

Analisis Pencemaran Logam Berat di Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario Manado Sulawesi Utara

Analysis of Heavy Metal Pollution In River Mouths And Estuaries Tondano And Sario IN Manado City North Sulawesi

Sandra Tilaar¹

Abstract

This study aims to determine the concentration of heavy metal Hg and Pb in estuary waters Tondano and Sario River in the Bay of Manado, and compare the state of the estuary waters Tondano with Sario estuary waters. Information obtained from this study is expected to be useful for the management of the marine environment, particularly coastal waters, so the environmental monitoring and utilization of coastal areas can be better implemented.

The study was conducted for 4 months from September to December 2013. Analisis heavy metal analysis was performed according to the instructions better for Hg, Zn and Pb.

The content of Hg and Zn in the water column in the estuary waters Tondano and Sario still within tolerable levels. The content of Pb in the water column in the estuary waters and estuary Tondano and Sario has passed the specified levels and has passed the tolerable levels.

Human activity continues to grow around the Gulf waters of Manado so may result in appropriate changes that can lead to contamination, because it is necessary to monitor water quality regularly and continuously.

Keywords: pollution, heavy metals, water quality

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui konsentrasi logam berat Hg dan Pb pada Perairan Muara Sungai Tondano dan Sungai Sario di Teluk Manado, serta membandingkan keadaan Perairan Muara Sungai Tondano dengan Perairan Muara Sungai Sario. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengelolaan lingkungan perairan, khususnya perairan pantai, sehingga pemantauan lingkungan dan pemanfaatan wilayah pesisir pantai dapat dilaksanakan lebih baik.

Penelitian dilakukan selama 4 bulan sejak bulan September sampai dengan bulan Desember 2013. Analisis logam berat dilakukan menurut petunjuk analisis baik untuk Hg, Zn dan Pb.

Kandungan Hg dan Zn pada kolom air pada perairan Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario masih dalam kadar yang ditoleransi. Kandungan Pb pada kolom air di perairan Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario telah melewati kadar yang ditetapkan dan telah melewati kadar yang ditoleransi.

Adanya aktivitas manusia yang terus berkembang di sekitar Perairan Teluk Manado sehingga dapat mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan secara tepat yang dapat mengakibatkan pencemaran, karena itu perlu diadakan pemantauan kualitas air secara berkala dan berkesinambungan.

Kata kunci : pencemaran, logam berat, kualitas air

¹Staf pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi

PENDAHULUAN

Pencemaran pada kawasan pesisir pantai dapat terjadi baik secara alami maupun yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti eksplorasi-eksplorasi, industri, pertanian, maupun perhubungan. Erosi pada daerah pesisir, deposit mineral, kebakaran hutan, dan aktivitas vulkanik merupakan penyebab alami hadirnya bahan pencemar lingkungan (Chandra 1988). Pelbagai bentuk substansi yang masuk ke dalam lingkungan perairan tersebut dapat memberikan pengaruh negatif terhadap faktor biotik ekosistem yaitu perubahan struktur komunitas, kematian massal, resistensi terhadap substansi kimia oleh organisme serta perubahan kualitas produktivitas perairan tersebut (Rompas 1990).

Daerah pesisir pantai dan muara sungai dapat tercemari atau menjadi rusak disebabkan oleh banyak aktivitas, tapi yang paling utama dari sekian banyak penyebab pencemaran lingkungan adalah limbah. Pratioko *dalam* Lukow (2001) menyatakan bahwa 75% dari kota-kota besar di Indonesia terletak di daerah pantai dan kehidupan ekonominya lebih terpusat pada pesisir pantai dan sekitar muara sungai. Seiring dengan perkembangan waktu, masalah pencemaran sudah menjadi masalah yang serius bagi masyarakat dan pemerintah.

Berbagai kegiatan manusia yang berhubungan dengan pemanfaatan sumberdaya alam, pembuangan limbah industri, pertanian dan pertambangan yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan terganggunya suatu ekosistem. Terutama ekosistem pantai, karena buangan-buangan dari aktivitas manusia dapat mengalir ke laut melalui sungai. Buangan-buangan tersebut dapat berupa bahan anorganik ataupun organik. Bahan anorganik dapat berupa logam-logam, terutama hasil buangan pertambangan, transportasi dan industri yang bersifat toksik.

