

PENGELOLAAN DAERAH TANGKAPAN AIR & RESTORASI HUTAN LINDUNG

**Disusun oleh:
Yayasan Operasi Wallacea Terpadu (OWT)**

September, 2017



MANUAL

PENGELOLAAN DAERAH TANGKAPAN AIR DAN RESTORASI HUTAN LINDUNG



Disusun oleh:
Operasi Wallacea Terpadu (OWT)

September 2017

Daftar Isi

	Hal
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii

Bab I

Pendahuluan	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Tujuan	3

Bab 2

Konsep Daerah Tangkapan Air	5
2.1. DAS: Cekungan Peresapan dan Pengaliran Air	6
2.2. DAS: Cekungan Pengontrol Aliran Permukaan	10
2.3. DAS: Batas Alam VS Batas Administratif	11
2.4. DAS: Sebagai Ekosistem dan Unit Pengelolaan Sumberdaya Alam	13
2.5. DAS sebagai Sistem Hidrologi	16
2.6. Konsep Daerah Tangkapan Air (DTA)	21
2.7. Hubungan Air Tanah dan Aliran Sungai	22
2.8. Pengelolaan DAS	23

Bab 3

Prinsip Rehabilitasi Vegetatif	27
---------------------------------------	-----------

Bab 4

Peranan Ekosistem Hutan dalam Perlindungan DTA	33
4.1. Siklus Air pada Lahan Berhutan	33
4.2. Hutan sebagai Pengatur Tata Air	35

	Hal
4.2.1. Tegakan pohon	36
4.3.2. Tanah hutan	37
4.3.3. Bentang lahan	38
4.3. Hutan sebagai Pengatur dan Penghasil Air	40
4.4. Hutan dan Pengendalian Banjir	41
4.5. Rehabilitasi Vegetatif sebagai Solusi Jangka Panjang	43

Bab 5

Keutamaan Rehabilitasi Vegetatif	47
5.1. Disintensifikasi Lahan	47
5.2. Penterasan Lahan	49
5.3. Pengendali Jurang dan Penampungan Sedimen	52
5.4. Perlindungan Sempadan Sungai	52

Bab 6

Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA)	57
Tanah, Sumberdaya tidak dapat diperbaharui	60
Pengertian Tanah	60
Kerusakan tanah	62
Erosi Tanah	63
Pengertian Konservasi Tanah Dan Air (KTA)	68
(1). Metoda Vegetatif	69
(2). Metode Mekanik/Sipil Teknis	70
(3). Metode kimia	70
Konsep KTA Modern	70
(1). Tanpa pengolahan (<i>No tillage</i>)	71
(2). Pertanian Konsevasi (<i>Conservation Agriculture</i>)	71
(3). Sustainable land management (SLM)	72

	Hal
Alternatif Teknik Konservasi Tanah dan Air	72
(1). Terasering (<i>Terrace</i>)	73
(2). Saluran Pembuangan Air (<i>Drainage ditch</i>)	74
(3). Mulsa (<i>Mulching</i>)	74
(4). Penanaman dalam strip (<i>Strip plantation</i>)	75
(5). Jalur hijauan/pertanaman lorong (<i>Green barrier/hedge row/alley cropping</i>)	75
(6). Rorak (<i>Silt pit</i>)	76
(7). Embung	77
(8). Dam penahan (<i>Gully Plug</i>) dan Dam pengendali (<i>Check dam</i>)	79
 Bab 7	
Restorasi Hutan	83
Metode Restorasi Ekosistem Hutan	86
1. Fase Diagnostik	86
2. Fase Peningkatan Kapasitas	89
3. Fase Kolaborasi Pengelolaan	90
4. Fase Exit Strategy	92
 Daftar Pustaka	95

Daftar Tabel

	Hal
Tabel 3.1. Kronologi Rehabilitasi Lahan	28
Tabel 4.1. Fungsi DTA hutan, pengaruh aktifitas manusia serta waktu pulih (<i>recovery time</i>) yang diperlukan untuk mengembalikan fungsi hutan	39
Tabel 5.1. Kronologis: dari intensifikasi menuju disintensifikasi	48
Tabel 5.2. Keutamaan Rehabilitasi Vegetatif dibandingkan Sipil Teknik	51

Daftar Gambar

	Hal
Gambar 2.1. Cekungan permukaan bumi diibaratkan sebagai mangkuk air	7
Gambar 2.2. DAS sebagai unit hidrologi	8
Gambar 2.3. Perbandingan luas DAS (ribu km ²) beberapa sungai besar di Sumatera, Kalimantan dan Jawa	9
Gambar 2.3. DAS membatasi aliran permukaan, aliran bawah permukaan dikontrol oleh struktur dan formasi geologi	10
Gambar 2.4. Batas DAS dan Cekungan Air Tanah	11
Gambar 2.5. Batas DAS Vs Batas Administratif	12
Gambar 2.6. Peta Wilayah Pengaliran Sungai Provinsi Jawa Tengah	12
Gambar 2.7. Komponen ekosistem DAS (Asdak, 2007)	16
Gambar 2.8. Siklus Hidrologi	19
Gambar 2.9. Konsep ordo sungai sesuai Strahler	21
Gambar 2.10. Satu DAS terbagi kedalam banyak Sub-DAS	22
Gambar 2.11. Karakteristik Aliran Sungai (Asdak, 2007)	23
Gambar 4.1. Siklus Air Pada Lahan Berhutan	35
Gambar 4.2. Cloud Forest	42
Gambar 5.1. Berbagai bentuk penterasan lahan : Teras Bangku (A), Teras Gulud (B), Teras Individu (C), Teras Kebun (D)	49
Gambar 5.2. Respon kerusakan dan perbaikan sempadan sungai terhadap tata air	53
Gambar 6.1. Susunan horizon tanah	61
Gambar 6.2. Salah satu betuk kerusakan lahan pertanian	63
Gambar 6.3. Visualisasi kehilangan tanah	65
Gambar 6.4. Faktor-faktor erosi	67
Gambar 6.5. Konservasi tanah pada lahan miring	69

	Hal
Gambar 6.6. Alternatif teknik konservasi tanah sipil teknis berdasarkan kemiringan lereng (Hudson, 1995)	73
Gambar 6.7. Teras bangku pada lahan miring (kiri) dan jenis penguat tampingan teras (kanan)	73
Gambar 6.8. Saluran Pembuangan Air pada Teras Bangku	74
Gambar 6.9. Penggunaan mulsa pada tanaman kentang	75
Gambar 6.10. Jalur rumput/ <i>grass barrier</i> (kiri) dan gamal (kanan)	76
Gambar 6.11. Rorak (<i>silt Pit</i>) dengan tongkat berskala pada lahan hortikultura di Gowa	77
Gambar 6.12. Sketsa Disain Embung (Direktorat Irigasi Pertanian 2017)	78
Gambar 6.13. Embung	79
Gambar 6.14. Dam penahan susunan batu	79
Gambar 6.15. Dam pengendali	80



Bab I

Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Air merupakan kebutuhan paling esensial yang tidak dapat digantikan dengan benda apapun. Bahkan, tidak ada benda yang dapat digunakan untuk mensubstitusi air yang kebutuhannya terus meningkat, maka satu-satunya alternatif pilihan dalam meningkatkan ketersediaan baik secara temporal maupun ruang hanyalah dengan perbaikan kesehatan ekosistem baik secara alami maupun buatan, sedemikian rupa sehingga mampu menahan dan menyimpan air dengan lebih baik, selain memperbaiki budaya boros air pada saat terjadi surplus.

Kerusakan lingkungan berdampak kepada krisis air, kondisi ini dipercepat oleh tingginya pertumbuhan penduduk. Bencana banjir, longsor, kekeringan dan kebakaran hutan yang menjadi persoalan klasik membuktikan degradasi lingkungan yang terus meningkat. Otonomi daerah terkadang menghambat kesatuan kerja antara pusat, provinsi dan kabupaten (kota) berakibat pada kendornya pengelolaan sumberdaya alam yang berdampak pada krisis air.

Tema Hari Air Sedunia setiap tanggal 22 Maret dari tahun ke tahun mengindikasikan krisis air, Dunia sebut diantaranya: *Coping with Water Scarcity* (Mengatasi Kelangkaan Air), *Water for Life*, *Water and Disaster*. Hari Lingkungan sedunia juga mengambil isu air, misal: *Water-Two Billion People are dying for it*, Hari Bumi juga mengangkat *Water for Life*. Jelas bahwa masalah ketersediaan air sesuai jumlah dan waktu telah menjadi masalah dunia. Periksa Kotak 1.

Permasalahan utama penyediaan air bersih adalah terbatasnya pasokan air permukaan (air sungai) dan tingginya ketergantungan air tanah. Idealnya pengambilan air tanah hanya sebagai suplemen dari air permukaan. Pengambilan air tanah secara berlebihan berdampak pada rembesan air sungai yang mencemari air tanah. Di Eropa, perlindungan air tanah

mendapatkan perhatian sangat serius, penggunaan pestisida dan pupuk di lahan pertanian dibatasi secara ketat untuk melindungi air tanah dari pencemaran limbah pertanian.

Pengambilan air tanah di kota-kota besar di Indonesia dilakukan secara intensif. Tidak terhitung hotel dan industri yang memiliki lebih dari satu sumur produksi. Bahkan ada perusahaan yang ditemukan memiliki lebih dari 20 sumur dengan laju ekstraksi 8,000 m³ per hari ! Kondisi ini berdampak pada intrusi air sungai, intrusi air laut dan penurunan permukaan tanah.

Air tanah sering disebut sebagai sumberdaya terbarukan, walaupun proses pembentukannya memerlukan waktu lama, bisa puluhan bahkan ribuan tahun. Apabila air tanah mengalami kerusakan dan kemerosotan, proses pemulihannya memerlukan biaya sangat tinggi dan waktu lama dan tidak mungkin kembali pada kondisi semula. Dengan demikian, air tanah sebetulnya merupakan sumberdaya yang tidak terbarukan.

Berbicara tentang air, maka tidak dapat dipisahkan dari bagaimana pergerakan air tersebut di atas maupun di dalam lapisan tanah. Pergerakan air di atas lapisan tanah akan dibatasi oleh Daerah Aliran Sungai yang biasa di kenal dengan istilah DAS.

Terminologi (istilah) *Daerah Aliran Sungai* (DAS) mulai populer di Indonesia sejak tahun 70-an, khususnya setelah Lokakarya Nasional Pengelolaan DAS pertama yang berlangsung di Bogor pada tahun 1978. Walaupun istilah ini telah begitu populer dan banyak dipakai oleh media, namun hingga kini, pengertian DAS secara tepat masih belum banyak difahami oleh masyarakat, khususnya mereka yang tidak bekerja atau pernah bersinggungan dalam kegiatan rehabilitasi DAS. Dalam keseharian, awam menggunakan istilah DAS sebagai pengganti kata *sungai* atau *sempadan sungai* (kiri kanan sungai). Kesalah-fahaman ini telah menjadi salah-kaprah (*common mistake*) yang mengaburkan prinsip penting dari konsep DAS.

Kesalahpahaman ini nampaknya disebabkan oleh ketidak tepatan penterjemahan terminologi DAS yang diambil dari pustaka berbahasa Inggris. DAS sering disebut dengan menggunakan empat terminologi: *catchment area* (daerah tangkapan air), *watershed area* (gudang air), *drainage basin* (cekungan pengaliran) dan *river basin* (lembah sungai). Keempat terminologi tersebut kemudian diterjemahkan menjadi 'daerah aliran sungai' yang disingkat dengan 'DAS', sebagian menyebut 'Daerah Pengaliran Sungai' disingkat DPS. Mungkin padanan istilah yang lebih mudah difahami adalah *daerah tangkapan air* atau *cekungan tangkapan air*.

Pemilihan padanan istilah yang tepat akan membantu pemahaman konsep secara lebih baik. Bagaimanapun, istilah DAS telah lama digunakan masyarakat luas bahkan telah diadopsi ke dalam Undang-Undang Sumberdaya Air (UU No 7//2004, sebagai pengganti UU No. 11/1974), sehingga yang mendesak untuk dilakukan bukanlah mengganti istilah namun lebih kepada pelurusan makna istilah.

Untuk itu manual ini berupaya untuk mengupas tuntas konsep DAS dan daerah tangkapan air (DTA) secara mendasar dan peranan rehabilitasi DTA dalam perlindungan sumber air. Salah satu upaya pemulihan DTA yang telah rusak dilakukan melalui restorasi ekosistem. Agar mudah difahami oleh berbagai kalangan, manual ini ditulis dengan bahasa sederhana dan populer, ringkas, diupayakan komprehensif dengan menggunakan banyak ilustrasi gambar.

1.2. Tujuan

Manual ini dimaksudkan untuk memberikan pemahaman konsep dasar Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Daerah Tangkapan Air (DTA) serta memberikan penyadaran pentingnya rehabilitasi vegetatif yang salah satunya dilakukan melalui kegiatan restorasi hutan dalam upaya perlindungan sumber air.



Bab 2

Konsep Daerah Tangkapan Air

Tantangan untuk mengelola lingkungan di mana kita hidup menjadi lebih kompleks dan sulit seiring pertumbuhan populasi manusia dan peningkatan kebutuhan akan sumber daya alam. Berbagai teknologi yang dikembangkan telah membuat kerusakan lingkungan dengan kecepatan yang lebih cepat dari masa lalu. Melalui teknologi, kita memiliki kapasitas yang lebih besar untuk memanfaatkan lahan dan air untuk keuntungan manusia, namun di sisi lain, kita juga memiliki kapasitas yang lebih besar untuk merusak atau menghancurkan lingkungan hidup. Pencemaran sumber daya air dan udara, penggundulan hutan skala besar yang terjadi, perusakan sumberdaya perairan, pengambilan air tanah yang berlebihan, dan berkurangnya sumber daya alam utama yang menjadi sumber penghidupan kita adalah bentuk-bentuk kerusakan yang sangat mudah dilihat (Gregersen, Ffolliott, & Brooks, 2007).

Namun demikian, pada saat bersamaan, peluang untuk menekan dan bahkan menghentikan laju degradasi dan perusakan serta menciptakan lingkungan yang lebih baik dan berkelanjutan juga meningkat. Pengetahuan baru dihasilkan setiap hari dari berbagai kegiatan penelitian dan pengalaman praktis di lapangan tentang bagaimana lingkungan bekerja, bagaimana sumber daya alam berinteraksi dan bagaimana orang mendapatkan apa yang mereka butuhkan dengan cara yang lebih ramah lingkungan. Teknologi informasi juga berkembang dengan cepat yang memungkinkan orang mempraktekkan pengetahuan baru lebih cepat dan lebih luas. Pemahaman mengenai kerusakan lingkungan dan bagaimana prosesnya dengan cepat bisa diterjemahkan ke dalam rencana dan tindakan untuk mencegah atau mengurangi kerusakan tersebut. Dalam era global seperti saat ini, keberhasilan dan atau praktek kegagalan pengelolaan lahan dan air dapat diinformasikan dan disebarakan dengan lebih mudah dan cepat melalui penggunaan teknologi informasi.

Fakta menunjukkan bahwa kawasan hutan dari tahun ketahun terus mengalami penurunan kualitas maupun kuantitas. Akibat dari kerusakan hutan dan pola hidup masyarakat hulu yang cenderung bertentangan dengan kaidah pelestarian fungsi hulu dalam sistem DAS, setiap kejadian banjir, kekeringan, erosi, dan sedimentasi, hutan di hulu DAS dan masyarakat disekitarnya menjadi tertuduh yang seringkali tidak punya alibi. Kerusakan hutan dan pola masyarakat yang subsisten dalam mengelola lahan menjadi dakwaan yang sukar di bantah. Kerusakan hutan yang terjadi sampai dengan saat ini sering menjadi "tertuduh utama" dari terjadinya berbagai gangguan dalam sistem DAS seperti banjir, longsor, dan kekeringan. Tidak bisa dipungkiri bahwa kondisi hutan di berbagai daerah yang berada di hulu DAS dari ke hari semakin merosot baik dalam luas maupun kualitasnya. Berbagai masalah gangguan hutan seperti perambahan hutan, dan pengebangan liar nampak terlihat di berbagai kawasan hutan.

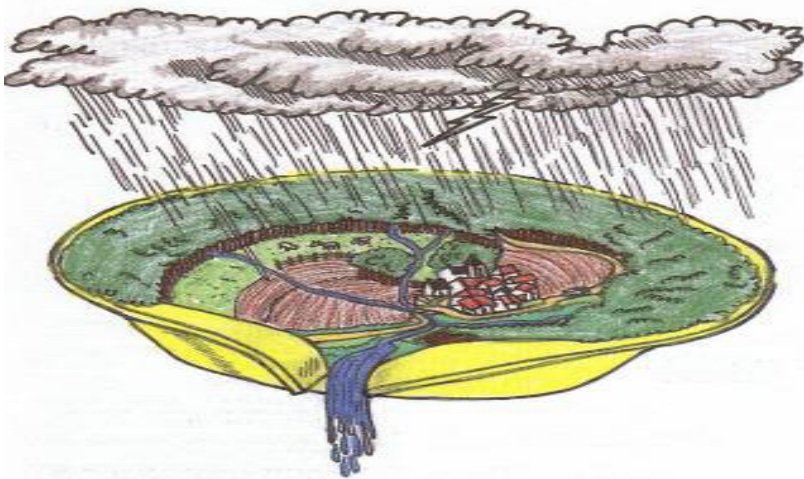
Pada kenyataannya, sampai dengan saat ini kegiatan pengelolaan DAS baik pada tataran perencanaan, implementasi, maupun monitoring dan evaluasi, lebih sering hanya sampai pada tingkat DAS dan Sub DAS. Hal ini umumnya terkait dengan data yang tersedia, maupun biaya, tenaga dan alokasi waktu. Nilai manfaat yang selalu dikembangkan adalah nilai manfaat yang penikmatnya adalah masyarakat di bagian tengah maupun hilir DAS. Nilai hasil air selalu dikaitkan dengan nilai untung rugi yang sampai ke hilir : PLTA, irigasi, PDAM, maupun banjir perkotaan. Perhatian ke nilai manfaat hasil air untuk masyarakat hulu sendiri masih belum banyak menjadi perhatian. Hubungan antara hulu DAS (hutan) dengan masyarakat di sekitarnya/di dalamnya yang muncul adalah hanya hubungan timbal balik negatif, perambahan, pencurian, kebakaran, pemiskinan, dan lainnya. Sehingga tidak heran apabila pada level bawah (masyarakat), hampir tidak pernah ada hubungan antara hulu dan hilir. Bahkan dalam pikiran masyarakat hulu yang muncul adalah pikiran untuk apa saya menjaga hutan kalau hanya untuk menghasilkan manfaat yang hanya dirasakan masyarakat di hilir?

2.1 DAS: Cekungan Peresapan dan Pengaliran Air

Dilihat dari udara, permukaan bumi terdiri atas cekungan-cekungan (*basin*) yang mengatur (mengontrol) arah aliran curah hujan yang jatuh ke tanah sesuai dengan gaya gravitasi bumi. Aliran curah hujan yang jatuh di permukaan bumi yang tidak sempat meresap ke dalam tanah dan mengalir menuju saluran drainase (baik alami maupun buatan) disebut sebagai aliran permukaan (*surface run-off/overland flow*). Aliran permukaan mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah mengikuti bentuk cekungan permukaan bumi. Sebagian aliran permukaan, dalam perjalanannya, akan meresap ke dalam tanah pada saat sifat fisik tanah, kelerengan dan kondisi penutupannya kondusif untuk terjadinya peresapan air (*infiltration*). Sebagian akan terus

mengalir menuju kaki-kaki bukit, lembah-lembah cekungan, mengumpulkan membentuk alur-alur pengaliran yang kemudian berkembang menjadi sungai-sungai kecil. Kumpulan aliran air yang berasal dari alur dan sungai-sungai kecil berkembang menjadi sungai yang lebih besar dan seterusnya, hingga akhirnya bermuara ke laut, danau atau penampungan alami/buatan lainnya.

Cekungan alami, dapat diibaratkan sebagai sebuah mangkuk air yang diletakkan dalam posisi miring, memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai *penampung* dan *pengaliran* air. Pada saat terjadi hujan, sebagian curah hujan tertampung ke dalam mangkuk, apabila mangkuknya telah penuh air, maka air akan meluber.

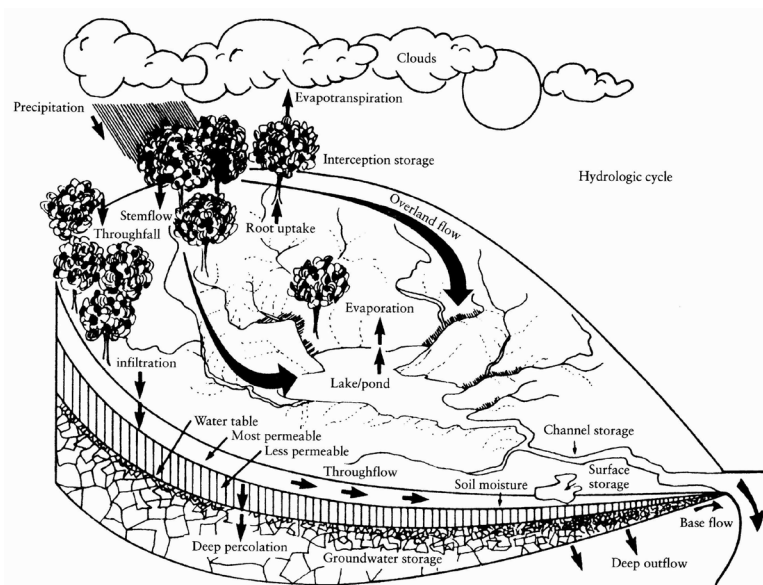


Gambar 2.1. Cekungan permukaan bumi diibaratkan sebagai mangkuk air

Sifat cekungan adalah menangkap, meresapkan dan mengalirkan curah hujan (*catchment area*). Kondisi dan karakteristik cekungan mempengaruhi besarnya proporsi curah hujan yang mampu meresap maupun yang mengalir sebagai aliran permukaan menuju ke laut. Cekungan yang memiliki penutupan vegetasi yang baik dan memiliki kondisi tanah dan batuan yang kondusif terjadinya peresapan air akan mampu berperan sebagai gudang air (*watershed area*) yang mampu menangkap curah hujan dalam jumlah besar. Sebaliknya cekungan yang telah rusak, penutupan lahannya didominasi oleh pemukiman dan perkotaan (*built-up area*) atau didominasi oleh kelerengan terjal dan batuan kedap air lebih berperan sebagai wilayah pengaliran (*drainage area*) daripada peresapan air (*recharge area*).

Konsep cekungan sebagaimana diuraikan di atas disebut sebagai *Daerah Aliran Sungai (DAS)*, yang sering didefinisikan:

‘Daerah yang dibatasi oleh batas topografi (punggung-punggung bukit) dimana air hujan yang jatuh di permukaan bumi mengalir ke sungai-sungai kecil, kemudian ke sungai utama menuju ke laut’

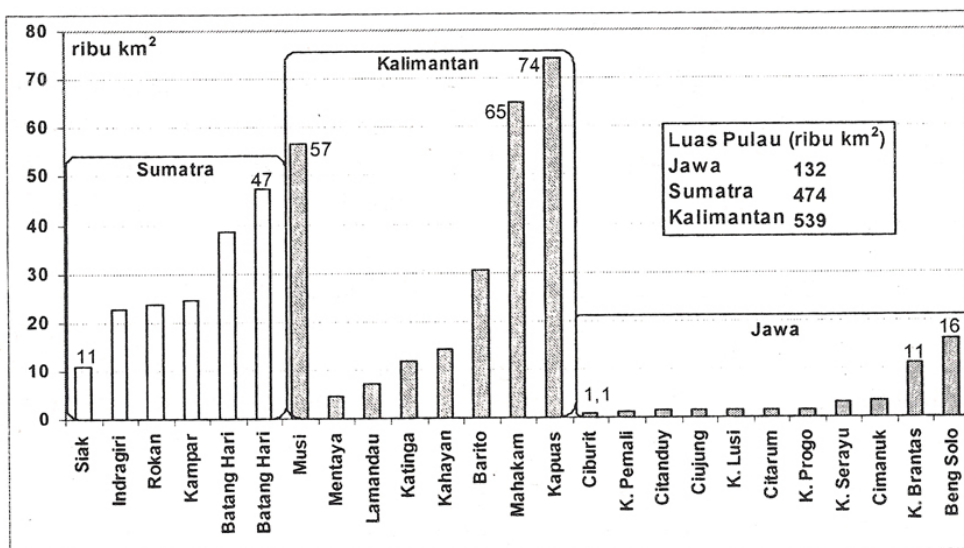


Gambar 2.2. DAS sebagai unit hidrologi

Daerah aliran sungai juga diartikan sebagai wilayah daratan dimana semua curah hujan yang jatuh mengalir menuju satu tempat melalui satu aliran yang sama dalam satu wilayah yang dibatasi oleh topografi (Edwards, Williard, & Schoonover, 2015). Dalam PP 26 tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional dan PP 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS, daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai *suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan*. Apabila melihat batasan tersebut jelas sekali bahwa DAS adalah suatu sistem hidrologi. Baik tidaknya suatu DAS dinilai dari optimalisasi fungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air dari curah hujan secara alami ke danau atau sungai dan akhirnya ke laut.

Luas DAS bervariasi, sesuai dengan panjang sungai utama, semakin panjang sungai semakin luas DAS. Semakin besar ukuran pulau, semakin luas ukuran DAS. **Gambar 3.** menunjukkan bahwa DAS di Pulau Jawa, karena luas daratan, memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan Sumatera dan Kalimantan. Semakin panjang dan luas DAS, semakin besar peluang

pemanfaatan sumberdaya airnya. Jarak yang relatif pendek antara hulu dan hilir pada sungai-sungai di Pulau Jawa dan pulau kecil lainnya, membuat kesempatan pemanfaatannya lebih kecil, di lain pihak semakin sulit upaya pengendalian banjir yang ditimbulkan.



Gambar 2.3. Perbandingan luas DAS (ribu km²) beberapa sungai besar di Sumatera, Kalimantan dan Jawa.

DAS biasa dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir.

Karakteristik biogeofisik, daerah DAS hulu: **(a)** topografi terjal, berbukit dan bergunung; **(b)** memiliki kerapatan drainase tinggi; **(c)** bukan merupakan daerah banjir; **(d)** sungai lurus dan kecepatan alirannya tinggi; **(e)** biasanya didominasi oleh penutupan vegetasi alami (hutan).

