

substansi toksik, sedangkan yang tidak dapat dikontrol dapat berupa presipitasi, angin, radiasi matahari, dan sebagainya (Aflakur Ridlo, 2005).

Menurut Jon Davies, 1945 (Manfaat Lahan Basah), danau tergolong ke dalam lahan basah berair tawar. Kawasan danau terbagi atas 2 jenis :

a. Tergenang tetap

Danau air tawar yang permanen (lebih dari 8 ha) termasuk tepiannya yang tergenang secara musiman/tergenang tak beraturan

b. Tergenang musiman

- Danau air tawar musiman (lebih dari 8 ha) termasuk hamparan banjir
- Danau musiman yang alkaline payau atau asin

Sebagai sumber air paling praktis, danau sudah menyediakannya melalui terkumpulnya air secara alami melalui aliran permukaan yang masuk ke danau, aliran sungai-sungai yang menuju ke danau dan melalui aliran di bawah tanah yang secara alami mengisi cekungan dimuka bumi ini. Bentuk fisik danaupun memberikan daya tarik sebagai tempat membuang yang praktis. Jika semua dibiarkan demikian, maka akan mengakibatkan danau tak akan bertahan lama berada di muka bumi. Saat ini terlihat ekosistem danau tidak dikelola sebagaimana mestinya. Sebaliknya, untuk memenuhi kepentingan manusia, lingkungan sekitar

danau diubah untuk dicocokkan dengan cara hidup dan cara bermukim manusia, atau bahkan kawasan ini sering dirombak untuk menampung berbagai bentuk kegiatan manusia seperti permukiman, prasarana jalan, saluran limbah rumah tangga, tanah pertanian, rekreasi dan sebagainya (Connell, D.W & G.J Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran (terjemahan Yanti Koestoer). Penerbit Univesitas Indonesia (UI-Press).Jakarta).

Danau mendapatkan airnya dari menampung runoff daerah ketinggian di hulunya. Apabila terjadi peningkatan tingkat erosi pada DAS sungai-sungai pemasok airnya, jumlah pasokan sedimen ke dalam danau akan makin meningkat sehingga akan memperdangkal (sebagian) dari danau itu. Pendangkalan ini sering cukup hebat dan ditambah dengan desakan akan kebutuhan lahan, bagian danau ini akan cukup baik untuk direklamasi menjadi lahan pertanian yang produktif.

Ada beberapa type danau yang dikenal, sehubungan dengan morfologi sungainya (Mulyanto, H.R. 2010) :

- a. Danau *oxbow* yaitu meander sungai yang telah ditinggalkan aliran baik karena sidatan/*cutoff* alami maupun buatan.
- b. Danau yang terbentuk karena terhambatnya/terbendungnya aliran sungai oleh sedimentasi atau karena adanya ambang alami dari lapisan keras pada dasar sungai.

- c. Danau di dalam dataran delta yaitu bagian delta yang tidak sempat bertambah tinggi dan telah dikelilingi oleh endapan yang lebih tinggi di sekelilingnya.
- d. Laguna
- e. Danau yang terbentuk oleh cekungan yang ditimbulkan patahan atau lipatan geologi dan kemudian terisi air hujan atau *effluent* air tanah yang merembes ke dalamnya.

Danau dapat terisi air tawar *alkaline* yang pekat mengandung hidroksida terlarut misalnya hidroksida kalsium, hidroksida kalium, hidroksida besi dan lain-lainnya dengan  $\text{pH} > 7$  atau air yang bersifat asam dengan  $\text{pH} < 7$  yang biasanya ada di dalam danau air tawar di bantaran pasang surut. Danau yang tidak mempunyai aliran ke luar dapat terisi air asin karena akumulasi garam di dalamnya misalnya laut Mati, laut Kaspia.

Fungsi alami sebuah danau adalah:

- a. Menampung sementara debit banjir sungai atau *flood mitigating storage*.
- b. Menahan sebagian besar sedimen yang terbawa oleh aliran sungai.
- c. Mengatur tinggi muka air tanah dan
- d. Menjadi sumber *recharge* air tanah atau *akifer* di dalam DAS.

(Mulyanto, H.R. 2010. Reklamasi Lahan Rendah. Graha Ilmu : Yogyakarta).