Kegiatan pertambangan rakyat yang terdapat di sekitar daerah Tatelu, diduga membuang limbah logam berat berupa merkuri yang dialirkan ke sungai yang melewati daerah tersebut. Adanya aktivitas manusia yang tinggi di sekitar Teluk Manado terutama aktivitas pelayaran dan limbah rumah tangga dan industri yang melalui Sungai Tondano dan Sungai Sario yang bermuara di Teluk Manado maka diasumsikan bahwa perairan Teluk Manado sudah tercemar. Adanya asosiasi logam-logam yang bersifat toksik bagi lingkungan perairan Teluk Manado, perlu diidentifikasi secara dini, mengingat perairan Teluk Manado merupakan daerah penangkapan ikan yang dikonsumsi langsung oleh masyarakat dan sebagai tempat rekreasi. Bertolak dari hal tersebut maka perlu untuk dipantau sejauh mana kandungan logam-logam berat yang terlarut pada perairan pantai Teluk Manado yang menyebabkan perairan tersebut tercemar.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengetahui konsentrasi logam berat Hg, Zn dan Pb pada perairan Muara Sungai Tondano dan Sungai Sario di Teluk Manado, serta membandingkan keadaan perairan Muara Sungai Tondano dengan perairan Muara Sungai Sario.

Informasi yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengelolaan lingkungan perairan, khususnya perairan pantai, sehingga pemantauan lingkungan dan pemanfaatan wilayah pesisir pantai dapat dilaksanakan lebih baik.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan pada dua lokasi, yaitu di sekitar Perairan Muara Sungai Tondano dan di sekitar Muara

Sungai Sario. Lokasi pertama di daerah sekitar Muara Sungai Tondano sampai ke Pelabuhan Manado dan lokasi yang kedua bertempat di daerah sekitar Muara Sungai Sario. Setiap lokasi ditetapkan tiga titik pengambilan sampel secara horizontal. Jarak setiap titik adalah 100 m.

Penelitian dilakukan selama 4 bulan sejak bulan September sampai dengan bulan Desember 2013.

Teknik Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode sampling *purposive* di mana sampel yang diperoleh dapat dianggap mewakili air di lokasi penelitian. Sampel diambil dengan menggunakan perahu pelang. Sampel air yang dianalisis kandungan logam diambil langsung dengan botol sampel. Botol-botol sampel tersebut sebelumnya telah diberi label lokasi pengambilan sampel dan dimasukkan ke dalam *cool box* agar supaya sampel tetap awet, selanjutnya dibawa ke Balai Penelitian dan Pengembangan Industri (BALITRI) Manado untuk dianalisis.

Beberapa parameter penunjang yaitu suhu, pH, salinitas, arus dan kecerahan, diukur secara *in situ* dengan tiga kali ulangan pada setiap titik pengamatan. Suhu air permukaan diukur dengan menggunakan termometer batang ($^{\circ}\text{C}$) yang tingkat ketelitiannya 1°C . Termometer tersebut dicelupkan pada kedalaman kurang lebih 1 meter selama 3 menit. Kemudian dilihat nilai suhu yang tertera pada termometer tersebut.

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus. Kertas tersebut dicelupkan ke dalam setiap sampel air yang telah ditempatkan dalam wadah, kemudian dilihat perubahan warna yang terjadi pada kertas tersebut lalu dicocokkan pada indikasi nilai warna sesuai dengan petunjuk yang ada pada kertas lakmus tersebut.

Pengukuran salinitas dengan menggunakan alat refraktometer.

Sampel air diambil dengan botol plastik, kemudian air diteteskan pada refraktometer, selanjutnya dibaca kandungan salinitas pada skala yang ditampilkan. Pengukuran arus dilakukan dengan alat *Floater current meter* yang terdiri dari tali dengan panjang 5 meter, pelampung, baling-baling kayu dan pemberat. Secara perlahan alat ini diturunkan sambil mengamati waktu dengan *stop watch*. Pada saat tali menegang ditandai dengan menggunakan kompas. Kecerahan air diukur dengan piringan sechi. Alat tersebut ditenggelamkan sampai warna pada piringan tersebut tidak kelihatan. Pengukuran dilakukan saat warna masih kelihatan dan saat tidak kelihatan. Nilainya dijumlahkan kemudian dibagi dua.