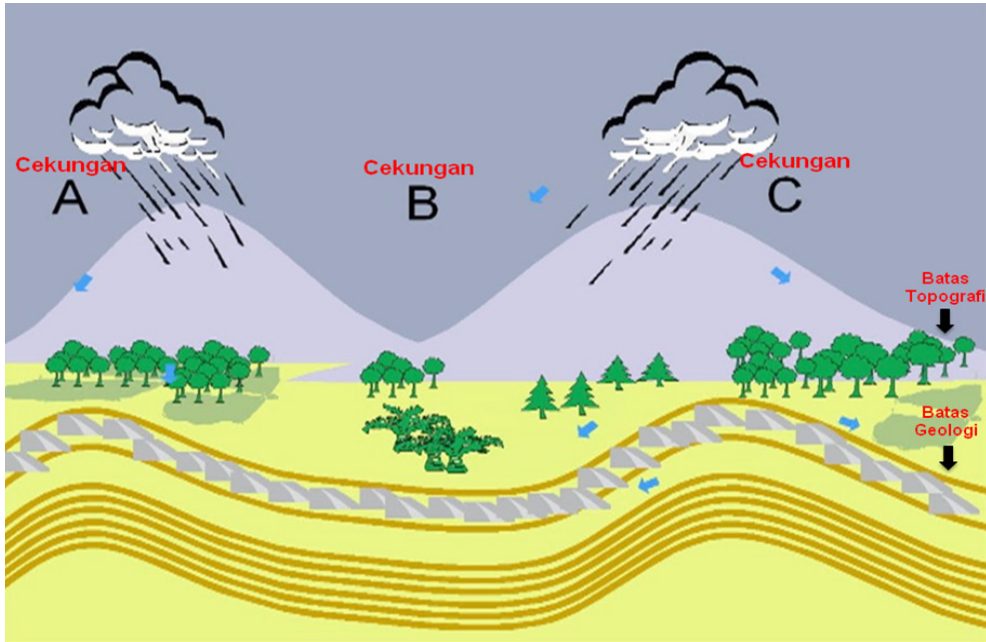
Karakteristik biogeofisik DAS Hilir: **(a)** topografi landai; **(b)** kerapatan drainase rendah; **(c)** merupakan daerah banjir; **(d)** sungai berkelok-kelok (*meandering*); **(e)** pengaturan air diatur oleh saluran irigasi; **(f)** biasanya didominasi oleh sawah dan perkotaan.

Karakteristik DAS bagian tengah merupakan wilayah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik tersebut

DAS hulu merupakan bagian terpenting, karena mempunyai fungsi perlindungan, baik dari segi tata air maupun tata tanah terhadap keseluruhan bagian DAS. DAS hulu seringkali menjadi fokus perencanaan konservasi dan rehabilitasi DAS.

2.2. DAS: Cekungan Pengontrol Aliran Permukaan

DAS hanya mengontrol aliran permukaan (*surface run-off*), DAS tidak mengontrol aliran di bawah permukaan (*sub-surface flow/inter-flow*), maupun aliran air tanah (*groundwater flow*). Kedua aliran tersebut dikontrol oleh struktur dan formasi geologi.



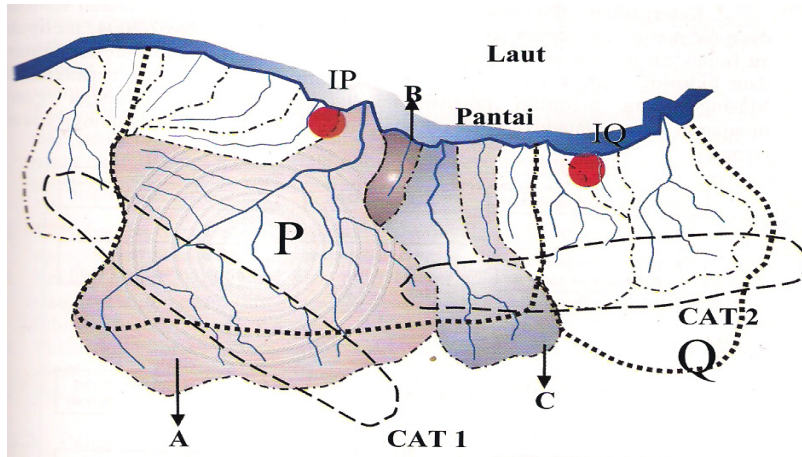
Gambar 2.3. DAS membatasi aliran permukaan, aliran bawah permukaan dikontrol oleh struktur dan formasi geologi.

Undang-Undang Sumberdaya Air menyebutkan dua komponen utama sumberdaya air, pertama adalah air permukaan (*surface water*) dan kedua adalah air tanah (*groundwater*).

Pengelolaan air permukaan dilakukan berdasarkan konsep *Satuan Wilayah Sungai* (SWS) yang didefinisikan sebagai:

Kesatuan sumberdaya air yang dapat merupakan satu atau lebih daerah aliran sungai (DAS) dan atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2000 km².

Air permukaan adalah semua air yang terdapat di atas permukaan tanah, yaitu air yang berada pada sistem irigasi, dalam sistem drainase, air waduk, danau, kolam, rawa termasuk air hujan dan air laut yang berada di darat.



Gambar 2.4. Batas DAS dan Cekungan Air Tanah

Pengelolaan air tanah dilakukan berdasarkan Cekungan Air Tanah (CAT) yang didefinisikan sebagai:

'Wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan (recharge), pengaliran dan pelepasan (discharge) air tanah berlangsung'.

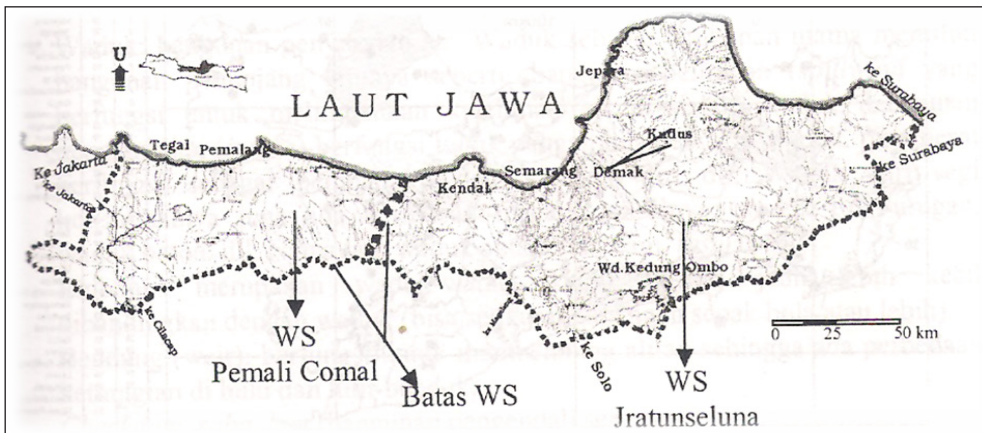
Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan dibawah permukaan tanah (UU No. 7/2004), merupakan sumberdaya yang terbatas dan kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas serta sulit dipulihkan.

2.3. DAS: Batas Alam VS Batas Administratif

Sebagaimana diuraikan di atas, DAS merupakan batas alam (*natural boundary*), karena itu wilayahnya bisa bersifat lintas batas administratif yang ditentukan berdasarkan pertimbangan sejarah, etnis atau politik. Satu DAS, karena itu bisa bersifat lintas kabupaten, provinsi, bahkan negara.



Gambar 2.5. Batas DAS Vs Batas Administratif



Gambar 2.6. Peta Wilayah Pengaliran Sungai Provinsi Jawa Tengah

Satuan Wilayah Sungai (SWS) terdiri dari beberapa DAS yang saling berdekatan dan bersifat strategis (SWS strategis nasional), dalam satu kabupaten (SWS dalam satu kabupaten), lintas kabupaten (SWS lintas kabupaten), provinsi (SWS lintas provinsi) dan negara (SWS lintas negara) sehingga perlu ditetapkan wewenang dan tanggung-jawab pengelolaanya.

Penetapan SWS strategis nasional ditetapkan berdasarkan; (a) Potensi sumberdaya air WS dibandingkan dengan potensi sumberdaya air provinsi lebih besar atau sama dengan 20%; (b) Banyaknya sektor yang terkait dengan sumberdaya air pada WS paling kurang 16 sektor dan jumlah penduduk dalam WS paling kurang 30% dari jumlah penduduk tingkat provinsi; (c) Besarnya dampak terhadap pembangunan nasional, baik dari sisi sosial, ekonomi dan lingkungan hidup; (d) Besarnya dampak negatif sebagai akibat daya rusak air terhadap pertumbuhan ekonomi sekurang-kurangnya sebesar 1% dari Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) tingkat provinsi.

Sebagai ilustrasi: SWS *Jeneberang* di Provinsi Sulawesi Selatan, merupakan SWS strategis yang terdiri dari 8 DAS; SWS *Pulau Laut* terletak di Kabupaten Kota Baru, Kalimantan, merupakan SWS yang berada dalam satu kabupaten dan terdiri atas 11 DAS; SWS *Silaut-Tarusan* di Provinsi Sumatra Barat merupakan SWS lintas kabupaten yang terdiri atas 6 DAS; SWS *Alas-Singkil* merupakan SMS lintas Provinsi Aceh dan Sumatra Utara yang terdiri dari 5 DAS; SWS *Membramo-Tani-Apawar* merupakan SWS lintas negara, Papua dan Papua Nugini yang terdiri dari 17 DAS.

Berdasarkan *Peraturan Menteri PU No. 39/PRT/1989*, Indonesia terbagi dalam 90 Satuan Wilayah Sungai (SWS) yang meliputi lebih dari 5,900 DAS. SWS skala besar terdapat di Papua, Sulawesi, Kalimantan dan Sumatra. Setelah penetapan kriteria pembentukan wilayah sungai (*Permen PU No 11/PRT/M/2006*), batas SMS direvisi dan mengalami pembengkakan jumlah dari 90 menjadi 133.

2.4. DAS: Sebagai Ekosistem dan Unit Pengelolaan Sumberdaya Alam

Curah hujan di Indonesia didominasi oleh tipe curah hujan konvektif yang memiliki dua sifat utama, yaitu: memiliki *intensitas tinggi* dan terjadi dalam *waktu yang pendek*. Curah hujan diukur dengan satuan *mm*, yaitu akumulasi ketebalan air yang tertampung pada alat penakar hujan. Intensitas hujan didefinisikan sebagai akumulasi ketebalan hujan (mm) per satuan waktu (menit, jam, hari, bulan).

Rata-rata curah hujan di Indonesia berkisar antara 2,500-3,000 mm per tahun. Hujan bulanan di musim hujan berkisar antara 300-400 mm. Sedangkan hujan harian bisa mencapai 100 mm, artinya sepertiga atau seperempat hujan bulanan bisa turun hanya dalam tempo satu hari, bahkan mungkin hanya terjadi selama beberapa jam. Hal ini menunjukkan betapa tingginya intensitas hujan di Indonesia.

Tingginya intensitas hujan memberikan implikasi penting terhadap rendahnya kapasitas cekungan (DAS) dalam meresapkan air, karena hujan yang terjadi dengan intensitas tinggi secara cepat (sekitar 30 menit) menurunkan kapasitas peresapan tanah. Struktur dan pori-pori tanah yang siap untuk meresapkan air, setelah lama tidak turun hujan, segera tertutup oleh tingginya energi kinetik tetesan hujan (*rain-drop*) dan tertutup (*clogging*) oleh butiran-butiran tanah yang mengalir cepat begitu hujan turun. Lapisan keras di permukaan tanah yang terbentuk oleh tetesan dan aliran permukaan (*sealing*) mengurangi kapasitas peresapan tanah, sehingga aliran permukaan segera akan timbul setelah turunnya hujan yang terjadi dengan intensitas tinggi.

Rendahnya kapasitas peresapan cekungan, membuat hanya sekitar 10-15% dari curah hujan yang jatuh dapat diresapkan. Artinya, walau negeri ini dikarunia oleh curah hujan yang besar tetapi hanya sedikit yang mampu diresapkan oleh DAS-DAS di Indonesia. Jumlah efektif air yang bisa diresapkan, dalam kondisi DAS yang masih baik, adalah bersesuaian dengan wilayah temperate (beriklim sedang) yang memiliki curah hujan tahunan seperempat (sekitar 700-800 mm per tahun) dari curah hujan Indonesia.

Tetesan hujan dan aliran permukaan bersifat merusak (*erosive*), menghancurkan (mendispersi) butir-butir tanah dan mengalirkannya menuju kaki bukit dan lembah dan saluran-saluran air. Pengikisan tanah yang terjadi secara merata setelah turunnya hujan disebut sebagai erosi permukaan (*surface erosion*), hal ini yang membuat aliran sungai di Indonesia, walau berada di hulu sungai menjadi cepat keruh segera setelah hujan turun. Kondisi ini berbeda dengan kondisi sungai-sungai di wilayah temperate yang tetap jernih pada saat hujan. Rendahnya intensitas hujan, membuat proses erosi terkendali.

Erosi permukaan terdiri atas erosi lembar (*sheet erosion*) dan alur (*riil-erosion*). Alur-alur yang terbentuk memotong garis kontur, pada tanah yang peka terhadap erosi seperti tanah alluvial, lithosol, regosol, andosol, podsol, hidromorphik kelabu, bisa berkembang menjadi erosi jurang (*gully-erosion*). Sebagian tanah yang tidak stabil, khususnya pada lereng terjal, guyuran curah hujan yang terjadi secara terus menerus sering menimbulkan tanah longsor (*land-slide*) dan berbagai bentuk aliran masa tanah lainnya (*mass-wasting*). Erosi jurang dan erosi masa sering diklasifikasikan sebagai erosi

bentuk (*morpho-erosion*). Kontribusi erosi bentuk terbesar adalah berasal dari erupsi gunung api. Di wilayah vulkanik aktif, sebagaimana di Pulau Jawa, kontribusi erosi bentuk terhadap total hasil sedimen sungai bisa lebih dominan daripada erosi permukaan.

Proses erosi mengikis lapisan tanah permukaan (*top-soil*) yang merupakan lapisan penentu kesuburan tanah. Sehingga aliran permukaan yang tidak terkontrol akan menurunkan produktifitas tanah-tanah pertanian di bagian hulu DAS, hasil erosi menjadi sedimen terlarut (*sediment load*) yang dialirkan oleh sungai dan menjadi endapan (*sediment*) yang mendangkalan sungai dan saluran irigasi, kondisi ini membuat wilayah hilir menjadi begitu rentan terhadap bencana banjir.

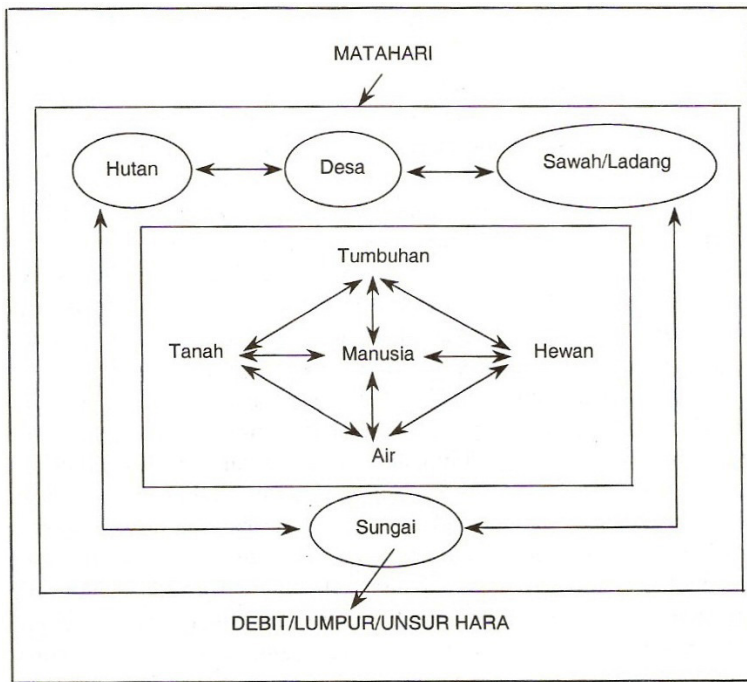
Proses erosi tidak bisa dihentikan, hanya dapat dikendalikan, proses erosi merupakan proses pembentukan bentang lahan (*landscape building*), dalam kondisi normal, besarnya erosi sebanding dengan proses pembentukan tanah. Dengan adanya erosi, terbentuk dataran aluvial di sekitar sungai yang memiliki kesuburan tinggi dan menjadi lumbung pangan selama ribuan tahun. Sayangnya, lahan-lahan produktif yang memiliki kesuburan tinggi oleh 'berkah' erosi dari hulu ini di Pulau Jawa telah banyak dikonversi menjadi lahan pemukiman. Di lain pihak wilayah hulu yang dulunya berselimut kehijauan (hutan) kini banyak dibuka untuk dikonversi menjadi daerah pertanian intensif dan perkotaan. Kondisi ini memacu timbulnya erosi dipercepat (*accelerated erosion*), dampaknya terjadi percepatan proses pendangkalan saluran-saluran irigasi dan sungai di wilayah hilir yang membuat wilayah hilir menjadi begitu rentan terhadap bahaya banjir.

Dalam konteks ini peranan DAS, sebagai batas alam, merupakan unit terbaik untuk melihat keterkaitan antara hulu dan hilir. Dengan menggunakan batas DAS maka dengan mudah dapat dianalisa keterkaitan (*interrelationship*) dan ketergantungan (*interdependencies*) antara wilayah hulu dan hilir, dampak yang terjadi di tempat (*on-site*) dan di wilayah hilir (*off-site*). Karena itu DAS merupakan unit terbaik dalam pengelolaan sumberdaya alam.

DAS juga dapat dipandang sebagai ekosistem, dimana di dalamnya terdiri atas berbagai komponen ekosistem, yang memiliki keterkaitan dan ketergantungan satu sama lain. Komponen utama ekosistem DAS adalah vegetasi, tanah dan air dan seluruh makhluk hidup yang ada di dalamnya, termasuk satwa dan manusia. Manusia bisa menjadi perusak maupun pelestari sumberdaya alam di dalam ekosistem DAS yang sangat berpengaruh terhadap karakteristik sebuah DAS. Karena DAS merupakan suatu ekosistem, maka setiap masukan ke dalam ekosistem dapat dievaluasi proses yang telah dan sedang terjadi dengan melihat keluaran dari ekosistem tersebut.

Gambar 1.8. menunjukkan proses yang berlangsung dalam suatu ekosistem

DAS. Gambar tersebut menunjukkan input berupa curah hujan, sedangkan output berupa debit aliran dan atau muatan sedimen. Dalam ekosistem DAS, komponen tanah, air (input curah hujan) hampir tidak bisa dirubah oleh manusia, namun vegetasi (penutupan lahan) sepenuhnya dapat dikontrol oleh manusia, karena itu vegetasi memiliki arti penting dalam pengelolaan DAS.



Gambar 2.7. Komponen ekosistem DAS (Asdak, 2007)

2.5. DAS sebagai Sistem Hidrologi

Indikator utama dari kualitas suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah kuantitas, kualitas dan kontinuitas hasil air yang sangat terkait dengan karakteristik biofisik DAS. Karena aktifitas manusia dan pemanfaatan air mempengaruhi kualitas air dan ketersediaannya, maka upaya perlindungan, konservasi, dan pengelolaan sumberdaya air sangat dipengaruhi oleh pemahaman kita tentang konsep dasar hidrologi. Di dalam sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik berkaitan dengan kondisi faktor-faktor fisik-biologis seperti curah hujan, evapotranspirasi, infiltrasi, aliran permukaan, aliran bawah permukaan, aliran air tanah, dan aliran sungai. Faktor-faktor tersebut erat kaitannya dengan unsur-unsur utamanya seperti sifat-sifat tanah, tipe vegetasi penutup, luas dan letak, topografi dan unsur pengelolaan, yang akan memperlihatkan perilaku hidroorologi yang berbeda dari DAS lainnya. Melalui pemahaman kondisi hidrologi DAS tertentu, maka

sumberdaya air dari tahapan-tahapan proses pada siklus hidrologi dapat dimanfaatkan dengan arah kebijakan yang lebih luas, yakni pencapaian tujuan ekonomi, sosial dan lingkungan, serta pemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan.

Air adalah barang yang paling vital untuk semua kehidupan di bumi. Air memainkan peran yang sangat penting untuk kesehatan, produksi pangan, ekonomi, dan lingkungan (Population Institute 2010; UNU INWEH 2013). Selain karena nilainya yang sangat penting, air adalah sumberdaya alam yang jumlahnya terbatas dan tidak bisa diciptakan.

Berdasarkan Studi dari USGS (*The United State Geological Surveys*), jumlah air di bumi sebanyak 13,9 milyar km³. Air menutupi 72% permukaan bumi. Akan tetapi, 97% diantaranya tersedia dalam bentuk air asin yang tidak bisa digunakan sebagai air minum dan 3 % sisanya adalah air tawar (Israel, 2010). Dari porsi air tawar sebanyak 3% tersebut, 2,5% terjebak dalam bentuk es di Antartica, Arctic, glaciers dan lainnya. Manusia hanya mengandalkan 0,5% air untuk kehidupan manusia dan ekosistem (Fry, 2006).

Kurang dari 1 persen jumlah air di Bumi yang dapat dikonsumsi makhluk hidup. Sementara itu, konsumsi air dunia meningkat dua kalinya setiap dua puluh tahun, dua kali lebih besar dari laju pertumbuhan penduduk (The World Water Organization 2010). Apabila pertumbuhan populasi dan kecenderungan konsumsi tidak berubah, diperkirakan kebutuhan air akan melampaui ketersediaannya sampai 56% (The World Water Organization 2010) dan 1,8 milyar penduduk bumi akan menempati wilayah langka air pada tahun 2015 (UN News Centre 2009). Situasi ini diperparah dengan kenyataan bahwa di berbagai negara berkembang dengan keterbatasan air, laju pertumbuhan penduduk yang tinggi telah mengakibatkan perpindahan penduduk ke wilayah-wilayah yang tidak mendukung pemenuhan kebutuhan air (World Water Assessment Programme 2009).

Forum Ekonomi Dunia (the World Economic Forum) pada bulan Januari 2015 mengumumkan bahwa berdasarkan dampaknya pada kehidupan manusia, krisis air merupakan krisis global nomor satu (World Economic Forum 2015). Pertemuan Forum Air Dunia yang ke dua (*The 2nd World Water Forum*) di Den Haag tahun 2000 menyimpulkan bahwa salah satu penyebab krisis air di dunia adalah kelemahan dalam penyelenggaraan (*governance*) pengelolaan air. World Water Vision juga menyatakan hal yang sama, menyatakan bahwa krisis air yang terjadi saat ini bukan karena jumlah air yang tidak mampu mencukupi kebutuhan melainkan kesalahan dalam pengelolaannya (Piesse, 2016; World Water Council 2016). Bumi tidak kekurangan air, melainkan keberadaannya

yang tidak selalu sesuai dengan kebutuhan. Iklim, variasi musim, kekeringan dan banjir adalah beberapa hal yang memberikan sumbangan pada kondisi ekstrim lokal.

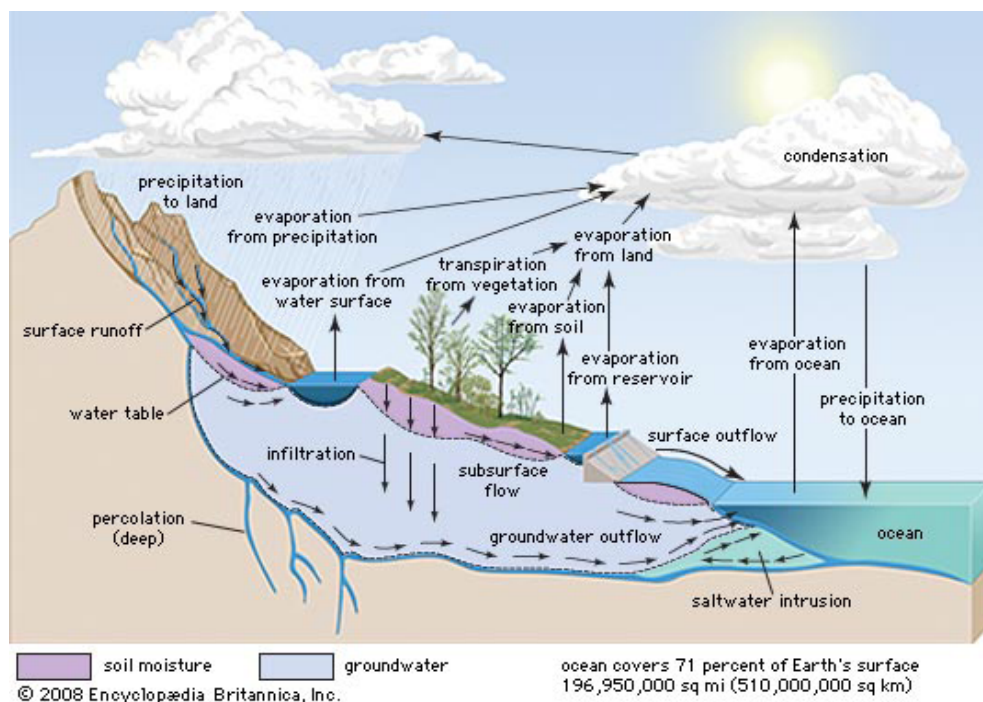
Indonesia adalah salah satu dari 9 negara di Dunia yang menguasai 50-60% air tawar dunia (Fry, 2006; Israel, 2010). Namun sebaran ketersediaan air ini tidak merata di semua daerah. Pulau Jawa yang dihuni 60% dari total penduduk Indonesia ($\pm$ 140 juta), hanya memiliki 10% dari cadangan air. Sebaliknya, Kalimantan yang memiliki 30% cadangan air Indonesia, hanya ditempati oleh 6% penduduk Indonesia (Ardhianie, 2015; Piesse, 2016). Pulau Jawa diperkirakan akan mengalami krisis air karena ketidakseimbangan ketersediaan air dengan jumlah penduduk. Pada tahun 2015, diperkirakan kebutuhan air di Jawa mencapai 164,672 juta m³ per tahun, sementara ketersediaan air hanya 30,569 juta m³/tahun, menyisakan defisit sebanyak 134,103 juta m³/tahun (Ardhianie, 2015).