## **2. Daerah Tangkapan Air Danau**

Daerah tangkapan air (DTA) suatu danau adalah bagian kulit bumi sekeliling danau yang dibatasi oleh punggung bukit yang menampung air hujan dan mengalirkannya melalui sungaisungai atau melalui aliran permukaan serta aliran bawah tanah menuju danau (Agus, 2004). Dalam keadaan alami, terjadi keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke danau dan yang keluar dari danau. Keadaan ekstrim, misalnya peningkatan debit puncak (banjir) atau penurunan debit kasar (kekeringan), bisa saja terjadi bila hujan sangat tinggi atau musim kemarau berkepanjangan.

Pembukaan hutan secara meluas, berpotensi meningkatkan debit puncak dan debit total tahunan sungai yang selanjutnya memperbesar kemungkinan terjadinya banjir. Disamping itu, hilangnya perlindungan terhadap permukaan tanah akibat pembukaan hutan akan meningkatkan erosi yang dapat berakibat pada sedimentasi (pendangkalan) danau. Pengelolaan suatu DTA pada umumnya ditujukan untuk sebanyak mungkin mengembalikan fungsi hutan. Penanaman pohon pada areal DTA atau DAS yang luas secara perlahan dapat mengatasi masalah banjir namun tentunya tidak bisa sekaligus menambah volume air ke danau.

## **3. Hakikat Pendangkalan Danau**

Pendangkalan danau merupakan akibat dari proses terjadinya pengendapan dari material-material yang berasal dari lingkungan danau

maupun yang terbawa aliran sungai. Kondisi ekosistem danau tidak lepas dari pengaruh kondisi sungai-sungai yang mengalir masuk (inlet) bagi danau. Danau merupakan bagian hulu dari DAS. Dari hasil penelitian, daerah aliran sungai (DAS) telah mengalami degradasi lingkungan, akibat kegiatan-kegiatan pembangunan pada sektor pertanian, kehutanan, perikanan, pariwisata dan industri di DAS. Hal ini mengakibatkan perubahan penggunaan lahan yang selain memberikan manfaat juga menimbulkan dampak negatif terhadap fungsi ekologi, ekonomi, dan estetika ekosistem danau. Sehingga seringkali terjadi pemanfaatan danau dan konservasi danau yang tidak berimbang, dimana pemanfaatan danau lebih mendominasi sumberdaya alam danau dan kawasan daerah aliran sungai (*watershed*). Hal ini mengakibatkan danau berada pada kondisi suksesi, yaitu berubah dari ekosistem perairan ke bentuk ekosistem daratan. Pendangkalan akibat erosi, eutrofikasi merupakan penyebab suksesi suatu perairan danau. Hilangnya ekosistem danau mengakibatkan kekurangan cadangan air tanah pada suatu kawasan/wilayah yang bakal mengancam ketersediaan air bersih bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Akibatnya, keberlanjutan suatu lingkungan hidup yang didalamnya terdapat manusia dan alam terancam tak dapat berlanjut (Connell & Miller,1995).

Menurut H.R. Mulyanto, 2010. Sumber dari penggenangan atau air pengisi danau adalah debit anak-anak sungai yang mengalir ke dalam

danau dan *runoff* air permukaan dan air tanah dari daerah disekitarnya. Air yang memasuki danau dan tertahan sementara ini akan membawa serta sejumlah sedimen yang akan mengendap di dalamnya dan menjadikannya dangkal. Tumbuh-tumbuhan air yang tumbuh di dalamnya juga akan membentuk endapan gambut atau *peat soil* pada dasar danau yang dapat menjadikannya dangkal seperti di danau Rawa Pening di Jawa Tengah.

#### **4. Proses-proses Pendangkalan**

##### **4.1 Tataguna Lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Kualitas danau dan waduk merupakan akibat langsung dari material yang masuk dari DAS. Oleh karena itu pemahaman karakteristik DAS seperti kondisi tanah, kemiringan vegetasi, anak sungai, lahan basah, sumber-sumber nutrient *nonpoint* dan sebagainya sangat penting untuk menjelaskan kondisi danau dan waduk.

