

HASIL PENELITIAN

**PENGARUH PERUBAHAN PEMANFAATAN RUANG DARATAN SEKITAR
DANAU TERHADAP EUTROFIKASI PERAIRAN DANAU
(Suatu studi pada pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar Danau Mooat,
Sulawesi Utara Periode 1988-1998)**

Veronica A. Kumurur

Staf Pengajar Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

***Abstract.** This research started from researcher's desire to test empirically the effect of terrestrial space utilization pattern changes to the lake eutrophication. The reason behind this study was that the fact that there is a tendency in the change of the terrestrial space utilization pattern around Lake Mooat which occurs continuously and uncontrollably. Each space utilization within the area around the lake in a span of 10 years (1988-1998), the extent of land has changed as follows : (1) in 1988 the total extent of land within the protected zone was 2389.975ha, and in 1988 the total extent of land changed into 1208.925ha; (2) in 1988 the total extent of land within the cultivation zone was 647.6 ha; and in 1998 the total extent of land changed to 1828.7ha. From the data, it is found out that from 1988 to 1998, 118.11 ha of the protected zone has been converted to cultivation zone or an increase of 4% each year. Of the above data, it is concluded that in 1988 the composition of the land space utilization within the area around Lake Mooat, where the protected zone occupied 79% and cultivation area of 21% of the land extent, quotation has placed the trophic condition of Lake Mooat waters under the category of end of oligotrophic. In 1988 where the protected zone occupied 40% and the cultivation zone occupied 60% of the land extent, quotation has placed the trophical condition of Lake Mooat waters at the eutrophic category. At such condition (without any management), Mooat Lake waters is predicted to enter the dystrophic category in 2092.*

Keywords: Mooat Lake, Space Utilization, Land Use

PENDAHULUAN

Danau Mooat merupakan salah satu danau dari tiga danau yang berpotensi untuk di kembangkan di Propinsi Sulawesi Utara, terletak pada ketinggian 1080 meter di atas permukaan laut di Kecamatan Modayag, Kabupaten Bolaang Mongondow. Keberadaannya memberikan manfaat dalam hal sebagai sumber air, pembangkit tenaga listrik, irigasi, perikanan, wisata, dan lain sebagainya. Tahun 1985, sebuah potret udara memperlihatkan bahwa kawasan di sekitar Danau Mooat sudah mengalami perubahan yang disebabkan oleh perladangan liar, penggembalaan liar, pembakaran hutan dan penebangan hutan (Wowor,1991). Berdasarkan Peta Rupa Bumi Kotamobagu tahun 1991 dan Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Bolaang Mongondow, Kabupaten Minahasa telah terjadi perubahan pola

pemanfaatan ruang yang cukup besar sejak tahun 1989 sampai dengan 1992, sebagian besar pemanfaatan ruang yang digunakan sebagai kawasan lindung, di sisi sebelah timur perairan danau, telah berubah menjadi kawasan budidaya. Melihat perubahan pola pemanfaatan ruang di kawasan sekitar D. Mooat yang tidak terkendali dan perubahan keadaan trofik yang cenderung terus meningkat dengan drastis, sudah memberikan dampak negatif terhadap ekosistem perairan danau, maka perlu dilakukan upaya-upaya menuju ke arah pengendalian pemanfaatan ruang daratan dan pelestarian fungsi danau.

Salah satu upaya adalah penerapan Rencana Umum Tata Ruang Kabupaten/Kota/Wilayah (RUTRK/W) yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah Tingkat II sebagai peraturan daerah setempat. Kawasan Sekitar Danau/Waduk merupakan salah satu

kawasan yang harus dilindungi melalui Peraturan Daerah dengan tujuan untuk melindungi danau/waduk tersebut dari kegiatan-kegiatan yang dapat mengganggu kelestarian fungsi danau/waduk (Karmisa *dkk.* 1990). Menurut Keputusan Presiden RI Nomor 32 Tahun 1990 tentang pengelolaan kawasan lindung, pasal 18 menyatakan bahwa kawasan sekitar danau adalah daratan sepanjang tepi danau/waduk yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik danau/waduk antara 50-100m dari titik pasang tertinggi ke arah darat.

Ruang daratan di kawasan Danau Mooat adalah wadah tempat manusia, flora, dan fauna hidup dan melakukan kegiatan serta memelihara kelangsungan hidup di sepanjang tepi danau yang mempunyai fungsi sebagai daerah tangkapan air dan sebagai daerah pelindung kestabilan eutrofikasi danau. Keberhasilan pelestarian dan pengelolaan sumberdaya alam akan menjadi kunci untuk terpenuhinya harkat hidup seluruh masyarakat (Sugandhy 1992). Salah satu pendekatan yang berperan besar dalam penggunaan sumberdaya alam adalah tata ruang, yang pada dasarnya merupakan suatu alokasi sumberdaya alam ruang bagi berbagai keperluan pembangunan agar memberi manfaat yang optimal bagi suatu wilayah (Coutrier 1992).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 tahun 1992 tentang Penataan Ruang, pasal 14(2), yang dimaksud dengan pola pemanfaatan ruang adalah bentuk hubungan antar berbagai aspek sumberdaya manusia, sumberdaya alam, sumberdaya buatan, sosial budaya, ekonomi, teknologi, pertahanan keamanan; fungsi lindung, budidaya, dan estetika lingkungan; dimensi ruang dan waktu yang dalam kesatuan secara utuh menyeluruh serta berkualitas membentuk tata ruang. Menurut Sugandhy (1995), ruang merupakan suatu wujud fisik wilayah dalam dimensi geografis yang dipergunakan sebagai wadah bagi setiap usaha pemenuhan kehidupan manusia baik pemanfaatannya secara horizontal mau-pun vertikal. Akibat dari perubahan ruang daratan di sekitar D. Mooat yang disebabkan

oleh pemanfaatannya secara terus-menerus dan tidak terkendali maka diduga akan berpengaruh pada daya-dukung, fungsi dan keberadaan danau, serta kehidupan penduduk yang bermukim di sekitar danau tersebut. Dalam usaha mengelola dan menata pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar D. Mooat berbagai informasi pendukung sangat diperlukan, namun informasi-informasi yang dimaksud tidak tersedia (sejauh penelusuran pustaka yang dilakukan).

