

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Waduk Sermo

Waduk Sermo adalah satu-satunya waduk yang ada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Waduk Sermo terletak pada posisi $7^{\circ} 50'$ Lintang Selatan $110^{\circ} 10'$ Bujur Timur, dan merupakan kawasan pertemuan kali Ngrancah dengan Serang di Dusun Sermo. Waduk dengan luas genangan kurang lebih 157 hektar ini, memiliki air yang jernih membiru dengan aliran yang bentuknya berkelok-kelok. Lanskap waduk ini juga semakin dipercantik dengan latar belakang perbukitan Menoreh. Waduk Sermo terletak di Desa Hagowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Waduk Sermo ini dibuat dengan membendung kali Ngrancah yang dibangun selama 3 tahun mulai 1 Maret 1994 sampai Oktober 1996 dan diresmikan oleh Presiden Suharto pada tanggal 20 November 1996. Pembangunan waduk Sermo ini membuat Pemerintah Daerah Kulon Progo harus memindahkan 107 KK dengan bertransmigrasi ke Tak Toi Bengkulu, dan ke PIR kelapa sawit Riau. Tujuan pembangunan waduk ini adalah untuk memenuhi sistem penyedia irigasi daerah Kalibawang yang memiliki cakupan areal seluas 7.152 hektar, yang merupakan sistem irigasi interkoneksi dari beberapa daerah irigasi.

Luas tangkapan air waduk Sermo adalah 2.147 hektar, daerah tangkapan ini merupakan daerah aliran waduk sermo yang meliputi bagian dari daerah aliran sungai Ngrancah, anak sungai Kali Dungpagap, Kali Menguri, Kali Pantaran, Kali Kembang,

Kali Papan, dan beberapa kali kecil lainnya yang bermuara ke Sungai Ngrancah. Dari beberapa sungai tersebut adalah membawa partikel-partikel permukaan tanah yang diakibatkan oleh hujan yang dipindahkan atau yang terbawa oleh aliran air sungai ini disebut erosi (Widyantara. 2011).

Waduk Sermo ini terdiri dari bendungan utama yang merupakan tipe urugan batu berzona dengan inti kedap air. Puncak bendungan memiliki elevasi +141,60 meter, dengan panjang 190.00 meter, lebar 8,00 meter, tinggi maksimal 58,60 meter, dan volume urugan 568,000 m³. *Coffer Dam* dengan tipe urugan batu dan selimut kedap air yang memiliki elevasi +105,00 meter. Bangunan pelimpah dengan tipe "ogee" tanpa pintu yang memiliki lebar pelimpah 26 meter, yang memiliki elevasi +136,60 meter, peredam energi bak lontar dan lantai peredam energi. Bangunan terowongan dengan bentuk tapak kuda dengan diameter 4,2 meter, yang memiliki kapasitas 179,50 m³ per detik, elevasi inlet 89,00 meter, dan elevasi outlet 84,00 meter (Eka, 2011).

Waduk merupakan cekungan di permukaan tanah untuk menampung dan menabung air yang berlebih pada musim basah, sehingga air itu bisa dimanfaatkan pada musim kemarau atau musim kering. Air yang disimpan di dalam waduk bisa berasal dari air permukaan yang dapat berupa sungai atau aliran tetap yang lain, atau berupa penyaluran kadangkala air sekeliling waduk dan air hujan langsung jadi, ada 3 sumber yang perlu diperhatikan dalam pengisian waduk yaitu (1) air tanah yang keluar sebagai mata air dan kemudian mengalir menjadi sistem sungai yang dibendung, (2) curahan atau endapan atmosfer langsung di atas waduk yang berupa

hujan dan (3) penyaluran air permukaan setempat sekeliling waduk. Ketiga sumber ini saling terkait sebagai suatu daur hidrologi dan sangat menentukan ketersediaan potensial air yang tersimpan dalam waduk. Sedangkan ketersediaan aktual air ialah ketersediaan potensial air dikurangi jumlah yang hilang karena penguapan air permukaan waduk dan yang meresap ke dalam tanah melalui dinding dan dasar waduk. Sehingga jumlah air yang benar-benar dapat ditampung di waduk dari jumlah yang tersediaan aktual tergantung kapasitas teknik waduk. Ketersediaan aktual air ditentukan oleh laju pendangkalan dan penyempitan waduk yang disebabkan oleh pengendapan dan guguran tebing (Jaya, 2008).