Erosi tanah biasanya terjadi pada daerah dimana hutan telah gundul, tutupan tanaman tidak mencukupi, tanah kekurangan kandungan bahan organik, metode pertanian (*farming method*) yang tidak sesuai dan hujan terjadi sangat deras. Ketika terjadi erosi, aliran air membawa partikel tanah yang pada akhirnya akan terdeposisi di sungai. Apabila hujan terjadi sangat besar dan sungai banjir, sedimen ini biasanya kaya akan nutrient dibawa oleh sungai dan dideposisikan di daerah *food plain*. Ini merupakan daerah subur yang penting untuk pertanian.

Pembendungan sungai untuk pembangunan waduk akan mengakibatkan menahan sedimen dan padatan lain yang dibawa sungai menuju muara. Hal ini mengakibatkan sedimen terakumulasi di depan dam. Karena aliran air terus terjadi maka waduk akan terus terjadi penambahan sedimen. Hal ini tidak hanya menurunkan kualitas air tetapi juga akan memperpendek usia pemakaian waduk. Sedimentasi ini akan mengurangi fungsi waduk sebagai control banjir, suplai air, navigasi dan pembangkit listrik tenaga air (Mulashi, 1991).

#### **4.2 Sedimentasi**

Sedimen adalah hasil proses erosi. Erosi terjadi di daerah hulu dan terbentuknya sedimen di daerah hilir. Sedimen yang terangkut oleh air, bisa juga berasal dari erosi dasar sungai. Batu-batu besar (kerakal); kerikil dan bongkah-bongkah batu adalah bahan angkutan sedimen yang akan hanyut selama terjadi banjir (debit air sungai besar) dan akan berhenti jika banjir reda. Bahan berbutir besar akan menjadi penahan erosi bahan dasar yang butirannya lebih kecil. Sebaliknya pada keadaan debit kecil (tidak banjir) akan terjadi erosi bafuran kecil yang berada diantara batu-batu besar. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, didaerah genangan banjir, di saluran sungai dan waduk (Asda & 1995). Sehingga total sedimen yang diukur pada lokasi suatu outlet

dari suatu DAS akan lebih kecil dari total erosi yang terjadi pada DAS tersebut.

Muatan sedimen adalah fragmen-fragmen material yang terangkut dalam suspensi atau fragmen-fragmen yang terendapkan oleh air atau angin (Linsley et al,1949). Secara umum sedimentasi merupakan suatu proses alami yang didalamnya termasuk erosi, angkutan, dan pengendapan. Proses terjadinya muatan sedimen dimulai oleh pengaruh jatuhnya air hujan yang memberikan pukulan pada gumpalan tanah menjadi butir tanah. Begitu gumpalan tanah hancur, maka butiran tanah secara berurutan terangkut oleh aliran permukaan. Air hujan yang jatuh dan sebagai besar menjadi aliran permukaan, dalam perjalanannya menuju sistem aliran selain mengangkut butir-butir tanah hasil erosi juga mengikis tebing saluran sehingga menambah muatan sedimen terangkut. Material yang terangkut oleh aliran sungai sebagian bergerak secara menggelinding, meloncat, dan bergeser pada dasar saluran dan sebagian lagi bergerak melayang-layang tergantung bentuk ukuran dan berat material terangkut itu sendiri.

Muatan suspensi adalah partikel-partikel muatan sedimen yang bergerak melayang dalam air yang terbawa bersamllliran ( Ilyas, 1987). Kadar muatan suspense jumlah material yang tersuspensi kering per satuan volume cairan total, yang umumnya dinyatakan dalam berat per satuan volume (Chow, 1964).

Muatan suspensi diukur dengan mengambil sampel air, kemudian disaring, dikeringkan, kemudian material-material yang tersaring ditimbang. Perbandingan dari berat sedimen kering terhadap berat total dari sampel merupakan konsentrasi sedimen. Biasanya dinyatakan dalam mg/l (Linsley, 1982).

#### **4.3 Erosi dan Transpor Sedimen**

Menurut Ray K. Linsley, JR. *et al.* (1996), faktor-faktor terpenting yang mempengaruhi erosi adalah curah hujan, tumbuh-tumbuhan yang menutupi tanah, jenis tanah dan kemiringan tanah. Karena peranan penting dari hampasan tetesan air hujan, maka tumbuh-tumbuhan memberikan perlindungan yang penting terhadap erosi, yaitu dengan menyerap energi jatuhnya air hujan dan biasanya mengurangi ukuran butir-butir air hujan yang mencapai tanah. Tumbuh-tumbuhan dapat juga memberikan perlindungan mekanis pada tanah terhadap erosi selokan. Lagi pula, tumbuh-tumbuhan yang menyelimuti tanah dengan baik umumnya menambah kapasitas infiltrasi melalui penambahan bahan organik pada tanah. Kapasitas infiltrasi yang lebih tinggi berarti mengurangi aliran permukaan dan akibatnya memperkecil erosi. Tanah kohesif lebih tahan terhadap percikan dari pada tanah berbutir lepas. Umumnya erosi percikan meningkat dengan bertambahnya persentase agregat yang tahan air. Tanah yang butirannya tidak mempunyai tendensi untuk membentuk agregat

