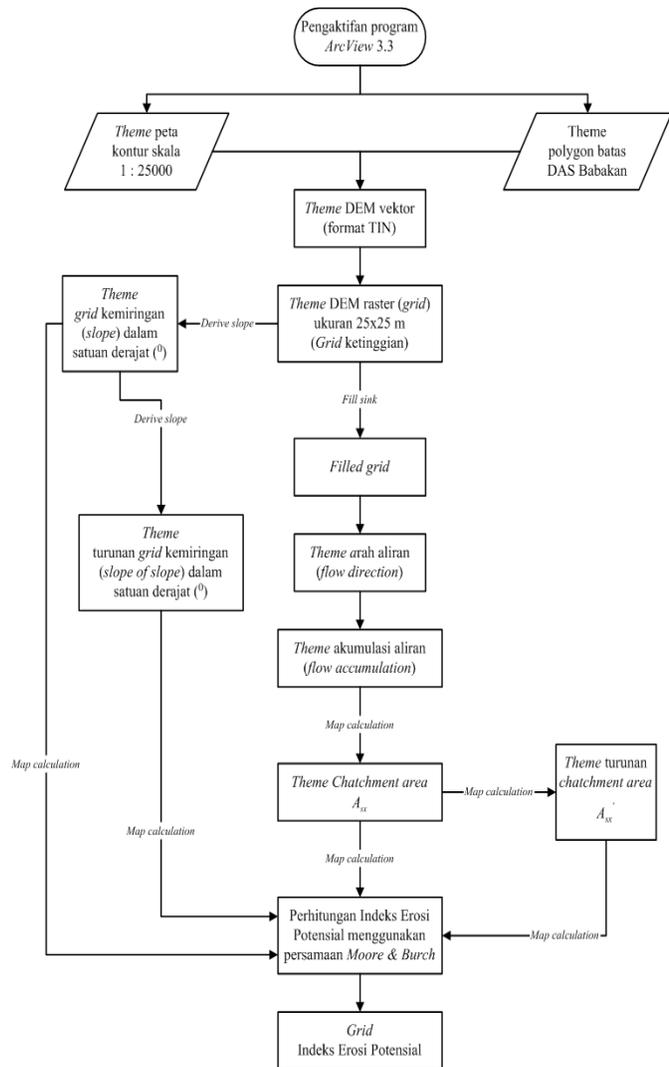
2) Pengolahan Data

Pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*)/DTM (*Digital Terrain Model*) pada studi ini digunakan untuk mendapatkan peta kontur dalam format *grid* dari peta topografi digital dengan skala 1 : 25.000, kemudian DEM dalam format *grid* tersebut digunakan dalam analisa spasial untuk melakukan perhitungan Indeks Erosi Potensial.

Peta kontur digital dalam format *grid* selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik fisik daerah yang berupa penentuan arah aliran (*flow direction*), dan penentuan akumulasi aliran (*flow accumulation*). Kualitas dari DEM ditentukan oleh skala dari peta topografi dan ketelitian dalam proses digitasi.

3) Analisis Data

Proses selanjutnya setelah mendapatkan data dari hasil pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*) adalah analisis data dengan mengolah data dari pengolahan DEM ke dalam persamaan Moore and Burch untuk mendapatkan pemodelan analisis spasial dalam menentukan Indeks Erosi Potensial.



Gambar 2 Diagram Alir Pengolahan DEM

Persamaan (1) :

$$Y_x = k_1 A_{sx}^p \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^{n-1} \left[n A_{sx} \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right) + (p+1) \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial A_{sx}}{\partial x} \right) \right] r^{p+1}$$

Persamaan (2) :

$$\frac{Y_x}{k_1 r^{p-1}} = A_{sx}^p \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^{n-1} \left[n A_{sx} \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right) + (p+1) \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial A_{sx}}{\partial x} \right) \right]$$

