

---

## Model Optimasi Untuk Penyusunan Arah Pemanfaatan Lahan Secara Optimal (Studi Kasus di Sub DAS Bango, DAS Brantas Hulu)

M. Ruslin Anwar

---

### Abstrak

Usaha pengendalian banjir pada suatu DAS dapat dilakukan dengan cara pembentukan model optimasi untuk menyusun arah pemanfaatan lahan pada setiap Sub DAS Tujuan penelitian ini adalah menyusun arah pemanfaatan lahan secara optimal dengan cara menentukan alokasi luas jenis penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap debit banjir sebagai landasan pengendalian banjir di Sub DAS Bango, DAS Brantas Hulu. Analisis yang dilakukan dalam menentukan penggunaan lahan eksisting menggunakan interpretasi citra Landsat ETM7, pembentukan model hujan-aliran menggunakan pendekatan karakteristik fisik DAS, dan pembentukan model optimasi penggunaan lahan menggunakan pemrograman non linier. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alokasi luas jenis penggunaan lahan menggunakan beberapa skenario model optimasi dapat digunakan untuk menyusun arah pemanfaatan lahan secara optimal yang dapat dipakai sebagai landasan pengendalian banjir di Sub DAS Bango, DAS Brantas Hulu.

**Kata Kunci** :Penggunaan Lahan, DAS Bango, DAS Berantas

### PENDAHULUAN

Banjir seringkali disebabkan oleh ketidakmampuan daerah aliran sungai (DAS) yang bersangkutan untuk menampung debit banjir yang terjadi dan menyimpan air hujan yang jatuh sebagai akibat meningkatnya debit limpasan permukaan yang relatif besar.

Salah satu penyebab banjir adalah peningkatan kebutuhan ruang yang cenderung akan terjadi perubahan peruntukan lahan dari penutup lahan berupa vegetasi menjadi non vegetasi yang akan mengarah kepada semakin besarnya area penutup lahan yang kedap air. Semakin meningkatnya daerah kedap air pada suatu wilayah akan mengakibatkan terjadinya peningkatan volume limpasan dan laju limpasan puncak. Oleh karena itu perlu ditinjau seberapakah kemampuan suatu DAS dapat menampung limpasan puncak yang terjadi dan bagaimanakah proporsi penggunaan lahan yang sesuai dengan kapasitas tampung DAS tersebut dengan cara melakukan optimisasi secara matematis, misalnya dengan menggunakan pemrograman linier.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan alokasi luas jenis penggunaan lahan di Sub DAS Bango dengan menggunakan optimasi penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap debit banjir yang digunakan sebagai landasan pengendalian banjir di Sub DAS Bango, DAS Brantas Hulu.

### TINJAUAN PUSTAKA

Mays dan Tung (1992) menyatakan bahwa untuk menyelesaikan permasalahan alokasi sumberdaya secara optimal dapat digunakan model pemrograman linier. Model pemrograman linier ini mempunyai dua karakteristik dasar, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala sebagai fungsi linier. Bentuk umum model pemrograman linier dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ minimum atau maksimum}$$

subyek,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \text{ dimana } i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$x_j \geq 0$  dimana  $j = 1, 2, 3, \dots, n$

dengan,

$c_j$  = koefisien fungsi tujuan

$a_{ij}$  = koefisien teknologi

$b_i$  = koefisien suku kanan

Jika model pemrograman linier ditulis dalam bentuk aljabar adalah sebagai berikut:

\*) Dosen Teknik Sipil  
Universitas Brawijaya Malang

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{x}_0 = \mathbf{c}_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{c}_2 \cdot \mathbf{x}_2 + \dots + \mathbf{c}_n \cdot \mathbf{x}_n \\
 & \text{minimum /maksimum} \\
 & \text{dengan,} \\
 & \mathbf{a}_{1.1} \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{1.2} \cdot \mathbf{x}_2 + \dots + \mathbf{a}_{1.n} \cdot \mathbf{x}_n \leq \mathbf{b}_1 \\
 & \mathbf{a}_{2.1} \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{2.2} \cdot \mathbf{x}_2 + \dots + \mathbf{a}_{2.n} \cdot \mathbf{x}_n \leq \mathbf{b}_2 \\
 & \mathbf{a}_{m.1} \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{m.2} \cdot \mathbf{x}_2 + \dots + \mathbf{a}_{m.n} \cdot \mathbf{x}_n \leq \mathbf{b}_m \\
 & \mathbf{x}_1 \geq 0, \mathbf{x}_2 \geq 0, \dots, \mathbf{x}_n \geq 0
 \end{aligned}$$

Sample (2001) menggunakan pemrograman linier untuk memperoleh nilai optimasi dalam manajemen dan pemodelan air hujan di daerah perkotaan berdasarkan parameter waktu dan biaya investasi yang digunakan untuk menyelidiki penggunaan lahan dalam konteks pemilihan secara ekonomis. Untuk tujuan tersebut dipertimbangkan dinamika simpanan air dan penuluruhan air dari area ke area. Suatu model pemrograman linier dikembangkan untuk setiap kategori penggunaan lahan. Tujuan model pemrograman linier tersebut untuk mendapatkan kombinasi pilihan penggunaan lahan secara fungsional untuk memperoleh biaya total minimum dengan cara menjumlah atap, badan jalan, halaman, dan pekarangan yang diperlukan untuk menyimpan kelebihan awal air hujan. Pendekatan dalam analisis tersebut diambil dari sudut pandang pengembang lahan. Model pemrograman linier yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Z = \sum_{j=1}^{14} c_j x_j \text{ minimum}$$

- subyek untuk,
- Kendala 1 - Atap :  $x_1 + x_2 = b_1$   
 Kendala 2 - Badan Jalan :  $x_3 + x_4 = b_2$   
 Kendala 3 – Halaman :  $x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} = b_3$   
 Kendala 4 – Pekarangan :  $x_{12} + x_{13} = b_4$   
 Kendala 5 - Rumput :  $x_5 + x_6 + x_7 \geq b_5$

$$\begin{aligned}
 \text{Kendala 6 – Simpanan Air : } & \sum_{j=1}^{14} l_j x_j \geq b_6 \\
 & x_j \geq 0
 \end{aligned}$$

dengan  $j$  = pilihan penggunaan lahan fungsional, dengan  $j = 1 \dots \dots 14$ ,  $c_j$  = biaya satuan pilihan ke  $j$ ,  $x_j$  =  $m^2$  pilihan ke  $j$ ,  $l_j$  = kelebihan awal dalam  $m$  untuk pilihan ke  $j$ ,  $b_i$  = suku kanan dari persamaan (pembatas 1-5 luas dalam  $m^2$ , dan pembatas 6 adalah simpanan air dalam  $m^3$ ),  $Z$  = biaya. Penyelesaian dengan Excel digunakan untuk

memperoleh biaya minimum dengan model pemrograman linier. Pendekatan dengan pemrograman linier ini dilakukan untuk semua jenis tanah dan penggunaan lahan yang sesuai.