akan bererosi lebih mudah dibanding dengan tanah yang mempunyai banyak agregat.

Laju erosi lebih besar pada lereng yang curam dibanding pada lereng yang datar. Semakin curam kemiringannya, semakin efektif kemampuan erosi percikan dalam menggerakkan tanah ke hilir lereng. Kecepatan aliran permukaan juga lebih besar pada lereng yang curam dan gerakan tanah lebih mungkin terjadi pada daerah curam.

Tata guna lahan juga merupakan suatu faktor penting dalam menetapkan laju erosi. Cara bercocok tanam yang jelek atau pembuatan jalan yang ceroboh dapat sangat mempercepat erosi. Pemusnahan tumbuhan karena kebakaran atau dipotong juga dapat memperbesar bahaya erosi. Pengaturan konservasi tanah yang baik dapat sangat memperkecil kehilangan akibat erosi.

Menurut Bathurst, *et al.* (1995) secara garis besar erosi dan transpor sedimen pada permukaan tanah mengikuti tiga tahapan yaitu: erosi tanah, transport sedimen pada aliran permukaan tanah dan transport sedimen pada sungai (*channel*). Erosi yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) antara lain mengikuti proses-proses pergerakan massa (*mass movement*) dan erosi saluran lembah (*gully erosion*) yang sesuai dengan prinsip-prinsip mekanika tanah dan fluida. Erosi pergerakan massa terjadi dalam berbagai bentuk yang sering muncul dalam bentuk kombinasi yang kompleks dari bentuk-bentuk sederhana. Hal ini

mengakibatkan kesulitan dalam identifikasi dan terminology khususnya tipe-tipe pembentuknya (Painter, 1973).

Kebanyakan kompleksitas yang diamati disebabkan cepatnya variasi daerah lokasi satu dan lainnya dalam kandungan tanah dan batuan yang terdeposisi secara alami pada slope perbukitan dan variasi topografi lokal dan kandungan kelembaban. Hal ini mengakibatkan kesulitan dalam prinsip pergerakan material tanah dan batuan. Pergerakan tanah dan batuan secara umum dapat dikategorikan berupa *solid sliding*, *liquid flow*, *dry granular flow*, dari berbagai kandungan tanah dan batuan kohesif yang tererosi.

Pada dasarnya di Daerah Aliran Sungai (DAS), yang mengakibatkan terjadinya pendangkalan adalah sedimen yang ukurannya relative kecil dalam bentuk *debris flow run-out* sedangkan yang relative besar hanya mengakibatkan jatuhnya batuan secara individu dalam volume yang kecil (*rock falls*) dan batuan yang berukuran besar (*rock avalanches*). Pada prinsipnya *debris flows* akan berhenti pada slope  $5^\circ$  atau kurang (Davies, 2001).

Erosi di sungai mengikuti prinsip pergerakan fluida sesuai aliran air dimana partikel di dasar sungai akan terangkat dan kecepatan arus di kolom perairan semakin mendekati dasar semakin mengecil dan nol (*no slip at a fluid boundary*). Disamping tersebut di atas sedimen tersuspensi

biasanya mengalami pergerakan turbulen yang disebut *eddy current* dimana mendekati dasar perairan, pergerakan ini semakin mengecil dan pergerakan menjadi bersifat laminar. Butiran yang besar kemungkinan akan melompat karena adanya *eddy current* sedangkan butiran kecil cenderung tidak bergerak atau bergerak tetapi lambat.