Waduk Sermo mempunyai sumber daya alam yang amat potensial seperti kawasan wisata, dan saat ini dapat digunakan sebagai tempat pariwisata untuk umum. Waduk Sermo yang pada mulanya hanya untuk diupayakan agar dipelihara sebaik-baiknya bakal jadi salah satu obyek yang bisa diunggulkan di Yogyakarta. Waduk yang dibuat pada tahun 1993 tersebut hanya satu-satunya waduk yang ada di DIY (Wikipedia, 2011). Kendala yang selalu terjadi pada sebuah waduk adalah adanya penyusutan kapasitas waduk yang dapat disebabkan karena penyempitan luas permukaan dan pendangkalan dasar waduk. Penyempitan waduk dapat terjadi karena pengendapan tepi atau guguran dinding waduk. Sedangkan pendangkalan dasar waduk disebabkan karena pengendapan dasar waduk yang berasal dari bahan suspensi yang masuk bersama dengan aliran air pengisi waduk. Keberadaan waduk di suatu kawasan memiliki peran dan fungsi yang dihubungkan dengan upaya peningkatan produktifitas pertanian. Oleh karena itu keberadaan waduk Sermo di

Kecamatan Kokap didukung dengan keberadaan jaringan irigasi yang menyebar hampir di seluruh wilayah kecamatan, menunjukkan keseriusan Pemerintah Kabupaten Kulon Progo untuk meningkatkan produksi pertanian dan perikanan di wilayah Kabupaten Kulon Progo (Eka, 2011).

B. Erosi dan Sedimentasi

Erosi tanah adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas yang disebabkan oleh pergerakan air ataupun angin. Erosi juga dapat diartikan sebagai guguran tebing karena kikisan aliran sungai atau karena pukulan ombak laut. Proses erosi ini dapat menyebabkan menurunnya produktifitas tanah, daya dukung tanah untuk memproduksi pertanian dan kualitas lingkungan hidup. Penyebab utama terjadinya proses erosi tanah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu erosi air dan erosi angin. Berdasarkan dampaknya ada erosi alam atau erosi geologi dan erosi yang dipercepat. Erosi alam harus berlangsung karena bersifat menguntungkan dari segi pengembangan kesuburan tanah, jika tidak demikian maka tidak ada sebuah peremajaan tanah karena tanah akan terkuras cepat kesuburannya sehingga menjadi senil. Pada erosi alam laju pengikisan tanah dalam dan lapisan tanah atas kurang lebih setara dengan laju pembentukan tanah baru dari bahan induknya. Erosi tanah atau erosi yang dipercepat berbahaya karena laju pengikisan tanah jauh lebih cepat dari pada laju pembentukan tanah. Tanah lambat laun akan habis dan tinggal bahan induknya saja, atau bahkan dapat tinggal batuan dasar saja (Wikipedia, 2011).

Bahaya erosi banyak terjadi di daerah-daerah lahan kering, terutama yang memiliki kemiringan $\geq 15\%$. Tanah kering yang mudah tererosi terutama adalah tanah *Podsolik* Merah Kuning yang kebetulan menempati areal terluas di Indonesia, kemudian disusul oleh tanah *Latosol*. Tanah *Podsolik* dibentuk dari bahan batuan yang bersifat asam, sifat fisiknya jelek sampai agak jelek, miskin akan unsur hara, dan peka terhadap erosi terutama dalam keadaan tanpa vegetasi di atasnya. Tanah *Latosol* dibentuk dari bahan batuan yang bersifat netral, dengan sifat fisiknya baik dan sifat kimianya jelek atau miskin akan unsur hara tetapi peka terhadap erosi terutama kalau terbuka tanpa vegetasi. Tanah ini memiliki kestabilan agregat yang rendah sekali. Sebagai akibat dari keadaan tersebut maka tanah-tanah ini mudah sekali terkikis oleh aliran air terutama air hujan. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya tanah-tanah yang tererosi terutama erosi parit di daerah-daerah yang tidak tertutup oleh vegetasi (Mulyadi, 1976).