Pengendalian banjir merupakan upaya mengurangi volume air limpasan permukaan agar debit banjir dapat tetap berada pada alur sungai atau dapat tertampung oleh sungai-sungai atau daerah-daerah tampungan banjir yang ada di dalam suatu DAS. Pengendalian banjir dapat dilakukan secara struktural ataupun non struktural (Mays dan Tung, 1992).

Pengendalian banjir secara non struktural dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Pembuatan informasi daerah rawan banjir
2. Pembangunan sistem peringatan dini.
3. Pembangunan sistem peringatan dini.
4. Peramalan banjir
5. Pengaturan tata guna lahan/zoning
6. Penyesuaian budidaya lahan

Arahan pemanfaatan lahan merupakan suatu upaya konservasi terhadap lahan yang ada di dalam suatu DAS yang sekaligus berarti melakukan upaya konservasi air. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penentuan arahan penggunaan lahan adalah kemiringan lereng, jenis tanah, dan curah hujan. Penilaian terhadap faktor-faktor tersebut digunakan untuk mengklasifikasi arahan penggunaan lahan sebagai berikut (Tjahyadi, 1999):

1. Kawasan lindung yaitu kawasan hutan yang mempunyai fungsi lindung untuk kelestarian sumberdaya alam. Kawasan lindung mempunyai syarat sebagai berikut:
  - a. Memiliki kemiringan lahan lebih besar dari 45%
  - b. Jenis tanahnya sangat peka terhadap erosi dengan kemiringan lahan di atas 15%.
  - c. Merupakan jalur pengaman sungai dengan garis sempadan sungai sekurang kurangnya 20 m.
  - d. Sebagai pelindung mata air sekurang-kurangnya berdiameter 200 m dari mata air.
  - e. Mempunyai elevasi diatas 2000 m.
  - f. Dilindungi undang-undang sebagai kawasan lindung (tanaman, satwa, wisata).
2. Kawasan penyangga adalah kawasan peralihan dari kawasan lindung ke kawasan lainnya. Kawasan ini bisa diolah dan dibudidayakan sebagai hutan

- budidaya yang terbatas (*agroforestry*) dan perkebunan yang bersifat perlindungan (teh, kina, kaliandra) dengan syarat sebagai berikut:
- a. Keadaan fisik areal ini memungkinkan untuk diolah secara ekonomis/
  - b. Lokasinya strategis bagi perkembangan ekonomi.
  - c. Tidak mempengaruhi ekosistem.
3. Kawasan budidaya tanaman tahunan merupakan kawasan yang lahannya mempunyai kemampuan untuk ditanami jenis tanaman tahunan seperti hutan produksi, perkebunan, buah-buahan dan tanaman lain yang mempunyai nilai ekonomis/komoditi ekspor. Kawasan ini memiliki kondisi fisik cocok untuk tanaman tahunan.
  4. Kawasan budidaya tanaman semusim adalah kawasan yang mempunyai kemampuan untuk ditanami tanaman semusim, terutama tanaman pangan. Kawasan ini umumnya merupakan tanah milik adat, perorangan, maupun tanah negara serta dapat digunakan

untuk kawasan industri dan permukiman.

#### **A. Metode Penelitian**

##### **1. Data Penelitian**

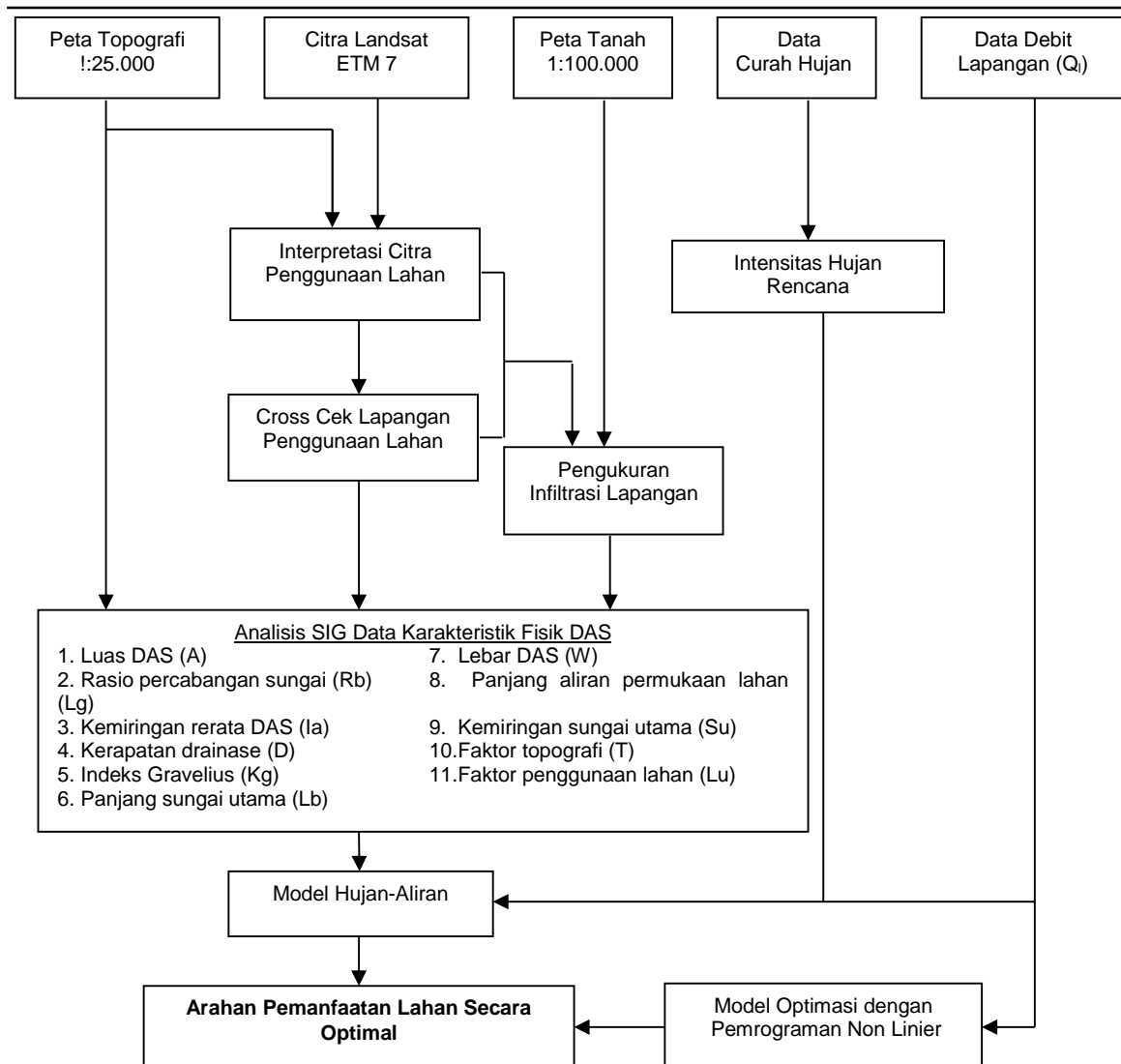
- Citra Landsat ETM 7 tahun 2002
- Curah Hujan tahun 1994-2003 dari 5 stasiun penakar hujan, yaitu stasiun Lowokwaru, Singosari, Kedung Kandang, Karang Ploso, dan Jabung.
- Peta Topografi Skala 1 : 25.000 tahun 2000
- Peta Jenis Tanah Skala 1:100.000.