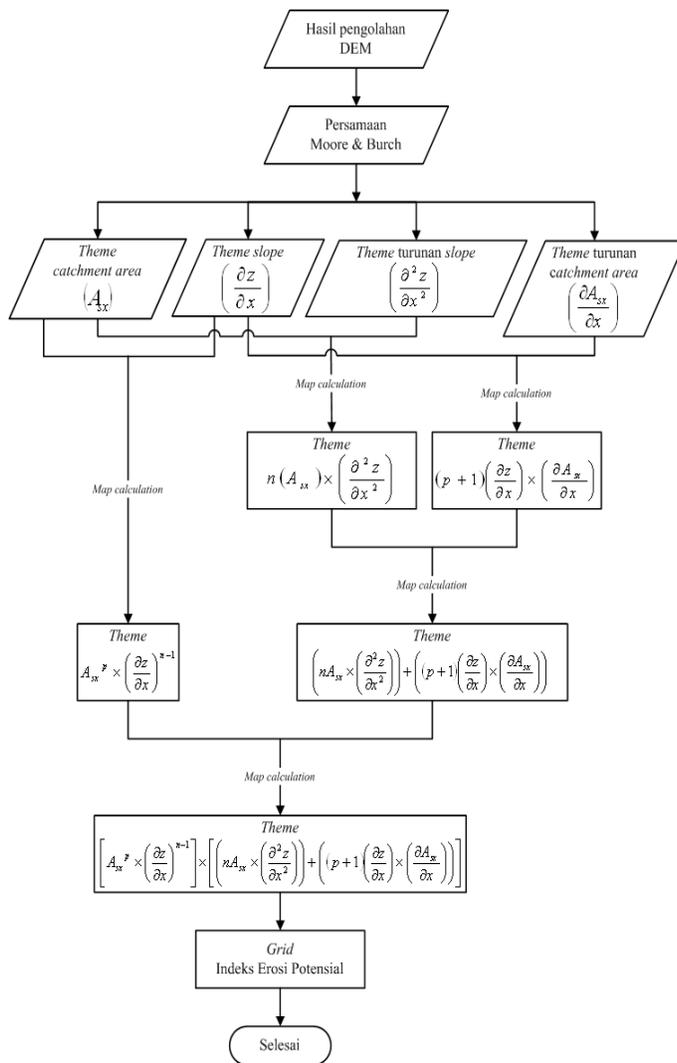
Y_x = Kehilangan sediment per unit area

$\left(\frac{Y_x}{k_1 r^{p-1}} \right)$ = Indeks Erosi Potensial

k_1 = Karakteristik DAS

r = Pengaruh air hujan

- A_{sx} = *catchment area* (Tangkapan air)
- $\left(\frac{\partial A_{sx}}{\partial x}\right)$ = Turunan dari *catchment area*
- $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)$ = Turunan pertama dari *slope*
- $\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)$ = Turunan kedua dari *slope*
- n = Eksponen ; $n = 1,2$
- p = Eksponen ; $p = 0,6$



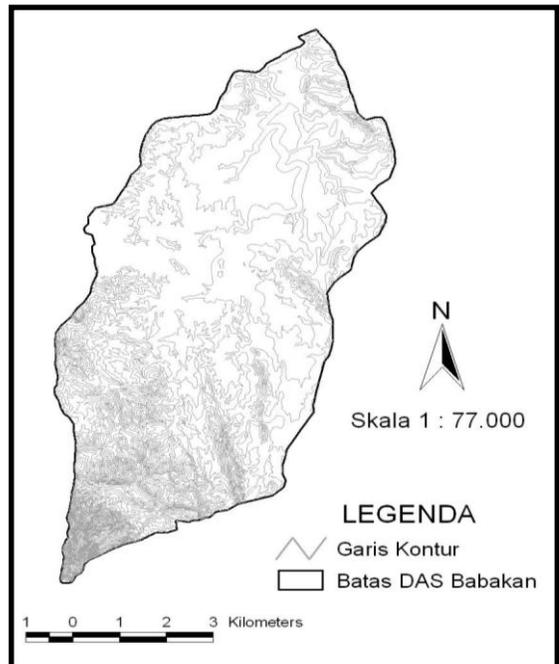
Gambar 3 Diagram Alir Pengolahan Persamaan Moore and Burch

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*)