Ekstraksi Sampel Air 1. Merkuri

a. Pembuatan larutan induk.

Dilakukan dengan mengambil 1 gr logam Hg dari kemasan, dimasukkan ke labu ukur 1000 ml dan tambahkan dengan 1,5 ml HNO_3 pekat. Tambahkan akuades.

b. Pembuatan larutan standar merkuri.

Mengambil 10 ml larutan induk kemudian dimasukkan ke labu ukur 100 ml, ditambahkan dengan akuades sehingga diperoleh larutan merkuri 100 ppm. Dari 100 ppm ini diambil 20, 40, 60, 80 dan 100 ml diencerkan menjadi 100 ml sehingga diperoleh kadar merkuri 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 dan 0,1 ppm.

2. Timbal

a. Pembuatan larutan induk.

Pembuatan larutan induk untuk logam Pb, 1000 mg/l adalah dengan mengambil logam tersebut sebanyak 1 g, dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml kemudian ditambahkan dengan aquades.

b. Pembuatan larutan standar.

Larutan Pb diambil sebanyak 0,02 ; 0,08 ; 0,16 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml, ditambahkan dengan aquades sehingga diperoleh kadar logam 0,02 ; 0,08 ; 0,16 ppm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan

Hasil pengamatan secara visual Muara Sungai Tondano (Pelabuhan Manado) banyak terdapat limbah domestik yang terbawa melalui sungai. Oleh karena berdekatan dengan pasar tradisional maka cukup banyak limbah yang langsung dibuang di lokasi ini dari pemukiman penduduk sekitarnya. Pada umumnya limbah domestik mengandung sampah padat (berupa dedaunan kulit buah, sayur, plastik, kaleng, botol) dan cair yang berasal dari sampah rumah tangga.

Kondisi yang berbeda di perairan Muara Sungai Sario. Nampak dari perairannya yang relatif lebih bersih dibanding dengan perairan di sekitar Pelabuhan Manado.

Kondisi lingkungan di Muara Sungai Tondano yang terlihat kotor disebabkan karena daerah tersebut dekat dengan pemukiman penduduk dan pasar tradisional. Sehingga sampah di mana-mana. Hal ini mungkin dianggap hal yang biasa oleh penduduk di sekitarnya. Sastrawijaya (1991) menyatakan bahwa merupakan hal yang umum terjadi di setiap muara sungai yang dekat dengan pemukiman penduduk.

Perairan muara sungai yang terletak di sekitar pemukiman penduduk akan lebih cepat tercemar. Pencemaran merupakan faktor yang paling penting penyebab kerusakan laut dan pesisir. Hal ini disebabkan karena pencemaran tidak saja dapat merusak atau mematikan komponen biotik perairan, tetapi dapat juga membahayakan kesehatan atau bahkan mematikan manusia yang memanfaatkan biota dari perairan yang sudah tercemar.

Bahan-bahan pencemar baik yang berasal dari sampah rumah tangga maupun industri, sangat mempengaruhi kehidupan organisme baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung biasanya terlihat pada organisme yang

mati. Dari hasil pengamatan terdapat di pinggiran beton beragam moluska yang masih menempel tapi telah mati. Demikian juga ikan-ikan kecil yang mati mengapung di perairan. Walaupun tidak begitu banyak (kurang dari 5 ekor) namun telah ada indikasi.

Pengaruh lain dari pencemaran adalah pengaruh tidak langsung. Mengingat kondisi visual perairan yang kotor, air berwarna kecoklatan, namun belum berakibat fatal. Diasumsikan bahwa spesies yang masih hidup adalah spesies yang tahan terhadap pencemaran seperti cacing yang mendominasi daerah tersebut. Spesies yang tidak tahan akan keluar dari perairan tersebut karena bahan-bahan pencemar dapat mempunyai pengaruh terhadap tingkah laku organisme (Bliegert dan Perraud 2001).