Beberapa informasi yang ditemukan mengenai hanya sebatas pada ekologi D. Mooat, misalnya mengenai parameter pertumbuhan dan reproduksi *Osteochilus hasselti* dan *Pontius javanicus* (Bataragoa *dkk.* 1990), relung makanan komunitas ikan (Rondo *dkk.* 1996), tingkatan tropik (Tasirin 1987; Wantasen *dkk.* 1993). Berdasarkan hal-hal tersebut di atas maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis perubahan pola pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar Danau Mooat dalam periode tahun 1987 sampai 1998 (± 10 tahun). Analisis yang ditampilkan bermanfaat antara lain untuk penyediaan informasi mengenai kondisi ruang daratan dan pola perubahan pemanfaatannya di kawasan sekitar danau tersebut, dan sebagai kontribusi bagi ilmu pengetahuan mengenai pola pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar danau.

Dalam penelitian ini batasan lebar daratan ditentukan oleh kondisi lahan sebagai tempat aktivitas makhluk hidup (permukiman, pertanian, perkebunan dan hutan) pada peta topografi yang mempunyai kemiringan kontur dengan arah limpasan air ke perairan Danau Mooat, yaitu antara 750-2500 meter diukur dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Untuk dapat mencakup kondisi topografi yang tidak beraturan di sekitar danau, maka digunakan pendekatan bentuk persegi panjang (lebar 4375m dan panjang 6943 m) untuk mempermudah perhitungan luas daratan tanpa mengabaikan bentuk topografi yang memberikan pengaruh terhadap arah aliran permukaan di sekitar danau ke dalam perairan danau Mooat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perairan Danau Mooat dan ruang daratan di kawasan sekitarnya, Kecamatan Modayag, Kabupaten Bolaang Mongondow. Penelitian dilakukan dalam periode waktu Bulan Pebruari sampai Mei 1998. Observasi dilakukan terhadap pola pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar danau dengan melakukan pengukuran pada (1) luas daratan pada kawasan lindung (luas lahan hutan lindung dan hutan belukar), (2) luas daratan pada kawasan budidaya (luas lahan panen/kebun sayur,

permukiman, dan ladang). Pengukuran dengan menggunakan teknik sederhana (menggunakan meteran) dilakukan baik secara langsung di lapangan maupun di atas peta. Metode overlay (tumpang tindih) diaplikasikan untuk menganalisis data perubahan luas lahan pada kawasan lindung dan budidaya menggunakan data dasar (data I) dari Peta Rupa Bumi Kotamobagu, skala 1:50.000 (Bakorsurtanal 1991).

Dalam peta ini, pola pemanfaatan ruang diperoleh dari foto udara pada tahun 1981-1982 dan di cek-ulang di lapangan pada tahun 1987-1988. Sebagai

data pembanding digunakan data hasil pengukuran langsung terhadap luas lahan pemanfaatan ruang di sisi sebelah barat D. Mooat dan pengukuran luas lahan pemanfaatan ruang di sebelah Timur pada peta tata guna lahan Kabupaten Bolaang Mongondow tahun 1992 sebagai data II (data ke-n).

Sebelum pengambilan contoh air, dilakukan penentuan kedalaman zona limnetik (pengukuran kecerahan) dengan piring secchi. Contoh air diambil pada tiga kedalaman yang berbeda (pada zona limnetik). Populasi sampel yang akan diteliti adalah; seluruh perairan danau, sedangkan yang menjadi target populasi adalah: ruang perairan yang berada pada daerah litoral Danau Mooat. Pertimbangan dalam menentukan tujuh titik tempat pengambilan sampel air, sebagai berikut: (1) Daerah litoral adalah daerah di ruang perairan danau yang cenderung memperlambat aliran air dan memungkinkan pengendapan lumpur (mengandung unsur hara) yang terbawa masuk ke perairan dari lahan pertanian, lahan permukiman oleh aliran permukaan; dan (2) Daerah litoral yang diperkirakan menerima tambahan unsur hara melalui aliran masuk (inlet) dari sungai-sungai yang ada di sisi sebelah Timur Danau Mooat. Analisis data dengan menggunakan metode sebagai berikut:

a. Metode overlay (tumpang tindih) untuk menentukan perubahan luas lahan pada kawasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Lokasi Penelitian

Obyek penelitian terdapat di wilayah danau Mooat kecamatan Modayaq, kabupaten Bolaang Mongondow, propinsi Sulawesi Utara. Yang menjadi obyek penelitian adalah pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar danau serta perairan Danau Mooat. Obyek ini terletak pada wilayah yang memiliki tipologi lingkungan sebagai berikut: Posisi geografis danau Mooat antara 124°27'5''-124°28'18'' Bujur

Pola Pemanfaatan Ruang Daratan

Yang dimaksud dengan *Pola pemanfaatan ruang* menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang, pasal 14 (2) adalah bentuk hubungan antar berbagai aspek sumber daya manusia, sumber daya alam, sumber daya buatan, sosial budaya, ekonomi, teknologi, pertahanan keamanan; fungsi lindung, budi daya, dan estetika lingkungan; dimensi ruang dan waktu yang dalam kesatuan secara utuh menyeluruh serta berkualitas membentuk tata ruang.

Tata ruang adalah wujud struktural dan pola pemanfaatan ruang, baik direncanakan maupun tidak. *Ruang* adalah wadah yang meliputi ruang daratan, ruang lautan, dan ruang udara sebagai satu kesatuan

lindung dan kawasan budidaya di kawasan sekitar Danau Mooat dengan menggunakan data dasar (data I) dari peta rupa bumi Kotamobagu skala 1:50.000 yang diterbitkan Bakosurtanal pada tahun 1991. Dalam peta ini, pola pemanfaatan ruang diperoleh dari foto udara pada tahun 1981-1982 dan di cek ulang di lapangan pada tahun 1987-1988. Sebagai data pembanding (data ke-n) peneliti mengukur luas lahan pemanfaatan ruang di sisi sebelah barat Danau Mooat langsung di lapangan dan mengukur luas lahan pemanfaatan ruang di sebelah Timur pada peta tata guna lahan Kabupaten Bolaang Mongondow tahun 1992 sebagai data II (data ke-n).