##### **2. Alat Penelitian**

- Global Positioning System (GPS)
- Perangkat Komputer PC
- Perangkat lunak AutoCad, ArcInfo, ArcView, ER Mapper, dan WinQSB

##### **3. Pelaksanaan Penelitian**

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada diagram sebagai berikut:



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Alokasi luas jenis penggunaan lahan yang ditentukan berdasarkan optimasi penggunaan lahan dibentuk dengan komponen model sebagai berikut:

### a. Variabel keputusan

rasio percabangan sungai, kemiringan rerata DAS (%), kerapatan drainase ( $\text{km}/\text{km}^2$ ), indeks Gravelius, panjang sungai utama (km), panjang aliran permukaan lahan (km), kemiringan sungai utama ( $\text{km}/\text{km}$ ), penggunaan lahan hutan ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan kebun/perkebunan ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan permukiman ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan rumput/tanah kosong ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan sawah irigasi ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan sawah tadah hujan ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan semak/belukar ( $\text{km}^2$ ), penggunaan lahan tegalan/ladang ( $\text{km}^2$ ), luas Sub DAS ( $\text{km}^2$ ), intensitas hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ ).z

### b. Fungsi tujuan

$$\text{Min } Q_m = [0.259 \times \{1.023 - 0.0178 R_b + 0.02432 I_a - 0.135 D + 0.02301 K_g - 0.0218 L_b - 0.0606 L_g + 2.828 S_u - 0.0146 (L_{u_1} + L_{u_2} + L_{u_3} + L_{u_4} + L_{u_5} + L_{u_6} + L_{u_7} + L_{u_8})\} \times I \times A]$$

### c. Fungsi kendala

1. Luas Sub DAS ( $\text{km}^2$ )
2. Luas jenis penggunaan lahan permukiman ( $\text{km}^2$ )
3. Intensitas hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ )

Hasil optimasi penggunaan lahan menggunakan 3 skenario dengan pemrograman non linier diperoleh alokasi luas jenis penggunaan lahan setiap Sub DAS yang paling optimal pada kala ulang 50 tahun. Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Sumber Awan diperoleh debit banjir minimal sebesar  $87,888 \text{ m}^3/\text{detik}$  pada skenario 1 dengan alokasi hutan =  $6,445 \text{ km}^2$ , kebun/perkebunan =  $3,891 \text{ km}^2$ , permukiman

= 6,846 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 3,567 km<sup>2</sup>, semak belukar = 1,297 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 3,891km<sup>2</sup> (Tabel 1). Alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar 13,22%.

**Tabel 1. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Sumber Awan**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	1.457	6.445	2.771	5.369
Perkebunan	1.382	3.891	0.005	0.002
Permukiman	4.881	6.846	6.165	8.757
Tanah Kosong	2.276	0	4.955	2.966
Sawah Irigasi	3.567	3.567	4.855	7.448
Sawah Tdh Hujan	0	0	5.232	0.234
Semak Belukar	6.729	1.297	1.954	1.161
Tegalan	5.173	3.891	0	0
Luas Sub DAS	25.937	25.937	25.937	25.937
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	101.272	<b>87.888</b>	91.273	90.273

Sub DAS Sumber Awan memiliki kemiringan lereng 10.98%, jenis tanah *Entisols*, *Andisols-Entisols*, dan *Inceptisols*, serta curah sebesar 30.737 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 118 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman tahunan maupun kawasan budidaya tanaman semusim, yaitu hutan produksi, perkebunan, buah-buahan, dan permukiman. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Sumber Awan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan dapat ditingkatkan sampai sebesar 19.23% dari luas Sub DAS.
2. Pengembangan kawasan perkebunan dapat ditingkatkan sampai sebesar 9,67% dari luas Sub DAS.
3. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 7.38% dari luas Sub DAS.

4. Mengkonversi tanah kosong sebesar - 8,78% dari luas Sub DAS menjadi lahan perkebunan.
5. Pengendalian lahan semak belukar dengan mengurangi luas lahannya sampai sebesar -20,0% dari luas Sub DAS, yang dapat dikonversi menjadi kawasan hutan
6. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luas lahannya sampai sebesar -4,94% dari luas Sub DAS, dapat dikonversi menjadi kawasan permukiman.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Klampok diperoleh debit banjir minimal sebesar 52,097 m<sup>3</sup>/detik pada skenario 3 dengan alokasi hutan = 6,511 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 4,960 km<sup>2</sup>, permukiman = 3,729 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 5,914 km<sup>2</sup>, sawah tadah hujan = 0,064 km<sup>2</sup>, semak belukar = 1,243 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 2,486 km<sup>2</sup>(Tabel 2). Alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -43,40%.