Tetes air hujan merupakan faktor utama terjadinya erosi tanah, tetesan air hujan dapat menimbulkan pembentukan lapisan tanah keras (*crust formation*) pada lapisan permukaan, akibatnya air yang masuk dalam tanah (*infiltrasi*) berkurang, sedangkan air yang mengalir di permukaan (*run off*) bertambah banyak. *Run Off* inilah yang menjadi faktor utama terjadinya erosi. Tertutupnya pori-pori tanah maka air infiltrasi sangat berkurang, sedangkan air permukaan mengikis dan mengangkut butiran-butiran tanah. Proses pengangkutan butiran tanah ini akan mengalami pengendapan ataupun sedimentasi untuk sementara atau tetap pada saat mencapai sungai atau waduk (Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi, 2001).

Secara keseluruhan ada lima faktor yang menyebabkan dan mempengaruhi besarnya laju erosi, yaitu iklim, tanah, bentuk wilayah (topografi), vegetasi penutup dan kegiatan manusia. Faktor iklim yang paling mempengaruhi erosi adalah hujan. Sedangkan bentuk wilayah atau topografi berperan dalam menentukan kecepatan aliran air permukaan yang membawa butiran tanah. Peranan vegetasi penutup tanah adalah melindungi tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan dan memperbaiki struktur tanah melalui penyebaran akar-akarnya. Faktor kegiatan manusia memegang peranan yang sangat penting terutama dalam usaha-usaha pencegahan erosi. Sangat sulit untuk mencegah atau menghilangkan erosi sama sekali, sehingga yang bisa dilakukan adalah mengendalikan ataupun membatasi tanah yang hilang agar tidak menyebabkan penurunan produktivitas tanah (Sihite, 2001).

Pada kondisi tertutupnya pori-pori tanah, maka air infiltrasi sangat berkurang, sedangkan aliran air di permukaan yang dapat mengikis dan mengangkut butir-butir tanah meningkat terus menerus. Proses pengangkutan butir-butir tanah ini akan terhenti baik untuk sementara ataupun tetap, sebagai pengendapan ataupun sedimentasi (Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi, 2001).

Proses pengendapan (sedimentasi) sementara terjadi pada lereng yang bergelombang yaitu bagian lereng yang cekung akan menampung endapan partikel yang hanyut untuk sementara dan pada hujan berikutnya, endapan ini akan terangkut kembali menuju dataran rendah atau sungai. Pengendapan akhir atau sedimentasi terjadi pada kaki bukit yang relatif datar, sungai dan waduk. Pada daerah aliran sungai partikel dan unsur hara yang larut dalam aliran permukaan akan mengalir ke

sungai dan waduk sehingga terjadi pendangkalan pada tempat tersebut. Keadaan ini menurut Soemarwoto (1978) akan mengakibatkan daya tampung sungai dan waduk menjadi turun sehingga timbul bahaya banjir dan penyuburan air secara berlebihan atau eutrofikasi.

Di daerah-daerah tropis yang lembab seperti di Indonesia dengan rata-rata curah hujan melebihi 1500 mm per tahun maka air merupakan penyebab utama terjadinya erosi, sedangkan di daerah-daerah yang kering (*arid*) maka angin merupakan faktor penyebab utamanya. Adapun proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi tiga tahap yang terjadi dalam keadaan normal di lapangan, yaitu tahap pertama pemecahan bongkahan-bongkahan atau agregat tanah ke dalam bentuk butir-butir kecil atau partikel tanah, tahap kedua pemindahan atau pengangkutan butir-butir yang kecil sampai sangat halus, dan tahap ketiga pengendapan partikel-partikel tanah di tempat yang lebih rendah atau di dasar sungai atau waduk (Sarief, 1986).