- b. Metode analisis varians (ANOVA), untuk menentukan parameter keadaan trofik yang signifikan pada tujuh titik sampel.
- c. Metode Jorgensen, untuk menentukan besar perubahan ekspor unsur hara (fosfat dan nitrogen) pada tahun 1987 dan tahun 1998.
- d. Metode statistik sederhana, untuk menentukan besar pengaruh perubahan pola pemanfaatan ruang terhadap eutrofikasi danau secara kuantitatif.

Timur dan 0°43'46''-0°46'30''. Lintang Utara. Muka air danau terletak pada ketinggian 1080 dpl. Iklim Danau Mooat dan sekitarnya tergolong pada iklim tropis basah dan dikategorikan pada iklim A dan iklim B berdasarkan pengelompokan tipe iklim menurut Koppen. Curah hujan rata-rata setiap tahun berkisar antara 2500-3500 mm, sedangkan curah hujan rata-rata setiap bulan 200-300 mm. Temperatur pada siang hari 22⁰ celsius dan pada malam hari 13⁰ celsius.

wilayah tempat manusia dan makhluk lainnya hidup dan melakukan kegiatan serta memelihara kelangsungan hidupnya. Menurut Sugandhy (1995) bahwa *Ruang* merupakan suatu wujud fisik wilayah dalam dimensi geografis yang dipergunakan sebagai wadah bagi setiap usaha pemenuhan kehidupan manusia baik pemanfaatannya secara horizontal maupun vertikal. *Ruang daratan* adalah ruang yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan termasuk permukaan perairan darat dan sisi darat dari garis laut terendah. Kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan

manusia serta makhluk hidup lainnya disebut *lingkungan hidup*.

Pengaturan ruang memerlukan dimensi waktu untuk mengarahkan kegiatan manusia agar sesuai dengan keseimbangan lingkungan hidup yang merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk di dalamnya manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan peri kehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya (Sugandhy,1992). Selanjutnya Sugandhy mengatakan

Kawasan Lindung

Menurut Bab I pasal 1(1) Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 1990 Tentang pengelolaan Kawasan Lindung bahwa *Kawasan Lindung* adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan, yang diatur pada Pengelolaan Kawasan Lindung tersebut yang meliputi; (1) kawasan lindung bawahan yang meliputi hutan lindung, kawasan bergambut, kawasan resapan air; (2) kawasan perlindungan setempat yang meliputi; sempadan pantai, sungai, danau, dan mata air; (3) kawasan suaka alam dan cagar budaya yang meliputi; suaka alam laut, pantai hutan bakau, taman nasional, taman hutan rakyat, taman wisata alam, cagar budaya dan ilmu pengetahuan; (4) kawasan rawan bencana yang meliputi; rawan bencana bumi gempa bumi, letusan gunungapi, dan longsor. *Kawasan Hutan*, adalah wilayah-wilayah tertentu atau ditetapkan untuk dipertahankan sebagai hutan tetap. Hutan di Indonesia sebagai sumber kekayaan alam dan salah satu unsur basis pertahanan nasional harus dilindungi dan dimanfaatkan guna kesejahteraan rakyat secara lestari.

Dari kategori kawasan yang dilindungi, hutan lindung diartikan sebagai kawasan alami atau hutan tanaman berukuran sedang sampai besar, pada lokasi yang curam, tinggi, mudah tererosi, serta tanah yang mudah terbasuh hujan. Hutan lindung adalah areal hutan hujan tropik dengan curah hujan yang berlimpah sekitar 2000-4000 mm/tahun. Suhunya tinggi (sekitar 25-26⁰C) dan seragam dengan kelembaban rata-rata sekitar 80% . Pohon tinggi (maksimum rata-rata 30 meter) merupakan komponen dasar hutan hujan tropik (Ewusie 1990). Selanjutnya

Kawasan Budidaya

Kawasan budi daya adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumberdaya manusia, dan sumberdaya buatan.

bahwa hal ini tidak berarti bahwa wilayah Nasional akan dibagi habis oleh ruang-ruang yang akan diperuntukkan bagi kegiatan manusia tetapi perlu dipertimbangkan pula adanya ruang-ruang yang mempunyai fungsi lindung dalam kaitannya untuk menjaga keseimbangan hidrologis dan ekologis. Salah satu aspek penentu *kualitas tata ruang* adalah terwujudnya pemanfaatan ruang yang serasi antara fungsi lingkungan dengan kawasan pembangunan, dengan ditetapkannya kawasan lindung dan kawasan budidaya (Sugandhy,1992).

menurut Ewusie sebagian besar tumbuhannya mengandung kayu dan kaya akan berbagai spesies dan berlimpahnya berbagai tumbuhan rambat dan epifit. Untuk itu kawasan hutan ini disebut kawasan lindung. Penutup tanah berupa hutan adalah mutlak perlu untuk melindungi kawasan tangkapan air, mencegah longsor dan erosi (MacKinnon *et al.*,1986).

Hutan belukar adalah hutan muda bekas ladang atau merupakan sisa dari pada hutan lebat yang pepohonan besarnya telah diambil dan didominasi oleh tanaman perdu (Kartono *et al.*,1986). Hutan memberikan naungan, mengatur iklim mikro, mengurangi limpasan permukaan, meningkatkan kelembaban nisbi, dan menghambat erosi tanah, dan mengeringkan permukaan (Lee, 1988). Selanjutnya menurut Lee (1988) bahwa hutan dapat mentranspirasi 200-1000 kg/tahun.m² dari permukaan daratan sambil menghasilkan 1-2 kg (bahan kering)/tahun.m²; nisbah transpirasi dengan produksi bahan kering (nisbah transpirasi) beragam antara 10² dan 10³, tergantung pada ketersediaan air, iklim, dan karakteristik hutan. *Konversi hutan* adalah *pemanfaatan* atau *pengalihan fungsi* dan peran hutan ke penggunaan lain. Konversi hutan akan memberikan dampak terhadap perubahan air tanah, mata air, dan sumur-sumur, tinggi debit air sungai, waktu agihan debit air, erosi di tempat, endapan di sungai-sungai, dan aliran keluar unsur hara dalam air sungai (Hamilton & King 1988). *Kawasan perlindungan sempadan danau* adalah suatu kawasan perlindungan setempat. Kriteria kawasan sekitar danau/waduk adalah sisi darat, di mana lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik danau/waduk yaitu antara 50-100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat.