**Tabel 2. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Klampok**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0.044	0.439	2.552	6.511
Perkebunan	3.040	2.201	0.003	4.960
Permukiman	2.279	2.813	4.799	3.729
Tanah Kosong	1.296	3.595	4.09	0
Sawah Irigasi	5.914	4.426	8.389	5.914
Sawah Tdh Hujan	0.064	0.196	0.177	0.064
Semak Belukar	3.177	5.394	2.354	1.243
Tegalan	8.578	5.800	2.5	2.486
Luas Sub DAS	24.864	24.864	24.864	24.864
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	92.048	78.494	71.401	<b>52.097</b>

Sub DAS Klampok memiliki kemiringan lereng 11.69%, jenis tanah Andisols-Entisols, dan Inceptisols, serta curah hujan 33.32 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 117 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman tahunan maupun kawasan budidaya tanaman semusim, yaitu hutan produksi, perkebunan, buah-buahan, dan permukiman. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Klampok adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan dapat ditingkatkan sampai sebesar 26,01% dari luas Sub DAS.
2. Pengembangan kawasan perkebunan dapat ditingkatkan sampai sebesar 7,72% dari luas Sub DAS.
3. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 5,83% dari luas Sub DAS.

4. Pengendalian lahan semak belukar dengan mengurangi luas lahannya sampai sebesar -7,78% dari luas Sub DAS, dapat dikonversi menjadi kawasan hutan dan perkebunan.
5. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luas lahannya sampai sebesar -24,50% dari luas Sub DAS, dapat dikonversi menjadi lahan perkebunan dan permukiman.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Jurang Tamu diperoleh debit banjir minimal sebesar 88,686 m<sup>3</sup>/detik pada skenario 1, dengan alokasi hutan = 7,818 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 3,974 km<sup>2</sup>, permukiman = 1,981 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 2,208 km<sup>2</sup>, semak belukar = 1,981 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 1,987 km<sup>2</sup> (Tabel 3). Alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -45,03%.

**Tabel 3. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Jurang Tamu**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	2.507	7.818	5.532	6.521
Perkebunan	2.466	3.974	0.001	0.001
Permukiman	1.007	1.981	3.957	4.949
Tanah Kosong	0.029	0	0.005	0.009
Sawah Irigasi	2.208	2.208	5.163	6.151
Sawah Tdh Hujan	0	0	0.009	2.241
Semak Belukar	2.729	1.981	5.205	0
Tegalan	8.926	1.987	0	0
Luas Sub DAS	19.872	19.872	19.872	19.872
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	161.324	<b>88.686</b>	103.166	110.843

Sub DAS Jurang Tamu memiliki kemiringan lereng 11.31%, jenis tanah Andisols-Entisols, dan Inceptisols, serta curah hujan sebesar 62.583 mm/jam, maka arahan pemanfaatan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 127 dapat dimanfaatkan untuk kawasan penyangga, yang merupakan kawasan peralihan yang diperuntukkan bagi kawasan agroforestry yang bersifat berlindungan, yaitu teh, kopi, kaliandra dan sebagainya. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Jurang Tamu adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan dapat ditingkatkan sampai sebesar 26,34% dari luas Sub DAS.

2. Pengembangan kawasan perkebunan dapat ditingkatkan sampai sebesar 7,59% dari luas Sub DAS.
3. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 4,9% dari luas Sub DAS.
4. Pengendalian lahan semak belukar dengan mengurangi luasnya sampai sebesar -3,76% dari luas Sub DAS, yang dapat dikonversi menjadi lahan hutan.
5. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luasnya sampai sebesar -34,92% dari luas Sub DAS, yang dapat dikonversi menjadi lahan perkebunan dan permukiman.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Genitring pada skenario 3 diperoleh debit banjir minimal sebesar 60,980 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan =

3,386 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 3,711 km<sup>2</sup>, permukiman = 3,711 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 2,231 km<sup>2</sup>, sawah tadah hujan = 1,856 km<sup>2</sup>,

dan tegalan/ladang = 3,711 km<sup>2</sup> (Tabel 4). Alokasi luas penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -26,42%.

**Tabel 4. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Genitring**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0.198	1.983	2.908	3.386
Perkebunan	1.577	0.001	0.001	3.711
Permukiman	1.748	2.829	3.749	3.711
Tanah Kosong	0.459	1.167	0.004	0
Sawah Irigasi	2.231	4.065	4.992	2.231
Sawah Tdh Hujan	0	0.172	0.005	1.856
Semak Belukar	2.423	2.609	1.675	0
Tegalan	9.922	5.731	5.223	3.711
Luas Sub DAS	18.557	18.557	18.557	18.557
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	82.879	66.421	64.942	<b>60.980</b>

Sub DAS Genitring memiliki kemiringan lereng 13.75%, jenis tanah *Andisols-Entisols*, dan *Inceptisols*, serta curah hujan sebesar 39.616 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah pada Sub DAS Genitring dengan nilai skor 127 dapat dimanfaatkan untuk kawasan penyangga, merupakan kawasan peralihan yang diperuntukkan bagi kawasan *agroforestry* yang bersifat berlingkungan, yaitu teh, kopi, kaliandra, dan sebagainya. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Genitring adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan dapat ditingkatkan sampai sebesar 16,92% dari luas Sub DAS, dengan merombak lahan semak belukar menjadi hutan.
2. Pengembangan kawasan perkebunan dapat ditingkatkan sampai sebesar 11,50% dari luas Sub DAS.
3. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 10,58% dari luas Sub DAS.

4. Pengembangan kawasan dengan lahan perkebunan dapat ditingkatkan sampai sebesar 11,50% dari luas Sub DAS.
5. Pengembangan lahan sawah tadah hujan yang sebelumnya tidak ada, dapat dialokasikan sampai sebesar 10% dari luas Sub DAS.
6. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luasnya sampai sebesar -33,06% dari luas Sub DAS, dapat dikonversi menjadi lahan perkebunan dan permukiman.

Sub DAS Bodo dengan optimasi penggunaan lahan pada skenario 1 diperoleh debit banjir minimal sebesar 62,602 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan = 4,236 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 0,613 km<sup>2</sup>, permukiman = 5,649 km<sup>2</sup>, tanah kosong = 2,157 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 7,062 km<sup>2</sup>, sawah tadah hujan = 2,529 km<sup>2</sup>, semak belukar = 1,763 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 4,237 km<sup>2</sup> (Tabel 5). Alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -37,67%.