Pencegahan erosi dengan jalan membuat teras-teras (konservasi fisik) dan penanaman pohon atau penghijauan (konservasi vegetatif) yang memerlukan biaya cukup mahal, memiliki tingkat keberhasilan sedikit bahkan ada juga tidak selalu berhasil dan tidak selalu sesuai dengan jenis tanahnya. Tidaklah mungkin atau sangat sulit untuk mencegah atau menghilangkan erosi sampai pada tingkat tidak terjadi erosi sama sekali atau nol pada tanah-tanah yang diusahakan untuk pertanian. Pencegahan erosi pada lahan-lahan pertanian tujuannya adalah untuk membatasi

tanah yang hilang sampai pada tingkat tidak mengganggu produktifitas pertanian yang harus dipertahankan dari waktu ke waktu (Sarief, 1986).

Tindakan pengawetan tanah perlu dilakukan apabila laju erosi yang terjadi melebihi besarnya laju pembentukan tanah, agar tidak menyebabkan penurunan produktifitas tanah. Penentuan kecepatan pembentukan tanah secara tepat sangat sulit, sehingga penentu besarnya batas erosi maksimal yang masih dapat dibiarkan (*soil tolerance*) juga sulit sekali. Menurut Norman (1976), besarnya erosi maksimal yang masih dapat dibiarkan ini sekitar 2.5-12.5 ton/hektar/tahun. Perkiraan yang paling baik menurut para ahli tanah mengenai pembentukan lapisan tanah atas setebal 25 cm atau kira-kira 375 ton/hektar/tahun, di bawah kondisi alami selama jangka waktu 300 tahun. Tetapi waktu pembentukan tanah ini dapat dipercepat hanya sampai kira-kira 30 tahun saja. Sedangkan di Afrika Tengah angka besarnya erosi maksimal yang masih bisa dibiarkan untuk tanah-tanah berpasir sebesar 4 ton/hektar/tahun atau 10 ton/hektar/tahun dan untuk tanah-tanah liat sebesar 5 ton/hektar/tahun atau 12.5 ton/hektar/tahun. Pembentukan tanah setebal 25 mm membutuhkan waktu selama 30 tahun, kira-kira akan sama dengan 12.5 ton/hektar/tahun. Sehingga secara umum dapat dianggap apabila erosi kurang dari 12.5 ton/hektar/tahun untuk daerah-daerah pertanian, maka erosi tersebut masih dapat dibiarkan, asal pengelolaan tanah dan penambahan bahan organik terus dilakukan serta perlu diimbangi segera dengan usaha-usaha pengawetan tanah untuk pencegahan erosi, antara lain dengan penghijauan atau reboisasi dan lain-lain.

C. Teknologi Vegetasi

Sumberdaya alam yang berupa vegetasi seperti hutan, perkebunan, kebun campuran, dengan pola usaha tani terpadu dan lain-lain, harus diperhatikan dan dikembangkan sesuai dengan peranannya, yaitu sebagai pelindung tanah. Di antara tipe-tipe penutup tanah tersebut, maka hutan alami atau hutan buatan memiliki peranan sebagai pelindung tanah yang paling baik, pada keadaan ekosistem yang utuh. Metode vegetasi adalah penggunaan tanaman atau tumbuhan dan sisa-sisanya untuk mengurangi daya rusak hujan yang jatuh, mengurangi jumlah dan daya rusak aliran permukaan dan erosi. Konservasi tanah dan air metode vegetasi mempunyai fungsi yaitu:

- a. Melindungi tanah terhadap daya perusak butir-butir hujan yang jatuh.
- b. Memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah dan penahanan air yang langsung mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

Penggunaan teknologi konservasi tanah dan air yang mampu mengendalikan erosi dapat ditempuh melalui cara vegetasi seperti pertanaman lorong (*alley cropping*), *silvipastura*, dan pemberian mulsa.