Krisis air hampir selalu terjadi di beberapa daerah di Indonesia pada saat musim kemarau. Banyak penduduk Indonesia di berbagai wilayah yang kondisi sumber airnya jauh dari pemukiman, tercemar, dan terkadang tidak tersedia tanpa mengeluarkan uang. Lebih dari 37 juta penduduk Indonesia kesulitan memperoleh air yang layak (Water.org, 2016). Selain persoalan iklim, kurangnya kesadaran adanya krisis air pada tingkat birokrat sampai dengan masyarakat di hulu DAS membuat krisis air menjadi persoalan kronis berkepanjangan.

Tidak bisa dipungkiri bahwa masalah krisis air di Indonesia merupakan cermin dari belum efektifnya pengelolaan DAS selama ini. Defisit sumberdaya air yang semakin meningkat bukan merupakan kondisi yang terjadi dengan tiba-tiba, melainkan merupakan akumulasi proses sebelumnya yang hingga kini pemecahannya belum menunjukkan hasil yang menggembirakan. Sebaliknya justru dari tahun ke tahun luas lahan kritis semakin menunjukkan peningkatan yang signifikan.

Di dalam sistem hidrologi DAS semua input curah hujan yang masuk diproses oleh prosesor DAS yaitu faktor alami DAS (iklim, morfometri, geologi, bentuk lahan, lereng makro dan tanah, dll) dan faktor manajemen DAS (penggunaan lahan, teknik KTA, limpasan, sedimen, evapotranspirasi, kondisi sosek dll) menjadi luaran pada out let DAS (limpasan dan sedimen) serta produksi di daerah tangkapan. Gerakan air di alam mengikuti satu siklus yang diatur menurut kaidah-kaidah alami dan bagian dari siklus air di bumi di atur dalam suatu DAS. Di dalam siklus hidrologi (**Gambar 1**), air dipermukaan bumi baik itu di daratan maupun badan air akan dievaporasikan (E) ke atmosfer akibat proses pemanasan oleh sinar matahari membentuk awan. Awan yang

terbentuk karena proses adanya angin akan bergerak, mengembang ataupun menyempit/berkondensasi yang pada kondisi tertentu akan membentuk butir-butir hujan.



Gambar 2.8. Siklus Hidrologi

Diadaptasi dari <https://www.britannica.com/science/water-cycle>

Butir-butir curah hujan yang terbentuk akan jatuh dipermukaan bumi, diintersepsikan dan diupkan kembali ke atmosfer dari pohon-pohon atau seluruh bangunan yang ada. Air hujan yang sampai dipermukaan bumi akan diinfiltrasikan ke dalam tanah yang terus akan menjalani proses perkolasi ke dalam tanah dan akan mengalir menuju tempat rendah menuju sungai dan akhirnya ke laut. Bila Intensitas hujan lebih tinggi daripada kapasitas infiltrasi maka terjadinya limpasan permukaan. Limpasan permukaan akan mengisi cekungan permukaan yang ada dan akhirnya limpasan permukaan akan mengalir ketempat yang lebih rendah menuju saluran dan akhirnya ke sungai.

Siklus hidrologi secara alamiah menunjukkan gerakan air di permukaan bumi (**Gambar 1**). Selama berlangsungnya siklus hidrologi yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali ke laut, air akan tertahan di sungai, waduk, dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk lainnya. Siklus hidrologi dimulai

dari penguapan/**evaporasi** air di seluruh permukaan bumi, membentuk awan yang penuh dengan uap air, setelah cukup butir-butir air tersebut akan turun ke bumi dalam bentuk hujan (**rainfall**). Hujan yang turun sebagian akan diintersepsikan (**intersepsi**) oleh permukaan tanaman atau benda lainnya dipermukaan bumi, menjadi air tembus (**throughfall**), aliran batang (**stemflow**), sedangkan yang sampai di permukaan tanah sebagian akan dievaporasikan kembali, sebagian langsung dialirkan menjadi aliran permukaan (**surface runoff**), dan sebagian akan masuk ke dalam tanah melalui proses **infiltrasi**, bergerak semakin kebawah karena pengaruh gravitasi atau gaya kapiler (**perkulasi**) dan mengisi cadangan air tanah (**groundwater**) yang akhirnya akan keluar dalam bentuk mata air, membentuk aliran sungai dan mengalir menuju ke laut.

Air tanah juga menjadi penyedia air untuk aliran sungai dalam bentuk aliran dasar (**baseflow**). Aliran dasar adalah bagian dari aliran sungai yang tidak tergantung pada kondisi curah hujan aktual dan merupakan bagian dari aliran sungai yang tetap ada walaupun tidak dalam musim hujan. Aliran dasar adalah komponen penting yang membedakan DAS ke dalam tiga tipe berdasarkan alirannya yaitu perennial (**perennial stream**), intermittent (**intermittent stream**) dan ephemeral (**ephemeral stream**). Sungai perennial adalah aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun karena didukung oleh ketersediaan akuifer air tanah (*regional groundwater aquifers*). Sungai tipe Intermittent juga menerima masukan dari air tanah, namun dengan suplai yang lebih sedikit secara musiman sehingga konsekuensinya tipe ini hanya mengalirkan air pada bulan-bulan tertentu umumnya 5-9 bulan. Ketika akuifer air tanah bersentuhan dengan dasar saluran, kondisi ini umumnya terjadi pada puncak curah hujan atau ketika evaporasi rendah atau gabungan dari keduanya. Tipe aliran yang terakhir adalah ephemeral. Tipe aliran ini adalah aliran yang mengalir hanya selama atau setelah kejadian hujan.

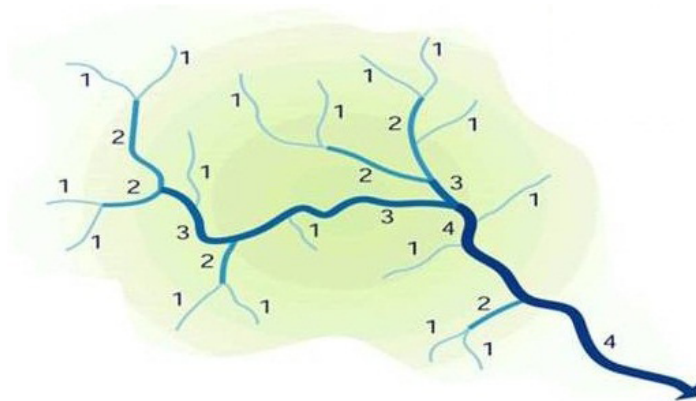
Walaupun ketiga tipe aliran tersebut dideskripsikan berbeda dan memiliki karakteristik yang berbeda antar satu dengan yang lainnya, namun sesungguhnya pada kenyataannya tiga tipe tersebut berada pada segmen yang berbeda dalam satu aliran sungai yang sama. Tipe ephemeral adalah aliran yang berada pada daerah paling hulu dari suatu DAS. Umumnya aliran ini berada pada saluran yang kecil, dan di beberapa tempat lain mungkin hanya berbentuk alur yang terbentuk karena perpindahan serasah pada tanah. Aliran ephemeral akan berubah menjadi intermittent di bagian lebih bawah namun masih di hulu DAS. Saluran intermittent telah terbentuk sempurna namun lebih sempit dari tipe saluran perennial pada topografi atau kondisi geologi yang sama.

Untuk memenuhi hidupnya manusia memanfaatkan air yang ada dalam tahapan/proses hidrologi. Dengan demikian kita perlu memahami proses dalam siklus hidrologi tersebut, dan menjaga agar proses tersebut tidak berlebihan (banjir) atau kekurangan (kekeringan) dan tepat waktu.

2.6. Konsep Daerah Tangkapan Air (DTA)

DAS biasa diberi nama sesuai dengan nama sungai utamanya, satu sungai utama biasanya memiliki puluhan anak sungai, satu anak sungai memiliki puluhan anak-anak sungai. Setiap anak-anak sungai memiliki anak-anak sungai lagi di wilayah hulunya.

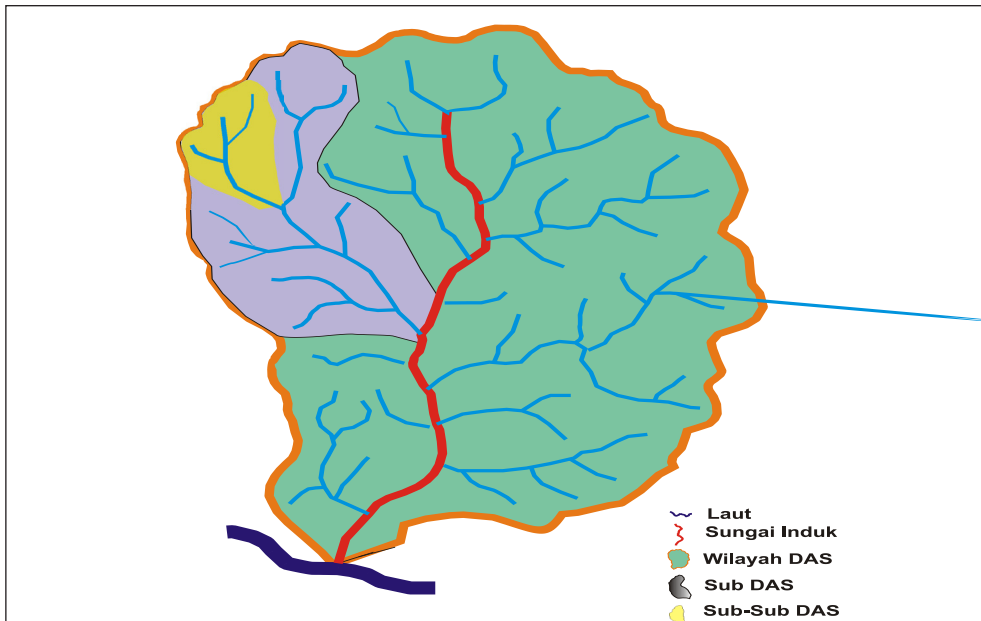
Mengacu kepada orde (urutan) sungai yang ditetapkan oleh *Strahler*, sungai pertama yang muncul di wilayah hulu, disebut sebagai sungai orde pertama, apabila sungai ini nanti bertemu dengan sungai orde pertama juga dan mengalir menjadi satu sungai yang lebih besar, maka sungai yang lebih besar yang dihasilkan dari pertemuan kedua sungai orde pertama tersebut disebut sungai orde kedua. Apabila dua sungai orde kedua bertemu dan membentuk satu sungai yang lebih besar disebut sungai orde ketiga, demikian seterusnya, semakin besar angka orde sungai, menunjukkan bahwa sungai tersebut semakin besar dan posisinya semakin ke hilir. Sungai dengan orde tertentu (misal orde 4) apabila dialiri oleh orde yang lebih kecil (misal orde 3), maka tidak merubah angka orde sungainya (tetap orde 4).



Gambar 2.9. Konsep orde sungai sesuai Strahler

Istilah Sub-DAS digunakan untuk menunjuk sebagai wilayah DAS yang merupakan bagian dari sebuah DAS. DAS mencakup seluruh cekungan dimana sungai utama mengalir, bagian cekungan yang dialiri oleh anak sungai dari sungai utama disebut Sub-DAS, misalnya Sub-DAS Cikapundung yang terletak di sekitar Lembang, Bandung, Provinsi Jawa Barat yang merupakan

salah satu Sub-DAS dari DAS Citarum Hulu. Penamaan menjadi kurang praktis untuk menunjuk DAS yang lebih kecil dari Sub-DAS (berarti Sub-Sub DAS) dan kemudian yang lebih kecil lagi (Sub-Sub-Sub DAS?). Memperhatikan hal tersebut, modul ini menggunakan terminologi DTA (daerah tangkapan air) untuk menunjuk DAS yang merupakan bagian dari Sub-DAS. DTA juga dipilih untuk menggantikan istilah DAS mikro atau DAS berukuran kecil yang berukuran antara 100 - 1000 ha.



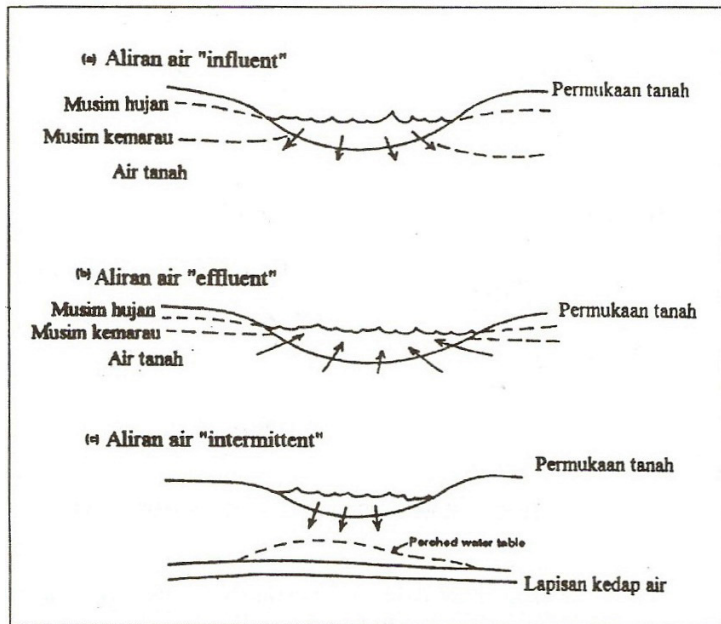
Gambar 2.10. Satu DAS terbagi kedalam banyak Sub-DAS

2.7. Hubungan Air Tanah dan Aliran Sungai

Ditinjau dari kestabilan aliran air yang mengalir di sungai, sifat aliran sungai dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu **sungai menerus** (*perennial flow*) artinya sungai mengalirkan air sepanjang musim; **sungai musiman** (*seasonal flow*), yaitu sungai yang mengalirkan air hanya di waktu musim hujan saja dan **sungai sesaat** (*ephemeral flow*), yaitu sungai yang hanya mengalirkan air sesaat setelah turunnya hujan.

Sungai perennial terjadi karena posisi tinggi muka air (*water table*) lebih tinggi daripada permukaan air sungai, sehingga air tanah memasok (*effluent*) aliran sungai. Sebaliknya posisi sungai musiman dan sesaat berada di atas muka air tanah, sehingga sungai ini memasok air tanah (*influent*).

Dalam survei potensi sumberdaya air, biasanya peta sungai perlu didetailkan berdasarkan sifat alirannya. Dalam studi analisa dampak lingkungan sifat aliran yang ada di daerah kajian perlu diidentifikasi. Hal ini penting terutama apabila senyawa pencemaran dibuang ke sungai yang mempunyai tipe aliran *influent*, maka ada kemungkinan senyawa pencemar tersebut berdampak meracuni air tanah disekitar sungai.



Gambar 2.11. Karakteristik Aliran Sungai (Asdak, 2007)

2.8. Pengelolaan DAS

Manusia tidak mampu mengontrol besarnya curah hujan, namun manusia memiliki kemampuan untuk memelihara dan memperbaiki karakteristik cekungan agar mampu berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) dan penyimpanan air (*watershed area*), bukan semata-mata daerah pengaliran air (*drainage area*). Pengelolaan DAS didefinisikan sebagai berikut:

Suatu proses perumusan dan implementasi kegiatan yang bersifat manipulasi sumberdaya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa dengan meminimasi dampak kerusakan sumberdaya air dan tanah. Termasuk di dalamnya adalah alokasi sumberdaya alam secara bijaksana di daerah aliran sungai termasuk pengendalian erosi dan banjir serta mempertahankan keindahan sumberdaya alam.

Cakupan pengelolaan DAS adalah dari hulu sungai hingga ke lautan yang masih dipengaruhi oleh dampak pengelolaan ekosistem daratan (*from ridge to reef*). Memperhatikan setiap DAS memiliki karakter yang unik, maka pengelolaan DAS menuntut strategi yang bersifat *taylor-made* dan *local specific*. Berbagai upaya pengelolaan DAS, memperhatikan tingginya keterkaitan dan ketergantungan antara komponen ekosistem, harus dilakukan secara terintegrasi.

Kendala utama pelaksanaan pengelolaan DAS: **(a)** Ketidak-sinkronan antara batas politis/administratif pembangunan dengan batas DAS. Perencanaan pembangunan desa, kabupaten dan provinsi sepenuhnya menggunakan batas administratif yang tidak mereferensi ke batas DAS; **(b)** Lemahnya koordinasi pembangunan antar sektor pembangunan: Kegiatan pengelolaan DAS terfragmentasi kedalam urusan berbagai kementerian yang menyulitkan upaya perencanaan dan pelaksanaannya secara terpadu; **(c)** Lemahnya penegakan hukum yang membuat tidak terkendalinya kerusakan sumberdaya alam.



Bab 3

Prinsip Rehabilitasi Vegetatif

Ada tiga hal penyebab penting kerusakan DTA, pertama adalah *energi*, kedua adalah *resistensi* dan ketiga adalah *proteksi*.

Energi, tingginya intensitas hujan dan kinetik energi tetesan hujan membuat hujan di Indonesia memiliki erosivitas (daya rusak) yang tinggi terhadap lahan-lahan yang tidak diproteksi dengan baik. Intensitas hujan yang tinggi juga membuat sebagian besar curah hujan yang jatuh hampir tidak dapat diselamatkan, karena begitu cepatnya mengalir ke sungai dan kemudian, tanpa sempat meresap ke dalam tanah, langsung ‘terbuang’ ke laut, bahkan tidak jarang menimbulkan bencana banjir.

Resistensi, sebagian besar tanah di Indonesia seperti alluvial, lithosol, regosol, andosol, podsol, hidromorphyk kelabu memiliki erodibilitas (kepekaan erosi) yang tinggi.

Proteksi, rendahnya kesadaran dan pendapatan masyarakat membuat sebagian besar petani abai terhadap pengelolaan lahan secara lestari.

Kombinasi ketiga hal di atas mendasari tingginya laju kerusakan DTA di Indonesia. Setidaknya ada dua fungsi utama DTA, pertama sebagai fungsi produksi dan kedua sebagai fungsi peresapan air. Permasalahannya, sebagian besar bentang lahan (*landscape*) DTA kini telah mengalami kerusakan. Wilayah yang dulu berpenutupan hutan alam kini telah banyak yang berubah menjadi perkotaan, pertanian lahan kering, perladangan berpindah maupun pertambangan.

Upaya yang ditujukan untuk melakukan rehabilitasi lahan di wilayah hulu DAS yang berfungsi sebagai DTA disebut sebagai ‘**Rehabilitasi Daerah Tangkapan Air**’ dan disingkat ‘**R-DTA**’.

Secara umum R-DTA ditujukan untuk: **(a)** memperbesar kapasitas infiltrasi (peresapan) air; **(b)** meningkatkan kandungan bahan organik tanah; **(c)** memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah; **(d)** memperpendek lereng; **(e)** menurunkan volume dan kecepatan aliran permukaan.

Kegiatan R-DTA atau yang lebih populer rehabilitasi lahan telah dimulai sejak abad 19, menyusul terjadinya banjir besar di Solo dan Banyumas yang dipicu oleh kerusakan DTA-nya, periksa **Tabel 3.1**. Kegiatan tersebut terus berlangsung hingga kini, sayangnya kegiatan rehabilitasi lahan selalu tidak sebanding dengan laju kerusakan yang terjadi.

Ada dua pilihan R-DTA, **pertama rehabilitasi vegetatif**, yaitu dengan penanaman pohon atau budidaya tanaman yang memadukan fungsi produksi dan konservasi; **kedua adalah rehabilitasi teknik sipil**, yaitu dengan membuat bangunan konservasi tanah dan air. Idealnya, kedua metode ini dilakukan secara terintegratif pada satu hamparan lahan, namun dalam praktik, rehabilitasi sipil teknik sering terkendala oleh tingginya biaya; baik biaya konstruksi maupun biaya pemeliharaan bangunan konservasi.

Sedangkan bangunan sipil teknik, seperti penterasan lahan, pembuatan saluran pembuangan air (SPA) dan sebagainya, tanpa adanya pemeliharaan intensif, di wilayah bercurah hujan tinggi dan kepekaan tanah yang tinggi terhadap erosi seperti di Indonesia, justru sering berdampak pada timbulnya degradasi lahan. Hal ini yang sering tidak mampu dipikul oleh petani, kondisi ini membuat rehabilitasi teknik sipil tidak mampu mencapai sasaran dengan efektif, di berbagai kasus, cenderung membuang-buang dana (*waste of precious resource*) atau bahkan sering *'cure is worst than the disease'* artinya, 'obat' lebih jahat daripada sumber penyakitnya, artinya maksud untuk memperbaiki tidak membuat lebih baik, tetapi membuat kondisi bertambah parah.

Memperhatikan hal tersebut kegiatan R-DTA hanya dibatasi pada rehabilitasi vegetatif, yaitu melakukan gerakan penanaman pohon untuk membangun hutan atau membuat penutupan lahan non-hutan memiliki fungsi lindung yang setara dengan hutan.

Tabel 3.1. Kronologi Rehabilitasi Lahan

Waktu	Rehabilitasi Lahan
Abad 19	Banjir besar Bengawan Solo dan di Banyumas
1844	Pemerintah kolonial Belanda mengeluarkan Ordonansi penebangan hutan
1930	Pemerintah kolonial Belanda membentuk 'Badan Reboisasi'; Ordonansi Luas minimum kawasan hutan di suatu wilayah; Dikenalkan penterasan lahan dan penggunaan pupuk hijau

Waktu	Rehabilitasi Lahan
1942-1945 (Jaman Jepang)	Perluasan kerusakan lahan: • Penebangan hutan semakin meluas untuk memenuhi kebutuhan pangan. • Sebagian lahan perkebunan dikonversi menjadi tanaman semusim yang berdampak pada kerusakan lahan
1951-1955	Komando Operasi gerakan Makmur (KOGM), Jawatan Pertanian Rakyat menginisiasi program: (a) Penterasan lahan; (b) Penghujauan lahan pekarangan; (c) Uji coba rehabilitasi lahan kering
1956	Kongres Kehutanan di Bandung mencetuskan Hari Pohon (Arbour Day)
1961	Pekan Penghijauan Nasional Pertama (17-23 September 1961) yang dilakukan dengan penanaman pohon di Kebun Teh Gunung Mas di Puncak, Bogor
1969	Pelita 1: Dimulainya Proyek Rehabilitasi DAS dan Lahan Kritis dan dilaksana oleh Dirjen Kehutanan
1971	Proyek Rehabilitasi DAS bantuan FAO 'Upper Solo Watershed Management and Upland Development Project.
1976 – 2002	Inpres Penghijauan (No. 8/1976) • Proyek penghijauan dan pengadaan bibit diselenggarakan oleh Daerah Tingkat II • Proyek reboisasi dan pengadaan bibit diselenggarakan oleh Dinas Kehutanan
1976-1983	Proyek Perencanaan dan Pembinaan Reboisasi dan Penghijauan Daerah Aliran Sungai (P3RPDAS)
1977 -1980	Proyek Rehabilitasi DAS Citanduy I Bantuan USAID
1979	Pelita 3:Rehabilitasi DAS diprioritaskan pada 36 DAS kritis
1981-1987	Proyek Rehabilitasi DAS Citanduy II Bantuan USAID
1983	Terbentuknya Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan, Departemen Kehutanan
1983-1990	Proyek Rehabilitasi DAS Konto Bantuan Belanda
1984	Pelita 4: Rehabilitasi DAS diprioritaskan pada 22 DAS super-prioritas

Waktu	Rehabilitasi Lahan
1994-1998	Proyek Rehabilitasi DAS Cimanuk Bantuan Bank Dunia (loan)
2003-2008	Proyek Gerakan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (Gerhan)

Sebagaimana dipahami bahwa hutan alam adalah penutupan lahan yang memberikan kemungkinan terbaik dalam proses peresapan air. Hutan alam mampu memperbaiki sifat tanah dalam peresapan air sedemikian rupa, sehingga air yang jatuh di bawah tegakan hutan alam memiliki kemungkinan terbesar untuk dapat meresap kedalam tanah. Karena itu hutan tropika basah dikenal sebagai salah satu ekosistem terbasah di dunia dan dalam kondisi tidak terganggu tidak mungkin terjadi kebakaran hutan.

Memperhatikan sebagian besar hutan di Indonesia telah mengalami kerusakan atau telah dikonversi menjadi penutupan non-hutan, maka prinsip rehabilitasi lahan secara vegetatif adalah melakukan perbaikan penutupan lahan sedemikian rupa sehingga penutupan lahan non-hutan memiliki fungsi dan peranan yang mendekati dengan fungsi dan peranan hutan. Dengan demikian bukan hanya hutan alam yang memiliki fungsi perlindungan, sehingga sering disebut sebagai 'hutan lindung', melainkan penutupan lahan budidaya pertanian masyarakat (sering disebut dengan 'kebun') bisa berperan sebagai 'kebun lindung'.

Rehabilitasi lahan secara vegetatif dapat berupa upaya memperbaiki kualitas hutan pada wilayah yang telah ditetapkan oleh negara sebagai hutan (*kawasan hutan*) dan membuat lahan budidaya pertanian dan penutupan non-hutan lainnya berfungsi optimal sebagai perlindungan tanah dan air sebagaimana hutan.

Prinsip rehabilitasi lahan secara vegetatif adalah memperbaiki penutupan tanah untuk meningkatkan peresapan air tanah, mengendalikan aliran permukaan dan erosi permukaan, melalui penanaman pohon maupun pengaturan budidaya pohon dan tanaman semusim sedemikian rupa sehingga memiliki fungsi perlindungan sumberdaya air sebagaimana hutan.



Bab 4

Peranan Ekosistem Hutan dalam Perlindungan DTA

Kondisi hutan sering dikaitkan dengan bencana alam seperti banjir, tanah longsor dan kekeringan. Berbagai kejadian banjir dan kekeringan selalu dikaitkan dengan lumpuhnya fungsi perlindungan hutan, selain itu juga masih sering terjadi kontroversi tentang fungsi hutan dalam menentukan kelimpahan sumberdaya air. Sebagian orang berpendapat bahwa hutan berfungsi sebagai penghasil dan pengatur tata air, sebagian lagi menyebutkan bahwa hutan justru sebagai penguras air (karena laju penguapannya yang tinggi), sebagian lagi berpendapat bahwa hutan sebetulnya hanya berfungsi sebagai pengatur tata air (*regulate water*) dan bukan penghasil air (*produce water*). Memperhatikan berbagai kontroversi pandangan yang masih sering terjadi tentang fungsi hutan, dibawah ini didiskusikan fungsi hutan dalam perlindungan tata-air.