**Tabel 5. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Bodo**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	4.236	2.847	5.529
Perkebunan	0.607	0.613	0.602	0.451
Permukiman	4.248	5.649	7.062	9.743
Tanah Kosong	0.122	2.157	4.724	0
Sawah Irigasi	6.924	7.062	9.743	12.423
Sawah Tdh Hujan	0	2.529	0.165	0.000
Semak Belukar	0.656	1.763	0.613	0.000
Tegalan	15.689	4.237	2.490	0.100
Luas Sub DAS	28.246	28.246	28.246	28.246
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	100.276	<b>62.602</b>	74.406	67.564



Sub DAS Bodo memiliki kemiringan lereng 7.53%, jenis tanah *Inceptisols-Endisols*, *Andisols-Inceptisols*, dan *Inceptisols*, serta curah hujan sebesar 26.911 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 85 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman semusim, yaitu tanaman pangan, kawasan industri, dan kawasan permukiman. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Bodo adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan dapat ditingkatkan sampai sebesar 15% dari luas Sub DAS.
2. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 4,96% dari luas Sub DAS.
3. Pengembangan lahan rerumputan dapat ditingkatkan sampai sebesar 7,2% dari luas Sub DAS.

4. Pengembangan lahan sawah tadah hujan dapat ditingkatkan sampai sebesar 8,45% dari luas Sub DAS.
5. Pengembangan lahan semak belukar dapat ditingkatkan sampai sebesar 3,92% dari luas Sub DAS.
6. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luasnya sampai sebesar -40,54% dari luas Sub DAS, yang dapat dikonversikan menjadi lahan hutan, permukiman, rerumputan, sawah tadah hujan, dan semak belukar.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Mewek pada skenario 3 diperoleh debit banjir minimal sebesar 45,835 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan = 2,439 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 0,054 km<sup>2</sup>, permukiman = 2,822 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 5,645 km<sup>2</sup>, dan tegalan/ladang = 0,329 km<sup>2</sup> (Tabel 6). Alokasi luas penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -24,97%.

**Tabel 6. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Mewek**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	0.343	0.899	2.439
Perkebunan	0.054	0.050	0.050	0.054
Permukiman	2.704	3.002	3.566	2.822
Tanah Kosong	0.034	0	0	0
Sawah Irigasi	7.836	7.894	6.744	5.645
Sawah Tdh Hujan	0	0	0	0
Semak Belukar	0.332	0	0	0
Tegalan	0.329	0	0.030	0.329
Luas Sub DAS	11.289	11.289	11.289	11.289
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	61.093	59.846	56.255	<b>45.835</b>

Sub DAS Mewek memiliki kemiringan lereng 9.01%, jenis tanah *Inceptisols - Endisols*, *Andisols-Inceptisols*, dan *Inceptisols*, serta curah hujan sebesar 29.599 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 115 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman tahunan maupun kawasan budidaya tanaman semusim, yaitu hutan produksi, perkebunan, buah-buahan, dan permukiman. Alokasi luas penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Mewek adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan yang sebelumnya tidak ada, dapat dialokasikan untuk lahan hutan sampai sebesar 21,61% dari luas Sub DAS.

2. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 1,05% dari luas Sub DAS.
3. Pengendalian lahan sawah irigasi dengan mengurangi luasnya sampai sebesar -19,41% dari luas Sub DAS.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Mati pada skenario 3 diperoleh debit banjir minimal sebesar 97,601 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan = 14.895 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 8,938 km<sup>2</sup>, permukiman = 8,067 km<sup>2</sup>, tanah kosong = 1,481 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 5,379 km<sup>2</sup>, sawah tadah hujan = 4,037 km<sup>2</sup>, semak belukar = 0,136 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 10,779 km<sup>2</sup> (Tabel 7). Alokasi luas berbagai jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -48,82%.

Sub DAS Mati memiliki kemiringan lereng 1.80%, jenis tanah *Altisols*, dan *Inceptisols*, serta curah hujan sebesar

27.667 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 90 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman semusim, yaitu tanaman pangan, kawasan industri, dan kawasan permukiman. Alokasi luas penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Mati adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan yang sebelumnya tidak ada, dapat dialokasikan untuk lahan hutan sampai sebesar 27,86% dari luas Sub DAS.

2. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 6,77% dari luas Sub DAS.
3. Pengembangan kawasan dengan lahan sawah irigasi dapat ditingkatkan sampai seluas 5,6% dari luas Sub DAS.
4. Pengembangan kawasan dengan lahan sawah tadah hujan dapat ditingkatkan sampai sebesar 5,68% dari luas Sub DAS.
5. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi sampai sebesar -40,38% dari luas Sub DAS.

**Tabel 7. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Mati**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	2.714	5.396	14.985
Perkebunan	8.934	5.006	5.008	8.938
Permukiman	4.426	7.102	9.788	8.067
Tanah Kosong	1.481	11.921	6.207	1.481
Sawah Irigasi	2.367	4.479	7.169	5.379
Sawah Tdh Hujan	0.982	5.992	1.274	4.037
Semak Belukar	3.116	1.579	3.951	0.136
Tegalan	32.473	14.986	14.986	10.756
Luas Sub DAS	53.779	53.779	53.779	53.779
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	190.697	150.881	146.625	<b>97.601</b>

Hasil optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Sari pada skenario 3 diperoleh debit banjir minimal sebesar 28,795 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan = 0,974 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 0,432 km<sup>2</sup>, permukiman = 0,944 km<sup>2</sup>, tanah kosong = 0,001 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 1,423 km<sup>2</sup>, semak belukar = 0,103 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 1,603 km<sup>2</sup> (Tabel 8). Alokasi penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -26,69%.