1. Pertanaman Lorong

Pertanaman lorong (*alley cropping*) yaitu sistem bercocok tanam dan konservasi tanah dimana pada setiap barisan teras ditanami tanaman perdu seperti umbi batang ditanam rapat (jarak 10-25 cm) menurut garis kontur (sabuk gunung) atau jarak antara barisan tanaman pagar ditentukan oleh kemiringan lahan dan kemampuan tanaman pagar menyediakan bahan organik.

Teknis penanaman lorong ini bisa dikombinasikan dengan berbagai tanaman tahunan, tanaman perkebunan dan tanaman produksi. Teknis penataannya (pola tanam) ditanam mengikuti kemiringan lahan atau kontur lahan dan ditanam menggunakan pola lorong vertikal. Pada dibagian baris tepi (sudut) teras ditanam tanaman pagar secara baris dan mengikuti lorong pada bagian tepi teras dengan saluran drainase. Adapun proposi penanaman tanaman pada kemiringan lahan yang berbeda seperti kemiringan lahan <15% tanaman tahunan 25% dan tanaman semusim 75%, kemiringan lahan 15%-30% tanaman tahunan 50% dan tanaman semusim 50%, kemiringan lahan 30%-45% tanaman tahunan 75% dan tanaman semusim 25% dan jika kemiringan lahan >45% tanaman tahunan 100% (Dinas Kehutanan, 2007). Cara seperti ini mampu mempertahankan keberadaan kondisi tanaman dan stuktur tanah. Tanaman pagar dan tanaman semusim ditanam pada baris dan lorong di antara tanaman tahunan, karena pada setiap bagian kontur lahan tidak mempunyai bentuk permukaan lahan yang sama. Menerapkan pertanaman lorong pada lahan miring biayanya jauh lebih murah efektif dan mampu menahan erosi akibat aliran air hujan.

2. Pertanaman Silvipastura

Pertanaman silvipastura merupakan suatu sistem tumpangsari antara tanaman tahunan sebagai tanaman pokok dengan tanaman pakan ternak sebagai tanaman sela. Pola pertanaman Silvipastura umumnya ditanam tanpa harus menggunakan jarak tanam yang teratur, jadi dalam penanamannya seperti alang-alang ditanam secara rapat sedangkan penanaman rumput gajah ditanam dengan jarak tanam 10-25 cm, dikarenakan tanaman ini memiliki bentuk batang semu, tinggi dan perakaran yang

kuat dalam mengikat partikel tanah dan menyerap air. Teknis penanaman yang seperti ini akan memberi keuntungan dari segi biaya dan penggunaan lahan, selain itu tanaman mampu mereduksi erosi yang berdampak pada pendangkalan waduk.

3. Pemberian Bahan Mulsa

Pemberian mulsa dimaksudkan untuk menutupi permukaan tanah agar terhindar dari pukulan butir air hujan. Mulsa merupakan teknik pencegahan erosi yang cukup efektif, dikarenakan bahan mulsa yang digunakan berasal dari bahan organik, maka mulsa juga berfungsi dalam pemeliharaan bahan organik tanah. Bahan organik yang dapat dijadikan mulsa dapat berasal dari sisa tanaman, hasil pangkasan tanaman pagar (umbi-umbian) dari sistem pertanaman lorong, hasil pangkasan tanaman penutup tanah (rumput gajah dan alang-alang) atau didatangkan dari luar lahan pertanian, dan berbagai sisa pemangkasan tanaman tahunan (matoa, mangga, durian, kelengkeng, kelapa, pinus, jati dan lain-lain).

D. Metode Mekanik

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 sebagai berikut:

1. Memperlambat aliran permukaan dan sebagai penyediaan air bagi tanaman.
2. Menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak merusak.