Kawasan budidaya meliputi budidaya pertanian dan budidaya non-pertanian. Termasuk kawasan budidaya pertanian adalah; (1)budidaya pertanian tanaman tahunan,(2)budidaya pertanian tanaman semusim, (3)budidaya pertanian lahan kering, (4)budidaya

pertanian lahan basah. Termasuk kawasan budidaya kawasan non pertanian adalah; (1)kawasan

pertambangan; (2)kawasan industri, (3)kawasan pariwisata, (4)kawasan permukiman.

EKOSISTEM DANAU

Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Danau merupakan salah satu bentuk ekosistem air tawar yang ada di permukaan bumi ini.

Eutrofikasi Danau

Proses eutrofikasi adalah suatu rangkaian proses dari sebuah danau yang bersih menjadi berlumpur akibat pengkayaan unsur hara tanaman dan meningkatnya pertumbuhan tanaman (Connell & Miller,1995). Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) telah mencirikan eutrofikasi sebagai “pengkayaan unsur hara pada air yang menyebabkan rangsangan suatu susunan perubahan simptomik yang meningkatkan produksi ganggang dan makrofit, memburuknya perikanan, memburuknya kualitas air dan perubahan simptomik lainnya yang tidak dikehendaki serta mengganggu penggunaan air” (Wood 1975).

Proses pengkayaan (eutrofikasi) danau dapat terjadi secara alamiah maupun secara kultural. Proses *eutrofikasi alamiah* terjadi akibat adanya aliran masukan yang membawa detritus tanaman, garam-garam, pasir dan disimpan dalam badan air selama waktu geologis (Connell & Miller, 1995). Kondisi ini terjadi secara alamiah tanpa gangguan manusia. Selanjutnya Connell & Miller (1995) menyatakan bahwa eutrofikasi alamiah berhubungan dengan penambahan umur perairan dan diyakini pula bahwa proses tersebut melambat dengan meningkatnya waktu yang disebabkan oleh meningkatnya kekeruhan yang mengakibatkan terbatasnya penerobosan cahaya dan menurunnya produksi primer. Eutrofikasi kultural mempercepat terjadinya pengkayaan dan terjadinya pencemaran. Pengisian dan peningkatan sedimen

Menurut Forbes *dalam* Watt (1973) dalam tulisannya ‘*The Lake as a Microcosms*’ bahwa tumbuhan dan hewan yang ada dalam danau adalah bagian dari sistem interaksi yang dinamis dimana satu bagian mempunyai pengaruh terhadap bagian lain.

secara cepat akan mempercepat terbentuknya rawa dan hilangnya perairan. Eutrofikasi kultural diakibatkan oleh peningkatan kegiatan manusia yang terjadi di sepanjang daerah aliran sungai (*inlet*) ke perairan danau misalnya; pengolahan tanah pertanian secara intensif, penggunaan pupuk dan pembuangan limbah rumah tangga. Proses ini akan menjadi sebuah masalah jika disebabkan oleh campur tangan manusia (eutrofikasi kultural). Hal seperti inilah yang mempercepat terganggunya keseimbangan alami perairan. Suatu perairan danau menunjukkan gejala eutrofikasi apabila terjadi peningkatan produktivitas yang disebabkan oleh masukan beban organik yang drastis yang dapat mengakibatkan kemunduran kualitas air (Payne,1986).

Menurut Imboden & Gächter (1978), keadaan trofik danau pada dasarnya ditentukan oleh kandungan oksigen, konsentrasi nutrien (zat hara), dan kepadatan fitoplankton. Menurut Burns & Ross (1972) bahwa laju pengurangan oksigen terlarut di dalam hipolimnion dapat dihubungkan dengan keadaan trofik. Whittaker (1975) menyatakan bahwa keadaan tropik perairan danau ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu: (1) produktivitas primer neto, (2) klorofil-a,(3) Nitrogen anorganik, (4) total fosfat, (5) bahan organik total, (6) biomasa fitoplankton, (7) penetrasi cahaya, (8) anorganik terlarut total. Welch (1952) mengelompokkan danau dalam tiga tipe, yaitu; (1) oligotrofik, (2) mesotrofik, (3) distrofik.

Tabel Klasifikasi danau berdasarkan produktivitasnya

No	Danau-danau Oligotrofik	Danau-danau Eutrofik	Danau-danau Distrofik
1	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki perairan yang dalam - Termoklin tinggi - Volume hypolimnium besar - Air pada hypolimnion dingin 	<ul style="list-style-type: none"> - Relatif memiliki area yang dangkal - Kurang atau tidak ada samasekali air yang dingin 	<ul style="list-style-type: none"> - Dangkal - Suhu bervariasi - Semua area mengandung lumpur/rawa

Lanjutan Tabel 1

No	Danau-danau Oligotrofik	Danau-danau Eutrofik	Danau-danau Distrofik
2	- Material organik lambat tersuspensi	- Material organik tersuspensi di dalam danau berlimpah	- Material organik tersuspensi di dalam danau berlimpah
3	- Elektrolit rendah atau berubah-ubah - Relatif miskin hara atau tidak ada material humus	- Elektrolit berubah-ubah, seringkali menjadi tinggi - Unsur hara berlimpah - Sedikit material humus	- Elektrolit rendah - Sedikit selai mengandung unsur hara - Material humus berlimpah
4	- Oksigen terlarut tinggi pada semua kedalaman	- Oksigen terlarut pada hypolimnion sedikit atau tidak ada samasekali	- Oksigen terlarut pada seluruh bagian dalam danau hampir tidak ada
5	- Sedikit mengandung tanaman perairan	- Tanaman air yang berukuran besar berlimpah	- Hanya sedikit mengandung tanaman air
6	- Jumlah plankton terbatas - Jarang terjadi blomming	- Jumlah plankton berlimpah - Umumnya terjadi blomming	- Jumlah dan jenis plankton kurang - Kaya akan myxophyceae
7	- Pada zona profundal relatif kaya fauna (jenis dan jumlahnya)	- Miskin fauna pada zona profundal	- Tidak ada faunamakro pada zona profundal

Sumber : Welch (1952)

Sistim pengelompokan tipe danau yang ultraoligotrofik, (2) oligotrofik, (3) oligomesotrofik, lebih rinci dikemukakan oleh Wetzel (1983) dengan (4) mesotrofik, (5) mesoeutrofik, (6) eutrofik, (7) membagi danau dalam delapan tipe, yaitu: (1) hipereutrofik, (8) distrofik.