4.1. Siklus Air pada Lahan Berhutan

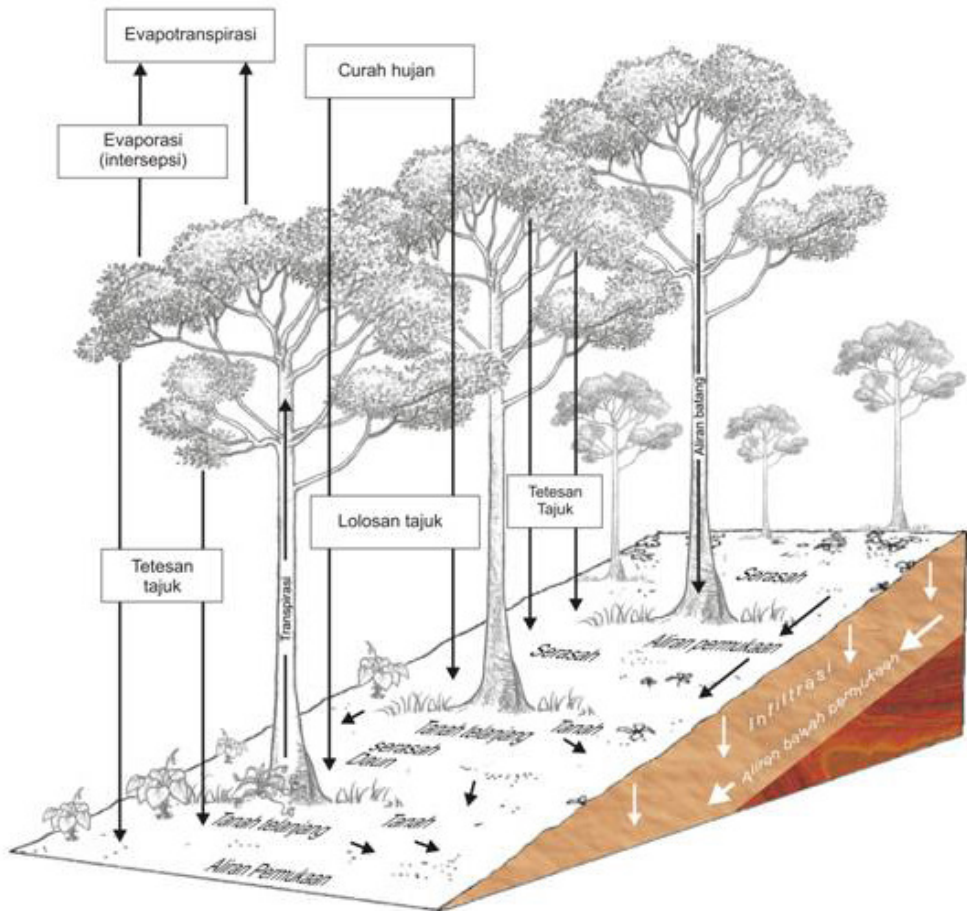
Sebelum mencapai permukaan tanah air hujan akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan akan tersimpan di permukaan tajuk/daun selama proses pembasahan tajuk, dan sebagian lainnya akan jatuh ke atas permukaan tanah melalui sela-sela daun (*throughfall*) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (*stemflow*). Sebagian air hujan tidak akan pernah sampai di permukaan tanah, melainkan teruapkan kembali (evaporasi) kembali ke atmosfer (dari tajuk dan batang) selama dan setelah berlangsungnya hujan (*interception loss*).

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah sebagian akan masuk (terserap) kedalam tanah (*infiltration*). Sedangkan air hujan yang tidak terserap kedalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir diatas

permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Apabila tingkat kelembaban air tanah telah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (horisontal) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (*sub-surface flow*) dan akhirnya mengalir ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang masuk ke dalam tanah tersebut akan bergerak vertikal ketanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Air tanah tersebut, terutama pada musim kemarau akan mengalir pelan-pelan ke sungai, dan atau tempat penampungan air alamiah lainnya (*baseflow*).

Tidak semua air infiltrasi (air tanah) mengalir ke sungai atau tampungan air lainnya, melainkan ada sebagian air infiltrasi yang tetap tinggal dalam lapisan tanah bagian atas (*top-soil*) untuk kemudian diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (*soil evaporation*). Untuk membedakan proses intersepsi hujan dari proses transpirasi dapat dilihat dari asal air yang diuapkan ke atmosfer. Apabila air yang diuapkan oleh tajuk berasal dari hujan yang jatuh di atas tajuk, maka proses penguapannya disebut *Intersepsi*. Apabila air yang diuapkan berasal dari dalam tanah melalui mekanisme fisiologi tanaman, maka proses penguapannya disebut *transpirasi*. Dengan kata lain, intersepsi terjadi selama dan segera setelah berlangsungnya hujan. Sementara proses transpirasi berlangsung ketika tidak ada hujan. Gabungan kedua proses penguapan tersebut disebut *evapotranspirasi (ET)*. Periksa **Gambar 4.1**.

Selama musim kemarau, kebanyakan sungai masih mengalirkan air, air tersebut sebagian besar berasal dari aliran dasar atau *baseflow*, terutama dari daerah hulu sungai yang umumnya merupakan daerah resapan air yang didominasi oleh daerah bervegetasi (hutan). Karena letaknya yang lebih tinggi, daerah hulu biasanya memiliki curah hujan yang lebih besar daripada daerah di bawahnya. Oleh adanya kombinasi kedua keadaan tersebut, selama berlangsungnya musim hujan sebagian besar air hujan tersebut dapat ditampung oleh daerah resapan dan secara perlahan dialirkan ke tempat yang lebih rendah sehingga kebanyakan sungai masih mengalirkan air sepanjang musim kemarau, meskipun besarnya debit aliran pada musim tersebut cenderung menurun atau di beberapa wilayah aliran sungai berhenti sama sekali.



Gambar 4.1. Siklus Air Pada Lahan Berhutan

4.2. Hutan sebagai Pengatur Tata Air

Fungsi hutan pada dasarnya tidak dapat digeneralisasi. Sesuai dengan karakteristik (tipe) dan keberadaan hutan, serta kondisi tanah dan geologi dimana hutan tersebut berada, hutan memang dapat berfungsi sebagai pengatur tata air saja atau dapat pula sekaligus berfungsi sebagai pengatur dan penghasil air.

Secara hidrologis ada dua tipe hutan;

- a. **Bukan Hutan Berawan (*non-cloud forest*)**, yaitu hutan dengan laju penguapan yang relatif tinggi (dibandingkan dengan penutupan non-hutan) dan tidak mampu berfungsi sebagai penangkap awan/kabut (*cloud-stripping*), dalam kondisi ini hutan hanya berfungsi sebagai **pengatur tata air**.
- b. **Hutan Berawan (*cloud forest*)**, yaitu hutan dengan laju penguapan yang rendah dan berperan sebagai penangkap kabut, dalam kondisi ini hutan dapat berfungsi sebagai **pengatur dan sekaligus penghasil air**.

Peran hutan terhadap perlindungan DTA tidak bisa digeneralisasikan, tergantung pada kualitas hutan itu sendiri dan kondisi tanah dan batuan dibawah tegakan hutan. Tidak semua hutan yang nampak hijau memiliki peran yang sama. Berdasarkan fungsinya dalam perlindungan DTA, ekosistem hutan dapat dilihat dari tiga perspektif yang berbeda, sebagai **tegakan pohon, tanah hutan dan bentang lahan (*landscape*)**. Karakteristik ketiga kondisi ini mempengaruhi efektifitas hutan dalam perlindungan DTA.

4.2.1. Tegakan pohon

Dari komponen pohon sebagaimana telah diketahui bahwa biomas pohon memiliki laju transpirasi yang tinggi, demikian pula tajuk pohon mengintersepsi (menahan dan menguapkan kembali ke atmosfer) lebih banyak air hujan dibandingkan rumput atau tanaman semusim, dengan demikian dari sisi pohon, hutan memiliki laju penguap-keringatan/konsumsi air (evapotranspirasi/ET) yang lebih tinggi daripada penutupan lahan non-hutan.

Rata-rata konsumsi air tahunan hutan dataran rendah sebesar 1400 mm, sedangkan hutan pegunungan yang terletak pada ketinggian di atas 1000 m dari permukaan laut (dpl) sebesar 1200 mm. Rata-rata ET tanaman pertanian di dataran rendah per tahun antara 1100-1200 mm, sehingga konversi hutan tropika basah menjadi tanaman pertanian di dataran rendah mengurangi laju ET sekitar 200-300 mm per tahun.

Alasan kenapa lahan berhutan memiliki laju konsumsi air (ET) yang lebih tinggi dibandingkan lahan non-hutan adalah, **pertama**, hutan menyerap lebih banyak radiasi gelombang pendek (memiliki *albedo* yang rendah) dibandingkan dengan tananian non-hutan sehingga tersedia energi yang lebih tinggi untuk proses evapotranspirasi, **kedua**, hutan memiliki kekasaran permukaan yang lebih tinggi, sehingga memiliki daya tahan yang rendah untuk mempertahankan butir-butir air yang menempel di tajuk hutan; **ketiga**, hutan lebih banyak dipengaruhi oleh *adveksi*, yaitu aliran energi dari

sekitar tajuk hutan yang berpengaruh terhadap peningkatan ketersediaan energi untuk proses intersepsi; **keempat**, hutan memiliki perakaran yang lebih dalam sehingga mampu menjangkau butir-butir air di dalam tanah untuk proses evapotranspirasi, dimana tanaman berakar pendek telah berhenti berevapotranspirasi, dan **kelima**, besarnya luas permukaan daun yang berpengaruh terhadap luasnya bidang penguapan.

Jadi kalau ditinjau dari tegakannya, hutan non-cloud forest memang memiliki ET atau konsumsi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan penutupan non-hutan. Sifat ini sering mendasari argumentasi berbagai pihak yang berpendapat bahwa hutan bukan penghasil air, bahkan disebut penutupan lahan yang boros air.

4.3.2. Tanah hutan

Di lain pihak pohon memberikan kemungkinan terbaik bagi perbaikan sifat tanah, pohon menghasilkan serasah yang cukup tinggi sehingga mampu meningkatkan kandungan bahan organik lantai hutan, sedemikian rupa sehingga lantai hutan memiliki kapasitas infiltrasi (peresapan air di permukaan tanah) yang jauh lebih tinggi dibandingkan penutupan lahan non-hutan. Tebalnya lapisan serasah juga meningkatkan aktifitas biologi tanah, sedangkan siklus hidup/pergantian perakaran pohon (*tree root turnover*) yang amat dinamis dalam jangka waktu yang lama, membuat tanah hutan memiliki banyak pori-pori berukuran besar (*macroporosity*), sehingga tanah hutan memiliki laju perkolasi (peresapan air ke dalam tanah) yang jauh lebih tinggi.

Kelebihan hutan dibandingkan dengan penutupan non-hutan dalam menahan laju erosi adalah terletak pada penutupan ganda hutan, khususnya kemampuan hutan untuk menghasilkan serasah dan tumbuhan bawah yang biasanya cukup lebat di bawah naungan hutan dengan tajuk yang agak terbuka.

Sebaliknya penutupan pohon yang tanpa diimbangi oleh terbentuknya serasah dan tumbuhan bawah justru malah meningkatkan laju erosi permukaan. Mengingat energi kinetik tetesan hujan dari pohon setinggi lebih dari 7 meter justru lebih besar dibandingkan tetesan hujan yang jatuh bebas diluar hutan. Dalam kondisi ini, tetesan air tajuk (*crown-drip*) memperoleh kembali energi kinetiknya sebesar 90% dari energi kinetik semula, disamping itu butir-butir air yang tertahan di daun akan saling terkumpul membentuk butiran air (*leaf-drip*) yang lebih besar, sehingga secara total justru meningkatkan erosivitas hujan. Berbagai penelitian dengan menggunakan *splash-cup* menunjukkan bahwa butir-butir air yang

jatuh dibawah tegakan hutan (yang tidak tertutup serasah dan tumbuhan bawah) menghasilkan dampak erosi percikan (*splash erosion*) yang lebih besar dibandingkan butir air hujan yang jatuh bebas di luar hutan.

Kesimpulannya: *Walau hutan non-cloud forests memiliki laju penguapan yang tinggi, namun memberikan jaminan peresapan yang lebih tinggi, dibandingkan penutupan non-hutan. Dengan demikian jumlah efektif air yang meresap ke dalam tanah bisa jadi lebih tinggi dibandingkan penutupan lahan non-hutan. Karakteristik ini agak jarang diekspose bagi berbagai pihak yang berpendapat bahwa hutan adalah boros air.*

4.3.3. Bentang lahan

Dari sisi bentang lahan (*landscape*), hutan memberikan tawaran penggunaan lahan yang paling aman secara ekologis, dalam hutan yang tidak terganggu sedikit ditemukan jalan-jalan setapak, tidak ada saluran irigasi, apalagi jalan berukuran besar yang diperkeras sehingga pada saat terjadi hujan besar berperan sebagai saluran drainase. Biomasa hutan yang tidak beraturan juga dapat berperan sebagai **filter** pergerakan air dan sedimen, hutan juga tidak memerlukan pengolahan tanah (*soil tillage*) intensif yang membuat tanah lebih peka terhadap erosi. Hutan dalam kondisi yang tidak terganggu juga lebih tahan terhadap kekeringan sehingga tidak mudah terbakar.

Karena kedua karakter hutan dalam penyimpanan air (tanah hutan dan bentang lahan) sebagaimana diuraikan di atas, hutan sering disebut memiliki **efek karet busa** (*sponge effect*), yaitu meredam tingginya debit sungai pada saat musim hujan dan memelihara kestabilan aliran air pada musim kemarau. Namun prasyarat penting untuk memiliki sifat tersebut adalah jika tanah hutan tersebut cukup dalam (> 3 m) dan memiliki lapisan batuan yang mampu menyimpan dan mengalirkan air (*Akuiifer*, periksa **Bab 5**), dalam kondisi ini hutan akan mampu berpengaruh secara efektif terhadap seluruh aspek hidrologi. Kegiatan R-DTA akan memberikan dampak yang sangat ideal, yaitu penurunan aliran langsung (Q_f), debit puncak banjir (Q_p), laju erosi dan sedimentasi serta pengendalian kekeringan. Sebaliknya perusakan DTA akan berdampak kemerosotan seluruh aspek tata air secara drastis.

Tabel 4.1. Fungsi DTA hutan, pengaruh aktifitas manusia serta waktu pulih (*recovery time*) yang diperlukan untuk mengembalikan fungsi hutan

Hutan	Pengaruhnya terhadap neraca air	Gangguan fungsi DTA bisa terjadi oleh	Waktu pulih (<i>recovery time</i>)
Pohon	Intersepsi Transpirasi	Penebangan hutan Kebakaran hutan	Konsumsi air dapat kembali dalam 1-3 tahun, intersepsi 4-10 tahun, biomas pohon dapat mencapai puluhan tahun, komposisi spesies mencapai satu abad
Tanah Hutan	Infiltrasi Perkolasi Evaporasi Aliran bawah permukaan	Pemadatan	Pemeabilitas permukaan dapat kembali dalam waktu 3 - 5 tahun, pori-pori besar (macro-porosity) dapat mencapai puluhan tahun
Bentang Lahan Hutan	Infiltrasi Perkolasi Evaporasi Aliran bawah permukaan	Jalan setapak, jalan besar, mengurangi kapasitas penyangga	Jalan dan saluran dapat ditutup, kekasaran permukaan dapat kembali secara cepat

Sebaliknya, apabila hutan terletak pada suatu lahan dengan jeluk tanah yang tipis di atas batuan yang kedap air, dalam kondisi semacam ini bagaimanapun bagus nya penutupan hutan, aliran permukaan (*saturation overlandflow*) lantai hutan tetap tinggi, mengingat kapasitas tanah untuk menyimpan air sangat terbatas. Dengan demikian penutupan hutan tidak berpengaruh terhadap pengendalian debit puncak banjir. Singkatnya dalam kondisi semacam ini ada atau tidak ada hutan laju aliran permukaan dan debit puncak banjir tetap tinggi, sehingga R-DTA tidak berpengaruh terhadap penurunan resiko banjir dan kekeringan.

Kesimpulan akhir: *Tingginya konsumsi air dari DTA berhutan (tegakan hutan) dikompensasi dengan baik oleh perbaikan sifat tanah dan keamanan ekologis ekosistemnya, sehingga secara keseluruhan hutan memiliki fungsi hidrologi yang lebih baik dibandingkan penutupan lain. Berjalannya fungsi hutan sebagai pengatur tata air sangat ditentukan oleh kondisi tanah dan batuan (geologi) pembentuk lahan hutan.*

4.3. Hutan sebagai Pengatur dan Penghasil Air

Berbeda dengan hutan *non-cloud forests* yang memiliki laju evapotranspirasi tinggi, *cloud forests* memiliki laju evapotranspirasi yang relatif rendah, yaitu sekitar 308 mm hingga 392 mm per tahun (*Bruijnzeel, 1990*), dengan demikian konversi *cloud-forests* menjadi penutupan non-hutan, justru meningkatkan ET.

Hutan yang terletak di sepanjang pantai atau di daerah pegunungan dapat menghasilkan kelembaban udara yang lebih besar dibandingkan air yang hilang melalui proses evapotranspirasi (ET) di daerah tersebut. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut biasanya berkabut dan berawan dalam jumlah yang cukup untuk terjadinya proses kondensasi. Awan atau kabut yang bersifat gas ini dapat berubah bentuk menjadi zat cair (selanjutnya jatuh ke permukaan tanah sebagai 'hujan') karena proses kondensasi yang berlangsung pada permukaan biomas hutan tersebut. Hutan dimana terjadi proses 'hujan' yang merupakan kondensasi dari uap air yang berasal dari embun, kabut dan awan oleh biomas hutan disebut *cloud forest*.

Cloud forest" sering disebut sebagai 'hutan berlumut' (*mossy forests*). Karena posisi tempatnya terhadap laut dan atau ketinggiannya dari permukaan laut (sering diselimuti oleh awan dan kabut secara menerus, keberadaan hutan yang memiliki biomas tinggi (daun, ranting, lumut, paku-pakuan, epifit, pohon) ini berperan sebagai penangkap kabut (*cloud stripping*). Disini *cloud forest* berperan sebagai inti kondensasi (*condensation nucleus*) yang mampu mencairkan awan dan kabut, untuk kemudian menetes sebagai butir-butir air di lantai hutan, proses ini dikenal dengan istilah *intersepsi horisontal* (*horizontal interception*).

Meskipun bukan tergolong curah hujan, proses kondensasi uap air dapat memberikan resapan air kedalam tanah. Hutan berkabut ini penting peranannya bagi proses pengisian air tanah pada daerah resapan air. Besarnya pasokan air yang sampai dan diserap oleh lantai hutan (*net-precipitation*) hutan berawan ini diketahui jauh lebih besar dari curah hujan, yaitu lebih tinggi 20 persen pada musim hujan dan bahkan lebih dari 100 persen pada musim kemarau. Oleh karena itu hutan ini dapat diibaratkan sebagai **menara air** yang sanggup mensuplai air disaat kemarau panjang sekalipun, dalam kondisi ini hutan berperan sebagai pengatur tata air dan sekaligus penghasil atau penyimpan air.

Tingginya peran pengaturan air dan besarnya kandungan spesies endemik, masih rendahnya pengetahuan tentang ekosistem ini dan tingginya ancaman dari hutan ini, membuat *World Conservation Union* (IUCN) pada tahun 1995 bersepakat untuk mengkampanyekan pelestarian hutan berawan. Alam

Indonesia yang banyak didominasi oleh landscape pegunungan memiliki banyak hutan berawan yang merupakan daerah resapan air yang sangat penting untuk dilindungi.

Hutan berawan terletak pada ketinggian 1200-1500 m dpl, meskipun ada juga formasi hutan berkabut pada ketinggian 600-800 m dpl. Formasi hutan berkabut pada ketinggian Antara 1200-3500 m dpl umumnya terdiri dari formasi hutan pegunungan maupun sub-alpin. Namun demikian, hutan berkabut juga ditemukan di wilayah pantai, terutama pada wilayah dengan kelembaban udara tinggi, misalnya disepanjang pegunungan pantai barat daya Borneo (*Asdak, 2007*).

4.4. Hutan dan Pengendalian Banjir

Curah hujan harian tertinggi di Indonesia yang pernah tercatat selama ini adalah setebal 702 mm (terjadi di Ambon), curah hujan yang terjadi di Bogor pada saat banjir Jakarta tahun 2002, yaitu pada tanggal 29, 30 dan 31 Januari 2002, tercatat setebal 380 mm, sedangkan di Jakarta curah hujannya setebal 420 mm. Curah hujan bulanan rata-rata tahunan (musim hujan dan kemarau) setebal 350 mm. Sedangkan curah hujan bulanan rata-rata di musim hujan adalah setebal 450 mm. Dengan demikian hujan yang terjadi selama tiga hari itu hampir setara dengan hujan yang turun selama satu bulan di musim hujan biasa.

Dengan demikian curahan air yang seharusnya terdistribusi dalam waktu 30 hari, tercurah sontak selama 3 hari ! Menghadapi kondisi ekstrem semacam ini, apapun penutupan lahannya tidak akan mampu membendung luapan aliran permukaan, karena curahan air benar-benar telah melampaui kapasitas maksimum tanah memegang air (*water holding capacity*). Dalam kondisi tersebut, penutupan lahan sebaik apapun tidak akan berdaya membendung datangnya banjir.



Gambar 4.2. Cloud Forest

Berdasarkan berbagai penelitian pada DAS kecil (kurang dari 25 km²) menunjukkan bahwa hutan hanya mampu mengendalikan banjir yang ditimbulkan oleh hujan berintensitas rendah sampai sedang (< 100 mm/hari).

Perbandingan respon aliran permukaan terhadap hujan, antara wilayah non-hutan (pertanian semusim) dan wilayah yang hutannya masih utuh adalah sebagai berikut: Untuk curah hujan dengan intensitas rendah (Sekitar 15 mm/jam), peningkatan aliran langsung (Q_f) dan debit puncak banjir (Q_p) dari kawasan non-hutan (dibandingkan hutan, yang masih utuh) adalah sebesar satu setengah hingga dua kali lipat. Untuk intensitas hujan sedang (15-30 mm/jam), Q_f dan Q_p meningkat sekitar setengahnya, sedangkan untuk intensitas hujan besar (sekitar 75 mm) Q_f dan Q_p meningkat antara sepersepuluh hingga seperempatnya, sedangkan pada hujan ekstrim Q_f dan Q_p hanya meningkat kurang dari sepersepuluh debit puncak banjir semula. Mengingat semakin besar intensitas curah hujan, semakin melampaui keterbatasan hutan untuk menahan laju air, sehingga pada saat terjadi hujan yang sangat ekstrim dimungkinkan besarnya banjir adalah sama antara wilayah berhutan dan tidak berhutan.

Dengan demikian dapat dipahami, mengapa suatu DTA yang penutupan hutannya masih baik juga tidak luput dari kunjungan banjir. Contohnya Sungai Batanghari, pada tahun 1950-an terjadi banjir besar yang diduga sama atau mungkin lebih besar daripada banjir bandang yang terjadi pada tahun

1991. Padahal pada tahun tersebut penutupan hutannya tentu masih cukup baik. Kemudian banjir bandang di Banyumas pada tahun 1861, sebagaimana yang dilaporkan oleh majalah dua mingguan berbahasa Belanda *Java Bode*.

Di majalah tersebut, antara lain dilaporkan bahwa banjir yang terjadi pada tanggal 22 Pebruari 1861 dipicu oleh hujan besar yang terjadi secara terus-menerus selama tiga hari. Dari Yogyakarta dilaporkan bahwa antara jam empat pagi hingga malam hari pada tanggal tersebut, terjadi hujan sangat ekstrim hingga mencapai ketebalan sekitar 600 mm, kemudian di sekitar dataran tinggi Dieng antara tanggal 19 hingga 23 Pebruari juga tercatat hujan tidak kurang dari 1.000 mm. Pada saat kejadian banjir, tinggi muka air sungai Serayu pada jam lima sore mulai meningkat dengan cepat, kemudian banjir mulai meluap sekitar jam sepuluh malam yang menyebabkan penggenangan air hingga 10 meter di wilayah Banyumas. Wilayah Jawa selatan memang sering dilanda banjir sejak *tempo doeloe*, hal ini antara lain dapat ditelusuri dari salah satu *tembang* yang melukiskan adanya ikan kecil (*Uceng*) yang menempel di bunga pohon kelapa (*Manggar*) [Wartono Kadri, Kom Prib, 2002].

Apabila proses dehumanisasi meliputi wilayah luas (lebih besar 30 persen luas hutan dari DTA) sebagaimana banyak terjadi di berbagai DTA di Indonesia, terbatasnya kapasitas peresapan tanah mengakibatkan kenaikan debit puncak banjir dari sebagian besar DTA yang bermuara pada sungai besar di wilayah hilir, dalam kasus ini dehumanisasi atau kerusakan penutupan lahan memang menjadi penyebab yang sama dominannya dengan faktor-faktor penyebab banjir lainnya.

4.5. Rehabilitasi Vegetatif sebagai Solusi Jangka Panjang

Rehabilitasi vegetatif tidak mampu secara cepat mengendalikan penurunan banjir dan sedimentasi di wilayah hilir. Di Cina, untuk mengurangi 30 % debit puncak banjir dan hasil sedimen dari DAS seluas 100.000 km², diperlukan waktu selama 20 tahun. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya beban sedimen yang mempersempit volume sungai, yang berasal dari proses erosi dari kurun waktu sebelumnya. Karena itu bisa dipahami, kalau besarnya laju sedimen yang terukur di *outlet* suatu DTA sering tidak berkorelasi dengan berbagai perbaikan ataupun perusakan di wilayah hulu, mengingat besarnya *temporary storage sediment* yang berada di sekitar pengaliran. Timbunan sedimen ini bisa terangkut ke hilir dalam waktu beberapa jam, maupun beberapa puluh tahun kemudian, bergantung proses pengendapan yang terjadi maupun aliran pengangkutnya.