Di perairan Muara Sungai Sario yang secara visual masih lebih bersih dibandingkan dengan perairan Muara Sungai Tondano, walaupun dekat dengan pemukiman penduduk dan merupakan daerah reklamasi. Namun ternyata perairan tersebut telah terdeteksi adanya polutan patogen. Dien (1999) dari hasil penelitiannya menemukan adanya bakteri *Escherichia coli* pada perairan tersebut. Dalam penelitiannya didapat juga bakteri jenis lain di tempat yang sama. Bakteri-bakteri tersebut yaitu *Aeromonas*, *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Clostridia* dan *Campylobacter*. Kondisi lingkungan di sekitar perairan yang dekat dengan pemukiman penduduk merupakan salah satu faktor sehingga perairan ini tercemar oleh bakteri *E. Coli*. Hal ini disebabkan karena sistem septik tank penduduk yang kurang baik. Bakteri patogen yang dari darat dapat memasuki air karena meresap ke dalam tanah dari sistem septik, contohnya *Escherichia coli* (Austin dan Austin, 1993). Dengan terdeteksi adanya bakteri ini maka diasumsikan dapat berakibat langsung terhadap kesehatan masyarakat. Hanya belum ada data kuantitatif dari masyarakat

yang terkena penyakit akibat polutan patogen.

Merkuri (Hg)

Kandungan merkuri (Hg) pada air di sekitar Muara Sungai Tondano berkisar antara 0,000231-0,000268 mg/l. Kandungan merkuri pada titik pertama sebesar 0,000231 mg/l, pada titik kedua 0,000237 mg/l dan selanjutnya 0,000268 mg/l pada titik ketiga.

Kandungan merkuri (Hg) pada titik pertama sebesar 0,000237 mg/l kemudian pada titik kedua 0,000234 mg/l dan pada titik ketiga 0,000234 mg/l. Terjadi penurunan konsentrasi pada kedua titik lainnya.

Kandungan merkuri (Hg) pada air di sekitar Muara Sungai Tondano berkisar antara 0,015704 - 0,018012 mg/l. Kandungan merkuri pada titik pertama sebesar 0,016056 mg/l, pada titik kedua 0,015704 mg/l dan selanjutnya pada titik ketiga 0,018012 mg/l. Kandungan merkuri tertinggi terdapat pada titik ketiga sedangkan kandungan merkuri terendah terdapat pada titik kedua.

Kandungan merkuri (Hg) pada titik pertama sebesar 0,015395 mg/l kemudian turun menjadi 0,014213 mg/l pada titik kedua dan selanjutnya turun lagi menjadi 0,009956 mg/l pada titik ketiga. Jadi kandungan merkuri tertinggi terdapat pada titik pertama dan terendah pada titik ketiga.

Sebenarnya merkuri secara alamiah terdapat di alam bahkan di perairan, namun kadarnya masih dapat ditoleransi oleh organisme yang hidup di dalamnya. Kadar merkuri dalam suatu perairan akan meningkat bila limbah yang mengandung merkuri masuk ke perairan dan berlangsung cukup lama, maka dapat membahayakan perairan itu sendiri.

Hasil yang diperoleh adalah 0,000231-0,000268 mg/l di Muara Sungai Tondano dan 0,000234-0,000237 mg/l di Muara Sungai Sario. Hasil ini apabila dibandingkan dengan

kandungan merkuri yang direkomendasikan oleh Pemerintah RI melalui SK Menteri KLH No. 2 Tahun 1988 tentang baku mutu air laut untuk biota khususnya budidaya perikanan, diindikasikan sudah melewati kadar yang diinginkan yakni 0,0001 mg/l namun masih dalam kisaran yang ditoleransikan yaitu 0,003 mg/l. Sedangkan apabila dibandingkan dengan SK Menteri No. 2 Tahun 1988 tentang baku mutu air laut untuk pariwisata dan rekreasi khususnya kegiatan mandi renang dan selam, juga telah melewati kadar yang diinginkan yakni sebesar 0,0001 mg/l namun masih dalam kisaran yang ditoleransikan sebesar < 0,005 mg/l.

Menurut Bliegert dan Perraud (2001), sirkulasi merkuri di perairan selalu berasal dari sedimen yang masuk ke perairan oleh karena enzim dari bakteri anaerobik yang terdapat di sedimen, memungkinkan terjadi persenyawaan antara Hg dan metil.