Adanya erosi menurut Jorgensen (1990), tergantung pada beberapa faktor antara lain:

- a. Slope dari tanah sekitar (morfologi tanah)
- b. Karakteristik tanah khususnya komposisinya dan distribusi ukuran partikel
- c. Jumlah dan distribusi presipitasi (kondisi iklim)
- d. Vegetasi tanah
- e. Tata guna lahan termasuk aktivitas pertanian dan industri. Pembangunan jalan dapat mempengaruhi danau khususnya apabila tidak dilakukan upaya-upaya pengurangan erosi.
- f. Penggunaan dan pengelolaan air

Daerah transisi atau transformasi merupakan daerah antara danau atau waduk dan sekitarnya yang berguna sebagai filter untuk material tersuspensi (*particulate matter*). Jumlah dari material tersuspensi tergantung pada pengelolaan lingkungan danau dan waduk. Tabel 1 menunjukkan kecepatan pengendapan beberapa partikel di air dalam kondisi yang mendekati ideal.

Erosi air timbul apabila aksi dispersi dan tenaga pengangkut oleh air hujan yang mengalir ada di permukaan dan atau di dalam tanah. Jadi, erosi dapat terjadi minimal dengan satu tahapan erosi meliputi (1) benturan butir-butir hujan dengan tanah, (2) percikan tanah oleh hujan ke semua arah (3) penghancuran bongkah tanah oleh butiran hujan, (4) pemadatan tanah, (5) penggenangan air di permukaan, (6) pelimpasan air karena adanya penggenangan dan kemiringan lahan dan (7) pengangkutan partikel terpercik dan atau massa tanah yang terdispersi oleh air limpasan. Selama terjadi hujan, limpasan permukaan berubah terus dengan cepat, tetapi pada waktu mendekati akhir hujan, limpasan permukaan berkurang dengan laju yang sangat rendah dan pada saat ini umumnya tidak terjadi erosi (Morgan, 1988: Utomo, 1989).

**Tabel 1. Kecepatan Pengendapan beberapa Partikel di Air**

<b>Klasifikasi Partikel</b>	<b>Diameter Partikel</b>	<b>Kecepatan Pengendapan Partikel (mm/detik)</b>
<b>Sand</b>		
<b>Very coarse</b>	1000-2000	100-200
<b>Coarse</b>	500-1000	53-100
<b>Medium</b>	250-500	26-53
<b>Fine</b>	125-250	11-26
<b>Very fine</b>	62-125	2.6-11

---

<b>Silt</b>		
<b>Coarse</b>	31-62	0.66-2.6
<b>Medium</b>	16-31	0.18-0.66
<b>Fine</b>	8-16	0.044-0.18
<b>Very fine</b>	4-8	0.011-0.044
<b>Clay</b>	<4	<0.011

---

*Sumber : Ferrara dan Hildick-Smith (1982)*

#### 4.4 Eutrofikasi

(Chrisman *et al.* 2001) Eutrofikasi merupakan proses peningkatan produksi biomassa produsen primer sehubungan dengan beban masukan unsur hara. Peningkatan unsur hara di perairan akan meningkatkan produksi fitoplankton dan makrofita air dan memperburuk kualitas air sehingga mengurangi umur guna suatu perairan. Meningkatnya pasokan nutrisi ke badan air yang berkepanjangan menyebabkan perubahan yang besar pada keseimbangan nutrisi yang berdampak pada produktifitas fitoplankton. Perubahan produktifitas alga adalah induksi terjadinya eutrofikasi atau kelimpahan nutrisi pada suatu badan air. Eutrofikasi bukan adalah fenomena baru tapi adalah akibat dasar dari pembuangan mineral dan nutrisi.

*Eutrophication* diambil dari bahasa Yunani yang diterjemahkan menjadi “*well-nourished*” menjelaskan kondisi danau atau waduk yang mempengaruhi kelebihan pertumbuhan alga yang pada akhirnya merujuk

ke beberapa penurunan kondisi dari badan air. Langkah pertama dalam eutrofikasi dari badan air adalah masuknya nutrisi dari aliran air atau limbah. Pengkayaan nutrisi pada badan air menghasilkan kelebihan biomassa oleh proses fotosintesis, bersama dengan kelebihan jumlah hewan. Penumpukan kematian biomassa pada dasar danau dimana sebagian terurai, didaur ulang menjadi nutrisi karbon, nitrogen, potassium dan fosfat (Manahan, 1991).