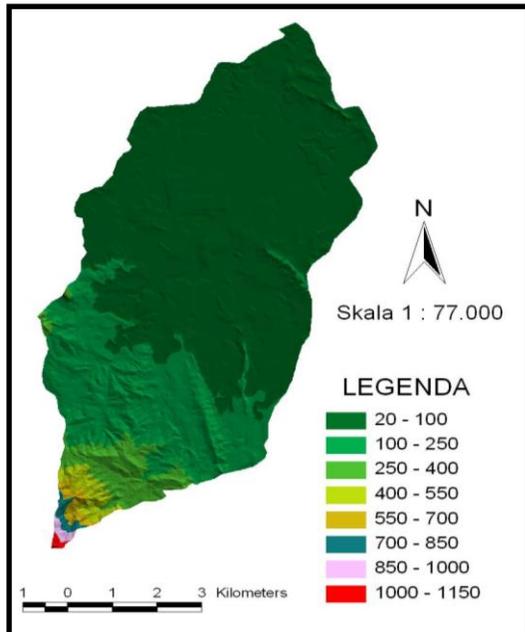
DEM dalam format *grid* ini akan digunakan dalam analisa spasial untuk mengetahui karakteristik fisik daerah studi yang berupa kemiringan (*slope*), arah aliran (*flow direction*), dan akumulasi aliran (*flow accumulation*) yang berguna untuk melakukan perhitungan besarnya erosi yang terjadi pada daerah studi.

Pengolahan DEM pada dasarnya sangat memerlukan peta kontur (garis-garis ketinggian) yang digunakan untuk memodelkan permukaan bumi secara digital. Hal ini dikarenakan dari peta kontur inilah dapat diperkirakan bentuk relief dari permukaan bumi yang akan dimodelkan, sedangkan peta kontur untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4 Peta Kontur DAS Babakan

Peta kontur tersebut selanjutnya diolah dengan peta batas DAS yang sudah berupa polygon sehingga dihasilkan peta dengan format TIN (*Triangulated Irregular Network*) seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

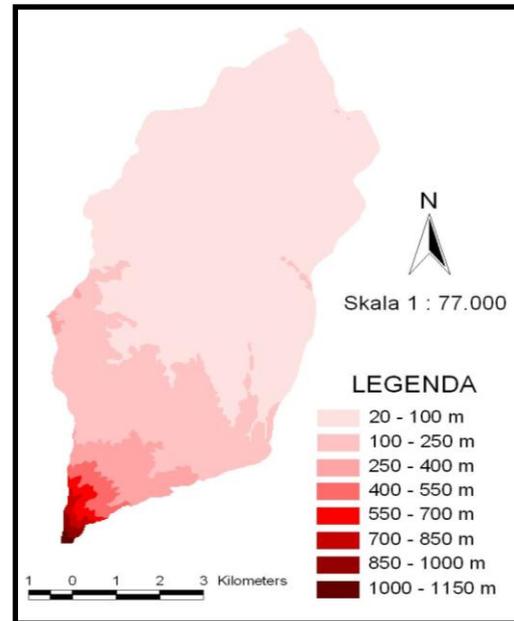


Gambar 5 Peta TIN

Grid peta ketinggian didapatkan dari peta dengan format TIN yang dirubah (*convert*) dalam bentuk *grid*. Permukaan bumi pada penelitian ini dimodelkan dalam ukuran sel *grid* 25 m x 25 m dengan pengertian bahwa satu *grid* DEM mewakili luasan 25 m x 25 m dipermukaan bumi, sehingga dari seluruh area studi terbentuk sebanyak 163.785 sel *grid* yang terdiri atas 537 baris sel *grid* dan 305 kolom sel *grid*. Dari jumlah *grid* yang terbentuk tersebut dapat diketahui pemodelan DAS Babakan dilakukan pada luasan 102.365.625 m² atau 10236,5625 hektar, nilai ini jauh berbeda dengan luas DAS Babakan sesungguhnya yaitu 5.788,288 hektar. Hal ini dikarenakan pada *grid* hasil pemodelan banyak terdapat

sel-sel *no data*. Peta *grid* ketinggian DAS Babakan ditunjukkan pada Gambar 5.