Tabel 2.3. Kategori trofik danau berdasarkan parameter tertentu menurut Wetzel (1983)

Kategori Trofik danau	Rata-rata Produktivitas primer (mgC/m ² /hari)	Klorofil-a (mg/m ³)	Total P (ppb)	Total N (ppb)	Total Bahan Organik (mg/L)
Ultraoligotrofik	<50	0,01-0,5	<1-5	<1-250	2-15
Oligotrofik	50-300	0,3-3			
Oligomeso Trofik			5-10	250-600	10-200
Mesotrofik	250-1000	2-15			
Mesoeutrofik			10-30	500-1000	100-500
Eutrofik	>1000	10-500			
Hipereutrofik			30->5000	500->1100	400-60000
Distrofik	<50-500	0,1-10	<1-10	<1-500	5-200

Sumber : Limnology (Wetzel,1983).

Tabel 2.4. Kategori trofik danau berdasarkan parameter tertentu menurut Freedman (1989)

Kategori Trofik danau	Total Fosfor (ppb)	Klorofil-a (ppb)	Kedalaman Sechi (meter)
Ultraoligotrofik	<4,0	<1,0	>12
Oligotrofik	<10	<2,5	>6
Mesotrofik	10-35	2,5-8	3-6
Eutrofik	35-100	8-25	1,5-3
Hipertrofik	>100	>25	<1,5

Sumber: Modifikasi dari Environmental Ecology (Freedman,1989)

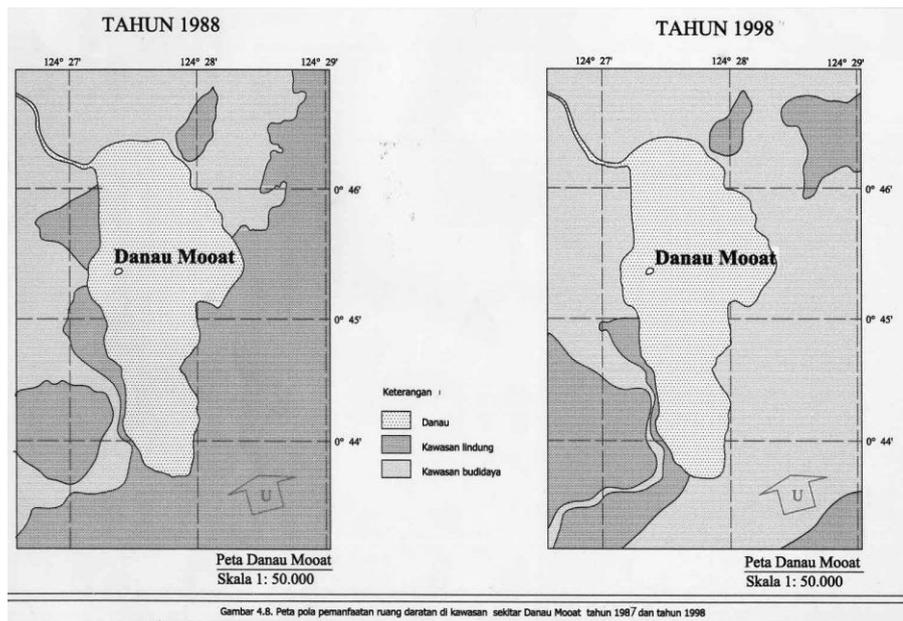
Kondisi Pemanfaatan Ruang Daratan di Kawasan Lindung

Hasil pengukuran luas pemanfaatan lahan pada kawasan lindung dan kawasan budidaya di

sekitar Danau Mooat pada area cuplikan seluas 3037,5 hektar. Hasil pengukuran memperlihatkan perubahan luas lahan akibat pemanfaatannya untuk kawasan lindung dan budidaya.

Tabel 1. Luas lahan setiap jenis pemanfaatan ruang di kawasan sekitar Danau Mooat (1987 dan 1998) pada area cuplikan 3037,5 ha*) Peta Rupa Bumi Kotamobagu 1987/1988

(Bakosurtanal 1991).Jenis Pemanfaatan lahan	Luas lahan (ha)		
	Tahun 1987 *)	Tahun 1998	Perubahan 1987-1998
Kawasan Lindung:			
• Hutan belukar	704,68	90,43	614,25
• Hutan lindung	944,68	377,88	566,80
• Danau Mooat	721,87	721,87	0
• Danau Tondok	18,75	18,75	0
Total	2389,98	1208,93	
Kawasan Budidaya			
• Tegal ladang	146,90	816,81	669,91
• Perkebunan	43,74	337,94	294,20
• Permukiman	20,73	23,74	3,01
• Tegalan sayur	436,25	650,20	213,95
Total	647,62	1828,69	



Gambar 1. Perubahan Pemanfaatan Ruang Daratan sekitar Danau Mooat pada periode tahun 1988-1998

Namun, dari hasil pengamatan saat ini kondisi kawasan hutan di area tersebut sudah beralih fungsi menjadi lahan perkebunan dan tegalan. Hasil perhitungan luas areal hutan lindung seluruh kawasan D. Mooat pada tahun 1987 (Peta Rupa Bumi Kotamobagu) adalah 944,68 ha. Pada tahun 1998 berubah menjadi 377,88 ha. Berarti bahwa dalam

rentang waktu 10 tahun telah terjadi perubahan luas sebesar 566,80 ha atau 56,680 ha per tahun (Gambar 1). Konversi hutan lindung menjadi lahan perkebunan dan tegalan akan mengakibatkan terjadinya erosi yang besar pada lahan ini. Menurut Castro (1979) dalam Lal (1990) yang meneliti tentang erosi yang terjadi di lahan tropis Campinas Sao Paolo, Brazil, bahwa lahan

yang tertutup vegetasi (misalnya perkebunan kopi) menghasilkan erosi 1,4ton/ha/tahun. Ini adalah nilai yang sangat besar dibandingkan dengan nilai erosi yang ditimbulkan oleh lahan yang tertutup vegetasi hutan lindung dan belukar (0,0001 ton/ha/tahun). Dengan demikian, jika selisih luas area akibat konversi hutan lindung menjadi lahan perkebunan adalah 566,805ha maka jumlah erosi yang terjadi \pm 793,527ton/ha/tahun Tabel 2 & 3. Apabila jumlah ini dibandingkan dengan jumlah erosi akibat lahan ini tetap berfungsi sebagai hutan lindung (0,094 ton/ha/tahun), maka terlihat bahwa terdapat perbedaan yang besar antara dua pemanfaatan ruang ini. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sedikit saja luas

lahan hutan lindung dikonversi menjadi pemanfaatan lahan perkebunan akan sangat mempengaruhi jumlah erosi yang dihasilkan dari pemanfaatan ruang ini dan jumlah partikel tanah yang masuk ke dalam perairan danau.