Keberhasilan R-DTA tidak memberikan dampak secara cepat terhadap penurunan laju sedimentasi di wilayah hilir, sebagaimana anggapan banyak pihak selama ini.

Kesimpulan: *Diperlukan jangka waktu setidaknya sepuluh tahun untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan R-DTA terhadap peningkatan hasil air dan penurunan banjir, penurunan laju sedimen serta pengendalian kekeringan. Namun demikian, secara on-site (setempat) R-DTA memberikan dampak secara langsung dalam peningkatan perlindungan tanah dan peresapan air.*



Bab 5

Keutamaan Rehabilitasi Vegetatif

5.1. Disintensifikasi Lahan

Dalam kondisi keterbatasan sumberdaya dan pilihan teknologi, cara termudah untuk mengelola kesuburan tanah pada awal perkembangan lahan kering adalah melalui peladangan berpindah. Meningkatnya kepadatan penduduk berpengaruh terhadap semakin pendeknya masa bera, kondisi ini kemudian merangsang upaya pengelolaan lahan secara lebih intensif. Pada titik inilah kegiatan intensifikasi mulai berperan, dimulai dengan penterasan lahan secara sederhana yaitu dengan pembuatan parit mengelilingi bukit (teras gunung), kemudian berkembang menjadi teras gulud, teras kredit hingga menjadi teras bangku sebagaimana banyak dikenal kini.

Tanpa pemupukan, produktifitas lahan kering secara cepat merosot, sehingga kemudian pupuk kandang mulai memegang peranan dalam proses intensifikasi. Puncak intensifikasi lahan terjadi di awal Orde Baru. Waktu itu pupuk mineral, pestisida, insektisida, herbisida dan varietas unggul mulai banyak tersedia di pasaran. Sayangnya, pertanian semusim berproduktifitas tinggi di wilayah tropis yang mampu dipertahankan dalam jangka panjang hanyalah pertanian lahan basah (sawah).

Intensifikasi lahan kering (tegalan, kebun) merupakan upaya pengendalian dan peningkatan produktifitas sebagai kompensasi terhadap degradasi yang disebabkan oleh pemanfaatannya secara intensif. Proses pergulatan antara intensifikasi dan degradasi terus berlangsung hingga mencapai suatu titik dimana intensifikasi secara ekonomis menjadi tidak menarik; khususnya bagi petani berlahan sempit.

Tabel 5.1. Kronologis: dari intensifikasi menuju disintensifikasi

Waktu	Tahapan
Sampai abad 18	Perladangan berpindah/tegal ideran
Awal abad 19	Pertanian menetap
Akhir abad 19	Deforestasi untuk memperluas lahan pertanian
Awal abad 20	Penterasan Lahan
Pertengahan abad 20	Penggunaan Pupuk Kandang
Akhir abad 20	Pengunann Pupuk mineral
	Penggunaan insektisida, fungisida dan herbisida
	Setiap bentuk intensifikasi selalu diikuti loss of efficiency
	Law of diminishing returns
Awal abad 21	Disintensifikasi lahan, beralih ke penutupan lahan yang bersifat self-sustaining dalam bentuk Rehabilitasi Vegetatif.

Setiap bentuk intensifikasi selalu diikuti oleh *lost of efficiency*, degradasi (eksploitasi) lahan yang berlangsung amat intensif dalam setiap tahap intensifikasi. berdampak pada ke-'aus'-an kesuburan tanah, sehingga dicapai kondisi *law of diminishing return*, yaitu penambahan input biaya (*incremental cost*) menjadi semakin tidak seimbang dengan tambahan perolehan hasil (*incremental benefit*).

Kondisi tersebut di berbagai wilayah telah lama disadari, namun keterbatasan pilihan, keterdesakan kebutuhan, dan kentalnya darah agraris membuat petani masih mencoba bertahan, walaupun dengan cara '*mengeksploitasi diri*'. Sebagian petani yang tidak tahan mulai berkelit dari himpitan tersebut dengan cara banting setir ke *off-farm*. Kegiatan terakhir ini bisa masih berkaitan dengan pertanian, misalnya menjadi buruh tani di lahan sawah atau sepenuhnya di luar pertanian. Desa-desa lahan kering yang didominasi oleh petani tipe ini biasanya memiliki laju urbanisasi musiman yang tinggi, semakin rendahnya minat pemuda 'memegang cangkul' dan semakin menipisnya kontribusi lahan kering dalam struktur pendapatan pedesaan.

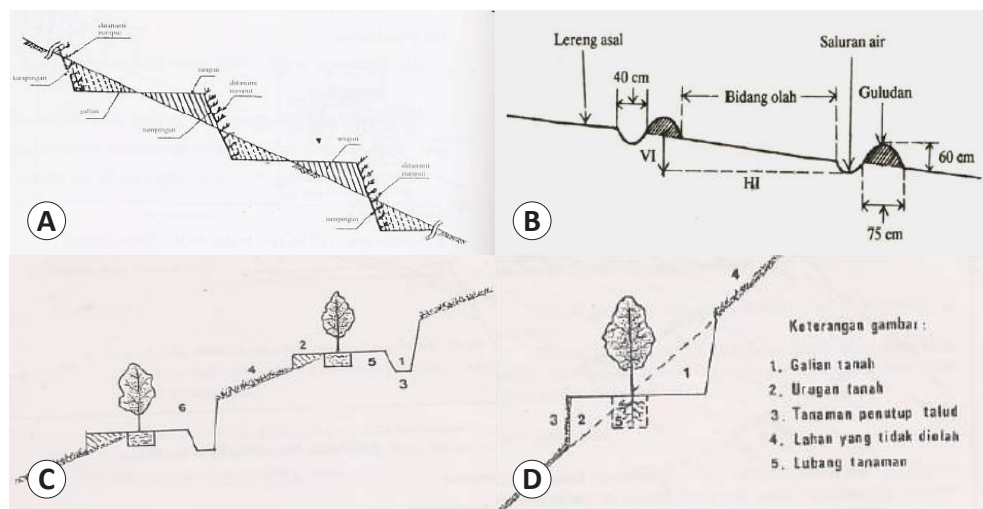
Dampaknya terhadap lahan kering sangat ditentukan oleh status lahannya, apabila lahan di wilayah tersebut merupakan lahan guntai (*absentee*, pemiliknya orang dari kota/luar desa), biasanya hanya ditanami singkong. Apabila status lahan tersebut lahan milik biasanya terjadi perubahan kualitas lahan secara

signifikan dengan beralihnya petani pada kebun dan hutan rakyat dengan tanaman berdaur pendek, seperti Sengon (*Paracaria falcataria*) kondisi ini didukung oleh meningkatnya harga kayu dan melonjaknya harga pupuk.

Kesimpulan: Kondisi ini bersifat kondusif terhadap R-DTA, artinya petani memiliki semangat yang tinggi diajak menanam pohon, karena tanaman semusim tidak menguntungkan lagi. Walaupun sifat penanaman pohon ini sementara, karena hasil tanaman pohonnya pada usia tertentu (sekitar 10 tahun) akan ditebang, namun dengan sistem rotasi penebangan yang baik, gerakan penanaman pohon tetap akan berdampak lebih baik bagi peresapan air dan peningkatan kesuburan tanah.

5.2. Penterasan Lahan

Tidak berlebihan dikatakan bahwa penterasan lahan menjadi maskot utama rehabilitasi lahan abad 20. Apabila menengok sejarah, pada tahun 1874, pemerintahan kolonial Belanda mengeluarkan 'Ordinance of Alienation of Domain Forest Land', yaitu bahwa ijin pembukaan hutan pada lahan berlereng diberikan dengan syarat petani bersedia melakukan penterasan lahan. Tercatat bahwa pada tahun 1930, pemerintah kolonial Belanda melakukan penterasan lahan (teras bangku) skala besar di Keresidenan Priangan dan Cheribon (Cirebon). Sejak masa itu hingga kini teras bangku telah menjadi menu utama rehabilitasi lahan. Terbukti hingga kini, mungkin tidak banyak percontohan rehabilitasi lahan yang tidak menyajikan teras bangku sebagai menu utama percontohannya.



Gambar 5.1. Berbagai bentuk penterasan lahan : Teras Bangku (A), Teras Gulud (B), Teras Individu (C), Teras Kebun (D)

Teras di beberapa daerah juga disebut *sengkedan*, tujuan utama pembuatan

teras untuk mengurangi panjang dan kemiringan lereng sehingga memperkecil aliran permukaan. Disamping itu pembuatan teras juga memberi kesempatan air untuk meresap kedalam tanah, bahkan ada teras yang sengaja dibuat untuk meningkatkan peresapan air, misalnya teras pada sawah tadah hujan.

Berbagai macam teras dijumpai di lapangan disamping bentuknya yang bermacam-macam, nama yang digunakannya juga tidak sama. Satu macam teras memiliki nama berlainan di berbagai daerah sebaliknya namanya sama tetapi bentuk terasnya berlainan.

Berdasarkan bentuk dan fungsinya dikenal dua macam teras yaitu *teras saluran* dan *teras bangku*. Teras saluran dibangun untuk mengumpulkan aliran permukaan pada saluran yang telah disiapkan untuk kemudian disalurkan pada saluran pembuangan air (SPA) yang memotong garis kontur. Teras ini dibuat memotong arah lereng dengan membuat guludan, untuk mengendalikan aliran permukaan saluran pembuangan air dilengkapi dengan bangunan terjunan secara bertingkat, mulai dari bangunan atas sampai ke bagian terbawah dengan permukaan yang datar.

Ada dua modifikasi teras saluran, yaitu: (a) *teras datar*, biasanya dibuat pada lahan dengan kelerengan kurang dari 3%; (b) *teras kredit*, dibuat pada kelerengan 3-10% dengan jarak antar gulud 5-12 meter; (c) *teras gulud* dibuat pada lahan dengan kemiringan lebih dari 8% (Utomo, 1989).

Teras bangku dibangun terutama untuk mengurangi panjang lereng. Teras ini disarankan dibangun pada lahan dengan kemiringan 20-30% yang memiliki jeluk tanah dalam, Jika masa tanahnya stabil, teras ini dapat dibuat hingga kelerengan 50%. Disarankan bidang oleh dibuat miring 1% kearah dalam (*goler kampak, backward sloping*). Untuk memperkuat teras disarankan agar tampingan teras (*terrace riser*) ditanami tanaman penguat teras (rumput atau penguat batu).

Teras yang dibangun pada lokasi yang tepat, terpenuhi berbagai persyaratan teknisnya serta terpelihara dengan baik merupakan salah satu upaya rehabilitasi lahan teknik sipil yang handal. Permasalahannya, teras di lahan kering biasanya tidak terpenuhi persyaratan teknisnya dan miskin pemeliharaan. Teras biasanya dibangun untuk tujuan penciptaan bidang olah sehingga memungkinkan budidaya tanaman semusim pada lahan berlereng terjal, daripada untuk tujuan rehabilitasi lahan. Biaya penterasan lahan dengan perlengkapannya, tergantung kedalaman tanahnya, kini bisa mencapai 7-10 juta rupiah per hektar. Biaya sebesar ini jelas tidak mampu ditanggung oleh sebagian besar petani yang umumnya berpenghasilan rendah.

Penterasan lahan terbukti sering tidak efektif untuk mengendalikan erosi. Pembuatan bangunan teras yang kurang tepat dan tidak dipenuhi persyaratan teknisnya justru akan meningkatkan laju erosi. Hal ini terjadi karena penterasan lahan berarti mengumpulkan aliran permukaan pada satu tempat tertentu, maka jika bangunan tersebut tidak mampu menampung aliran permukaan, energi yang berasal dari akumulasi volume air justru dapat menimbulkan mega erosi pada bangunan teras dan sekitarnya.

Pengukuran erosi yang dilakukan menggunakan plot erosi batas alam (*natural boundary erosion plot*) pada beberapa teras bangku tunggal yang biasa ditemukan di Jawa Barat, yaitu dengan bidang olah miring ke dalam, tampungan teras tidak diproteksi pada tanah Latosol di Malangbong, Garut selama dua kali musim hujan (6 bulan, curah hujan 2300 mm), berkisar antara 95-135 ton/ha (kelerengan landai) hingga 140-240 ton/ha. Dari hasil penelitian yang sama diketahui bahwa sumber sedimen utama berasal dari tampungan teras yang tidak diproteksi. Hal ini menunjukkan bahwa teras bangku yang tidak terpelihara dengan baik lebih sebagai sumber sedimen daripada pengendalian erosi (*Purwanto, 1999*).

Berbagai proyek konservasi tanah skala besar di Jawa, seperti Program Citanduy II, *Upland Agriculture and Conservation Project/UACP, Land Rehabilitation and Agroforestry Development di DAS Cimanuk*, semuanya melaporkan bahwa pemeliharaan teras merosot drastis setelah proyek selesai. Bisa dibayangkan bahwa investasi besar yang telah ditanam akan tidak membuahkan hasil karena persyaratan utamanya, yaitu pemeliharaan teras secara berkelanjutan tanpa subsidi, setelah proyek berakhir, selalu tidak terpenuhi atau berada di luar kemampuan petani.

Tabel 5.2. Keutamaan Rehabilitasi Vegetatif dibandingkan Sipil Teknik

No	Aspek	Sipil Teknik	Vegetatif
1.	Pembiayaan	tinggi	rendah
2.	Intensitas pemeliharaan	tinggi	rendah
3.	Pelibatan masyarakat	rendah	tinggi
4.	Dampak perbaikan lingkungan	jangka pendek	jangka panjang
5.	Dampak peningkatan pendapatan	rendah	tinggi
6.	Pengembangan kapasitas masyarakat	rendah	tinggi

5.3. Pengendali Jurang dan Penampungan Sedimen

Masih langkanya penelitian efektifitas teknologi konservasi tanah di Indonesia, menyebabkan pola rehabilitasi lahan yang dilakukan kini masih banyak mengadopsi *high cost technologies* yang dikembangkan oleh Proyek Solo pada tahun 70-an dan Kali Konto tahun 80-an. Di masa lalu telah cukup besar dana untuk merehabilitasi erosi jurang, sehingga kini dikenal istilah *gully plug*, *gully structure*. Sukseskah? sebagian memang cukup berhasil mengendalikan jurang, namun tidak sedikit *gabion* (bronjong) yang hancur atau menggantung di tengah jurang pada musim kemarau. Erosi jurang sebetulnya merupakan indikator dari kondisi tanah dan geologi yang tidak stabil sehingga tidak bernilai ekonomis untuk direhabilitasi.

Sama halnya dengan pembangunan dam pengendali, beberapa memang memiliki multi-guna, namun lebih banyak yang bersifat penghaburan dana, mengingat bangunan bernilai ratusan juta rupiah tersebut banyak yang penuh lumpur hanya dalam tempo sekitar tiga tahun, bahkan ada yang satu tahun telah penuh lumpur. Tidakkah lebih efisien bila dana tersebut digunakan untuk melakukan R-DTA? Hasil analisa ekonomi yang dilakukan oleh Proyek Kali Konto membuktikan bahwa bangunan pengendali sedimen memiliki *Internal Rate Return (IRR)* yang rendah yaitu hanya sebesar 9-11 % atau jauh dibawah konservasi tanah vegetative (16-18 %). Semakin menipisnya ketersediaan dana pemerintah dan pentingnya upaya rehabilitasi masal secara mandiri membuat R-DTA harus focus pada rehabilitasi vegetatif dengan biaya rendah dan membangun partisipasi masyarakat secara maksimal.

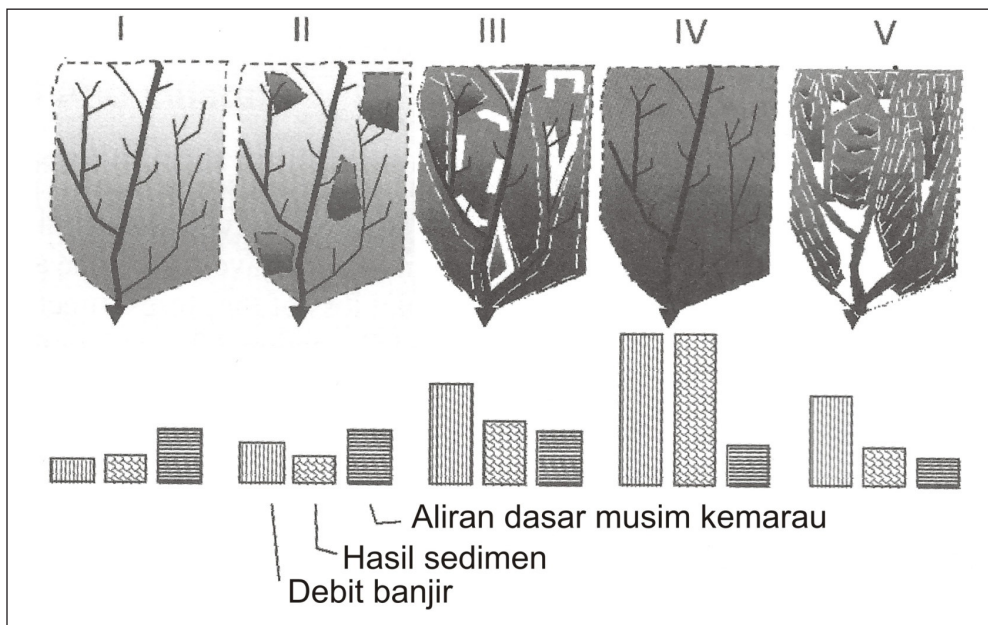
Kesimpulan: Ditinjau dari berbagai aspek, baik dari segi biaya, mudahnya pemeliharaan, peningkatan pendapatan, kestabilan dampak lingkungan dan peluang terbukanya mata pencaharian baru (penangkar bibit tanaman pohon), rehabilitasi vegetatif merupakan pilihan yang paling tepat dalam kegiatan R-DTA.

5.4. Perlindungan Sempadan Sungai

Sempadan sungai (riparian area) adalah wilayah yang berada di kiri kanan sungai. Wilayah ini sangat penting untuk perlindungan ekosistem Daerah Aliran Sungai maupun perlindungan keragaman hayati. Peran sempadan sungai secara ekologis adalah: (a) Sebagai filter (penyaring) dan buffer (penyangga) aliran sungai, sedemikian rupa sehingga mengendalikan debit banjir (*flood discharge*) dan hasil sedimen (*sediment yield*) dari wilayah di sekitar aliran sungai, (b) Sebagai wilayah resapan air daerah kiri kanan sungai sehingga akan menambah aliran dasar di musim kemarau (dry-season flow); (c) Sebagai koridor pergerakan satwa dari wilayah DAS hulu ke hilir.

Memperhatikan hal tersebut maka wilayah sempadan sungai sangat perlu dilindungi dari berbagai upaya penebangan atau perusakan vegetasi alami. Pemerintah telah menetapkan bahwa 100 m dari kiri kanan sungai besar dan 50 m kiri-kanan sungai kecil perlu dilindungi. Permasalahannya wilayah kiri kanan sungai umumnya merupakan wilayah yang banyak dibudidayakan baik untuk keperluan transportasi, pemukiman, maupun pertanian dan perkebunan.

Berbagai penelitian menyebutkan bahwa pada DTA yang telah rusak namun kondisi sempadan sungainya masih bagus, umumnya tetap memiliki kondisi hidrologi yang baik, yaitu: memiliki debit banjir, debit sediment yang rendah serta debit musim kemarau yang menerus. Sebaliknya, DTA yang rusak mengalami perbaikan karakteristik hidrologi dengan cepat setelah dilakukan upaya rehabilitasi vegetatif di sempadan sungainya. Periksa Gambar dibawah beserta penjelasannya (ICRAF, 1998). Memperhatikan kondisi tersebut rehabilitasi vegetatif sempadan sungai sangat penting dilakukan untuk memperbaiki kondisi hidrologi DTA.



Gambar 5.2. Respon kerusakan dan perbaikan sempadan sungai terhadap tata air

Penjelasan gambar:

- Kondisi 1:** DTA dengan penutupan vegetasi yang bagus yang memiliki debit banjir yang rendah, hasil sedimen yang rendah dan aliran dasar (*base-flow*) di musim kemarau yang tinggi.

2. **Kondisi 2:** Mulai terjadi pembukaan lahan di DTA tersebut. Pembukaan lahan dilakukan secara sporadis namun tidak mengganggu wilayah sempadan sungainya. Respon hidrologi dari penebangan tersebut adalah meningkatnya debit banjir, sedangkan hasil sedimen dan aliran dasarnya tetap seperti kondisi semula.
3. **Kondisi 3:** Penebangan semakin marak dan sebagian telah mulai mengganggu penutupan alami di kiri-kanan sungai. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya debit banjir dan hasil sedimen secara signifikan, sedangkan aliran dasarnya masih tetap seperti semula.
4. **Kondisi 4:** Kondisi DTA maupun sempadan sungainya terdegradasi berat. Kondisi ini berdampak pada tingginya peningkatan debit banjir dan hasil sedimen, maupun merosotnya aliran dasar pada musim kemarau.
5. **Kondisi 5:** Kondisi DTA yang telah rusak tersebut mulai dilakukan rehabilitasi penutupan lahan di sekitar sempadan sungainya. Dampaknya dalam 5-10 tahun mampu menurunkan debit banjir dan hasil sedimen secara signifikan.



Bab 6

Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA)

Sejalan dengan berkembangnya peralatan dan teknologi pengolahan lahan, kemampuan dan keinginan manusia untuk memanipulasi bentang alam juga meningkat. Akibatnya, laju peningkatan perubahan lapisan permukaan bumi meningkat secara eksponensial (Hooke, 2000). Kondisi ketidak seimbangan antara peningkatan populasi dengan peningkatan produktivitas diperkirakan akan menimbulkan tekanan luar biasa pada lahan dan sumberdaya lain yang jumlahnya terbatas (Reicosky, 2015).

Kebutuhan produk tanaman dan ternak meningkat sejalan dengan peningkatan populasi manusia dan standar hidup yang meningkat (Troeh, Hobbs, & Donahue, 1999). Upaya terpenting dalam aktivitas pengelolaan lahan pertanian yang perlu dilakukan adalah memelihara produktivitas tanah berbarengan dengan upaya pelestarian lingkungan (Reicosky, 2015).



Di berbagai wilayah di Indonesia terjadi pengusahaan lahan yang melebihi kemampuan daya dukungnya. Pada tingkat tapak, keterbatasan areal budidaya menyebabkan penduduk mengusahakan areal yang dari fungsi/peruntukan maupun kondisi fisik wilayahnya tidak sesuai untuk budidaya. Pengusahaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi dan sistem bertani yang intensif menimbulkan dampak degradasi lahan pada berbagai tingkatan. Untuk menghasilkan produksi setinggi-tingginya dari lahan yang dikelolanya, masyarakat mengolah lahan-lahan tanpa mengingat keberlanjutan fungsi lahan termasuk pada wilayah-wilayah yang sesungguhnya tidak sesuai untuk kegiatan budidaya. Lahan miring diatas 40% di olah dengan tanpa adanya penerapan teknik-teknik pengawetan tanah yang cukup untuk mengurangi potensi kerusakan lebih lanjut. Gambar di atas menunjukkan pembukaan hutan pada areal dengan kemiringan lebih dari 40% dan berada pada lereng yang berada di sisi anak sungai Sungai Muluy, di Hutan Lindung Gunung Lumut, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Berdasarkan data penelitian pada salah satu areal budidaya lahan miring di wilayah hulu Sub DAS Jeneberang, Kabupaten Gowa, Propinsi Sulawesi Selatan, pada ketinggian 1550 dpl dan curah hujan rata-rata tahunan 3000 mm, lahan miring yang terbuka seperti di atas pada saat turun hujan akan terjadi erosi sebesar 26 ton/ha/tahun pada kemiringan 8-15%, dan 78 ton/ha/tahun pada kemiringan 15-35% (Yudono, H. 2002).

Dalam PP No. 44 Tahun 2004 Tentang Perencanaan Kehutanan pasal 24 butir (2).b dan PP 26 tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional pasal 55 butir 1, secara umum penetapan kawasan hutan lindung didasarkan pada kriteria yang terkait dengan faktor-faktor kerentanan alam terhadap bencana (kelas lereng, jenis tanah dan intensitas hujan). Apabila memenuhi salah satu dari beberapa kriteria maka kawasan tersebut ditetapkan sebagai hutan lindung. Yang artinya bahwa dalam tataran aturan, batasan-batasan yang berpihak pada kepentingan pelestarian fungsi kawasan lindung cukup jelas diatur. Dalam PP No. 44 Tahun 2004 dan PP 26 tahun 2008 diatur bahwa kawasan hutan yang mempunyai tanah sangat peka terhadap erosi dengan lereng lapangan lebih dari 15%, dan semua kawasan hutan yang mempunyai lereng lapangan 40% atau lebih adalah kawasan lindung yang tidak diperuntukkan untuk budidaya. Aturan-aturan ini dibuat untuk mencegah terjadinya degradasi lahan.

Berbagai perilaku masyarakat dalam mengelola lahan khususnya di lahan miring di hulu DAS telah mengakibatkan degradasi lahan yang terkadang dampaknya terhadap petani penggarap tidak terlalu terasa, namun tidak demikian dengan dampak di bagian hilirnya. Dampak degradasi lahan ini ditunjukkan dengan terjadinya kecenderungan meningkatnya ancaman sedimentasi, berkurangnya debit sungai pada musim kemarau, ancaman banjir di musim penghujan, pendangkalan sungai, waduk, dan danau di berbagai

wilayah. Walaupun dalam jangka pendek, semusim dua musim, dampak fisik pada bidang olah tidak begitu terlihat, degradasi lahan yang terus-menerus mengakibatkan menurunnya produktivitas lahan yang sayangnya juga seringkali tidak dirasakan oleh petani. Penurunan produktivitas ini ditandai dengan semakin meningkatnya input pupuk setiap tahunnya untuk menghasilkan volume produk yang sama. Sedangkan apabila input pupuk yang diberikan sama, produksi setiap tahunnya menurun. Biaya untuk mengembalikan produktivitas lahan ini apabila dihitung jauh lebih mahal dari upaya pencegahan yang dapat dilakukan dengan berbagai teknologi konservasi yang mudah diterapkan, murah, dan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Terdapat perbedaan kepentingan antara kebutuhan jangka pendek petani pengguna lahan di daerah hulu untuk memanfaatkan lahan dan keinginan masyarakat umum untuk mendapatkan tingkat produktivitas lahan yang lestari dan menekan kerusakan/dampak di bagian hilir. Berbagai teknik KTA dirasa kurang dapat memenuhi kebutuhan jangka pendek petani karena biaya yang dipergunakan tidak sesuai dengan keuntungan jangka pendek yang ingin diperoleh. Masih sedikit teknik KTA yang rasional dari sisi ekonomis. Masalah yang tidak kalah penting adalah yang berkaitan dengan sosial budaya masyarakat. Penerapan penanaman sejajar kontur, secara teoritis menyebabkan pengolahan lahan menjadi lebih mudah dan murah, erosi dapat ditekan, dan rata-rata output dapat ditingkatkan. Tetapi dalam suatu rumah tangga/keluarga, seorang kepala keluarga akan membagi tanah yang dimiliki kepada anak-anaknya dengan membagi lahan dalam lajur-lajur vertikal. Hal ini terkait dengan kenyataan bahwa kualitas tanah berbeda dari atas ke bawah, sedangkan ke samping relatif sama. Demikian pula dengan aksesibilitas, rata-rata jalan kampung ada di bawah sehingga dengan membagi tanahnya dalam lajur-lajur vertikal semua anak-anaknya akan mendapatkan posisi yang sama. Dengan pola demikian yang turun-temurun maka lama-kelamaan lajur-lajur vertikal akan menjadi semakin sempit. Sehingga pengelolaan lahan sejajar kontur akan semakin susah.