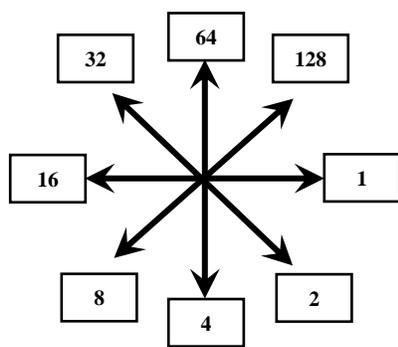
Arah aliran merupakan propertias hidrologi yang digunakan sebagai acuan kemana air akan mengalir dari satu sel ke sel tetangganya yang berdekatan. Menurut Sutan Haji (2005) arah aliran tersebut digunakan sebagai pedoman untuk menghubungkan sel yang satu dengan yang lainnya, maka akan didapatkan jaringan sungai sintetik di seluruh DAS yang diperhatikan.



Gambar 6 Peta *Grid* Ketinggian

Nilai yang terbentuk pada *theme* peta arah aliran (*flow direction*) merupakan gambaran dari arah aliran air pada suatu sel *grid* ketika terjadi hujan. Menentukan arah aliran suatu sel dari DEM (*Digital Elevation Model*) ditentukan dengan membandingkan elevasi tersebut dengan elevasi 8 (delapan) tetangganya yang bersebelahan, cara ini pada umumnya disebut dengan metode delapan arah mata angin dan nilai yang terdefinisi pada *grid* arah aliran hanya

menggambarkan atau menunjukkan arah dari aliran saja. Maka aliran dari sel ini akan mengalir ke arah sel yang memiliki kemiringan relatif paling curam terhadap sel yang akan ditentukan arah alirannya. Penentuan arah aliran dengan metode delapan arah mata angin ditunjukkan pada Gambar 7.

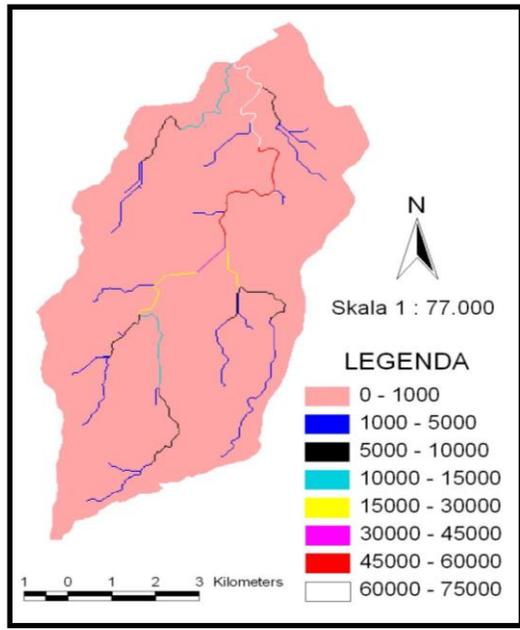


Gambar 7 Konvensi Penilaian Arah Aliran Pada Suatu Grid

Akumulasi aliran perlu diturunkan untuk pemodelan hidrologi/aliran dimana besarnya akumulasi aliran suatu *grid* sama dengan jumlah sel-sel *grid* lain disekitarnya yang alirannya menuju padanya. Peta *grid* arah aliran yang sudah terbentuk selanjutnya digunakan untuk menentukan akumulasi aliran (*flow accumulation*) melalui menu *hydro* dengan pilihan adalah *flow accumulation* pada program *ArcView 3.3*.

Nilai 0 (nol) yang terbentuk pada sel akumulasi aliran dapat diartikan bahwa tidak ada aliran dari sel lain yang masuk ke sel tersebut. Nilai 0 (nol) ini biasanya merupakan daerah yang topografinya tinggi yang berupa punggung-punggungan bukit yang selanjutnya diidentifikasi sebagai batas DAS, sedangkan sel-sel dengan jumlah akumulasi aliran tinggi (dengan nilai

tertinggi adalah 74522), biasanya mengidentifikasi saluran sungai (Sutan Haji, 2001). Peta *grid* akumulasi aliran (*flow accumulation*) ditunjukkan pada Gambar 8.