Lahan hutan belukar berada di sebagian area di sebelah timur sampai dengan sebelah tenggara, sebelah barat sampai dengan sebelah barat-daya dan secara langsung berfungsi sebagai penyangga bagi Danau Mooat. Hasil pengukuran yang dilakukan pada kawasan ini diperoleh luas 704,68ha pada tahun 1987 dan menjadi 90,43ha pada tahun 1998, di mana terjadi penyempitan areal hutan belukar rata-rata seluas 61,43ha/tahun.

Tabel 2. Perhitungan erosi dan run-off untuk jenis pemanfaatan ruang hutan dan perkebunan kopi di kawasan Danau Mooat tahun 1987

(analisis menggunakan ketetapan nilai Castro (1979) dalam Lal (1990)

Jenis Pemanfaatan	Luas lahan (ha)	Ketetapan nilai Castro		Hasil Perhitungan	
		Erosi Ton/ha.tahun	Run-off (%)	Erosi Ton/ha.tahun	Run-off (%)
Hutan (lindung+belukar)	1649,355	0,0001	1,1	0,165	18,143
Perkebunan kopi (80% dari luas perkebunan)	35	1,4	1,6	49	0,560

Tabel 3. Perhitungan erosi run-off untuk jenis pemanfaatan ruang hutan dan perkebunan kopi di kawasan sekitar Danau Mooat tahun 1998 (analisis menggunakan ketetapan nilai Castro (1979) dalam Lal (1990)

Jenis Pemanfaatan	Luas lahan (ha)	Ketetapan nilai Castro		Hasil Perhitungan	
		Erosi Ton/ha.tahun	Run-off (%)	Erosi Ton/ha.tahun	Run-off (%)
Hutan (lindung+belukar)	533,175	0,0001	1,1	0,153	5,865
Perkebunan kopi (80% dari luas perkebunan)	270,352	1,4	1,6	378,4928	4,326

Kondisi Pemanfaatan Ruang di Kawasan Budidaya

Pemanfaatan lahan pada kawasan budidaya di sekitar perairan Danau Mooat. sebagai lahan permukiman, lahan panen (kebun sayur), lahan tegalan, dan lahan perkebunan. Lahan permukiman, sebagian lahan panen (kebun sayur), dan sebagian lahan perkebunan berada di sisi sebelah barat danau. Di sisi sebelah timur danau didominasi oleh lahan perkebunan dan lahan tegalan. Di sisi sebelah utara didominasi oleh lahan panen (lahan kebun sayur). Pemanfaatan ruang permukiman merupakan kawasan budidaya dan memiliki fungsi sebagai perdesaan. Menurut pasal 1(1) Bab I Undang-undang Nomor 24 tahun 1992 tentang Penataan Ruang bahwa kawasan perdesaan mempunyai susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perdesaan, pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi. Dari hasil pengukuran luas area permukiman ini diperoleh 20,73ha pada tahun 1987 menjadi 23,74ha

pada tahun 1998, di mana telah terjadi penambahan luas area sebesar 3,013ha setiap tahun .

Kondisi ini disebabkan oleh penambahan penduduk rata-rata 2,66% setiap tahun serta kepadatan penduduk 142,22 orang/km² (Bolaang Mongondow Dalam Angka 1995) sehingga terjadi permintaan yang meningkat terhadap luas area permukiman. Adanya perluasan area permukiman terutama di sisi sebelah barat-laut sampai dengan sebelah barat telah mengubah sebagian area hutan belukar (fungsi lindung).

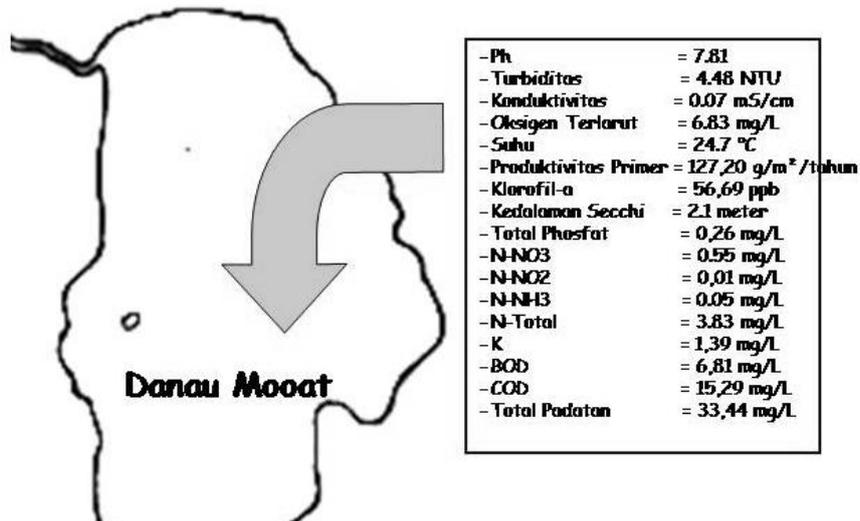
Sebagian besar (\pm 80%) penduduk di area permukiman sekitar danau Mooat menggunakan secara langsung media air danau sebagai sarana MCK (mandi, cuci, kakus). Kondisi ini secara langsung memberikan peningkatan kontribusi limbah rumah tangga terhadap perairan danau sebesar 80% dari rata-rata penambahan penduduk sebesar 2,66% setiap tahun. Menurut Paat (1986) sikap masyarakat terhadap lingkungan sekitar danau (hutan, lahan pertanian)

memberi pengaruh positif terhadap pelestarian lingkungan. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa jika 80% masyarakat sekitarnya tidak memberikan perhatian terhadap pelestarian perairan danau maka akan sangat mempengaruhi keberlanjutan fungsi dan keberadaan perairan Danau Mooat. Tegalan sayur (lahan pertanian/lahan panen/kebun sayur) adalah areal pertanian kering semusim dan tidak pernah diairi. Areal ini umumnya ditanami dengan jenis tanaman umur pendek saja, tanaman keras yang mungkin ada hanya terdapat pematang-pematang (Kartono *dkk.* 1991). Selain itu kawasan ini juga mempunyai fungsi budidaya.