Menurut Roques (1996), dilihat dari keseimbangan massa, eutrofikasi dapat dianggap sebagai suatu masa transisi dimana pasokan nutrisi baik yang sementara maupun tetap melebihi nilai penggunaan.

Dalam beberapa kasus, nitrogen bahkan fosfat menjadi nutrisi pembatas. Penjelasan Roques (1996), yang menyatakan bahwa dilihat dari konsentrasi nitrogen berhubungan dengan bagian luar melalui kehilangan nitrogen yang dibawa oleh alga hijau-biru melalui proses nitrogen fiksasi. Fosfat dilain pihak, hanya dapat hilang melalui presipitasi atau fosfat yang tidak dapat terurai, dimana ini adalah suatu alasan mengapa nutrisi ini memberikan dampak yang besar pada eutrofikasi.

Konsentrasi nitrogen dan fosfat berhubungan dengan kelimpahan alga dan sebagai akibatnya konsentrasi nitrogen yang dapat ditoleransi dalam limbah akan tergantung pada kemampuan air penerima untuk mengencerkannya (Horan, 1990).

Menurut Ryding dan Rast (1989), suatu perairan masuk dalam kategori eutrofik bila kandungan total nitrogen sebesar 0,39 mg/l dan bila lebih dari 6,100 mg/l maka perairan termasuk dalam klasifikasi hipertrofik. Konsentrasi nitrogen dalam limbah yang dapat ditoleransi tergantung pada kemampuan badan air penerima untuk mengencerkannya.

Kecerahan sangat penting untuk menentukan pertumbuhan alga. Menurut Willoughby (1990), penetrasi cahaya yang cukup masuk ke dalam perairan menyebabkan fotosintesis dapat berjalan. Berdasarkan penetrasi cahaya, danau atau waduk dapat diklasifikasikan menjadi tiga zona yaitu zona litorik, zona limnetik dan zona profundal. Zona litorik adalah daerah perairan yang dangkal dengan penetrasi cahaya sampai ke dasar. Zona limnetik adalah daerah terbuka sampai kedalaman penetrasi cahaya yang efektif disebut tingkat kompensasi yaitu daerah dimana fotosintesis seimbang dengan respirasi. Zona profundal adalah bagian dasar dan daerah air yang dalam yang tidak tercapai oleh penetrasi cahaya efektif. Dari ketiga zona ini zona litoral dan zona limnetik termasuk ke dalam zona eutrofik, yaitu zona yang mendapat cahaya (Odum, 1996).

Tipe danau eutrofik (makanan banyak) lebih dangkal dan produktifitas primernya lebih tinggi. Vegetasi litoral lebih lebat, populasi plankton lebih rapat dan “bloom” merupakan cirinya. Kerapatan yang amat tinggi yang muncul dengan cepat dalam jangka pendek disebut “bloom” atau “pulses” fitoplankton. (Odum, edisi ke-3 1996).

## 5. Konsekuensi Pendangkalan

Konsekuensi pendangkalan merupakan akibat yang ditimbulkan dari adanya proses pendangkalan dimana konsekuensinya adalah perubahan kondisi perairan danau yang dapat merugikan pemanfaatan danau untuk kepentingan masyarakat. Berikut ini konsekuensi dari pendangkalan danau :

### a. Keseimbangan Volume Air Terganggu

Untuk membangkitkan pembangkit listrik tenaga air diperlukan ketinggian air tertentu sehingga energy yang diperlukan untuk menggerakkan turbin di atas ambang batas yang diperlukan. Oleh karena itu volume air dalam waduk perlu berada dalam keseimbangan antara input dan output.

Kedalaman dan volume suatu perairan danau dan waduk harus dipertahankan kondisinya dengan menjaga keseimbangan antara hilangnya air dikarenakan rembesan dan evaporasi yang terjadi dan air yang masuk antara lain melalui presipitasi, rembesan (*leaching*), transpor air permukaan dan sungai. Menurut penelitian USDA (1971), kedalaman yang mencukupi keseimbangan tersebut di atas adalah antara 1.5 m sampai 4.5 m tergantung wilayah suatu Negara. Kedalam air juga dimaksudkan untuk menghindari matinya ikan dan organisme lain yang sensitive terhadap perubahan iklim. Di Amerika Serikat, di daerah yang

mempunyai iklim lebih dingin kedalam air minimal adalah 4.5 m (Toubier dan Westmacott, 1976).