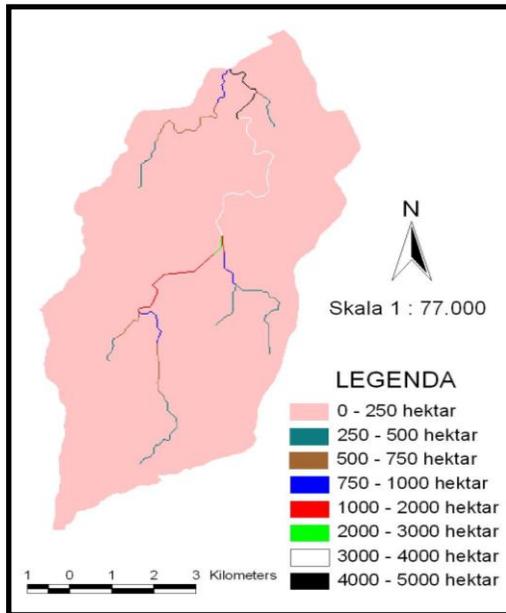


Gambar 8 Peta Grid Flow Accumulation

2. Pemodelan Indeks Erosi Potensial

Indeks Erosi Potensial didapatkan dari persamaan *Moore and Burch* dengan menggunakan persamaan (2), sedangkan pada prosesnya persamaan tersebut membutuhkan data-data berupa *catchment area* (A_{sx}), turunan dari *catchment area* ($\frac{\partial A_{sx}}{\partial x}$), kemiringan (*slope*) ($\frac{\partial z}{\partial x}$), dan turunan dari kemiringan (*slope*) yaitu *slope of slope* ($\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$), sebab data tersebut merupakan atribut topografi yang dapat langsung dihitung dengan analisa permukaan/*terrain analysis*.

Data pertama yang diperlukan adalah *theme* peta *grid catchment area*, *theme* tersebut didapatkan dari perkalian antara *grid* akumulasi aliran dengan luasan ukuran *grid*. Penelitian ini pemodelan permukaan bumi dilakukan dalam ukuran *grid* 25 meter, maka untuk menentukan *catchment area*, *grid* akumulasi aliran dikalikan dengan 625 dan proses perkalian untuk mendapatkan *catchment area* dikerjakan dengan menggunakan *Map Calculation* yang terdapat pada *ArcView 3.3*, sedangkan peta hasil *grid catchment area* dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Peta *Grid Catchment Area*

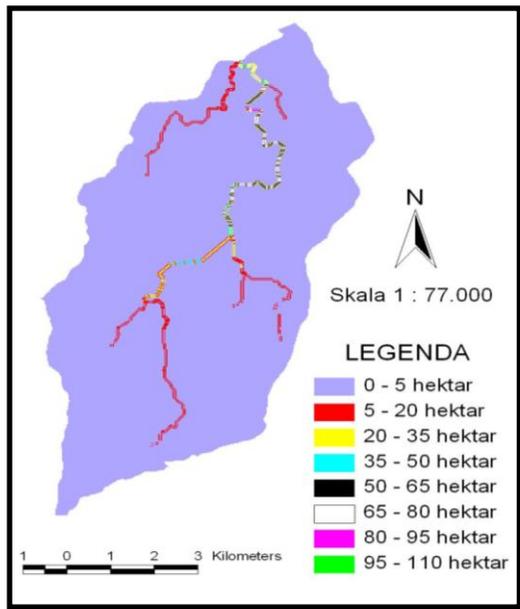
Nilai yang didapatkan dari proses ini dalam satuan meter persegi (m^2). Nilai *catchment area* yang terkecil sebesar 0 (nol) m^2 dan yang terbesar adalah 46.576.248 m^2 atau 4657,6248 hektar. Nilai 0 (nol) menunjukkan bahwa sel tersebut tidak memiliki *catchment area* atau tidak ada aliran yang masuk dari sel lain ke sel tersebut. Nilai *catchment area* terbesar terdapat pada

sel dimana sebagian besar aliran air dari sel-sel lain terakumulasi pada sel tersebut, sedangkan pada peta *grid catchment area* hasil analisa, nilai yang terbesar terdapat pada bagian hilir yang lokasinya dekat dengan bendungan Cisadap, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar aliran air pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan akan terakumulasi pada sel tersebut.