Areal pertanian di kawasan sekitar Danau Mooat (sisi utara sampai dengan sisi barat laut) ditanami dengan sayur-sayuran (kentang, bawang daun, kubis dan wortel). Hasil pengukuran luas tegalan sayur pada tahun 1987 adalah 436,25ha berubah menjadi 650,20ha pada tahun 1998. Terjadi pertambahan rata-rata 21,395ha per tahun. Hal ini

merupakan pertambahan luas tertinggi dibandingkan dengan pertambahan luas pada pemanfaatan ruang lain di kawasan sekitar danau. Selain itu, pertambahan ini merupakan akibat dari konversi ruang tegalan ladang menjadi areal tegalan sayur (kebun sayur) di sisi barat.

Tegalan ladang adalah areal pertanian yang digarap dalam waktu tiga tahun atau kurang, kemudian ditinggalkan (Kartono *dkk.* 1991). Tegalan ladang dapat berfungsi sebagai lahan pengembalaan, karena di lahan ini banyak tumbuh rumput liar yang dapat dijadikan makanan ternak. Hasil pengukuran areal ladang pada tahun 1998 diperoleh data bahwa telah terjadi penyempitan lahan seluas 669,91ha sejak pengukuran pada tahun 1987. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa kekurangan areal ladang adalah akibat dari beralih fungsi menjadi kawasan budidaya (lahan panen/kebun sayur). Hasil perhitungan parameter pengukuran kondisi trofik danau Mooat ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi parameter tingkat trofik Danau Mooat pada pengukuran 1998

PERUBAHAN PEMANFAATAN RUANG TERHADAP EUTROFIKASI DANAU

Pengkayaan unsur hara pada air yang menyebabkan rangsangan suatu susunan perubahan simptomatik yang meningkatkan produksi ganggang dan makrofit, memburuknya perikanan, memburuknya kualitas air dan perubahan simptomatik lainnya yang tidak dikehendaki serta mengganggu penggunaan air (Wood *dalam* Connell & Miller 1995). Menurut Connell & Miller (1995) bahwa fosfor dan nitrogen adalah faktor utama dalam pertumbuhan tanaman. Sumber pencemaran utama unsur hara adalah bagian permukaan dan bagian di bawah permukaan

(*subsurface*) aliran air dari daerah pertanian dan perkotaan, aliran limbah ternak, aliran limbah rumah tangga (Connell & Miller, 1995). Menurut Hasler *dalam* Connell & Miller (1995) bahwa sumber-sumber nitrogen dan fosfat terbesar di kawasan perdesaan berasal dari air tanah kemudian dari tanah yang mengandung pupuk kandang.

Perubahan fungsi pemanfaatan ruang sebagai lahan tegalan di sisi barat danau Mooat memberikan tambahan luas lahan pertanian secara keseluruhan. Perubahan fungsi dan luas pada lahan pertanian berarti terjadi peningkatan kegiatan pengolahan tanah dan penggunaan pupuk. Kegiatan

ini merupakan sumber masuknya unsur hara pada perairan danau Mooat, terutama unsur nitrogen dan fosfor. Dimana kedua unsur ini memegang peranan penting bagi pertumbuhan tumbuhan air untuk tumbuh dan berkembangbiak. Menurut Jorgensen (1991) bahwa jumlah minimal fosfor yang diekspor oleh batuan akibat limpasan (aliran permukaan) pada pemanfaatan ruang sebagai hutan lindung setiap tahun adalah 2,645kg setiap m^2 dalam satu tahun, nilai maksimum ekspor fosfor setiap m^2 dalam satu tahun adalah 34kg. Sedangkan nilai minimum ekspor fosfor dari endapan di lahan hutan akibat limpasan adalah 26,451kg, nilai maksimum adalah 68,017kg. Nilai minimum ekspor fosfor dari batuan akibat aliran permukaan di lahan hutan belukar adalah 9,3kg sedangkan nilai maksimum adalah 24,8kg. Nilai ekspor minimum fosfor pada endapan akibat aliran permukaan di lahan hutan belukar adalah 17,083kg, sedangkan nilai ekspor maksimum adalah 57,461kg setiap satu hektar dalam satu tahun. Nilai minimum ekspor fosfor dari areal pertanian adalah 143,044kg, sedangkan nilai maksimumnya adalah 650,200kg setiap hektar dalam satu tahun.

Selanjutnya menurut Jorgensen, bahwa jumlah minimal nitrogen yang diekspor oleh batuan akibat limpasan (aliran permukaan) pada pemanfaatan ruang sebagai hutan lindung setiap tahun adalah 491,237kg kg setiap m^2 dalam satu tahun, nilai maksimum ekspor fosfor setiap m^2 dalam satu tahun adalah 1133,625kg. Sedangkan nilai minimum ekspor nitrogen dari endapan di lahan hutan belukar akibat limpasan adalah 310,6kg, nilai maksimum adalah 931,8kg. Nilai ekspor minimum nitrogen pada endapan akibat aliran permukaan di lahan hutan belukar adalah 566,812 kg, sedangkan nilai ekspor maksimum adalah 1889,375kg setiap satu hektar dalam satu tahun. Nilai minimum ekspor nitrogen dari areal pertanian adalah 3251kg, sedangkan nilai maksimumnya adalah 7802,4kg setiap hektar dalam satu tahun.

Dari hasil perhitungan nilai ekspor fosfor dan nitrogen dari tiga jenis pemanfaatan lahan di kawasan sekitar danau Mooat, diperoleh hasil pemanfaatan ruang sebagai areal pertanian (lahan panen/tegalan sayur/kebun sayur) mempunyai nilai ekspor nitrogen dan fosfor yang terbesar dibandingkan dengan pemanfaatan hutan lindung dan hutan belukar. Dengan demikian pemanfaatan ruang sebagai tegalan sayur (lahan panen/kebun sayur) di kawasan sekitar danau Mooat memberikan kontribusi yang besar terhadap penambahan jumlah unsur hara terutama Nitrogen dan Fosfor.