3. Memperbaiki atau memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah dan memperbaiki aerasi tanah.

Usaha pengendalian erosi secara mekanik ini pada pokoknya adalah untuk mengurangi atau menghalangi aliran air dari permukaan (*run-off*), sebelum aliran air ini dapat mengikis tanah dan menghanyutkannya. Aliran air ini disalurkan dengan baik dan kecepatannya dikurangi sampai tidak menyebabkan erosi.

Menurut Jaschke (1977), dalam Sarief, (1986) sistem pembuatan teras adalah yang terbaik dalam mengatur aliran air di daerah-daerah lahan pertanian yang miring. Pada usaha konservasi dengan cara teknis mekanik, yang perlu dibuat adalah teras dan saluran pembuang air. Fungsi bangunan tersebut ialah dapat mengurangi kecepatan aliran permukaan dan mampu menampung lalu menyalurkan air permukaan tersebut dengan kekuatan yang tidak merusak. Pembuatan teras dimaksudkan untuk mengubah permukaan tanah dari miring menjadi bertingkat-tingkat. Fungsi utama bangunan teras untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan dan menahan sereta menampung agar lebih banyak air yang meresap ke dalam tanah.

Bentuk-bentuk konservasi metode mekanik di antaranya adalah pengelolaan tanaman (*tillage*), pengolahan tanah menurut kontur (*contour cultivation*), guludan dan guludan bersaluran menurut kontur, teras miring, DAM penghambat (*check dam*), waduk (*balong*), (*farm ponds*), rorak, tanggul, perbaikan drainase dan irigasi.

E. Ekosistem

Ekosistem merupakan lingkungan tersistem yang terdiri dari komponen fisik (benda hidup/biotik dan benda mati/abiotik) maupun komponen non fisik. Semuanya tersusun dalam suatu proses keterkaitan yang terdapat dalam suatu kawasan. Adapun pengertian lingkungan adalah keseluruhan kondisi luar di sekitar suatu organisme, komunitas atau objek yang merupakan suatu kesatuan sistem. Ekosistem juga diartikan sebagai suatu tatanan dari kesatuan unsur-unsur lingkungan hidup secara utuh, menyeluruh, saling mempengaruhi, dan saling tergantung (Tim penyusun kamus PS, 2003). Menurut Soemarwoto (2004), ekosistem adalah konsep sentral dalam ekologi karena ekosistem terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Sedangkan Indriyanto (2006) menyebutkan, ekosistem adalah tatanan kesatuan secara kompleks yang di dalamnya terdapat habitat, tumbuhan dan binatang yang dipertimbangkan sebagai unit kesatuan secara utuh, sehingga semuanya akan menjadi bagian mata rantai siklus materi dan aliran energi. Secara umum ekosistem adalah hubungan makhluk hidup dengan lingkungannya (*biotik dan abiotik*), masing-masing bersifat saling mempengaruhi dan diperlukan keberadaanya untuk memelihara kehidupan yang seimbang, selaras dan harmonis. Semua komponen ekosistem ditentukan pada hubungan saling ketergantungan dan hubungan timbal balik serta sebab-akibat dari seluruh komponen yang membentuk ekosistem tersebut.

Ekosistem dan lingkungan bagaikan dua sisi mata uang yang tidak bisa dipisahkan dan memiliki peran yang saling berpengaruh satu sama lain. Dalam

membahas mengenai ekosistem, maka secara otomatis lingkungan juga akan menjadi objek pembahasan. Secara fisik, lingkungan berarti wadah atau tempat berlangsungnya suatu sistem kehidupan organisme atau suatu komunitas. Ekosistem meliputi seluruh makhluk hidup dan lingkungan fisik yang mengelilinginya, dan merupakan suatu unit yang mencakup semua makhluk hidup dalam suatu area yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan lingkungannya, baik yang bersifat biotik ataupun abiotik. Kondisi lingkungan akan berubah jika terjadi perubahan di dalam ekosistem atau sebaliknya, masing-masing saling mempengaruhi satu sama lain untuk menghasilkan suatu keseimbangan yang dinamis dan merupakan satu kesatuan fungsional (Gumilar, 2005).