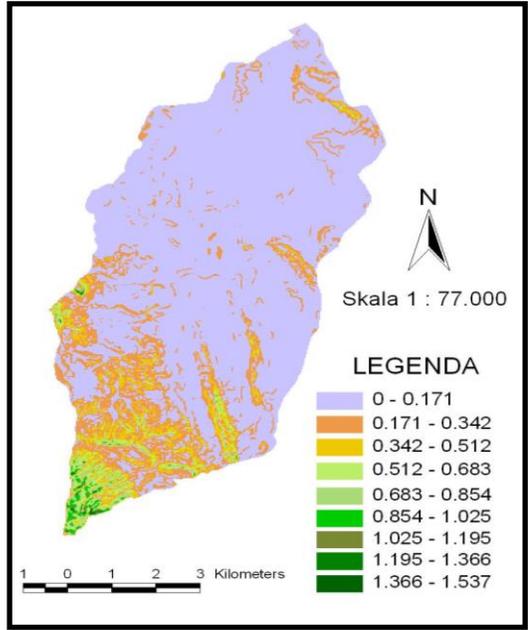
Data kedua yang dibutuhkan dalam pemodelan hidrologi merupakan turunan pertama dari *catchment area*. Turunan dari *catchment area* dapat terbentuk melalui menu *surface* dengan pilihan *derive slope* pada *ArcView 3.3*. Nilai *catchment area* yang terbentuk dari proses tersebut masih dalam satuan derajat ($^\circ$), nilai ini harus diubah dalam satuan desimal agar dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Perubahan dilakukan dengan terlebih dahulu mengubah nilai sudut *catchment area* yang terbentuk dari satuan derajat ($^\circ$) ke dalam satuan radian (rad), selanjutnya dicari tangen (tan) dari sudut yang terbentuk. Nilai yang tercantum setelah turunan *catchment area* sudah terbentuk dan satuannya telah berubah ke dalam bentuk desimal adalah 0 (nol) m^2 dan yang terbesar adalah 1.098.945,875 m^2 atau 1.09,8945875 hektar. Peta hasil turunan *grid catchment area* ditunjukkan pada Gambar 10.

Peta *grid* kemiringan (*slope*) merupakan data yang selanjutnya dibutuhkan dalam pengolahan untuk mendapatkan pemodelan Indeks Erosi Potensial. Peta *grid* kemiringan (*slope*) didapatkan dari peta *grid* ketinggian yang telah diturunkan dengan menggunakan *derive slope*, salah satu *option* yang ada di dalam menu *surface* pada program *ArcView 3.3*. Hasil peta *grid*

kemiringan (*slope*) ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10 Peta *Grid* Turunan *Catchment Area*

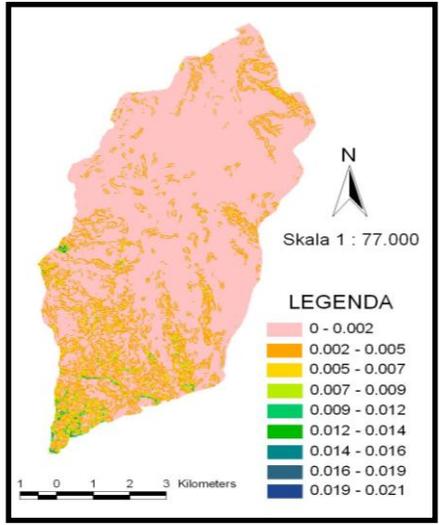


Gambar 11 Peta *Grid* Kemiringan (*Slope*)

Nilai *slope* yang terbentuk dari proses tersebut masih dalam satuan derajat ($^{\circ}$), maka nilai ini harus diubah dalam satuan desimal agar dapat digunakan dalam

perhitungan selanjutnya. Nilai yang tercantum setelah peta *grid* kemiringan (*slope*) sudah terbentuk dan satuannya telah berubah ke dalam bentuk desimal sebesar 0 (nol) dan untuk nilai terbesar adalah 1,537. Nilai *slope* sebesar 1,537 berarti bahwa pada sel tersebut memiliki kemiringan sekitar 57° . Nilai ini terletak pada bagian hulu DAS yang merupakan daerah pegunungan.

Turunan dari peta *grid* kemiringan (*slope*) yaitu *slope of slope*, didapatkan dari peta *grid* kemiringan (*slope*) yang satuannya sudah dirubah ke dalam desimal diturunkan kembali (*derive slope*), setelah didapatkan peta *grid slope of slope*/turunan dari peta kemiringan satuannya juga harus dirubah ke dalam bentuk desimal dengan cara yang sama seperti ketika merubah nilai *slope*, hal ini dilakukan agar nilai-nilai tersebut bisa digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Nilai terkecil pada peta *slope of slope* adalah 0 dan terbesar adalah 0,021. Peta hasil turunan dari *grid* kemiringan (*slope of slope*) ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Peta *Grid* Turunan Kemiringan (*Sloe of slope*)

Data *catchment area*, turunan *catchment area*, kemiringan (*slope*), dan turunan dari kemiringan (*slope of slope*) diintegrasikan kedalam persamaan (2) untuk mendapatkan pemodelan dari Indeks Erosi Potensial. Proses pengolahan data ke dalam persamaan (2) semuanya dikerjakan dengan menggunakan *Map Calculation*, hingga didapatkan pemodelan dari Indeks Erosi Potensial. Langkah-langkah proses pengerjaannya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

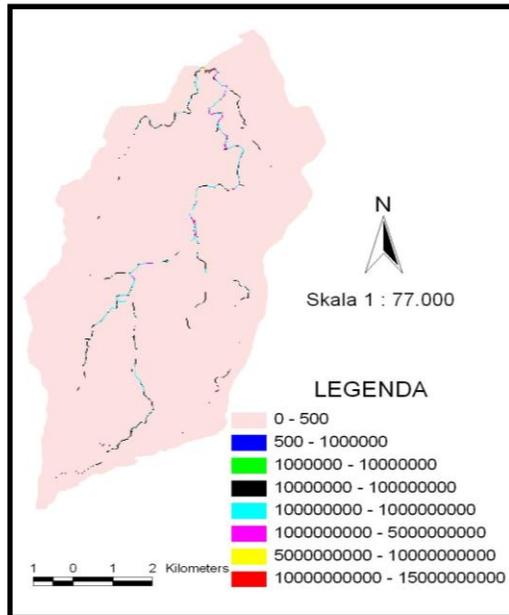
3. Indeks Erosi Potensial

Indeks Erosi Potensial ditentukan dengan persamaan (2) dengan menggunakan *theme* yang terbentuk dari proses sebelumnya. Penentuan ini dilakukan dengan memanfaatkan *Map Calculation*. Peta *grid* Indeks Erosi Potensial Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan ditunjukkan pada Gambar 12, dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa nilai Indeks Erosi Potensial mempunyai variasi dan kisaran yang cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa bentuk topografi suatu daerah sangat berpengaruh terhadap proses-proses terjadinya erosi permukaan. Pengaruh tersebut ditunjukkan dari nilai Indeks Erosi Potensial yang didasarkan pada bentuk topografi permukaan bumi.

Nilai Indeks Erosi Potensial mulai dari yang terkecil adalah 0 (nol) dan yang terbesar adalah 12.244.515.840. Nilai 0 (nol) menunjukkan bahwa pada daerah tersebut tidak berpotensi terjadi erosi atau terjadi penumpukan hasil-hasil erosi. Jika dianalisa lebih lanjut, nilai 0 (nol) ini terjadi pada daerah-daerah dimana relief

permukaan buminya relatif seragam atau landai. Hal ini menunjukkan besarnya pengaruh bentuk permukaan bumi terhadap aliran air permukaan (*runoff*) yang pada akhirnya akan mengikis permukaan tanah dan mengangkut hasil erosi ke tempat yang lebih rendah elevasinya. Nilai Indeks Erosi Potensial yang besar terjadi pada daerah-daerah dimana kemungkinan besar terjadi penumpukan/pengendapan sedimen hasil erosi, daerah-daerah ini adalah di sepanjang alur sungai. Karena erosi yang terjadi di suatu lahan akan terbawa aliran air menuju daerah-daerah akumulasi aliran air, maka daerah yang memiliki akumulasi aliran besar cenderung akan memiliki nilai Indeks Erosi Potensial besar.

Berdasarkan hipotesa awal, Indeks Erosi Potensial paling besar akan terjadi pada bendung Cisadap, dengan asumsi bahwa daerah ini merupakan daerah tempat terakumulasinya aliran-aliran dari daerah hulu beserta material hasil erosi (sedimen) yang dibawanya. Berbeda dengan hasil analisa menunjukkan bahwa akumulasi aliran paling besar teridentifikasi pada daerah belokan sungai sekaligus pertemuan dua aliran sungai sebelum bendung Cisadap, sehingga daerah inilah yang memiliki nilai Indeks Erosi Potensial paling besar. Hal ini dikarenakan faktor ketinggian tempat yang kemudian berpengaruh terhadap arah dan akumulasi aliran. Jika dilihat pada *grid* ketinggian, ketinggian daerah ini adalah 20 meter dan pada sel-sel *grid* sekitarnya tidak ditemukan sel yang memiliki ketinggian lebih rendah.



Gambar 13 Peta Grid Indeks Erosi Potensial

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Indeks Erosi Potensial merupakan nilai erosi yang memodelkan pengaruh geometri permukaan tanah terhadap besarnya erosi yang terjadi, selain itu Indeks Erosi Potensial dapat dipengaruhi oleh faktor curah hujan, sifat tanah, dan penutupan lahan (*land cover*) dalam menentukan besarnya nilai erosi.
2. Besarnya nilai Indeks Erosi Potensial dipengaruhi oleh kemiringan lahan (*Slope*), akumulasi aliran (*Flow Accumulation*), dan bentuk permukaan tanah.
3. Indeks Erosi Potensial dapat diselesaikan dengan menggunakan teknologi spasial (*modelling*) dengan cara membentuk *grid* ketinggian (DEM) dengan bantuan *Map Calculation* yang tersedia dalam perangkat aplikasi *ArcView 3.3*.
4. Nilai Indeks Erosi Potensial pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan yang terkecil adalah 0 (nol) dan nilai terbesar adalah 12.244.515.840.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disarankan :

1. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan data-data dari besarnya Indeks Erosi Potensial mengenai besarnya erosi pada DAS Babakan Kabupaten Brebes dengan menggunakan persamaan Moore and Burch.
2. Setelah adanya penelitian lanjutan mengenai besarnya erosi dengan menggunakan persamaan Moore and Burch, perlu adanya penelitian yang sama untuk mencari besarnya nilai erosi pada DAS Babakan Kabupaten Brebes dengan menggunakan metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)* dan hasilnya dapat digunakan sebagai pembandingan dari hasil-hasil penelitian sebelumnya (antara persamaan Moore and Burch dengan metode *USLE*).
3. Indeks Erosi Potensial sangat dipengaruhi oleh *slope* (kemiringan), maka perlu dilakukan pengolahan lahan yang baik terutama pada daerah-daerah yang memiliki kemiringan cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aronof, S. 1993. Geographic Information System : A Management Perspective. WDL Publication ; Ottawa Canada.
- Asdak, Chay. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Arsyad. 1983. Pengawetan Tanah dan Air. Penerbit Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Moore, I. D., and G. J. Burch. 1986. Modeling Erosion and Deosition: Topographic Effects. Trans. Am. Soc. Agr: Engrs. 29:1,624-30,1,640.
- Prahasta, Eddy. 2001. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Informatika bandung.
- Puntodewo, Atie. 2003. Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Saifudin, Sarief. 1986. Konservasi Tanah dan Air. CV Pustaka Buana. Bandung
- Sukatja, C.B. dan Danang S. 2004. Memanfaatkan Program ILWIS 3.12 untuk Menayangkan Foto Udara Secara Stereo pada Layar Komputer dan Aplikasinya dalam Usaha Pengelolaan Sumber Daya Air. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XXI HATHI : 1-12. HATHI, Denpasar, Bali.
- Sutan Haji, Tunggul. Sri Legowo. 2001. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk Model Hidrologi Sebar Keruangan. Kongres VII dan Pertemuan Ilmiah HATHI. Himpunan ahli Teknik Hidraulika Indonesia (HATHI).
- Utomo, Hadi, Wani. 1994. Erosi dan Konservasi Tanah. Cetakan Pertama. Universitas Negeri Malang.