Untuk petani-petani yang mempunyai modal finansial dan lahan yang luas, persoalan investasi untuk menjaga produktivitas lahannya dalam jangka panjang tidak menjadi persoalan. Karena petani-petani yang demikian pada umumnya mempunyai tingkat pengetahuan dan kesadaran yang memadai. Tetapi kondisi riil terutama di hulu-hulu DAS, masyarakatnya rata-rata adalah petani miskin dengan tingkat kesadaran yang relatif rendah. Praktek konservasi tanah merupakan kegiatan yang memerlukan investasi sementara di satu sisi kegiatan ini dalam jangka pendek mengurangi keuntungan/kecepatan pengembalian biaya meskipun dalam jangka panjang menawarkan keuntungan yang substansial.

Dalam kaitannya dengan masalah sosial ekonomi, yang paling penting adalah pemilihan pendekatan proyek dan kegiatan yang akan dilaksanakan. Pendekatan teknis ini akan sangat membantu perencana dalam memilih tindakan dan praktek pengelolaan yang paling tepat untuk melestarikan produktivitas daerah hulu. Dalam hal ini berkaitan dengan bagaimana menjembatani kepentingan sesaat petani untuk mendapatkan hasil dari lahannya dan kepentingan pelestarian produksi dalam jangka panjang dan penekanan dampaknya terhadap daerah hilir. Berbagai alternatif pengelolaan lahan harus disediakan yang dapat meningkatkan nisbah manfaat yang diperoleh dengan biaya yang digunakan. Konsep KTA yang baru pada saat ini telah berkembang menjadi lebih luas dan komprehensif. KTA tidak hanya difokuskan pada proses yang berkaitan dengan erosi dan akibat lanjutan dari erosi tetapi juga mencegah kerusakan tanah baik dari segi sifat fisiknya akibat erosi, atau sifat kimianya akibat penurunan kesuburan dan memelihara produktivitas lahan melalui kombinasi pengelolaan dan penggunaan tanah yang tepat. Tujuan konservasi tanah bukan hanya untuk melindungi tanah melainkan untuk memanfaatkan sekaligus memelihara produktivitasnya pada saat yang sama (Troeh et al., 1999)

Tanah, Sumberdaya tidak dapat diperbaharui

Pengertian Tanah

Tanah adalah sumberdaya yang paling penting dan fundamental. Manusia tidak dapat bertahan hidup karena tanah merupakan dasar dari segala kehidupan di darat dan menyokong ketahanan pangan dan kualitas lingkungan yang keduanya sangat vital bagi eksistensi manusia (Blanco & Lal, 2008; Dumanski & Peiretti, 2013; WWF, 2015). Namun demikian, tanah adalah lapisan bumi yang paling rapuh yang menyangga semua kehidupan di bumi. Dipandang dari rentang waktu kehidupan manusia, tanah digolongkan sebagai sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui (Blanco & Lal, 2008; FAO, 2015d). Proses pembentukan tanah membutuhkan waktu yang melebihi rentang hidup manusia.

Secara umum tanah bisa dipandang sebagai wilayah daratan yang digunakan untuk berbagai kegiatan seperti pertanian, pemukiman, dan lainnya. Dalam pertanian, Hardjowigeno (2010) mendefinisikan tanah kedalam arti yang lebih khusus yaitu sebagai media tumbuh tanaman. Sedangkan dari sisi ilmiah, tanah adalah kumpulan dari benda alam dipermukaan bumi yang tersusun dalam horizon-horison, terdiri dari campuran bahan mineral, bahan organik, air dan udara dan merupakan media tumbuh tanaman (Hardjowigeno, 2010).

Ada berbagai jenis tanah yang berbeda-beda karakteristiknya. Apabila kita gali tanah, kita dapat melihat bahwa tanah terdiri dari lapisan-lapisan, atau disebut juga sebagai horison (O, A, E, B, C, R). Horison-horison ini secara

bersama-sama membentuk profil tanah. Setiap profil tanah ini mencerminkan cerita bagaimana tanah ini terbentuk. Pada umumnya, tanah mempunyai tiga horizon utama (A, B, C) dan beberapa mempunyai horizon organik (O). Horizon-horison ini terdiri dari:

O - (humus atau bahan organik) Umumnya adalah bahan organik seperti serasah daun yang terdekomposisi. Ketebalan horizon O ini bervariasi antara berbagai jenis tanah, bahkan ada tanah tertentu yang tidak memiliki horizon O.

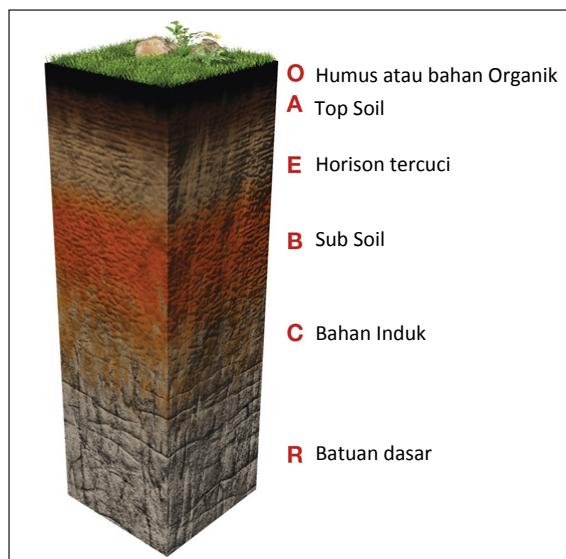
A - (topsoil) Umumnya adalah mineral dari bahan induk dengan kandungan bahan organik dan merupakan media yang baik untuk kehidupan tanaman dan organisme hidup lainnya.

E - (*eluviated*) Horizon liat, mineral atau bahan organik yang telah terlarut, meninggalkan konsentrasi pasir dan partikel debu *leaving* atau bahan-bahan yang resisten lainnya tidak ada di beberapa jenis tanah namun seringkali ditemukan pada tanah-tanah tua atau tanah hutan.

B - (*subsoil*) Bahan mineral kaya yang menerima dari horizon A atau E dan teakumulasi di horizon ini.

C - (bahan induk) Deposit pada permukaan bumi, asal mula dari pembentukan tanah.

R - (batuan dasar/*bedrock*) Horizon batuan seperti *granite*, *basalt*, *quartzite*, *limestone* atau *sandstone* yang membentuk batuan induk pada beberapa jenis tanah apabila batuan dasar cukup dekat dengan permukaan.



Gambar 6.1. Susunan horizon tanah

<https://www.soils.org/files/about-soils/soils-overview.pdf>

Sebagai sumberdaya alam yang sangat berharga (namun seringkali diabaikan), tanah merupakan komponen utama dari pembangunan pertanian dan indikator utama kelestarian ekologi yang menyangkut kehidupan manusia. Tanah merupakan 90% dari dasar/komponen utama produksi pangan, pakan ternak, bahan bakar dan bahan serat (food, feed, fuel, and fibre) dan jasa ekosistem lainnya (FAO, 2015c; Jiménez-Beltrán & Töpfer, 2000).

Kerusakan tanah

Sejarah menunjukkan bahwa setengah dari lapisan tanah (topsoil) di bumi telah hilang selama kurun waktu 150 tahun (WWF, 2015). Organisasi pangan dunia pada Perserikatan Bangsa bangsa (FAO : Food and Agriculture Organization of United Nations) menyebutkan bahwa setiap tahunnya 75 millyar ton tanah setara dengan 10 juta ha lahan pertanian hilang akibat erosi, salinisasi atau penggenangan, dan 20 juta hektar lainnya tidak bisa diolah karena penurunan kualitas (Vidal, 2010). Diperkirakan sampai dengan saat ini, 33 persen lahan mengalami degradasi dari tingkat sedang sampai berat (FAO, 2015c).

Pada umumnya kerusakan tanah diakibatkan oleh faktor alami dan faktor praktek pengelolaan lahan yang tidak bijakana (*unsustainable land uses and management practices*) (FAO, 2015c). Kerusakan ini diperkirakan akan terus meningkat dengan dampak kerugian yang meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk bumi. Pada tahun 2050, diperkirakan penduduk bumi akan mencapai 9,5 milyar jiwa meningkat 2 milyar dari saat ini (DESA, 2014; FAO, 2009). Untuk memenuhi kebutuhan pangan, dibutuhkan peningkatan produksi pangan keseluruhan sekitar 70 persen dari mulai 2005 sampai 2050 (FAO, 2009). Lahan pertanian diperkirakan akan meningkat kurang lebih 70 juta hektar sebagai akibat peningkatan sekitar 120 juta hektar lahan pertanian di negara berkembang dan pengurangan 50 juta hektar di negara maju (FAO, 2009).

Nilai penting tanah pada kehidupan manusia seringkali tidak dianggap sampai produksi pangan turun atau terancam ketika tanah tererosi parah atau terdegradasi sampai ke tingkat dimana tanah kehilangan kemampuannya untuk menyangga kebutuhan pangan manusia (Blanco & Lal, 2008). Dalam 30 tahun terakhir, penduduk bumi menghadapi kekurangan pangan serius. Manusia berupaya untuk menghasilkan lebih banyak pangan namun lahan yang ada semakin sedikit sementara disisi lain biaya pengolahan semakin mahal, dan suplai air yang semakin sulit (Vidal, 2010).



Gambar 6.2. Salah satu bentuk kerusakan lahan pertanian
<http://ourworld.unu.edu/en/one-fifth-of-global-farm-soil-degraded-by-salt>

Erosi Tanah

Salah satu bentuk kerusakan tanah yang paling nyata dan mempengaruhi kehidupan masyarakat dalam DAS adalah erosi. Erosi merupakan persoalan utama dalam sistem produksi pertanian dari jaman dahulu sampai dengan saat ini. Upaya untuk mengendalikan degradasi lahan dan erosi tanah dapat ditelusuri lebih dari 10.000 tahun (Reicosky, 2015). Jejak-jejak erosi yang terjadi beberapa abad lalu terlihat di desa pertanian masa lampau di Iraq antara rentang waktu 11.000-9.500 tahun SM. Penemuan arkheologis pada tahun 1940 menemukan peralatan pertanian dari batu antara lain sabit dan peralatan lainnya dan bukti-bukti proses erosi di desa pertanian kuno di Jarmo, Iraq Utara. Desa tersebut ditinggali sekitar 11.000 SM dan diduga merupakan pemukiman pertama yang menerapkan budidaya pertanian (Troeh et al., 1999).

Pada era moderen, erosi tetap terjadi di berbagai belahan dunia. Kerusakan tanah akibat erosi tidak hanya terjadi di negara berkembang namun juga bahkan di negara maju. Kerusakan akibat erosi air di negara-negara Eropa bahkan diperkirakan akan meningkat 80% pada tahun 2050 (Jiménez-Beltrán & Töpfer, 2000).

Apabila seluruh kerugian itu dihitung dalam bentuk nilai uang, nilainya sungguh fantastis. Di merika, potensi kehilangan pendapatan dari aktifitas pertanian (*on farm income*) akibat erosi sebesar 100 juta US\$/tahun (FAO,

2015a). Di Inggris, berdasarkan data tahun 2002 kerugian setiap tahunnya akibat erosi setara dengan £90 juta. Sedangkan di Indonesia, kerugian akibat erosi khusus di Jawa saja setara dengan US\$400 juta. Kerugian tersebut berasal dari dampak on- dan off-site (Morgan, 2005). Erosi tanah merupakan istilah umum yang seringkali disamakan dengan degradasi tanah secara umum. Pada kenyataannya, erosi tanah hanya merujuk pada proses kehilangan lapisan atas tanah (*top soil*) dan kehilangan hara (FAO, 2015b). Dari beberapa bentuk degradasi tanah, erosi adalah proses degradasi tanah yang paling kelihatan dampaknya. Erosi merupakan proses alami di daerah bergunung namun dampaknya menjadi lebih besar ketika di perburuk oleh adanya praktek pengelolaan lahan yang tidak bijaksana (FAO, 2015b).

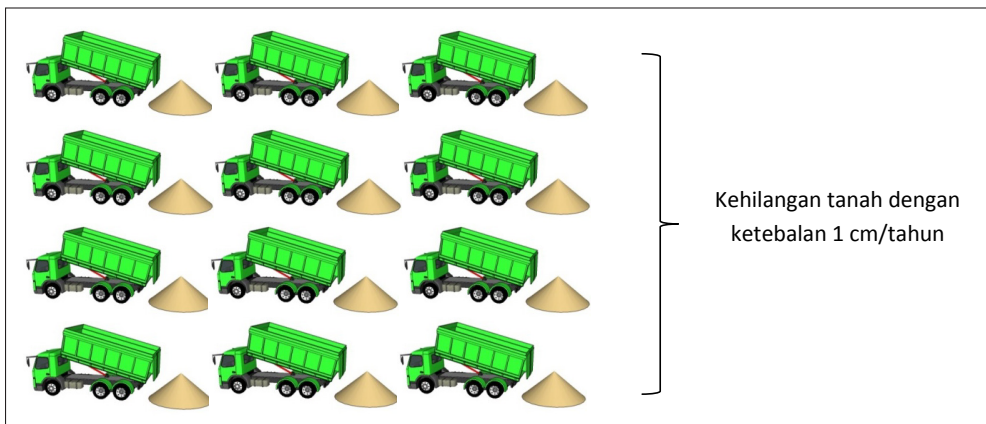
Secara umum erosi didefinisikan sebagai perpindahan material permukaan tanah akibat energi angin atau air (M.J.Kirkby, 1989). Dua penyebab utama dari erosi adalah air dan angin (Hudson, 1995). Dalam pertanian, Ritter (2012) mendefinisikan erosi sebagai proses perpindahan lapisan permukaan tanah atas (*top soil*) oleh pengaruh kekuatan fisik air atau angin atau akibat aktivitas pertanian seperti pengolahan tanah. Siswomartono (1989) mengartikan erosi sebagai : (1). Pengikisan permukaan tanah oleh air yang mengalir, angin, es, atau perantara-perantara geologi lainnya termasuk proses-proses seperti rayapan grafitasi. (2). Pemisahan dan pemindahan tanah atau fragmen-fragmen batuan oleh air, angin, es, atau gaya berat. Sedangkan Arsyad (1989) mendefinisikan erosi sebagai peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami.

Meniadakan erosi bukanlah merupakan tujuan dari kegiatan perlindungan dan pengawetan tanah. Erosi masih diperbolehkan sampai pada tingkat tertentu yang memungkinkan produktivitas lahan bisa dipacu semaksimal mungkin pada kondisi yang lestari (*optimal*). Nilai inilah yang disebut sebagai nilai kehilangan tanah yang ditoleransi (*soil loss tolerance*) atau sering disebut juga sebagai erosi yang diperkenankan (*tolerable soil erosion*) dan umumnya diberi symbol "T".

Secara teori, erosi tanah harus dijaga pada laju dibawah atau sama dengan laju alami pembentukan tanah. Namun demikian, tidak mudah untuk mengetahui pada angka berapa keseimbangan ini terjadi. Laju pembentukan tanah diseluruh dunia berkisar antara 0,01-7,7 mm/tahun (Morgan, 2005). Di Indonesia, pada daerah-daerah yang masa tumbuhnya (masa tumbuh adalah jumlah hari dalam satu tahun yang curah hujannya sama atau lebih besar dari setengah evapotranspirasi) lebih dari 270 hari, kecepatan pembentukan tanahnya bisa mencapai 2 mm/tahun (Arsyad, 1989).

Secara umum, pada tanah yang dalam, dengan tekstur medium, permeabilitas menengah dengan karakteristik sub soil yang baik untuk pertumbuhan tanaman, kehilangan tanah akibat erosi yang dapat ditoleransi adalah sebesar $1,1 \text{ kg/m}^2/\text{tahun}$ atau setara 11 ton/ha/tahun (Morgan, 2005). Besarnya nilai T ini umumnya dikaitkan dengan laju pembentukan tanah. Dengan demikian, nilai T ini berbeda dari satu tanah dengan tanah lainnya.

Dengan asumsi kerapatan jenis tanah (*bulk density*) = 1 ton/m^3 , kehilangan lapisan tanah pada satu bidang miring yang ditandai dengan penurunan ketebalan 1 cm dalam satu tahun secara merata, adalah setara dengan kehilangan tanah/erosi sebesar 100 ton/ha/tahun . Untuk memahami seberapa besar angka 100 ton/ha/tahun , kita bisa membayangkan volume tanah sebanyak kurang lebih 12 truk 10 roda dengan kapasitas 8 m^3 di tuangkan ke dalam aliran sungai yang berada di bawah suatu lahan miring tererosi sebanyak satu truk per bulan.



Gambar 6.3. Visualisasi kehilangan tanah

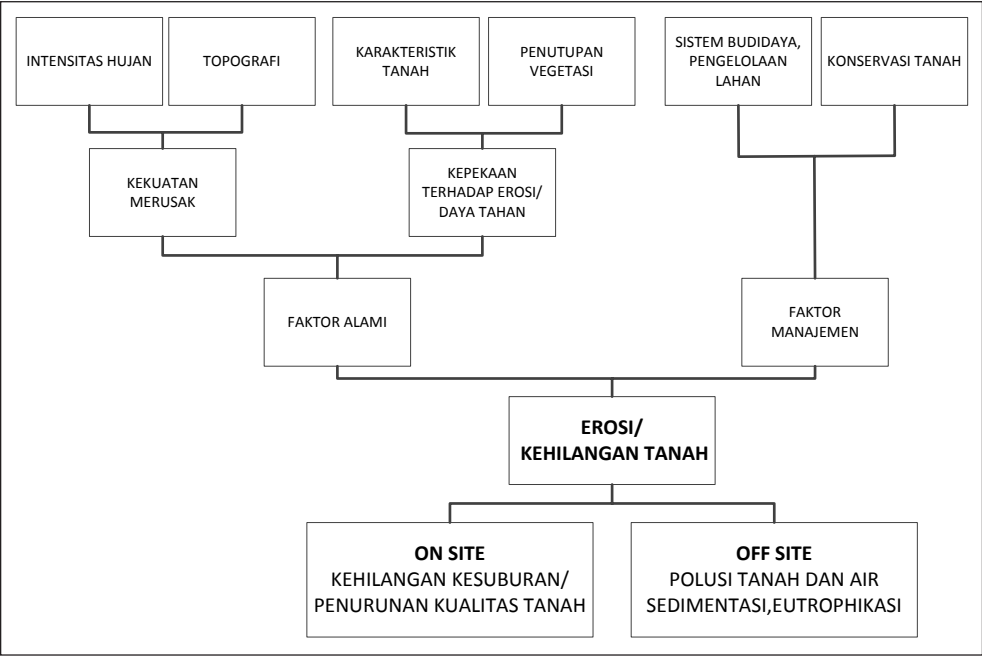
Dampak erosi tanah ini dirasakan bahkan sampai jauh ke daerah hilir (*off site*) seperti sedimentasi dan pendangkalan sungai serta pengkayaan unsur hara berlebih pada waduk, danau yang mengakibatkan kematian ternak ikan akibat racun undur hara. Dampak pada lahan budidaya sendiri (*on site*) yang seringkali tidak dirasakan oleh masyarakat pengolah lahan adalah berkurangnya nilai manfaat dari lahan yang mengalami degradasi. Dari hasil penelitian di DAS Jeneberang tahun 2002-2003, proses erosi permukaan yang terjadi di lahan usaha tani hortikultura yang tanpa menerapkan prinsip-prinsip KTA dalam pengelolaan lahan telah menyebabkan potensi kehilangan hara $\pm 0,06 \text{ ton N/ha/tahun}$, $\pm 0,001 \text{ ton P/ha/tahun}$, dan $\pm 0,0125 \text{ ton K/ha/tahun}$ atau setara Rp. 480.000,-/ha/tahun pada kemiringan 8-15%. Pada kemiringan 15 - 35 %, potensi kehilangan hara sebesar $\pm 0,17 \text{ ton N/ha/tahun}$, $\pm 0,004 \text{ ton P/ha/tahun}$, $\pm 0,035 \text{ ton K/ha/tahun}$ atau setara

Rp. 1.420.000,-/ha/tahun (H. Y. S. H. Nugroho, 2005). Proses kehilangan hara yang terus menerus ini tidak diperhatikan oleh petani karena tidak mudah untuk dilihat.

Di Indonesia, berdasarkan faktor penyebabnya (media alaminya), erosi yang terjadi secara umum adalah erosi air. Erosi air melibatkan tiga proses utama yaitu : pemecahan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*) dan pengendapan (*deposition*) (Gruvel, 2013). Lapisan tanah permukaan bagian atas (*topsoil*) yang kaya akan bahan organik dan subur akan berpindah ke tempat lain (Ritter, 2012). Proses erosi tanah ini akan menurunkan produktivitas lahan pertanian dan menyumbang pencemaran pada badan air, sungai dan danau (Ritter, 2012). Laju dan besaran erosi dipengaruhi oleh faktor: curah hujan dan aliran permukaan, erodibilitas tanah, kemiringan dan panjang lereng, pertanaman, dan praktek pengolahan lahan. Semakin besar intensitas dan lamanya hujan, semakin besar potensi erosi. Dampak dari pukulan air hujan pada permukaan tanah dapat memecah agregat tanah dan menyebarkan ke tempat lain. Agregat tanah yang halus dan ringan seperti pasir halus, lempung, liat dan abhan organik sangat mudah dipindahkan oleh pukulan air hujan dan aliran permukaan, sementara untuk meindahkan agregat tanah yang lebih besar dibutuhkan tenaga curah hujan yang lebih besar pula (Ritter, 2012).

Kegiatan yang meningkatkan infiltrasi seperti penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*) dan rekayasa drainase untuk membuang kelebihan air (*tile drainage*) akan memberikan pengaruh terhadap proses erosi melalui penurunan aliran permukaan (*runoff*) sehingga memperkecil partikel tanah terangkut. Sementara itu kegiatan yang memperlambat aliran permukaan seperti teras dan jalur tanaman penghalang (*grass barrier, green barrier*) meningkatkan pengendapan sedimen terlarut (Gruvel, 2013). Erosi menurunkan kualitas tanah melalui tiga cara: kehilangan bahan organik, mengurangi penyediaan hara, dan menurunkan fungsi hidrologis (Gruvel, 2013).

Dalam bagan di bawah ini disajikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses erosi



Gambar 6.4. Faktor-faktor erosi

Dampak erosi dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan lokasi terdampak yaitu daerah dimana erosi itu terjadi (*on-site*) dan di tempat lain di luar lokasi erosi (*off-site*). Dampak *on-site* utama erosi adalah hilangnya produktivitas tanah akibat hilangnya lapisan subur, sedangkan dampak utama erosi yang dialami oleh daerah diluar tempat terjadinya erosi (*off-site*) adalah peningkatan produktivitas, sedimentasi, dan pengkayaan unsur hara (*eutrophication*) pada badan air (FAO, 2015a).

Dampak *on-site* utamanya dirasakan pada lahan pertanian dimana perpindahan tanah dalam satu bidang lahan atau kehilangan tanah dari suatu lahan, perubahan struktur tanah dan penurunan kandungan bahan organik dan unsur hara telah menyebabkan penurunan kedalaman lapisan tanah atas (*top soil*) dan penurunan kesuburan tanah (Morgan, 2005). Erosi juga menyebabkan penurunan kandungan kelembaban tanah (*available soil moisture*), menyebabkan bertambahnya potensi kekeringan. Pada akhirnya dampak lanjutannya adalah kehilangan produktivitas, yang menurunkan kemampuan lahan untuk menumbuhkan tanaman dan meningkatkan kebutuhan pupuk untuk menjaga produktivitas.

Dampak off site yang utama adalah sedimentasi di daerah hilir yang menurunkan kapasitas tampung sungai, saluran drainase, meningkatkan resiko banjir, dan memperpendek umur pakai tampungan air (reservoirs) seperti danau, waduk dan lainnya. Selain itu, sedimentasi juga menjadi sumber pencemaran dimana bahan kimia yang terkandung dalam sedimen dapat meningkatkan kadar nitrogen dan posfor di badan air yang menyebabkan terjadinya eutropikasi (*eutrophication*) (Morgan, 2005).

Dampak yang terjadi di daerah hilirnya adalah pencemaran dan sedimentasi di badan air, waduk atau sungai. Lahan terdegradasi juga mengalami kemunduran dari sisi kemampuannya untuk menahan air, yang pada akhirnya dapat meningkatkan potensi banjir (WWF, 2015).

Pengertian Konservasi Tanah Dan Air (KTA)

Konservasi Tanah adalah penempatan sebidang tanah pada cara penggunaannya yang sesuai dengan kemampuan tanah tersebut dan memperlakukannya sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan. Dalam Undang-Undang nomor 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air, Konservasi Tanah dan Air diartikan sebagai upaya perlindungan, pemulihan, peningkatan, dan pemeliharaan fungsi tanah pada lahan sesuai dengan kemampuan dan peruntukan lahan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan kehidupan yang lestari.