#### **b. Penambahan Nutrien dari Sedimen ke Kolom Perairan**

Apabila kedalaman perairan relatif dangkal maka kemungkinan terjadinya penambahan nutrien ke badan air danau dan waduk dari sedimen akan semakin besar. Hal ini disebabkan di danau dan waduk *eutrophic* yang dangkal secara periodik akan mendapatkan nutrien dari sedimen akibat adanya proses *recycle* internal. Apabila terjadi pengayaan nutrien ke kolom perairan secara berlebihan maka dapat mengakibatkan *algal bloom*.

#### **c. Peningkatan Bahan Toksik**

Di daerah yang mempunyai banyak industri yang membuang limbahnya ke perairan danau dan waduk dengan adanya pendangkalan maka akan mengakibatkan meningkatnya bahan toksik ke perairan. Hal ini dikarenakan banyak racun (toksikan) dapat *recycle* dari sedimen ke kolom perairan dimana sebagian terdapat dalam organisme perairan secara *bioaccumulatif*.

#### **d. Tanaman *Macrophyta* Melimpah**

Tanaman *macrophyta* berakar dapat tumbuh secara melimpah apabila terjadi pendangkalan dan kelebihan nutrien di kolom perairan. Hal ini dapat mengganggu aktivitas pariwisata seperti pemancingan, kapal (*boating*), renang dan secara estetis mengganggu. Respirasi oleh tanaman *macrophyta* dalam jumlah yang besar dari daerah littoral pada saat malam hari dapat menurunkan konsentrasi oksigen secara signifikan.

### **B. Penelitian yang Relevan**

**Adolf Josef Theodorus Paat (1986)** meneliti tentang “Faktor Sosial Ekonomi yang Mempengaruhi Pendangkalan Danau Tondano di Kabupaten Minahasa”.

**Nurul Fadhlya Hidayatunnisa (2003)** meneliti tentang “Dinamika Eutrofikasi yang disebabkan oleh Perubahan Nitrogen dan Fosfat”.

**Bonifacius Kardono (2001)** meneliti tentang “Karakteristik Daerah Asal Sedimen di Sub Daerah Aliran Citarik Daerah Aliran Citarum bagian Hulu.

### **C. Kerangka Berpikir**

Danau/situ adalah salah satu sumber air tawar yang menunjang kehidupan semua makhluk hidup dan kegiatan sosial ekonomi manusia.

Ketersediaan sumber daya air, mempunyai peran yang sangat mendasar untuk menunjang pengembangan ekonomi wilayah. Sumber daya air yang terbatas disuatu wilayah mempunyai implikasi kepada kegiatan pembangunan yang terbatas dan pada akhirnya kegiatan ekonomipun terbatas sehingga kemakmuran rakyat makin lama tercapai. Air danau/situ digunakan untuk berbagai pemanfaatan antara lain sumber baku air minum, pengendali banjir, air irigasi, pembangkit listrik, penggelontoran, perikanan dsb. Jadi betapa pentingnya air tawar yang berasal dari danau/situ bagi kehidupan.

Danau/situ merupakan komponen yang sangat penting dalam keseimbangan sistem tata guna tanah, tata guna air, tata guna udara dan tata guna sumber daya lainnya. Mengamankan danau dari kerusakan akan memberikan pengaruh positif dalam pemanfaatannya tidak hanya untuk jangka pendek namun untuk beberapa generasi. Namun dalam pemanfaatan danau/situ seringkali menimbulkan masalah yang dapat mengubah kondisi danau/situ itu sendiri. Seperti halnya Situ Baru yang terdapat di Kecamatan Sukmajaya kota Depok, adanya pendangkalan yang terjadi mengakibatkan pengurangan luasan daerah perairan situ.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pendangkalan situ adalah proses sedimentasi, erosi tanah dan eutrofikasi. Erosi tanah yang terjadi menyebabkan partikel-partikel tanah masuk ke dalam perairan situ yang berasal dari lahan di sekitar situ (morfologi tanah) sedangkan

eutrofikasi disebabkan adanya penumpukan bahan organik serta adanya penambahan nutrisi ke kolom perairan situ sehingga mencapai kesuburan optimal pada perairan. Untuk lebih jelas dapat dilihat alur kerangka berfikir berikut:

**Diagram 1. Alur Kerangka Berfikir**