**Tabel 8. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Sari**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	0.974	0.476	0.712
Perkebunan	0.432	0.432	0.003	0.006
Permukiman	0.944	0.944	0.999	0.999
Tanah Kosong	0.008	0.001	0.802	0.916
Sawah Irigasi	1.423	1.423	0.999	0.999
Sawah Tdh Hujan	0	0	0.287	0.118
Semak Belukar	0.103	0.288	0.466	0.282
Tegalan	1.603	0.451	0.481	0.481
Luas Sub DAS	4.513	4.513	4.513	4.513
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	39.278	<b>28.795</b>	30.144	28.829

Sub DAS Sari memiliki kemiringan lereng 2.27%, jenis tanah *Inceptisols* dan curah hujan sebesar 42.609 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah pada Sub DAS Sari dengan nilai skor 85 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman tahunan dan tanaman semusim, yaitu hutan produksi, tanaman pangan,

kawasan industri, dan kawasan permukiman. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan pada Sub DAS Sari adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan yang sebelumnya tidak ada dapat dialokasikan sampai seluas 21.58% dari luas Sub DAS.

2. Pengembangan kawasan dengan lahan semak belukar dapat ditingkatkan sampai sebesar 4,10% dari luas Sub DAS. 27,113 m<sup>3</sup>/detik pada skenario 3 dengan alokasi hutan = 0,971 km<sup>2</sup>, permukiman = 1,579 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 1,098 km<sup>2</sup>, sawah tadah hujan = 0,003 km<sup>2</sup>, semak belukar = 0,740 km<sup>2</sup> (Tabel 9). Alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -36,26%.
3. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luas lahan tegalan/ladang sampai sebesar -25,53% dari luas Sub DAS.

Hasil optimasi Sub DAS Sumpil diperoleh debit banjir minimal sebesar

**Tabel 9. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Sumpil**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	0.264	0.483	0.971
Perkebunan	0	0.011	0.016	0
Permukiman	1.579	0.999	0.999	1.579
Tanah Kosong	0	0.973	0.948	0
Sawah Irigasi	2.798	0.994	0.999	1.098
Sawah Tdh Hujan	0	0.993	0.901	0.003
Semak Belukar	0.014	0.157	0.045	0.740
Tegalan	0	0	0	0
Luas Sub DAS	4.391	4.391	4.391	4.391
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	42.535	31.716	30.049	<b>27.113</b>

Sub DAS Sumpil memiliki kemiringan lereng 11.50%, jenis tanah *Andisols-Inceptisols*, dan *Inceptisols*, dan curah hujan sebesar 53.581 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 128 dapat dimanfaatkan untuk kawasan penyangga, merupakan kawasan peralihan yang diperuntukkan bagi kawasan agroforestry yang bersifat perlindungan, yaitu teh, kopi, kaliandra, dan sebagainya. Penyusunan arahan pemanfaatan lahan di Sub DAS Sumpil adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan pada Sub DAS Sumpil yang sebelumnya tidak ada dapat dialokasikan sampai sebesar 22,11% dari luas Sub DAS.

2. Pengembangan kawasan dengan lahan semak/belukar sampai sebesar 16,53% dari luas Sub DAS.
3. Pengendalian lahan sawah irigasi dengan mengurangi luas lahannya sampai sebesar -38,72% dari luas Sub DAS, dapat dikonversikan menjadi lahan hutan dan semak belukar.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Wendit pada skenario 3 diperoleh debit banjir minimal sebesar 120.891 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan = 3,052 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 0,834 km<sup>2</sup>, permukiman = 34.085 km<sup>2</sup>, tanah kosong = 0,005 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 2,355 km<sup>2</sup>, semak belukar = 3,009 km<sup>2</sup>, tegalan/ladang = 3,085 km<sup>2</sup> (Tabel 10). Alokasi ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -23,84%.

**Tabel 10. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Wendit**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	0.808	1.586	3.052
Perkebunan	0.834	0.002	0.002	0.834
Permukiman	2.782	3.521	4.299	3.085
Tanah Kosong	0.084	0.007	0.007	0.005
Sawah Irigasi	2.355	3.099	3.812	2.355
Sawah Tdh Hujan	0	0.233	0.008	0
Semak Belukar	0.138	2.783	0.684	3.009
Tegalan	9.232	4.972	5.027	3.085
Luas Sub DAS	15.425	15.425	15.425	15.425
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	158.738	151.479	154.059	<b>120.891</b>

Sub DAS Wendit memiliki kemiringan lereng 2.19%, jenis tanah *Inceptisols* dan curah hujan sebesar 57.881 mm/jam, maka arahan penggunaan lahan Sub DAS Wendit berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 100 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman tahunan dan tanaman semusim, yaitu hutan produksi, tanaman pangan, kawasan industri, dan kawasan permukiman. Alokasi luas penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan pemanfaatan lahan Sub DAS Wendit adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan yang sebelumnya tidak ada dapat dialokasikan sampai seluas 19,79% dari luas Sub DAS.
2. Pengembangan kawasan untuk lahan semak belukar dapat ditingkatkan sampai sebesar 18,61% dari luas Sub DAS.
3. Pengendalian lahan tegalan/ladang dengan mengurangi luas lahannya sampai sebesar -39,85% dari luas Sub DAS.

Optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Lahor pada skenario 3 diperoleh debit banjir minimal sebesar 15,328 m<sup>3</sup>/detik dengan alokasi hutan = 1,267 km<sup>2</sup>, kebun/perkebunan = 0,074 km<sup>2</sup>, permukiman = 7,086 km<sup>2</sup>, sawah irigasi = 0,444 km<sup>2</sup> (Tabel 11). Alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat menurunkan debit banjir sebesar -58,97%

**Tabel 11. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Lahor**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	0.278	0.207	1.267
Perkebunan	0.074	0	0	0.074
Permukiman	7.086	7.245	7.263	7.086
Tanah Kosong	0.352	0	0	0
Sawah Irigasi	1.182	1.348	1.401	0.444
Sawah Tdh Hujan	0	0	0	0
Semak Belukar	0.176	0	0	0
Tegalan	0.001	0	0	0
Luas Sub DAS	8.871	8.871	8.871	8.871
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	37.363	21.514	21.959	<b>15.328</b>

**Tabel 12. Alokasi Luas Jenis Penggunaan Lahan Sub DAS Bango**

Penggunaan Lahan	Luas (km <sup>2</sup> )			
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hutan	0	0.819	0.905	2.581
Perkebunan	0.438	0.002	0	0.438
Permukiman	6.856	7.754	7.740	7.187
Tanah Kosong	0.878	0.041	0	0
Sawah Irigasi	7.727	8.559	8.561	7.000
Sawah Tdh Hujan	0	0	0	0
Semak Belukar	0.438	0.031	0	0
Tegalan	0.869	0	0	0
Luas Sub DAS	17.206	17.206	17.206	17.206
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	34.047	32.324	32.060	<b>24.913</b>