Sinukaban (1989), menyatakan bahwa konsep KTA telah berkembang menjadi lebih luas dan komprehensif dengan tujuan tidak hanya melindungi (*preserve*), tetapi juga memelihara produktivitasnya (*maintain*). *Preserve* mengandung arti mencegah/melindungi tanah dari kerusakan secara fisik akibat erosi, atau secara kimia akibat kehilangan kesuburan tanah karena faktor alami maupun faktor kesalahan manusia, dan *maintain* mengandung arti memelihara tanah supaya tidak menurun kualitasnya baik karena alam ataupun aktivitas manusia melalui kombinasi metode pengelolaan dan penggunaan tanah yang tepat.

Pada saat ini KTA tidak hanya difokuskan pada proses yang berkaitan dengan erosi dan akibat lanjutan dari erosi tetapi juga meliputi pelestarian tanah-tanah yang masih baik kualitasnya dan merehabilitasi tanah-tanah yang sudah rusak baik oleh kegiatan manusia maupun proses alam. Dalam konsep ini erosi tidak dipandang sebagai satu-satunya penyebab menurunnya kualitas/produktivitas tanah. Beberapa proses yang dapat berkontribusi menurunkan produktivitas dan atau membuat tanah sama sekali tidak produktif adalah salinisasi, sodikasi, penggenangan, penurunan kapasitas infiltrasi dan permeabilitas, kehilangan kesuburan, dan penggunaan tanah yang salah (Sinukaban, 1989).

Teknik KTA dapat dibagi menjadi tiga golongan utama yaitu teknik vegetatif, mekanik dan kimiawi (Arsyad, 1989).

(1). Metoda Vegetatif

Metoda vegetatif adalah penggunaan tanaman atau tumbuhan dan sisa-sisanya untuk mengurangi daya rusak hujan yang jatuh, mengurangi jumlah dan daya rusak aliran permukaan dan erosi. Berbagai jenis tanaman atau vegetasi mempunyai tingkat efisiensi yang berlainan dalam konservasi.

Penggunaan vegetasi dalam KTA berfungsi : melindungi tanah dari kerusakan akibat pukulan butir air hujan, melindungi tanah terhadap daya perusak aliran air di atas permukaan tanah, dan memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah dan daya simpan air yang berpengaruh langsung terhadap besarnya aliran permukaan.

Termasuk dalam metode ini adalah : (1) penanaman tanaman penutup tanah secara terus-menerus, (2) penanaman dalam strip (*strip cropping*), (3) pergiliran tanaman dengan tanaman pupuk hijau dan penutup tanah (4) sistem wanatani, (5) pemanfaatan sisa-sisa tanaman atau tumbuhan (mulsa) dan (6) penanaman saluran-saluran pembuangan dengan rumput (*vegetated/grassed waterways*).



Gambar 6.5. Konservasi tanah pada lahan miring

(2). Metode Mekanik/Sipil Teknis

Metode mekanik adalah semua perlakuan fisik mekanis yang diberikan terhadap tanah dan pembuatan bangunan untuk mengurangi aliran permukaan dan erosi, dan meningkatkan kemampuan penggunaan tanah. Metode mekanik dalam konservasi tanah berfungsi (a) memperlambat aliran permukaan, (b) menampung, menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak merusak, (c) memperbaiki atau memperbesar infiltrasi ke dalam tanah dan memperbaiki aerasi tanah, dan (d) menyediakan air bagi tanaman. Termasuk dalam kategori ini adalah : pengolahan tanah (*tillage*), pengolahan tanah menurut kontur, teras, dam pengendali (*check dam*), waduk (*farm ponds*), rorak, tanggul, dan perbaikan drainase dan irigasi.

(3). Metode kimia

Metode kimia dalam KTA adalah penggunaan preparat kimia sintetis atau alami. Preparat-preparat kimia ini dipergunakan untuk pembentukan struktur tanah yang stabil. Salah satu jenis yang populer adalah campuran *dimethyl dichlorosilane*, dan *methyl-trichlorosilane*. Bahan kimia ini merupakan cairan yang mudah menguap, dimana gas yang terbentuk bercampur dengan air tanah. Senyawa yang terbentuk membuat agregat tanah menjadi stabil. Selain pematapan agregat tanah, penggunaan senyawa kimia berfungsi juga merubah sifat-sifat hidrophobic atau hidrophilic tanah, yang dengan demikian merubah kurva penahanan air tanah. Pengaruh yang lain dari penggunaan senyawa kimia tersebut adalah mengurangi atau meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yang berarti mempengaruhi kemampuan tanah menahan unsur hara.

Konsep KTA Modern

Praktek pertanian tradisional umumnya didasarkan pada pengolahan tanah intensif pada tahap awal persiapan penanaman. Penerapan praktek ini telah menimbulkan kerusakan tanah yang mengakibatkan 24% lahan pertanian global mengalami degradasi (Dumanski & Peiretti, 2013). Degradasi lahan telah menyebabkan penurunan kapasitas produktivitas lahan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Pada dekade terakhir ini, pendekatan pertanian tradisional dengan pengolahan tanah intensif secara perlahan digantikan oleh pendekatan baru yang terpusat pada upaya konservasi tanah bersamaan dengan peningkatan produktivitas lahan. Pendekatan baru ini sebagian besar berupa praktek pengelolaan lahan tanpa pengolahan (*no tillage*), penerapan pertanian konservasi (*conservation agriculture*), dan pengelolaan lahan lestari (*sustainable land management*). Konsep ini tidak terpisah, namun merupakan bagian dari praktek pengelolaan lahan yang

(1). Tanpa pengolahan (*No tillage*)

Dengan tidak dilakukan pengolahan sama sekali, gangguan terhadap tanah ditiadakan. Hanya satu bidang kecil (atau lubang kecil) yang dibuat pada saat penanaman sehingga benih tanaman (termasuk juga pupuk dasar) dapat diletakkan dan secara langsung bersentuhan dengan tanah untuk perkecambahan. Pada saat panen, hanya hasil utama yang diambil (biji, tongkol, dll) sedangkan sisa-sisa hasil panen (batang, daun) ditinggalkan di permukaan tanah. Secara alamiah, sisa-sisa tanaman perlahan akan terurai menjadi bahan organik yang tersimpan dalam tanah. Pada umumnya, suhu permukaan tanah akan diturunkan sedangkan kapasitas simpan air akan meningkat. Model pengolahan lahan tanpa pengolahan ini dapat diterapkan baik pada sistem pertanian yang kecil maupun besar. Model ini dapat mengurangi dampak negatif yang umumnya ditimbulkan pada model pertanian konvensional dengan pengolahan seperti erosi, kehilangan bahan organik dan keragaman hayati, dan mengurangi aliran permukaan.

(2). Pertanian Konservasi (*Conservation Agriculture*)

Pertanian konservasi (PK) tidak merujuk pada teknik baru tertentu melainkan merupakan model kombinasi penerapan berbagai prinsip dan praktek umum untuk mencapai tujuan konservasi. PK bukanlah merupakan resep atau teknik khusus tertentu, melainkan merupakan suatu pendekatan pengelolaan lahan yang didasarkan pada konsep menekan gangguan terhadap tanah, aplikasi penutupan tanah, dan pergiliran tanaman atau kombinasi ketiganya.

PK bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan dan stabilitas hasilnya, menekan biaya produksi khususnya pada penyiapan lahan dan pemeliharaan, dan meningkatkan sifat fisik, biologi, dan hidrologi air lahan. PK didasarkan pada upaya untuk meng-optimalkan hasil dan keuntungan untuk mencapai keseimbangan antara manfaat pertanian, ekonomi dan lingkungan.

Prinsip-prinsip dalam PK adalah :

1. Memelihara penutupan tanah dan meminimalkan gangguan mekanis pada tanah melalui sistem tanpa pengolahan
2. Mengedepankan kesehatan tanah melalui rotasi tanaman, tanaman penutup tanah (*cover crops*) , dan penggunaan teknologi pengendalian hama terpadu
3. Menerapkan penggunaan pupuk, pestisida, herbisida, fungisida dalam dosis yang seimbang dengan kehilangan hara. Prinsip ini bertujuan untuk memberi makan tanah (*feeding the soil*) dan bukan memupuk tanaman (*fertilizing the crops*).

4. Menerapkan penggunaan input yang tepat untuk menekan biaya, efisiensi pengelolaan, dan mencegah kerusakan lingkungan
5. Menerapkan aplikasi tanaman-tanaman legume disela-sela musim tanam, termasuk penggunaan kompos, pupuk kandang dan bahan-bahan organik lainnya
6. Mengedepankan nilai tambah pada produksi pangan, serat, buah, energi, dan juga tumbuhan obat.

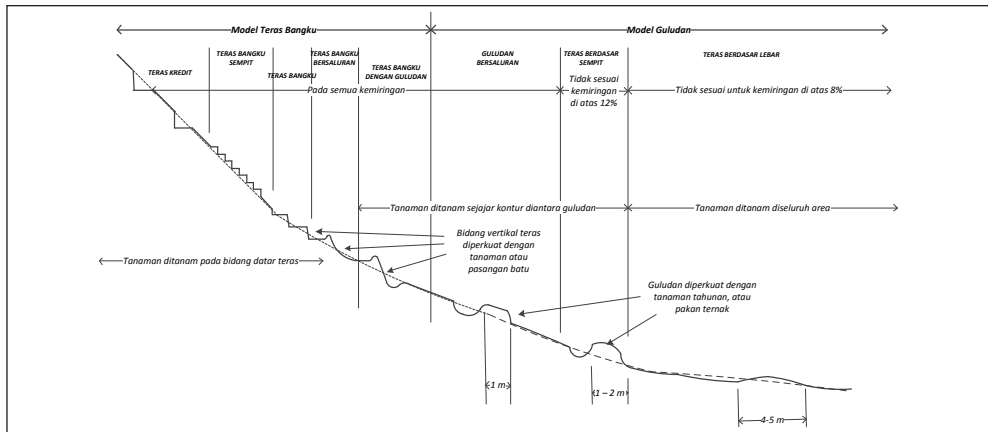
(3). Sustainable land management (SLM)

Konsep SLM merupakan pengembangan dari pertanian konservasi dengan memasukkan aspek ekonomi, pasar, keuntungan, dan kelestarian. SLM menawarkan peningkatan nilai tambah pada aspek produksi, kecukupan ketersediaan pangan, dan pengurangan kemiskinan melalui peningkatan produksi tanaman dan ternak terkait dengan peluang pasar. SLM didefinisikan sebagai kombinasi antara teknologi, kebijakan, dan aktivitas pengelolaan lahan mengakomodasi prinsip-prinsip sosial ekonomi dan prinsip kelestarian lingkungan dengan tetap secara simultan:

1. Memelihara dan meningkatkan produksi (produktivitas)
2. Menekan resiko produksi dan meningkatkan ketahanan tanah dari proses degradasi
3. Melindungi potensi sumberdaya alam dan mencegah degradasi kualitas tanah dan air
4. Menjamin kelayakan ekonomis (*economically viable*)
5. Menjamin penerimaan secara social (*socially acceptable*), dan menjamin tercapainya tingkat produksi yang untung dari pengelolaan lahan yang baik

Alternatif Teknik Konservasi Tanah dan Air

Pada intinya, teknik konservasi tanah secara fisik di dalam suatu DAS ditujukan untuk meningkatkan laju infiltrasi, menurunkan laju aliran permukaan, mencegah erosi dan sedimentasi, dan pada bagian hilir adalah meningkatkan kapasitas infiltrasi. Dalam konteks hidrologi, secara sederhana, teknik konservasi tanah dan air ditujukan untuk memelihara keseimbangan siklus hidrologi dalam sistem DAS melalui upaya agar air hujan yang jatuh ke permukaan bumi lebih banyak tertahan dan meresap ke dalam tanah sehingga dapat menambah persediaan air tanah sekaligus menurunkan laju aliran permukaan agar tidak mengalir dalam jumlah dan kecepatan yang membahayakan (banjir).



Gambar 6.6. Alternatif teknik konservasi tanah sipil teknis berdasarkan kemiringan lereng (Hudson, 1995)

(1). Terasering (Terrace)

Terasering merupakan teknik konservasi sipil teknis yang biasa diterapkan di daerah hulu das dalam upaya untuk menekan terjadinya erosi dan mempertahankan produktivitas lahan. Pada prinsipnya terasering adalah upaya manipulasi kemiringan lahan sehingga dapat meningkatkan laju infiltrasi, memperkecil laju aliran permukaan dan atau aliran permukaan dapat dialirkan dengan aman menuju saluran. Beberapa jenis teras yang umum dibuat adalah teras bangku (*bench terrace*), teras berlereng/teras gulud, teras berdasar lebar (*broad based terrace*).

a. Teras bangku

Pembuatan teras bangku dilakukan dengan merubah lereng curam menjadi beberapa bidang olah (*ledges*) berlereng datar atau hampir datar dengan dinding/tampungan (*riser*) vertikal atau hampir vertikal diantara bidang olah.



Gambar 6.7. Teras bangku pada lahan miring (kiri) dan jenis penguat tampungan teras (kanan)

b. Teras gulud

Teras gulud merupakan upaya konservasi tanah yang sederhana. Gundukan tanah yang dibuat memanjang sejajar kontur dan dilengkapi dengan saluran berfungsi sebagai penahan laju limpasan permukaan dan erosi.

c. Teras berdasar lebar

Teras berdasar lebar adalah teras yang mempunyai dasar bidang olah lebar dan dilengkapi saluran.

(2). Saluran Pembuangan Air (*Drainage ditch*)

Merupakan suatu saluran drainase menuruni lereng yang diperkuat dengan, rumput, pasangan batu kosong, pasangan batu isi, dan lain-lain. Saluran ini dilengkapi dengan bangunan terjunan (*drop structure*) yang berfungsi untuk memperlambat kecepatan aliran. Pekerjaan pembuatan SPA ini pada umumnya merupakan satu paket kegiatan dengan pembuatan teras bangku.



Gambar 6.8. Saluran Pembuangan Air pada Teras Bangku

(3). Mulsa (*Mulching*)

Yang dimaksud mulsa ini adalah bahan yang digunakan sebagai penutup tanah yang berfungsi melindungi tanah dari pukulan air hujan, mengurangi jumlah sekaligus daya angkut/daya rusak aliran permukaan, meningkatkan jumlah air terinfiltrasi, dan menjaga kelembaban tanah.



Gambar 6.9. Penggunaan mulsa pada tanaman kentang

Fungsi mulsa dan dampak langsung maupun dampak lanjutan penggunaan mulsa pada bidang olah hortikultura adalah sebagai berikut :

Fungsi	Dampak langsung	Dampak lanjutan
Melindungi tanah dari pukulan langsung hujan	Mengurangi daya rusak air hujan, mengurangi kecepatan dan jumlah aliran permukaan	Laju Erosi dapat ditekan
Mengurangi evaporasi	Mempertahankan kelembaban tanah	Mempertahankan ketersediaan air untuk tanaman

(4). Penanaman dalam strip (*Strip plantation*)

Teknik ini bisa diterapkan pada kemiringan sampai 6%. Pada daerah-daerah yang tidak dimungkinkan dibangun teknik lain seperti teras bangku (kedalaman tanah efektif yang rendah), maka penanaman tanaman tahunan dalam strip merupakan alternatif yang sesuai. Sistem ini bisa digunakan untuk melindungi suatu hamparan areal yang luas dengan lereng panjang yang telah diolah menjadi areal luas yang terbuka dan rawan erosi.

(5). Jalur hijauan/pertanaman lorong (*Green barrier/hedge row/alley cropping*)

Jalur hijauan adalah jalur tanaman yang ditanam memanjang sejajar kontur (seperti pagar) dengan jarak antar jalur disesuaikan dengan kemiringan dengan tujuan untuk menghalangi laju aliran permukaan untuk diresapkan ke dalam tanah sehingga diharapkan air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah akan meningkat yang pada akhirnya mengurangi erosi. Tanaman yang biasa digunakan adalah rumput (*grass barrier*) atau jalur tanaman gamal

(*Gliricidium cepium*). Meskipun dari segi efektivitas masih berada di bawah teras bangku, tetapi dari segi biaya, tenaga, maupun teknik jalur rumput ini bisa digunakan sebagai pilihan.



Gambar 6.10. Jalur rumput/grass barrier (kiri) dan gamal (kanan)

(6). Rorak (*Silt pit*)

Rorak adalah bangunan pengendali erosi yang berbentuk saluran pendek /parit sejajar kontur yang berfungsi memperpendek panjang lereng dan menampung lapisan tanah terangkut akibat erosi dari bidang olah di atasnya. Rorak dibuat untuk menangkap air dan tanah tererosi sehingga memungkinkan air masuk ke dalam tanah dan mengurangi erosi (Arsyad, 1989; Bohluli, Sung, Hanif, & Rahman, 2014; Moradi, Teh Boon Sung, Goh, Husni Mohd Hanif, & Fauziah Ishak, 2015; Ping, Sung, Joo, & Moradi, 2012).

Pada umumnya rorak dibuat pada kemiringan di bawah 15 % dengan lebar 30-50 cm, dalam 50-60 cm dan panjang 2 meter. Barisan rorak dibuat sejajar kontur dengan jarak antar baris tergantung pada kemiringan lereng. Semakin miring maka jarak antar rorak semakin pendek. Pada umumnya jarak antar barisan rorak adalah 10 meter dengan jarak antar rorak sejajar kontur 2 meter. Rorak dibuat sebagai salah satu alternatif teknik KTA yang relatif sederhana dari segi teknik maupun biaya.

Rorak tidak banyak merubah bentang lahan dan tidak membuang lapisan subur tanah (top soil). Pada saat rorak penuh sedimen, sedimen yang mengandung hara ini kemudian dapat diambil dan dikembalikan ke bidang olah. Dengan adanya rorak potensi sedimentasi dan kehilangan hara dapat dicegah karena sedimen yang mengandung unsur hara yang seharusnya terbawa menuju hilir dapat ditahan oleh rorak dan pada akhirnya dikembalikan ke bidang olah. Rorak ini sesuai digunakan pada lahan usahatani hortikultura.

Pada lahan hortikultura, untuk tetap mempertahankan tingkat produksi, teknik konservasi tanah yang digunakan adalah teknik yang tetap mengakomodasi model penanaman yang umum dipakai oleh petani (tegak lurus kontur) tetapi mampu mengurangi potensi erosi dan dampak lanjutannya yaitu kehilangan kesuburan maupun sedimentasi. Bedengan tanaman untuk beberapa tanaman hortikultura khususnya komoditi kentang atau wortel, umumnya dibuat tegak lurus kontur untuk menghindari penggenangan yang berakibat busuknya umbi yang ada. Teknik konservasi yang mampu mengakomodasi kedua kepentingan tersebut di atas adalah rorak, jalur rumput/jalur hijau dan mulsa menggunakan sisa-sisa pembersihan lahan.



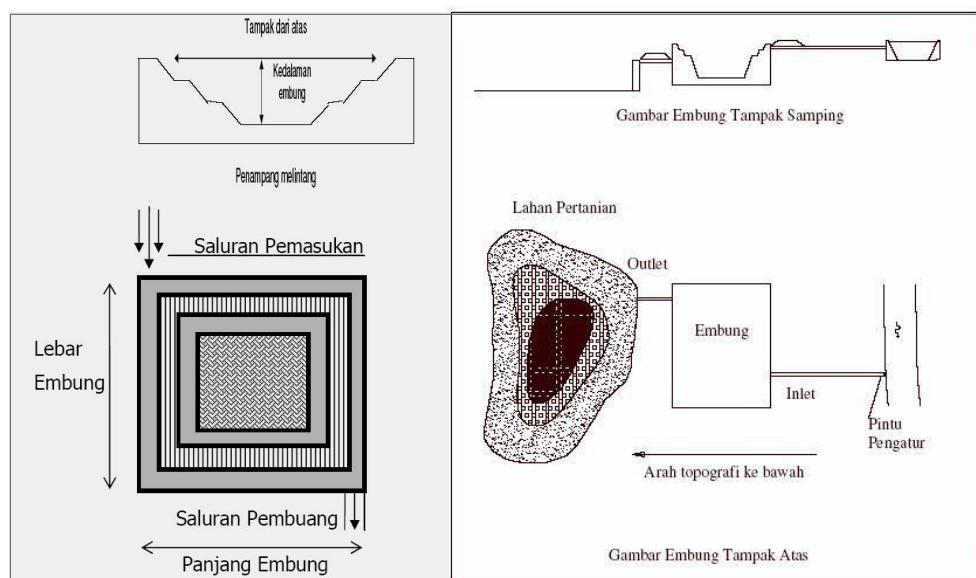
Gambar 6.11. Rorak (*silt Pit*) dengan tongkat berskala pada lahan hortikultura di Gowa

(7). Embung

Embung merupakan teknologi konservasi air yang sederhana, berupa bangunan berbentuk cekung yang berfungsi untuk memanen atau menampung kelebihan air pada saat terjadi hujan. Air yang ditampung tadi digunakan sebagai persediaan suatu desa saat musim kering tiba. Embung ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air yang ada di sungai atau pun di danau. Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air (*water harvesting*) yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem yang berfungsi untuk mengatasi kekeringan (Direktorat Irigasi Pertanian 2017).

Pembuatan embung untuk pertanian bertujuan antara lain untuk: (1). Menampung air hujan dan aliran permukaan (*runoff*) atau sumber air lainnya yang memungkinkan seperti mata air, parit, sungai-sungai kecil dan sebagainya, dan (2). Menyediakan sumber air untuk kepentingan irigasi atau lainnya pada saat musim kemarau. Sasaran lokasi embung adalah lahan-lahan kering dan lahan tadah hujan pada hulu DAS yang mempunyai karakteristik :

1. Bertipe iklim C (5-6 bulan basah); tipe iklim D (3-4 bulan basah) dan tipe iklim E (< 3 bulan basah), serta daerah kering lainnya yang memerlukan embung.
2. Air tanah sangat dalam atau tidak ada sama sekali.
3. Tekstur tanah liat (tidak *permeable*) liat berlempung dan lempung liat berdebu.



Gambar 6.12. Sketsa Disain Embung (Direktorat Irigasi Pertanian 2017)



Gambar 6.13. Embung

(Foto: http://mandrapahlawa.blogspot.co.id/2015/04/embung-batara-sriten-pilangrejo-nglipar_15.html)

(8). Dam penahan (*Gully Plug*) dan Dam pengendali (*Check dam*)

Dam penahan adalah bendungan kecil yang lolos air dengan konstruksi bronjong batu, anyaman ranting atau trucuk bambu/kayu yang dibuat pada alur jurang dengan tinggi maksimum 4 m. Tujuan dari dibangunnya dam penahan adalah : a) mengendalikan endapan dan aliran air permukaan dari daerah tangkapan air dibagian hulu, dan b) meningkatkan permukaan air tanah disekitarnya. Sasaran lokasi dam penahan adalah: daerah kritis dengan kemiringan lereng (15-35)%.



Gambar 6.14. Dam penahan susunan batu

(<http://www.gramvikas.org/gallery-18>) dan susunan bronjong (<https://diperpautkan.bantulkab.go.id/berita/198-sosialisasi-kegiatan-sipil-teknis-dak-kehutanan-2014>)

Dam pengendali merupakan salah satu bangunan fisik yang dibangun dalam rangka meningkatkan dan mengembangkan daya guna air secara maksimal disamping bendungan, waduk, atau dam. Dam pengendali pada umumnya dibangun di daerah hulu dengan tujuan antara lain untuk pengendalian erosi di daerah hulu (perangkap sedimen), dan sekaligus sebagai upaya pengamanan proyek-proyek lebih besar yang berada di bawahnya. Dam pengendali adalah bendungan kecil yang dapat menampung air (tidak lolos air) dengan konstruksi urugan tanah dengan lapisan kedap air atau konstruksi beton (tipe busur) untuk pengendalian erosi dan aliran permukaan dan dibuat pada melintang pada alur jurang/sungai kecil dengan tinggi maksimum 8 meter. Sasaran lokasi dibangunnya dam pengendali adalah daerah kritis dengan kemiringan lereng (15-35)%, bukan daerah longsor/bergerak atau patahan.



Gambar 6.15. Dam pengendali



Bab 7

Restorasi Hutan

Restorasi adalah pengembalian suatu ekosistem atau habitat kepada struktur komunitas, komplemen alami spesies, atau fungsi alami aslinya (Hobbs *et al.*, SERI, 2004). Restorasi, merupakan pemulihan melalui suatu reintroduksi secara aktif dengan spesies yang semula ada, sehingga mencapai struktur dan komposisi spesies seperti semula. Tujuannya untuk mengembalikan struktur, fungsi, keanekaragaman dan dinamika suatu ekosistem yang dituju (Hobbs *et al.*, 2007; Primack *et al.*, 1998; SERI, 2004). Restorasi suatu wilayah untuk mencapai struktur dan komposisi spesies semula dapat dilakukan melalui suatu program reintroduksi yang aktif, terutama dengan cara menanam dan membenihkan spesies tumbuhan semula (Primack *et al.*, 1998). Dalam beberapa waktu terakhir, telah banyak diakui bahwa konsep suksesi dan restorasi sangat erat kaitannya satu dengan yang lain (Hobbs *et al.*, 2007; Walker *et al.*, 2007). Restorasi suatu ekosistem yang terdegradasi yang tengah melalui proses suksesi dilakukan untuk mempercepat proses tersebut sehingga memiliki fungsi-fungsi ekosistem yang sehat. Percepatan proses ini dilakukan dengan upaya-upaya yang bersifat manipulasi lingkungan maupun sumber daya (Laughlin *et al.*, 2008).

Restorasi juga dipahami sebagai usaha pengembalian suatu ekosistem menuju struktur komunitas atau fungsi alami aslinya. Usaha pemulihan tersebut dapat dilakukan melalui reintroduksi spesies yang semula ada sehingga terbentuk struktur dan komposisi seperti semula (Hobbs *et al.*, 2007). Dalam pelaksanaannya, restorasi dapat dilakukan melalui cara penanaman spesies asli (Primack *et al.*, 1998).

Mengingat restorasi bukan sekedar penanaman biasa, melainkan upaya pemulihan ekosistem kepada fungsi awal, maka pemilihan jenis tumbuhan untuk restorasi menjadi sangat penting dimana jenis-jenis yang digunakan untuk restorasi merupakan jenis endemik atau asli penyusun ekosistem kawasan taman nasional. Jenis-jenis tersebut dapat dari kelompok *multi purposes tree species* (MPTS), *high quality timber species* (HQTS), atau *fast growing species* (FGS) yang akan dilakukan melalui penanaman penuh, pengkayaan, atau pemeliharaan jenis asli yang telah tumbuh alami.