Dimana kedua unsur ini menentukan proses pengkayaan (eutrofikasi) perairan danau. Semakin

bertambah luas area pemanfaatan ruang sebagai tegalan sayur (lahan panen/kebun sayur) di sekitar kawasan danau Mooat maka semakin banyak pula jumlah ekspor nitrogen dan fosfor ke dalam perairan danau. Jumlah masukan unsur hara (nitrogen dan fosfor) ke dalam perairan danau bergantung pula dengan jumlah tanah yang masuk akibat erosi yang terjadi.

Jumlah tanah yang tererosi ini pula bergantung pada jenis tanaman yang ditanam dan kemiringan lahannya. Menurut Castino dalam Lal (1990) erosi yang ditimbulkan oleh perkebunan kopi ini adalah 1,4 ton setiap hektar setiap tahun dan run-off akibat hujan 1,6 % (tabel 3). Jika seluruh 80% dari luas lahan perkebunan ditanami tanaman kopi maka jumlah erosi yang terjadi akibat efek vegetasi kopi adalah 423.22 ton setiap tahun.

Lahan yang ditanami dengan pohon-pohon tinggi (lebih dari 30 meter) dan tanaman-tanaman semak selukar seluas 533.175ha, maka menurut Castro (dalam Lal, 1991) jumlah erosi yang terjadi adalah 0.053 ton setiap hektar dalam satu tahun (tabel 42). Menurut Solorio (1974 dalam Lal 1991) bahwa lahan pertanian pada kemiringan sedang (20%-30%) lebih banyak menghasilkan jumlah tanah yang tererosi dibandingkan dengan lahan pertanian di kemiringan yang rendah (10%-15%).

Dengan demikian perubahan pemanfaatan ruang di sisi sebelah kanan sebagai hutan lindung dan hutan belukar (kemiringan tinggi 40%-45%) menjadi lahan perkebunan dan tegalan akan mudah tererosi dan membawa partikel-partikel tanah dalam jumlah yang besar ke dalam perairan. Pengkayaan unsur hara dan peningkatan eutrofikasi mengakibatkan terganggunya ekosistem dan terancam keberadaan danau Mooat. Menurut Vollenweider dan Kerekes dalam Connell & Miller (1995) menghubungkan peningkatan kepekatan klorofil-a dan produksi primer untuk meningkatkan produksi primer. Menurut Burns dan Ross bahwa laju pengurangan oksigen terlarut di dalam hipolimnion dapat dihubungkan dengan keadaan trofik (Connell & Miller 1995).

Meningkatnya eutrofikasi menyebabkan menurunnya efisiensi penggunaan energi di dalam jaringan makanan yang berdasarkan fitoplankton, tetapi menurunnya biomassa zooplankton (Connell & Miller 1995).

Menurut Connell & Miller (1985) bahwa pengaruh utama dari peningkatan eutrofikasi terhadap spesies ikan disebabkan oleh berkurangnya oksigen yang terlarut. Namun adapula spesies ikan yang toleran terhadap kurangnya kadar oksigen terlarut dan tingginya suhu perairan. Tetapi secara umum dengan meningkatnya eutrofikasi suatu perairan danau

akan menurunkan jumlah habitat yang sesuai dengan spesies ikan di danau Mooat. Berdasarkan data-data hasil pengukuran parameter fosfat dan klorofil-a dan diasumsikan tidak adanya perbaikan dan pengendalian pemanfaatan ruang kawasan sekitar danau, maka dapat diprediksi danau Mooat akan punah pada tahun 2072 atau 74 tahun lagi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah telah terjadi perubahan/konversi pola pemanfaatan ruang daratan di kawasan sekitar Danau Mooat dalam rentang waktu 10 tahun (1987-1998) sebesar 39% (4% per tahun), yaitu dari 79% (2389,98ha) tahun 1987 menjadi 40% (1208,93ha) tahun 1998 untuk kawasan lindung, dan 21% (647,62ha) pada tahun 1987 menjadi 60% (1828,69) pada tahun 1998 untuk kawasan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 1997. Bolaang Mongondow Dalam Angka Tahun 1995. Kantor Statistik Kab. Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. Kotamobagu
- Bataragoa, N.E., R.D. Moningkey, J.F.W.S. Tamanampo & H. Tioho. 1990. Telaah parameter pertumbuhan dan aspek reproduksi
- Coutrier, P.L. 1992. Teknologi pengendalian lingkungan. *Dalam* membangun tanpa merusak. Kantor Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta
- Dari data Peta Rupa Bumi Kotamobagu tahun 1991
- Karmisa, I., Y. Purwantini, D.N. Utami, A. Kusriyanti & J. Suzanna. 1990. Administrasi lingkungan. *Dalam* Kualitas Lingkungan Indonesia. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta
- Kartono, H., S. Rahardjo & I.M. Sandy. 1991. Esensi pembangunan wilayah dan penggunaan tanah berencana. Jurusan Geografi, FMIPA. Universitas Indonesia. Jakarta
- Lal, R. 1990. Soil erosion in the tropics. McGraw-Hill, Inc., United State of America
- Paat, A.J.T. 1986. Faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi pendangkalan Danau Tondano di Kabupaten Minahasa. Tesis (tidak dipublikasi). Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Rondo, M., B. Soeroto & B.H. Toloh. 1996. Relung makanan komunitas ikan di danau Mooat Sulawesi Utara. Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Sugandhy, A. 1992. Strategi penataan ruang nasional. *Dalam* Membangun tanpa merusak. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta
- Tasirin, J. 1987. Evaluasi tingkat trofik Danau Mooat. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Wantasen, S., S.P. Ratag & I. Kalangi. 1993. Perubahan tingkat trofik Danau Mooat. Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Wowor, E.H.E. 1991. Beberapa aspek biologis spesies ikan ekonomis dan kondisi perairan Danau Mooat Sulawesi Utara. Skripsi (tidak dipublikasi) Fakultas Perikanan. Universitas.