Sub DAS Bango memiliki kemiringan lereng 2.08%, jenis tanah adalah *Inceptisols*, dan curah hujan sebesar 18.582 mm/jam. Arahan penggunaan lahan berdasarkan analisis konservasi tanah dengan nilai skor 55 dapat dimanfaatkan untuk kawasan budidaya tanaman semusim, yaitu tanaman pangan, kawasan industri, dan kawasan permukiman. Alokasi luas jenis penggunaan lahan sebagai dasar penyusunan arahan

pemanfaatan lahan Sub DAS Bango adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan kawasan hutan yang sebelumnya tidak ada dapat dialokasikan sampai sebesar 15% dari luas Sub DAS.
2. Pengembangan kawasan permukiman dapat ditingkatkan sampai sebesar 1,92% dari luas Sub DAS.
3. Pengendalian lahan sawah irigasi dengan mengurangi luasnya sampai sebesar -

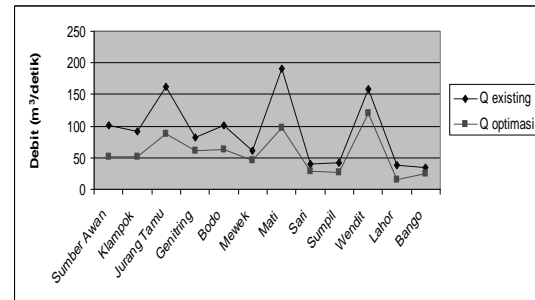
- 4,23% dari luas Sub DAS, yang dapat dikonversi menjadi lahan permukiman.
- Mengkonversi lahan tanah kosong dan semak belukar menjadi kawasan hutan, dan lahan tegalan menjadi lahan permukiman.

Arahkan pemanfaatan lahan setiap Sub DAS menunjukkan bahwa terdapat beberapa Sub DAS yang masih dapat dimanfaatkan untuk pengembangan kawasan permukiman, yaitu Sub DAS Sumber Awan seluas 7,38%, Sub DAS Klampok seluas 5,83%, Sub DAS Jurang Tamu seluas 4,9%, Sub DAS Genitring seluas 10,58%, Sub DAS Bodo seluas 4,96%, Sub DAS Mewek seluas 1,05%, Sub DAS Mati seluas 6,77%, dan Sub DAS Bango seluas 1,92% dari luas Sub DAS.

Pengembangan kawasan hutan dapat diarahkan pada Sub DAS Sumber Awan sampai seluas 19,23%, Sub DAS Klampok seluas 26,01%, Sub DAS Bodo seluas 15%, Sub DAS Jurang Tamu seluas 26,34%, Sub DAS Genitring seluas 16,92%, Sub DAS Mewek seluas 21,61%, Sub DAS Mati seluas 27,86%, Sub DAS Sari seluas 821,5%, Sub DAS Sumpil seluas 22,11%, Sub DAS Wendit seluas 19,79%, Sub DAS Lahor seluas 14,28%, dan Sub DAS Bango 15% dari luas Sub DAS.

Pengembangan kawasan perkebunan dapat diarahkan pada Sub DAS Sumber Awan sampai seluas 9,67%, Sub DAS Klampok seluas 7,72%, Sub DAS Jurang Tamu seluas 7,59%, Sub DAS Genitring seluas 11,5%, dan Sub DAS Mati seluas 27,86% dari luas Sub DAS. Pengembangan untuk lahan kosong/ rerumputan dapat diarahkan pada Sub DAS Bodo seluas 7,2% lahan sawah irigasi pada Sub DAS Mati seluas 5,6%, dan lahan sawah tadah hujan pada Sub DAS Genitring seluas 10%, Sub DAS Mati seluas 5,68% dan Sub Bodo seluas 8,45% dari luas Sub DAS.

Pengembangan lahan semak belukar dapat diarahkan pada Sub DAS Bodo seluas 3,92%, Sub DAS Sari seluas 4,10%, Sub DAS Sumpil seluas 16,53%, dan Sub DAS Wendit seluas 18,61% dari luas Sub DAS.



Gambar 1.. Grafik Sebaran Debit Banjir Kondisi Existing dan Debit Banjir Hasil Optimasi

Pengaruh arahan pemanfaatan lahan pada setiap Sub DAS di dalam DAS Bango yang didasarkan pada model optimasi penggunaan lahan yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 sampai dengan Tabel 3.12 dan Gambar 1 memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan debit banjir. Analisis yang telah diuraikan diatas menunjukkan bahwa peramalan banjir rencana dan arahan pemanfaatan lahan melalui model optimasi dapat menurunkan debit banjir pada setiap Sub DAS di dalam DAS Bango, yaitu Sub DAS Sumber Awan  $-10,998 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-13,22%), Sub DAS Klampok  $-39,951 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-43,40%), Sub DAS Jurang Tamu  $-50,481 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-45,03%), Sub DAS Genitring  $-21,899 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-26,42%), Sub DAS Bodo  $-37,674 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-37,67%), Sub DAS Mewek  $-15,258 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-24,97%), Sub DAS Mati  $-93,096 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-48,82%), Sub Sari  $-10,483 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-26,69%), Sub DAS Sumpil  $-15,422 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-36,26%), Sub DAS Wendit  $-37,847 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-23,84%), dan Sub DAS Lahor  $-22,035 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-58,97%), dan Sub DAS Bango sebesar  $-9,134 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-26,83%). Secara rerata dari seluruh Sub DAS yang ada di dalam DAS Bango, dapat dinyatakan bahwa hasil optimasi penggunaan lahan ini memberikan penurunan debit banjir sebesar  $-30,356 \text{ m}^3/\text{detik}$  (-34,34%) terhadap debit banjir dalam kondisi existing. Arahan pemanfaatan lahan yang didasarkan pada peramalan banjir rencana dan alokasi luas jenis penggunaan lahan ini dapat digunakan sebagai landasan pengendalian banjir pada setiap Sub DAS di dalam DAS Bango yang ditunjukkan dengan adanya penurunan debit banjir tersebut.