Namun hal prinsip yang perlu dipahami adalah bahwa restorasi bukan sekedar usaha pemulihan ekosistem secara fisik sebagaimana penanaman dalam rehabilitasi lahan. Lebih jauh dari itu yaitu restorasi harus mampu mengembalikan fungsi ekosistem, oleh karena itu kehadiran satwa liar pada areal yang telah dilakukan restorasi menjadi indikator penting bagi keberhasilan suatu restorasi, di disamping indikator stabilitas lanskap, efisiensi program, dan fleksibilitas. Penilaian keberhasilan restorasi, ditinjau dari *indikator stabilitas lanskap* didasarkan pada elemen struktural seperti: peningkatan penutupan lahan, kerapatan dan tinggi tegakan, laju pertumbuhan, jumlah dan identitas jenis tumbuhan dan satwa, stabilitas tanah dan kualitas air. Selanjutnya tinjauan dari *efisiensi program* restorasi terkait kemandirian habitat yang direstorasi, apakah dapat berjalan secara alami atau masih memerlukan suplemen dan input. Adapun keberhasilan restorasi juga ditinjau dari *fleksibilitas* terhadap penggunaan alternatif, seperti rekreasi, proteksi hidupan liar atau pelepasliaran satwa tertentu.

Bentuk intervensi dalam restorasi ekosistem sebagaimana dikutip dari Heriansyah (2014) ditentukan oleh tingkat degradasi hutan yang akan di restorasi sebagai berikut :

- **Restorasi pasif** : Restorasi dapat terjadi secara alami hanya dengan memproteksi tapak dari gangguan, sehingga kolonisasi dan proses suksesi dapat terjadi secara gradual akan meningkatkan biodiversitas dan membentuk struktur ekosistem klimaks. Pendekatan ini merupakan salah satu pilihan manakala degradasi tidak meluas, sumber regenerasi tersedia dan sumber finansial yang terbatas
- **Pengayaan** : Tidak semua tegakan tinggal mempunyai biodiversitas tinggi, gangguan berulang akan meninggalkan tegakan dengan jumlah jenis yang relatif sedikit. Dalam kasus ini, diperlukan pengayaan sebagai suplemen untuk memperkaya biodiversitas melalui reintroduksi jenis tumbuhan kunci dalam kegiatan restorasi
- **Penanaman langsung dengan benih** : Dalam beberapa kasus, suksesi alami terjadi dengan laju terbatas karena penyebaran benih yang lambat, sehingga perlu dipercepat melalui reintroduksi benih, baik dengan penanaman secara langsung maupun dengan menggunakan pesawat terbang (*aerial seeding*). Penanaman benih secara langsung akan efektif pada lahan bebas gulma, pasca kebakaran dan lahan bekas tambang. Keuntungan pendekatan ini adalah murah karena tidak perlu melakukan pembibitan dan efektif dilakukan terutama di kawasan yang sulit dijangkau untuk penanaman dengan bibit.
- **Penanaman secara menyebar** : Teknik lain dalam mempercepat suksesi adalah membangun kompleksitas struktur tegakan dengan menggunakan jenis yang dapat disebar oleh hewan melalui penanaman secara

menyebarkan, baik secara individu, mengelompok maupun secara jalur. Pendekatan ini efektif terutama pada lahan bekas pertanian dengan dominasi alang-alang atau semak dan areal tanpa tegakan lainnya. Penyebaran benih juga dapat dilakukan dengan "mengarahkan" sebaran benih yang dilakukan oleh satwa khususnya burung. Upaya "mengarahkan" sebaran benih oleh burung dilakukan dengan membuat tempat bertengger burung, diharapkan benih yang tersimpan dalam kotoran burung akan tumbuh disekitar tempat bertengger burung tersebut.

- **Penanaman beberapa jenis secara rapat :** Teknik ini digunakan untuk mempercepat penutupan lahan dengan reintroduksi jenis asli dan akan membentuk kondisi iklim mikro yang dapat memfasilitasi jenis lainnya untuk berkembang.
- **Rekonstruksi ekologi secara intensif :** Percepatan revegetasi pada kawasan terdegradasi dapat dilakukan dengan penanaman intensif, berbagai jenis pohon dan tumbuhan bawah. Kombinasi jenis pioner, cepat tumbuh, jenis langka dan terancam, dan jenis klimaks dalam satu kawasan hutan secara rapat disinyalir dapat memotong dan mempercepat proses suksesi.

Secara umum menurut Walker dan del Moral (2003) terdapat beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk untuk mengembalikan komunitas hayati dan ekosistem ke fungsi semula yaitu melalui :

- *Tanpa tindakan*, hal ini dilakukan atas pertimbangan bila upaya pemulihan membutuhkan biaya yang besar dengan kemungkinan kegagalan yang tinggi.
- *Restorasi*, merupakan pemulihan melalui suatu reintroduksi secara aktif dengan spesies yang semula ada, sehingga mencapai struktur dan komposisi spesies seperti semula.
- *Rehabilitasi*, merupakan pemulihan dari sebagian fungsi-fungsi ekosistem dan spesies asli, seperti memperbaiki hutan yang terdegradasi melalui penanaman, penulaman dan pengkayaan jenis.
- *Penggantian*, merupakan upaya penggantian suatu ekosistem terdegradasi dengan ekosistem lain yang lebih produktif, seperti mengganti hutan yang terdegradasi dengan pembelukaran, dimana ekosistem tersebut telah ada sebelumnya.

Tindakan pemulihan kondisi hutan dalam waktu yang diharapkan lebih cepat adalah dengan kegiatan restorasi (Hobbs *et al.*, 2007). Selanjutnya menurut Sutomo (2009) keberhasilan kegiatan restorasi perlu didukung beberapa komponen antara lain :

- Identifikasi luas areal dan pemetaan atas kerusakan ekosistem dan/atau penurunan populasi flora dan fauna, serta penyebabnya.
- Teknis restorasi dan rehabilitasi yang digunakan dalam rangka pemulihan ekosistem dan/atau populasi dan jenis dari flora dan fauna, serta pemantauan dan evaluasinya.
- Adanya peran serta dan keterlibatan masyarakat setempat di dalam kegiatan restorasi.

Kondisi hutan yang sudah rusak sering mengakibatkan kegagalan kegiatan restorasi yang dilakukan. Biaya restorasi yang tinggi masih menjadi kendala dalam mengatasi semakin luasnya kerusakan hutan. Biaya yang tinggi masih menjadi kendala dalam upaya restorasi. Untuk meningkatkan keberhasilan restorasi diperlukan teknologi restorasi yang tepat dengan memperhatikan keterkaitan antara komposisi, distribusi, struktur, dan fungsi penyusun ekosistem hutan. Di samping itu diperlukan pemahaman fungsi spesies dan ekosistem; pemahaman terhadap hubungan yang kompleks diantara sistem yang bersifat alami dan yang telah dimodifikasi; dan memanfaatkan pengetahuan tersebut untuk mendukung keberhasilan restorasi hutan.

Metode Restorasi Ekosistem Hutan

Restorasi ekosistem dilakukan melalui empat fase, yaitu : (i) Fase Diagnostik, (ii) Fase Peningkatan Kapasitas, (iii) Fase Kolaborasi Pengelolaan, dan (iv) Fase *Exit Strategy*. Penjelasan kegiatan masing-masing fase adalah sebagai berikut :

1. Fase Diagnostik

Pelaksanaan fase ini ditujukan untuk memahami seluruh inisiatif yang ada kini dan menemukan kesenjangannya (*gap*), sehingga ditemukan faktor penting yang perlu diinisiasi dan atau diperkuat serta diketahuinya kondisi awal (sebelum ada intervensi kegiatan). Bentuk kegiatannya meliputi : (i) Sosialisasi dan koordinasi dengan masyarakat dan pemangku kepentingan termasuk taman nasional; (ii) Studi diagnostik untuk mengidentifikasi permasalahan dan mengumpulkan *baseline data* sebelum dilakukan intervensi kegiatan, dan (iii) Workshop untuk menyusun strategi intervensi dengan melibatkan berbagai pihak. Kegiatan yang termasuk dalam fase diagnostik meliputi :

a. Pengumpulan Data

- Mengumpulkan informasi mengenai sejarah kerusakan lahan yang akan direstorasi serta latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya yang ada. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui apakah penyebab kerusakan hutan berasal dari aktivitas manusia seperti pembukaan areal perladangan, kebakaran hutan, atau karena adanya faktor alam (Basyuni, 2002).
- Mengumpulkan informasi tentang tingkat kesadaran masyarakat untuk mendapatkan strategi komunikasi penyadaran masyarakat dalam rangka restorasi ekosistem dan perlindungan kawasan taman nasional
- Mengumpulkan informasi tentang sumber mata pencaharian lestari dari masyarakat di sekitar kawasan taman nasional untuk mendapatkan strategi usaha-usaha peningkatan mata pencaharian masyarakat yang mendukung kelestarian taman nasional.
- Mengidentifikasi biofisik kawasan. Untuk mendapatkan data mengenai keragaman jenis, komposisi, dan struktur serta distribusi vegetasi dilakukan dengan cara membuat plot analisis vegetasi (*anveg*). Plot analisis vegetasi dibangun pada dua kondisi penutupan lahan, yaitu :
 1. *Kawasan hutan tidak terganggu* yang berdekatan dengan rencana lokasi restorasi. Plot ini bermanfaat untuk memperoleh informasi keragaman jenis, komposisi jenis, struktur, dan distribusi vegetasi pada kondisi ekosistem kawasan taman nasional yang belum terganggu yang selanjutnya menjadi dasar bagi seleksi jenis tanaman restorasi,
 2. *Rencana lokasi restorasi*, yang merupakan kawasan hutan yang telah terganggu. Plot ini bermanfaat untuk mengetahui jenis, komposisi jenis, struktur, dan distribusi vegetasi pada kondisi ekosistem kawasan taman nasional yang telah terganggu. Melalui plot ini dapat diketahui jumlah populasi jenis endemik atau asli pada lahan yang akan direstorasi sehingga diperoleh strategi restorasi yang meliputi : restorasi melalui penanaman penuh (jika jumlah populasi < 500 batang/ha), restorasi melalui pengkayaan tanaman (jumlah populasi antara 500-700 batang/ha, atau pengamanan kawasan (kondisi populasi masih bagus dengan jumlah > 700 batang/ha). Di samping itu, melalui plot ini juga akan diketahui jenis-jenis eksotik yang telah masuk ke dalam kawasan termasuk identifikasi terhadap jenis-jenis yang bersifat invasif seperti mantangan (*Merremia peltata*), *Acacia nelotica*, kirinyuh (*Austroeupatorium inulifolium*), dll.

- Seleksi jenis dan spesies kunci (Basyuni, 2002). Melalui pembangunan plot analisis vegetasi maka akan diperoleh informasi tentang jenis-jenis yang dapat digunakan untuk melakukan restorasi. Jenis yang dipilih merupakan jenis-jenis asli (endemik) yang terdiri dari beberapa spesies untuk menghindari terjadinya dominasi suatu spesies (monokultur). Jenis yang terpilih hendaknya memiliki permudaan alam yang melimpah atau ketersediaan buah yang cukup banyak untuk dijadikan bahan tanaman. Informasi mengenai jenis yang harus diketahui antara lain: sifat toleransi jenis, tipe perakaran, dan tipe pertajukan. Ketiga informasi tersebut sangat penting untuk mencegah adanya persaingan antar jenis yang dapat merugikan pertumbuhan jenis lain. Setiap jenis mempunyai potensi pertumbuhan yang berbeda sehingga perlu adanya pengaturan ruang tumbuh (jarak tanam) kaitannya dengan intensitas cahaya matahari (dominasi, toleransi). Oleh sebab itu pengaturan percampuran jenis yang tidak tepat akan merugikan bagi perkembangan masing-masing tanaman.
- Identifikasi kondisi tapak penanaman. Identifikasi tapak dilakukan melalui pengambilan sampel tanah dan pengukuran data kesuburan tapak pada rencana lokasi restorasi. Terganggunya kondisi tapak menyebabkan perlunya intervensi perlakuan untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang optimal. Jenis perlakuan yang akan diterapkan akan mengacu pada hasil analisis kesuburan tanah pada lokasi rencana restorasi. Untuk mendukung proses pertumbuhan, dalam hal ini juga dapat dilakukan inokulasi jenis-jenis mikroba bermanfaat seperti mikorhiza dan rhizobium.

b. Pemetaan Partisipatif

Sebagai langkah awal rencana kegiatan restorasi, maka perlu dilakukan deliniasi lokasi restorasi melalui kegiatan pemetaan. Tujuan dilakukannya kegiatan pemetaan adalah :

- Untuk menyusun kerangka *baseline* data kawasan/dusun sebagai dasar untuk melakukan perencanaan restorasi
- Untuk mengidentifikasi kondisi biofisik dan sosial, ekonomi masyarakat di sekitar rencana lokasi restorasi
- Untuk menghasilkan peta tematik sebagai instrumen untuk mengembangkan perencanaan restorasi

Kegiatan pemetaan ini dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan pihak taman nasional dan masyarakat. Melalui kegiatan pemetaan akan diperoleh informasi ketersediaan luasan lahan yang dapat digunakan untuk kegiatan restorasi dalam satu transek/bentang alam, pemetaan batas blok dan petak

untuk rencana restorasi, ketersediaan sumber air, tutupan lahan, topografi, rencana lokasi plot pengamatan, rencana lokasi persemaian, dll. Desain lokasi restorasi itu sendiri disusun berdasarkan tutupan vegetasi, topografi, jenis tanah, tanda tanda alam, kemudian dipetakan sebagai peta dasar lokasi restorasi. Tipe tutupan lahan menjadi dasar dalam menentukan jenis restorasi yang akan dilakukan, yaitu : (i) *restorasi penuh*, (ii) *restorasi pengkayaan*, atau (iii) *tidak perlu restorasi, cukup pengamanan kawasan*.

c. Penyusunan Rancangan Teknis Restorasi

Berbagai informasi data biofisik, sosekbud (sosial, ekonomi, budaya), dan peta rencana lokasi restorasi hasil pemetaan secara partisipatif akan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan Rancangan Teknis (Rantek) Restorasi. Perencanaan teknis disusun untuk memberikan acuan teknis detil guna pelaksanaan kegiatan restorasi sesuai dengan kaidah teknis yang tepat guna baik dari aspek fisik, sosial, ekonomi, dan budaya wilayah setempat sehingga pelaksanaan kegiatan dapat mencapai sasaran/tujuan yang ditetapkan. Rencana teknis tersebut memuat antara lain : letak dalam wilayah kabupaten/kota, DAS/Sub DAS, luas lahan yang akan direstorasi, lokasi dan luas rencana restorasi, kondisi fisik lapangan, sarana prasarana, jenis tanaman, rencana pembibitan (persemaian), kebutuhan jumlah bibit per kegiatan/ha, pola perlakuan penanaman, rencana biaya, jadwal kegiatan, dll.

2. Fase Peningkatan Kapasitas

Pelaksanaan fase ini ditujukan untuk peningkatan kapasitas masyarakat di sekitar taman nasional, pemerintah desa, LSM/KSM, dan staf taman nasional melalui pelatihan, pendampingan, penyuluhan maupun bantuan teknis. Bentuk kegiatannya meliputi :

- a. Pembentukan kelompok tani; rangkaian kegiatan restorasi mengikutsertakan masyarakat yang tergabung dalam anggota kelompok tani.
- b. Pelatihan; dilakukan kepada kelompok tani, pemerintah desa, LSM/KSM lokal, dan staf taman nasional. Kegiatan pelatihan meliputi :
 - Penyiapan materi pelatihan dalam bentuk : (i) CD film tutorial tentang restorasi, manual, brosur, majalah, dll.
 - Bantuan teknis dalam penyiapan sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pelatihan sehingga pelatihan memberi pemahaman yang cukup bagi para peserta. Pelatihan menempatkan porsi 30% teori dan 70% praktik.
 - Pelaksanaan pelatihan yang meliputi pelatihan tentang : (i) Restorasi ekosistem, meliputi pemahaman konsep restorasi, teknik pembuatan

persemaian, teknik pengadaan materi genetik, teknik pembibitan generatif dan vegetatif, pembuatan pupuk organik, penanaman dan pemeliharaan tanaman dan (ii) Pembuatan plot permanen monitoring areal restorasi

- c. Pendampingan teknis; dilakukan bersama staf taman nasional kepada kelompok tani dalam rangka pelaksanaan restorasi, meliputi : pembangunan persemaian, pengadaan materi genetik, pembuatan bibit (secara vegetatif, generatif, atau cabutan semai alami), pemeliharaan persemaian, penyiapan lahan, pelaksanaan penanaman, pemeliharaan tanaman, monitoring dan evaluasi, hingga pemeliharaan tanaman. Sehubungan dengan kegiatan pendampingan teknis kepada masyarakat, maka pendamping adalah orang yang benar-benar memahami permasalahan teknis tentang restorasi ekosistem.
- d. Penyadartahuan; disamping peningkatan kapasitas dalam bentuk pelatihan, dilakukan juga kegiatan penyadartahuan masyarakat dan pemerintah desa yang berada di sekitar taman nasional terkait tentang perlindungan dan pelestarian taman nasional. Kegiatan penyadartahuan dilakukan melalui : (i) Pemutaran film lingkungan di tingkat kampung, (ii) Penyebaran bahan-bahan penyadaran seperti poster, leaflet, baliho, papan pengumuman, brosur, dll., (iii) Penyuluhan, dll.

3. Fase Kolaborasi Pengelolaan

Pelaksanaan fase ini ditujukan untuk membangun manajemen kolaborasi yang melibatkan masyarakat dan staf taman nasional dalam rangka restorasi ekosistem kawasan taman nasional. Bentuk kegiatannya meliputi :

- a. Membangun database; database yang dibangun dimaskudkan untuk mengkoleksi data terkait dengan seluruh rangkaian kegiatan restorasi, meliputi : data biosifik maupun sosial, ekonomi dan budaya setempat, termasuk data lokasi restorasi, daftar jenis, pertumbuhan tanaman, kematian tanaman, data *status*, *change*, dan *trend* dari *biodiversity*, *productivity*, *site quality*, hingga *vitality* yang diperoleh melalui pengukuran plot permanen.
- b. Koleksi materi genetik; jenis-jenis yang dikoleksi berdasarkan rekomendasi dari hasil study diagnostik. Koleksi jenis dilakukan melalui tiga cara, yaitu : (i) koleksi benih, (ii) koleksi material vegetatif, (iii) cabutan semai alami. Materi genetik diperoleh dari dalam kawasan taman nasional atau dari luar kawasan taman nasional sepanjang materi genetik tersebut berasal dari jenis yang direkomendasikan untuk restorasi. Materi genetik yang diperoleh selanjutnya diberi perlakuan lanjut untuk proses pembibitan di persemaian.

- c. Pembangunan persemaian; persemaian dibangun berdekatan dengan masyarakat agar memudahkan perawatan dan rencana lokasi restorasi untuk mengurangi dampak kerusakan mekanis terhadap bibit. Kapasitas persemaian yang dibangun disesuaikan dengan target penanaman.
- d. Pembibitan; pembibitan dilakukan secara generatif (menggunakan benih), vegetatif, atau cabutan semai alami. Untuk meningkatkan kualitas pertumbuhan maka dapat ditambahkan pupuk organik dari bahan yang tersedia di lapangan dan penambahan cendawan mikorhiza.
- e. Pelaksanaan restorasi; pelaksanaan restorasi akan dilaksanakan di kawasan hutan konservasi yang telah mengalami penurunan keragaman jenisnya yang ditandai oleh tumbuhnya jenis-jenis asing baik yang bersifat invasif maupun tidak. Restorasi melalui penanaman penuh dilakukan pada areal yang memiliki populasi tegakan atau anakan kurang dari 500 batang/ha. Komposisi jenis tanaman yang akan digunakan adalah minimum 90% kayu-kayuan (harus jenis endemik/asli/setempat) dan maksimum 10% MPTS (harus jenis asli yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat setempat). Terdapat berbagai metode penanaman dalam kegiatan restorasi seperti yang dikembangkan oleh Miyawaki dengan menggunakan jarak tanam rapat 1 m x 1 m (10.000 batang/ha) hingga 0,5 m x 0,5 m (20.000 batang/ha). Namun untuk efisiensi dan efektifitas pertumbuhan tanaman, maka jumlah tanaman untuk restorasi tetap akan mengacu pada pedoman penanaman reboisasi yaitu dengan jarak tanam 3 m x 3 m, sehingga kebutuhan bibit untuk penanaman adalah sebanyak 1.111 batang/ha untuk kegiatan Penanaman Tahun Berjalan (T0) dan sebanyak 222 batang/ha (20%) untuk penyulaman pada kegiatan Pemeliharaan Tahun I. Untuk kegiatan Pemeliharaan Tahun II tidak dilakukan penyulaman. Adapun untuk pengkayaan restorasi dilakukan jika jumlah populasi/anakan antara 500-700 batang/ha dengan menggunakan kebutuhan bibit sebanyak 500 batang/ha untuk restorasi tahun berjalan dan 100 batang/ha untuk Pemeliharaan Tahun I.
- f. Pembangunan Plot Permanen Pemantauan Areal Restorasi; menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) yang dikembangkan oleh USDA Forest Service dan diadopsi oleh SEAMEO-BIOTROP, Bogor. Plot ini digunakan untuk memonitor *status*, *change*, dan *trend* areal restorasi.
- g. Pemeliharaan tanaman restorasi; kegiatan pemeliharaan meliputi penyulaman, pemupukan, penanggulangan hama dan penyakit, termasuk eradikasi jenis-jenis invasif. Di samping itu juga perlu dilakukan monitoring kawasan untuk pencegahan dan deteksi dini terhadap bahaya kebakaran.
- h. Pengembangan sistem perlindungan dan pengamanan kawasan restorasi berbasis masyarakat.

4. Fase Exit Strategy

Pelaksanaan fase ini ditujukan untuk memfasilitasi pengakhiran pendampingan secara perlahan untuk memastikan bahwa seluruh inisiasi dan fasilitasi yang dilakukan sepenuhnya dilanjutkan oleh pemangku kepentingan kawasan taman nasional kemudian pada saat yang sama berbagai praktik cerdas yang dilaksanakan selama proyek berjalan dipromosikan ke tingkat (inter) nasional. Bentuk kegiatannya meliputi: (i) Workshop tindak lanjut dan pelestarian kegiatan, (ii) Fasilitasi dan bantuan teknis untuk menjamin keberlanjutan kegiatan pada periode pasca proyek, (iii) Promosi dan pengarusutamaan praktik cerdas restorasi ekosistem berbasis masyarakat ke tingkat provinsi, nasional dan international.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2010. Manajemen Air Tanah Berbasis Cekungan Air Tanah. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral
- Anonim, 2003. Kekeringan di Pulau Jawa: Bencana Lingkungan Buatan Manusia. Fokus Kompas 24 Agustus 2003.
- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press.
- Basyuni M. 2002. Panduan Restorasi Hutan Mangrove Yang Rusak (Degraded). Fakultas Pertanian, Program Ilmu Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Bruijnzeel, LA, 1.990. *Hydrology of Moist Tropical forest and Effects of Conservation: A state of Knowledge Review*. UNESCO international Hydrological Programme, Paris.
- Heriansyah, Ika, A. Susmianto, A. Subiakto. 2014. Panduan Restorasi ekosistem taman Nasional Gunung Leuser. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Kementrian Kehutanan.
- Hobbs R., J., A. Jentsch. & M. Temperton, Vicky. 2007. Restoration as a process of assembly and succession mediated by disturbance. In: Linking Restoration and Ecological Succession (eds R. L. Walker, J. Walker and R. Hobbs, J.) pp. 150-67. Springer, New York.
- Kodoatie, R.J. and R. Sjarief, 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Laughlin D. C., J. D. Bakker, M. L. Daniels, M. M. Moore, C. A. Casey & J. D. Springer. 2008. Restoring plant species diversity and community composition in a ponderosa pinebunchgrass ecosystem. *Plant Ecology* 197: 139-51.
- Nibbering, J.W., 1991. *Hoeing in the Hills: Stress and resilience in an Upland Farming System in Java*. PhD Thesis. The Australian National university, Canberra.
- Primack R. B., J. Supriatna, M. Indrawan & P. Kramadibrata. 1998. Biologi Konservasi. Yayasan Obor, Jakarta.
- Purnama, S. 2000. Bahan Ajar Geohidrologi. Yogyakarta: Fakultas Geografi, UGM.

- Purwanto, E., 1997b. Disintensifikasi dan Restorasi Lahan Kering di Jawa. KOMPAS 31 Juli 1997.
- Purwanto, E., 1999. *Erosion, Sediment Delivery and Soil Conservation in an Upland Agricultural Catchment in West Java, Indonesia. A hydrological approach in a socio-economic context*. PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Purwanto, E., 2001. Strategi Pengelolaan Hutan di Era Otonomi Daerah di Propinsi Jawa Barat. Paper disampaikan dalam Dialog Interaktif di Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Barat.
- Purwanto, E., 2001. Deforestasi dan Perubahan Lingkungan Tata Air di Indonesia: Resiko, Implikasi dan Mitos. BIGRAF Publishing. Yogyakarta.
- Purwanto, E. 2002 Gerakan Menabung Air Melalui Pembangunan Sejuta Resapan. Surili. Volume 25 dan 26, 2003.
- SERI. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. (eds A. Clewell, J. Aronson and K. Winterhalder). Society for Ecological Restoration International, Tucson.
- Sutomo. 2009. Kondisi Vegetasi dan Panduan Inisiasi Restorasi Ekosistem Hutan di Bekas Areal Bekas Kebakaran Bukit Pohen Cagar Alam Batu kahu Bali (Suatu Kajian Pustaka). UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bali Candikuning, Baturiti, Tabanan Bali.
- Susswein, P.M., M. Van Noordwijk and B. Verbist, 2001. *Forest Watershed Functions and Tropical Land Use Change*. ASB Lecture Note 7. ICRAF.
- Utomo, W.H., 1989. Konservasi Tanah di Indonesia. Suatu Rekaman dan Analisa. Rajawali.
- Walker R. L. & del Moral R. 2003. *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge University Press

Manual Pengelolaan Daerah Tangkapan Air & Restorasi Hutan Lindung
Yayasan Operasi Wallacea Terpadu (OWT) - Bogor, September 2017