Logam merkuri yang terbawa melalui aliran air sungai masih dalam bentuk logam (merkuri anorganik). Apabila telah terbentuk metil merkuri CH_3Hg , dimetil merkuri $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ atau garam-garam kation organik CH_3Hg^+ , maka akan sangat berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Mengingat daerah tersebut juga terdapat limbah patogen (Dien 1999), maka harus diwaspadai keberadaan merkuri di kedua muara sungai tersebut. Mengingat di beberapa lokasi pertambangan emas telah beralih teknologi dari berbasis merkuri menjadi berbasis sianida yang ramah lingkungan apabila ditangani sesuai prosedur maka diharapkan pemerintah dapat melakukan upaya serius bagi penanggulangan meningkatnya konsentrasi merkuri di perairan Teluk Manado.

C. Timbal (Pb)

Kandungan timbal pada air di Perairan Muara Sungai Sario berkisar antara 0,025-0,073 mg/l. Kandungan

Pb tertinggi terdapat pada titik pertama sebesar 0,073 mg/l kemudian 0,057 mg/l pada titik kedua dan pada titik ketiga 0,025 mg/l. Kandungan timbal (Pb) pada air di sekitar Muara Sungai Sario yang terdeteksi hanya pada titik kedua yaitu 0,039 mg/l sedangkan pada titik pertama dan ketiga tidak terdeteksi.

Kandungan Pb tertinggi pada sedimen di sekitar Muara Sungai Tondano terdapat pada titik ketiga, yaitu 0,059 mg/l dan kandungan Pb terendah terdapat pada titik kedua, yaitu 0,052 mg/l.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian perairan dan sedimen dapatlah ditarik kesimpulan:

1. Kandungan Hg dan Pb pada kolom air pada perairan Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario masih dalam kadar yang ditoleransi.
2. Kandungan Pb pada kolom air di perairan Muara Sungai Tondano dan Muara Sungai Sario telah melewati kadar yang ditetapkan dan telah melewati kadar yang ditoleransi.
3. Arus pasang surut yang masuk ke laut mempengaruhi variasi parameter-parameter fisika dan kimia. Dimana pada saat air surut, Muara Sungai Tondano dan Sungai Sario didominasi air tawar dan air laut. Perbedaan massa air mempengaruhi konsentrasi parameter-parameter fisika kimia pada lokasi penelitian yang sama.

Saran

Adanya aktivitas manusia yang terus berkembang di sekitar perairan Teluk Manado sehingga dapat mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan secara tepat yang dapat mengakibatkan pencemaran, karena itu perlu diadakan pemantauan kualitas air secara berkala dan berkesinambungan.

Perlu diadakan penelitian

lanjutan yang menyangkut aspek biologi yang didasarkan pada biota indikator pencemaran.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous, 1987. Environment Hazard of Heavy Metals Summary Evolution di Lead Cadmium and Mercury. March Report no. 20 United Nation Environment Programmer and Rockfells Foundation.

Anonimous, 1993. Marine Sediment Reference Minerals For Trace Element and Other Constituent "MESS-2". National Research Council Canada (NRCC).

Bliefert, C dan R. Perraud.. 2001. Chimie de l, Environment: Air, Eau, Sols, Deschets. DeBoeck Universite. Paris.

Chandra, S, 1988. Heavy Metal Monitoring and Toxicity in India. Manual on Aquatic Ecotoxicology. H. de Krurjf., D. Dezwart, P. Viswanathan and P. Ray Eds. Allied Publishers. Ltd. New Delhi, India.

Connel, D. W., G. W. Miller., 1983. *Chemistry and Ecotoxicology of Polutan*. A Willey Interscience Publication, Australia.

Dobson, K dan A. Conroy., 1998. Water Analist Training Manual Vol-II. H43 Regional Environmental Laboratory Development Project - Technical Training. The University of Queensland. Queensland.

Fardiaz, S, 1992. Polusi dan Udara. Diterbitkan Dalam Kerjasama Dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor. Penerbit Kanisius. Jakarta.