## SIMPULAN.

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Arahkan pemanfaatan lahan untuk pengembangan daerah permukiman adalah Sub DAS Sumber Awan (11,93%), Klampok (11,49%), Jurang Tamu (4,9%), Genitring (13,98%), Bodo (4,98%), Mewek (1,05%), Mati (19,93%), Sari (1,26%), Sumpil (9,62%), Wendit (5,01%), dan Bango (20,00%).
2. Arahkan pemanfaatan lahan untuk kawasan hutan dapat diarahkan pada Sub DAS Sumber Awan (11,89%), Mewek (21,61%), Mati (0,27%), dan Wendit (4,83%).
3. Alokasi luas penggunaan lahan perkebunan dapat diarahkan pada Sub DAS Sumber Awan (11,89%), Klampok (27,90%), Jurang Tamu (33,96%), Genitring (25,01%), Bodo (32,60%), Mati (7,82%), Sari (12,56%), Wendit (13,96%), Lahor (11,46%), dan Bango (8,46%)
4. Arahkan pemanfaatan lahan untuk sawah irigasi diarahkan pada Sub DAS Sumber Awan (11,95%), Mati (16,05%), dan Wendit (5%), sedangkan untuk lahan sawah tadah hujan pada Sub DAS Genitring (10%), Bodo (5,21%), Mati (1,58%), dan Sumpil (6,46%).
5. Pengembangan kawasan untuk lahan terbuka/rerumputan dapat diarahkan pada Sub DAS Sari (8,88%), sedangkan untuk lahan tegalan pada Sub DAS Sumpil (2,34%).
6. Arahkan pemanfaatan lahan setiap Sub DAS yang didasarkan pada karakteristik fisik DAS memberikan pengaruh nyata terhadap keseimbangan tata air, yang ditunjukkan dengan penurunan debit banjir hasil optimasi terhadap debit banjir rencana kondisi existing secara merata sebesar  $-50,27 \text{ m}^3/\text{detik}$  ( $-77,09\%$ ), sehingga dapat digunakan sebagai landasan pengendalian banjir pada DAS Bango.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M.R., 2002, Estimasi Koefisien Limpasan Berdasarkan Citra Foto Udara Pankromatik Hitam Putih Melalui Pendekatan Karakteristik Fisik Permukaan Lahan (Studi Kasus di Kotamadya Yogyakarta), J. Teknik, IX (2): 91-89.
- Aronoff, S., 1989, Geographic Information System, A Management Perspective, WDL, Publication Ottawa, Canada.
- Belmonte, A.C., Gonzales, J. M., Mayorga, A. V., dan Fernandes, S. C., 1999, GIS Tool Applied to the Sustainable Management of Water, Application to the Aquifer System 08-29, J. Agriculture Water Management, 40:207-220.
- Calder, I.R., 1995, The Impact of Land Use Change on Water Resources in sub-Saharan Africa : a Modelling Study of Lake Malawi, J. Hydrology, 170:123-135.
- Gupta, R.S., 1989, Hydrology and Hydraulic Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hameed, S.M.A., Awad, N. M., ElMoghraby, A. I., Hamid, A. A., Hamid. S. H., Osman, O. A., 1997, Watershed Management in the Dinder National Park, Sudan, J. Agriculture And Forest Meteology, 84: 89-96.
- Kodoatie, R.J. dan Sugianto, 2002, Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendalinya dalam Perspektif Lingkungan, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Liong, S., 1991, Introduction to Urban Hydrology, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.**
- Mays, L.W. dan Tung, Y.K. , 1992, Hydrosystems Engineering And Management, McGraw-Hill Inc, New York.
- Metcalf dan Eddy, 1978, Wastewater Engineering, Collection Treatment Disposal, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd, New Delhi.

- Nandakumar, N. dan Mein, R.G., 1997, Uncertainty in Rainfall-Runoff Model Simulations and the Implications for Predicting the Hydrologic Effects of Land-Use Change, *J. Hydrology*, 192: 211-232.
- Paloscia, S., Pampaloni, P., Macelloni, G., dan Sigismondi, S., 1999, Microwave Remote Sensing of Hydrological Parameters on the NOPEX Area, *J. Agriculture And Forest Meteorology*, 98-99: 375-387.
- Radovic, G., 1996, Canal Design by Dynamic Programming, *J. Irrigation and Drainage Engineering*, 122: 59-63.
- Sample, D.J., Heaney, J. P., Wright, L. T., dan Koustas, R., 2001, Geographic Information Systems, Decision Support Systems, and Urban Storm-Water Management, *J. Water Resources Planning and Management*, 127 (3):155-161.
- Sapirin, I., 2003, Identifikasi Penggunaan lahan dengan menggunakan Citra Landsat Thematic Mapper, *Bulletin Teknik Pertanian*, Vol. 8 Nomor 2.
- Savenije, H.H.G., 1996, The Runoff Coefficient as the Key to Moisture Recycling, *J. Hydrology*, 176:219-225.
- Seyhan, E., 1977, The Watershed as an Hydrology Unit, *Geografisch Instituut Transitorium II Heidelberglaan 2, Utrecht, Netherland*.
- Sosrodarsono, S., 1983, *Hidrologi untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Snyder, F. F., 1938, Synthetic Unit Hydrograph, *Am. Geophysic Union*, 19, Part 2:447-454.
- Sri Harto, BR, 1989, *Analisis Hidrologi*, PAU-IT UGM, Yogyakarta.
- Subarkah, I., 1980, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Sudjarwadi, 1991, *Sistem Hidrologi dan Drainasi*, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Soemarto, 1995, *Hidrologi Teknik edisi ke-2*, Erlangga, Jakarta.
- Sunyoto, 1991, *Rancangan dan Perhitungan Peresapan Buatan*, PAU-IT UGM, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, 1991, *Analisis Sumur Resapan Serta Pengembangannya*, PAU-IT UGM, Yogyakarta.
- Sutanto, 1977, *Pemanfaatan Teknik Teledeteksi untuk Penyadapan Penggunaan Lahan*, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, 1987, *Penginderaan Jauh, Jilid 1 dan 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tambunan, M. P., 2002, Flood Modelling Ular Watershed in North Sumatera, *IAPRS, Vol.XXXIV, Part 2, Commission II*.
- Tjahyadi, D., 1999, *Aturan Konservasi Lahan dan Rehabilitasi Lahan serta Peranan Masyarakat dalam Pelestarian Sumberdaya Air, PIT XVI, HATHI, Bengkulu*.