- Gross, G.M, 1993. *Oceanography A View of Earth. Sixth Edition* Prentice Hall Englewood Eliffs. New Jersey.
- Hutabarat, S dan S. M. Evans., 1984. *Pengantar Oseanografi*. UI-Press. Jakarta.
- Hutagalung, H.P, 1985. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*. Pusat Penelitian Ekologi. LON-LIPI. Jakarta.
- Keenan, C.W., D.C. Kleindelter, dan J.H. Wood., 1993. *Kimia Untuk Universitas*. Edisi Keenam. Alih Bahasa : Pudjaatmaka, A.H. Erlangga. Jakarta.
- Lahengking, N. D, 1999. *Analisis Beberapa Logam Berat di Sungai Buyat Sebagai Akibat Negatif Kegiatan Pertambangan Emas*. Skripsi. FPIK Unsrat. Manado.
- Laws. E, 1993. *Aquatic Pollution. An Introductory Teks*. University of Hawaii.
- Manahan, S.E, 1992. *Toxicology Chemistry. Second Edition*. Lewis Publisher, inc. Michigan.
- Mason, C.F, 1991. *Biology of Freswater Pollution. Second Edition*. John Willey and Sons inc. USA.
- Moningka, B. H, 1989. *Toksikologi Obat. Bahan Penataran Toksikologi di Unsrat*. Proyek Pengembangan Perguruan Tinggi Indonesia Timur. Manado.
- Mintardjo, K. Sunaryanto, Utaminingsih dan Hermaningsih., 1984. *Persyaratan Tanah dan Air Dalam Pedoman Budidaya Tambak*. BPAP jepara. Direktorat Jenderal Perikanan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Nybakken, J.W, 1992. *Biologi Laut* Suatu Pendekatan Ekologis (Terjemahan). PT. Gramedia Jakarta.
- Palar, H, 1994. *Pencemaran Logam Berat*. PT Rineke Cipta. Jakarta.
- Petrucci, R.H, 1989. *Kimia Dasar. Prinsip dan Terapan Modern. Edisi Keempat*. Alih Bahasa : Suminar. Erlangga. Jakarta.
- Preston, M. R, 1988, *Chemical Oceanography. Marine Pollution*. ByJ. P. Riley. Academic Press. London.
- Rimper, J.R.S.T.L, 2001. *Kelimpahan dan Distribusi Fitoplankton di Perairan Teluk Manado Sulawesi Utara*. Tesis. Pascasarjana IPB. Bogor.
- Romimohtarto, K dan S. Juwana., 1999. *Biologi Laut, Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. LIPI. Jakarta.
- Romaire R.P, 1985. *Crustacea dan Molusca Aquaculture in the United State. Water Quality*. Van Norstan Reinhold. New York.
- Rompas, R. M, 1990. *Telaah Tingkat Polutan Merkuri di Perairan Bolaang Mongondouw Akibat dari Kegiatan Penambangan Emas*. Laporan Penelitian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. DEPTAN.
- Rompas, R.M, 1991. *Toksikologi Kelautan. Bahan Kursus Pencemaran Laut*. Unsrat. P30-LIPI, Unesco, Manado.
- Rompas, R. M, 1992. *Toksikologi Kelautan. Bahan Kursus Pemantauan Pencemaran Laut*. Kerja Sama Unsrat, P3D- LIPI, UNESCO, Manado.

- Rompas, R. M, 1994. *Determinasi Pencemaran Logam Berat di Lingkungan Perairan Sulawesi Utara*. Fakultas Unsrat, Manado.
- Rompas, R.M, M, Karouw, M. Kawung., 1994. *Determinasi Pencemaran Logam Berat di Lingkungan Perairan Sulawesi Utara*. Fakultas Perikanan Unsrat. Manado.
- Sastrawijaya, A.T, 1991. *Pencemaran Lingkungan*. PT. Rineke Cipta. Jakarta.
- Sidabutar, T dan Edward., 1995. *Kualitas Perairan Selat Rasenberg dan Teluk Tual, Maluku Tenggara dalam Seminar Kelautan Nasional-1995*. Panitia Pengembangan Riset dan Teknologi Kelautan Serta Industri Maritim. Jakarta.
- Sidjabat, M.M, 1973. *Pengantar Oseanografi*. Institute Pertanian Bogor.
- Syarifuddin, N, 1994. *Ikatan Kimia*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Waidichuc, M, 1974. *Some Biology Concern in Heavy Metals Pollution in: Pollution and Physiology of Marine Organism*. Academic Press Jakarta.

ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax