

## RAKSA (Hg)

oleh

**Horas P. Hutagalung<sup>1)</sup>**

### ABSTRACT

*MERCURY. Mercury is the only liquid metal at room temperature. It freezes at  $-38.87^{\circ}\text{C}$  boils at  $356.90^{\circ}\text{C}$ , its specific gravity is 13.55 and highly volatile. So far, the greatest part of naturally occurring mercury is in the form of the sulphide (Cinnabar = HgS). Mercury-bearing ores have been found on all continents, except Antarctica. It has been mined on a commercial scale in about fifty countries throughout the world. The richest source being at the mine of Almaden in Spain, that produces about 80% of the world production.*

*Metallic mercury and its compound could be used for several purposes, e.g. barometers, thermometers, industrial activity, agriculture and pharmacy. But they are also very toxic to animals and man, and are able to cause kidney, liver and brain damage.*

### PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini masalah pencemaran perairan Teluk Jakarta oleh logam berat masih hangat dibicarakan, baik oleh masyarakat maupun oleh para peneliti yang banyak berkecimpung dalam masalah pencemaran. Semula ada perbedaan pendapat tentang masalah pencemaran perairan Teluk Jakarta ini. Satu pihak berpendapat telah terjadi pencemaran, sedangkan pihak lain berpendapat belum ada pencemaran oleh logam berat. Setelah Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI di hadapan Anggota DPR-RI Komisi X menyatakan dengan resmi bahwa perairan Teluk Jakarta telah dicemari oleh logam, barulah perbedaan pendapat tersebut sedikit mereda.

Sebenarnya pencemaran logam berat yang sudah terbukti terjadi di perairan Te-

luk Jakarta adalah Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni dan Zn. Namun yang selalu menjadi topik pembicaraan masyarakat adalah Raksa (Hg). Hal ini mungkin disebabkan oleh rasa ketakutan masyarakat terhadap keganasan sifat racun raksa, seperti yang pernah terjadi di perkampungan nelayan Teluk Minamata, Jepang.

Kurangnya informasi yang diberikan oleh Pemerintah atau para ahli lingkungan tentang raksa, serta datangnya seorang korban Minamata yaitu TSUGINORI HAMA-MOTO ke Jakarta untuk menceritakan seluruh penderitaannya karena keracunan raksa, menyebabkan rasa ketakutan masyarakat terhadap raksa semakin meningkat. Masyarakat seolah-olah hanya tahu bahwa raksa adalah racun keras dan merupakan suatu unsur kimia yang harus ditakuti dan dihindari dari lingkungan hidupnya. Masya-

---

1) Pusat Penelitian Ekologi Laut, Lembaga Oseanologi Nasional—LIPI, Jakarta.

rakat tidak tahu bahwa di samping sifat racunnya, raksa juga sangat bermanfaat bagi manusia. Untuk itu, penulis berkeinginan memberikan sedikit gambaran tentang raksa. Semoga dengan adanya tulisan ini, masyarakat bisa mengetahui sifat-sifat, distribusi, manfaat dan toksisitas logam berat raksa, sehingga rasa ketakutan yang berlebihan terhadap raksa dapat berkurang.

### SIFAT-SIFAT FISIKA DAN KIMIA RAKSA

Raksa merupakan terjemahan ke bahasa Indonesia dari bahasa latin "hydrargyrum" (Hg). Terjemahan ke bahasa Inggris adalah mercury, yang berarti mudah menguap. Walaupun terjemahan hydrargyrum ke bahasa Indonesia adalah raksa, namun dikalangan peneliti dan masyarakat unsur hydrargyrum lebih terkenal dengan nama merkuri.

Raksa adalah unsur kimia, yang mempunyai nomor atom 80, berat atom 200,61 dan jari-jari atom 1,48 Å. Merupakan satu-satunya unsur logam yang berbentuk cair pada suhu kamar ( 25°C ) dan sangat mudah menguap. Membeku pada suhu — 38,87°C dan mendidih pada suhu 356,9°C. Warnanya tergantung pada bentuk fasanya. Fasa cair berwarna putih perak, sedangkan fasa padat berwarna abu-abu. Densitas raksa yaitu 13,55 merupakan densitas yang tertinggi dari semua benda cair. Tegangan permukaannya juga sangat tinggi yaitu 547 dine, dibandingkan dengan air (73 dine) atau alkohol (22 dine).

Raksa mempunyai potensial oksidasi-0,799 volt. Potensial oksidasi yang rendah ini menyebabkan raksa tidak dapat bereaksi dengan oksigen pada suhu kamar, dan tahan terhadap korosi. Pada suhu sekitar titik didihnya (356,9°C), raksa dapat bereaksi dengan oksigen membentuk HgO yang berwarna merah. Senyawa HgO ini tidak begitu stabil, sehingga bila dipanaskan pada suhu yang lebih tinggi (sekitar 500°C), oksigen

akan dilepaskan kembali. Bila dalam raksa terkandung sedikit logam lain, misalnya Zn atau Pb, maka raksa ini menjadi sensitif terhadap O<sub>2</sub>. Raksa bereaksi cepat dengan gas-gas Cl<sub>2</sub>, S, Br<sub>2</sub>, J<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O, tetapi tidak dapat bereaksi dengan air, uap, alkalis atau asam-asam yang bukan oksidator kuat (DURRANT 1960). Kecuali dengan Fe, raksa mudah bereaksi dengan logam-logam lain membentuk senyawa logam yang disebut amalgam. Oleh karena itu pekerja-pekerja yang banyak berhubungan dengan raksa harus berhati-hati, raksa tidak boleh bersentuhan dengan barang-barang yang terbuat dari emas, platina atau perak. Raksa mudah larut dalam HNO<sub>3</sub>, tetapi sukar larut dalam pelarut-pelarut yang umum, misalnya dalam air atau aseton. Kelarutan Hg dalam air hanyalah 0,02 ppm; 0,6 ppm dalam metanol dan 2,7 ppm dalam pentana pada suhu 40°C. Raksa mempunyai tiga buah bilangan oksidasi yaitu nol, 1 dan 2, sehingga raksa dapat membentuk 3 seri senyawa kimia yaitu yang bervalensi nol, 1 dan 2. Di alam raksa dapat membentuk ratusan senyawa kimia. Pada dasarnya ratusan senyawa kimia ini dapat diklasifikasikan atas 5 kelompok (GOLDWATER & STOPFORD 1977), yaitu :

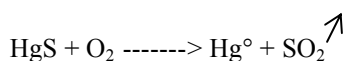
1. raksa metalik, misalnya cairan atau padatan raksa.
2. garam-garam anorganik, misalnya raksa sulfida, - klorida dan - oksida.
3. senyawa-senyawa alkil, yaitu senyawa raksa yang mengandung gugus metil (-CH<sub>3</sub>) atau gugus etil (-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>).
4. senyawa alkoksi-alkil, senyawa ini biasanya bersifat kompleks.
5. senyawa aril, yaitu senyawa raksa yang mengandung gugus fenil (-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>).

Ratusan senyawa raksa ini akan diambil dan dirubah bentuk-bentuk senyawanya oleh manusia untuk mendapatkan senyawa-senyawa baru yang lebih bermanfaat bagi manusia.

## MANFAAT RAKSA BAGI MANUSIA

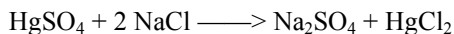
Sejak zaman dahulu kala, raksa dalam bentuk HgS telah dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai kepentingan hidupnya. Sebagai contoh, masyarakat Cina telah memanfaatkan sinabar (HgS) sejak permulaan tahun 1100 SM. Di Peru penambangan sinabar telah dimulai pada tahun 500 SM, sedangkan di Almaden, Spanyol telah dimulai pada permulaan abad ke 4. Pada waktu itu senyawa raksa hanya digunakan untuk keperluan-keperluan sederhana, misalnya untuk pembuatan obat dan cat merah (GOLDWATER & CLARKSON 1972).

Dalam bidang fisika, logam raksa murni banyak digunakan untuk mengisi instrumen-instrumen fisika seperti barometer, termometer, manometer dan lain-lain (ANONIMOUS s.a.). Logam raksa murni ini biasanya dibuat dari bahan mineral yang paling banyak mengandung raksa yaitu sinabar (HgS). Raksa murni dengan mudah dapat diekstraksi dari HgS melalui pemanggangan, sesuai dengan reaksi :



Dari proses pemanggangan ini, raksa dihasilkan dalam bentuk uap. Uap ini kemudian dikondensasikan dalam pendingin sehingga didapatkan Hg dalam bentuk cair. Metode ini dapat menghasilkan raksa lebih dari 95% (DURRANT 1960 ; ANONIMOUS s.a.). Kemajuan ilmu dan teknologi menyebabkan manusia dapat membuat ribuan senyawa raksa, jauh lebih banyak dari yang dihasilkan oleh proses alam. Sintesa senyawa organik dan anorganik raksa pertama sekali dibuat oleh von HOFFMAN pada tahun 1843 dan oleh FRAKLAND pada tahun 1850 (GOLDWATER & STOPFORD 1977). Kedua ahli inilah yang dianggap sebagai perintis dan dasar dari pembuatan ribuan senyawa raksa yang baru. Sejak saat itu pemakaian dan penggunaan senyawa-senyawa raksa dalam kehidupan manusia semakin meluas. Dalam bidang kedokteran, kolomel

(Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) dipakai sebagai obat pencahar, sedangkan sublimat (HgCl<sub>2</sub>) encer banyak dipakai sebagai desinfektan. HgCl<sub>2</sub> dapat dibuat dengan memanaskan campuran - HgSO<sub>4</sub> dan NaCl sesuai persamaan reaksi:



Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> dengan mudah dapat dibuat dengan memanaskan campuran HgCl<sub>2</sub> dan Hg. Di samping itu Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> dapat juga dibuat dengan mereaksikan HCl dan garam-garam merkuro (Hg<sup>2+</sup>) (GLINKA s.a.).

Dalam bidang pertanian, senyawa raksa banyak dimanfaatkan untuk pembuatan biosida, terutama untuk fungisida dan bakterisida. Senyawa raksa yang digunakan dalam bidang pertanian dapat dibagi dua yaitu anorganik dan organik raksa. Senyawa anorganik raksa yang paling umum dipakai adalah Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> dan HgCl<sub>2</sub>. Uji HgCl<sub>2</sub> sebagai bakterisida pertama sekali dilakukan oleh KELLERMAN dan SWINGLE pada tahun 1878. HgCl<sub>2</sub> mulai dipakai sebagai bakterisida sejak permulaan abad ke 19. Di India pemakaian HgCl<sub>2</sub> dan Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> telah dipakai secara luas sejak tahun 1914 untuk melindungi umbi akar kentang dari gangguan Rhizoetania. Oleh karena senyawa anorganik raksa sangat beracun bagi tumbuh-tumbuhan, hewan dan manusia serta waktu penguraiannya sangat lama, maka para ahli berusaha membuat senyawa organik raksa yang kurang beracun dan waktu penguraiannya tidak lama. Percobaan pertama penggunaan organik raksa sebagai desinfektan dilakukan oleh WESSEBERG di Jerman pada tahun 1913. Pada tahun 1915 P.T. Bayer di Jerman mulai memasarkan produksi senyawa organik raksa yang pertama yaitu "Uspulam". Uspulam adalah senyawa klorofenil raksa, [Cl(OH)C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>HgSO<sub>3</sub>Na], yang mengandung raksa sebanyak 18,8%. Kemudian dihasilkan lagi senyawa baru yaitu "Germisan", [C(OH)(CH<sub>3</sub>) (C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>) HgCN] yang mengandung raksa sebanyak 16% (RAMULU 1979). Setelah itu bermunculanlah puluhan senyawa organik raksa dalam

bidang pertanian. Jenis-jenis senyawa organik raksa yang paling sering dipakai sebagai fungisida dalam bidang pertanian disajikan dalam Tabel 1.

Lebih dari 80 macam proses dalam industri memakai raksa atau senyawa sebagai bahan baku, katalisator atau "additive". Dalam industri selulosa senyawa Hg dipakai sebagai fungisida untuk melindungi bubuk kayu basah dari gangguan bakteri atau jamur. Industri elektronika memanfaatkan raksa atau senyawanya untuk pembuatan lampu, tombol dan baterai. Dalam industri plastik, raksa dipakai sebagai katalisator. Dalam industri farmasi senyawa raksa banyak dipakai sebagai obat sakit perut, penangkal infeksi dan antiseptik. Dalam industri klor dan soda api, raksa dipakai sebagai elektrode negatif. Sedangkan dalam

industri cat, senyawa raksa dimanfaatkan untuk mencegah korosi (GRANT dalam KECKES & MIETTINEN 1972). Industri perkapalan sering memanfaatkan senyawa raksa sebagai "anti fouling paint" untuk mencegah penempelan hewan-hewan laut (teritip) pada dinding kapal.

Dalam dunia militer, raksa banyak dipakai sebagai raksa fulminat untuk pembuatan bahan peledak (GLINKA s.a.). Raksa sering juga dipakai untuk melarutkan bermacam-macam logam menjadi bentuk cairan atau padatan yang disebut amalgam. Amalgam ini banyak dipakai dalam bidang industri atau kedokteran gigi. Misalnya natrium amalgam telah dipakai secara luas sebagai reduktor. Antimon dan perak amalgam dipakai untuk mengisi lobang-lobang pada gigi.

Tabel 1. Jenis-jenis organik raksa yang sering digunakan dalam Pertanian (RAMULU 1979).

Nama	Nama lain	Rumus molekul
Uspulam	klorofenil raksa	$\text{Cl(OH)C}_6\text{H}_3\text{Hg.SO}_3\text{Na}$
Germisan	Crysyl mercuric cyanide	$(\text{OH})(\text{CH}_3)(\text{C}_6\text{H}_2)\text{HgCN}$
Etil raksa klorida	Granosan, Mercuran, Mercurhexan.	$\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$
Chipote	Metil raksa sianida	$\text{CH}_3\text{HgCN}$
Ceresan-M	—	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_5)(\text{HgC}_2\text{H}_5)$
Panogen	Panogen 15, Panogen 42	$\text{CH}_3\text{HgNHC}(\text{NH})(\text{NHCN})$
Agalol	Aresan, Ceresan-Universal — Nassbeize	$\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{HgCl}$
Semesan	—	$(\text{OH})(\text{Cl})\text{C}_6\text{H}_3(\text{HgOH})$
Ceresan	PMAC, FMA, TAG, Kwissan	$\text{C}_6\text{H}_5\text{HgOCOCH}_3$
Puratized		$[\text{C}_6\text{H}_5\text{HgN}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})] + [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}]$

## DISTRIBUSI DAN TRANSLOKASI RAKSA

Seperti unsur-unsur logam berat lainnya, raksa juga terdapat diseluruh alam, namun distribusinya tidak merata. Dalam air tanah (ground water) kadar Hg berkisar antara 0,01—0,07 ppb. Dalam danau dan

sungai berkisar antara 0,08-0,12 ppb (KECKES & MIETTINEN 1972). Dalam air laut kadar Hg berkisar antara 0,1 — 1,2 ppb. Dalam tanah berkisar antara 30 - 500 ppb, sedangkan dalam batu-batuan volkanik kadar Hg berkisar antara 10 - 100 ppb. Distribusi selengkapnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi raksa di alam.

Media	Kisaran kadar			Sumber
air	0,01	-	60,0	ppb (Goldwater & Stopford 1977)
batu-batuan	0,000	-	10,0	ppm (Goldwater & Stopford 1977)
udara	0,005	-	1,0	ug/m <sup>3</sup> (Goldwater & Stopford 1977)
makanan (berat segar)	0,01	-	1,5	ppm (Goldwater & Stopford 1977)
urin manusia	1,0	-	25,0	ppb (Goldwater & Stopford 1977)
darah manusia	1,0	-	50,0	ppb (Goldwater & Stopford 1977)
rambut manusia	1,0	-	5,0	ppm (Goldwater & Stopford 1977)
batu-batuan volkanik	10	-	100	ppb (Preuss dalam Keckes & Miet tinen 1972).
tanah	30	-	500	ppb (Iverson & Brinkman 1978)
ikan air tawar	0,03	-		ppm (Anonimous)
Ikan air laut*	0,1	-	0,2	ppm (Anonimous)
air laut	0,1	-	1,2	ppb (Iverson & Brinckman 1978)
air tawar	0,08	-	0,12	ppb (Anonimous)
air tanah (ground water)	0,01	-	0,07	ppb (Anonimous)
tumbuh-tumbuhan	0,001	-	0,3	ppm (Anonimous)
daging	0,001	-	0,05	ppm (Anonimous)

Catatan : \* = kecuali ikan laut yang berukuran besar seperti tuna, cucut pedang dan "halibut", kadar Hg sering ditemukan 0,2 - 1,5 ppm.  
1 ppm = 1000 ppb.

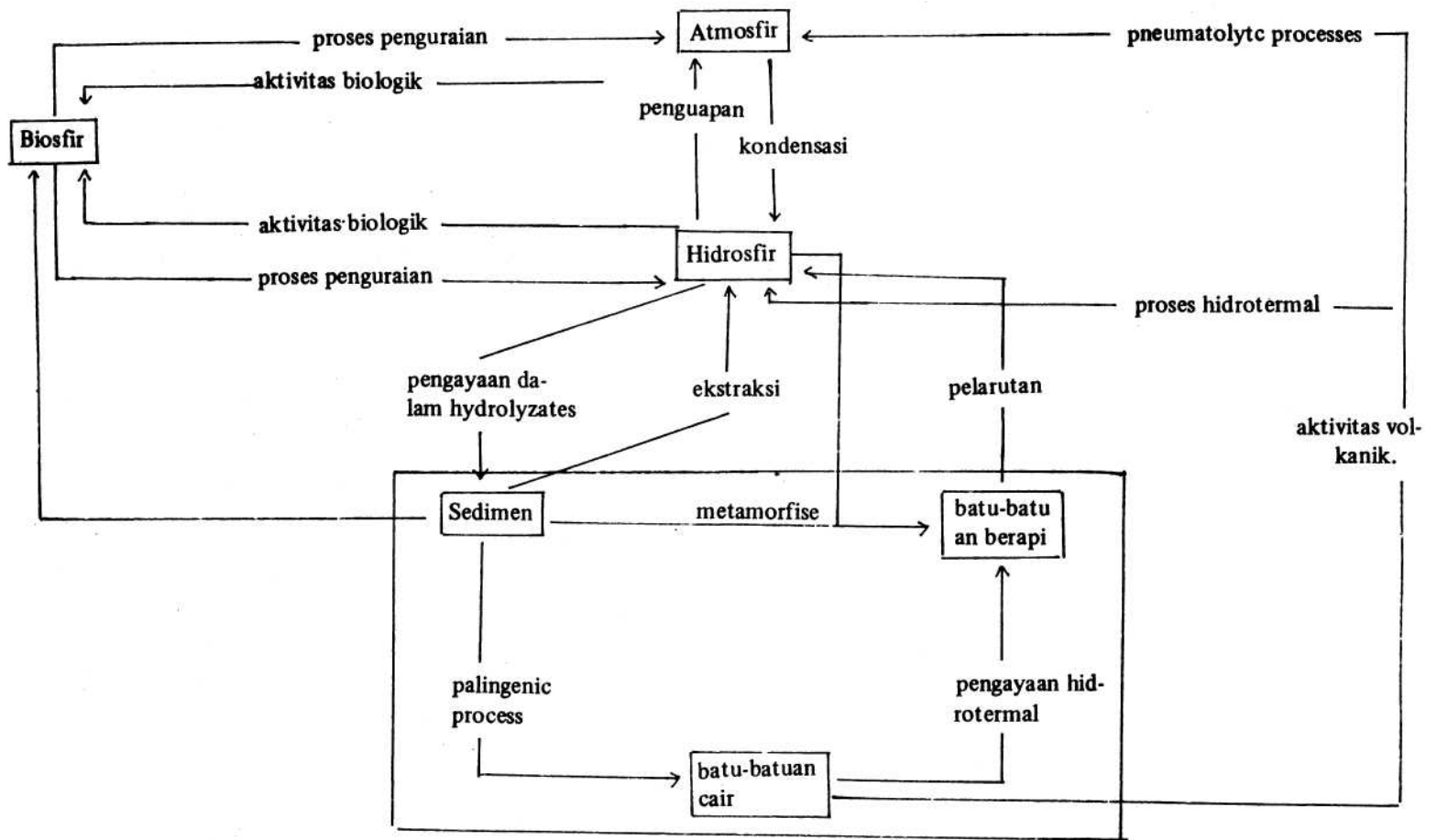
Raksa jarang sekali ditemukan dalam bentuk bebas di alam. Umumnya raksa terikat dengan unsur kimia lainnya dalam air, batu-batuan dan mineral. Dalam air laut, raksa terutama terikat dengan Cl, senyawanya diperkirakan berbentuk :  $(\text{HgCl}_4)^{-2}$ ,  $(\text{HgCl}_3)$  dan  $(\text{HgCl}_3\text{Br})$  - (BRYAN 1976). Dalam air tawar bentuk senyawa Hg tergantung pada pH air. Pada  $\text{pH}=6$  senyawa Hg berbentuk  $\text{HgOHCl}$ ; pada  $\text{pH} < 6$  berbentuk  $\text{HgCl}_2$ , sedangkan pada  $\text{pH} > 6$  berbentuk  $\text{Hg}(\text{OH})_2$  (ANFALT *et al.* dalam KECKES & MIETTINEN 1972). Dalam ikan laut, lebih 90% dari seluruh Hg yang ada dalam tubuhnya berbentuk metil raksa, sedangkan dalam kerang-kerangan bentuk metil raksa hanya ditemukan sekitar 40-90% (M.A.F.F. dalam BRYAN 1976). Di alam jumlah terbanyak raksa ditemukan dalam bahan-bahan mineral. Ada sekitar 30 jenis mineral yang mengandung raksa (Tabel 3). Dari jenis-jenis mineral ini, deposit yang terpenting dan paling banyak mengandung raksa adalah sinabar ( $\text{HgS}$ ), yaitu suatu sulfida yang mengandung raksa lebih dari 86%. Deposit mineral ini ditemukan di seluruh benua, kecuali Antartika. Di benua Amerika banyak ditemukan di Kanada, Kalifornia, Meksiko dan Nevada. Di Rusia ditemukan di daerah Donets Basin, sedangkan di Eropa ditemukan di Itali, Jugoslavia dan Spanyol. Deposit yang paling kaya akan sinabar ditemukan di Almaden, Spanyol. Daerah ini merupakan penghasil sinabar yang terbanyak di dunia, lebih dari 80% produksi dunia berasal dari Almaden (GOLDWATER & STOPFORD 1977).

Sejak abad ke 17 para ahli berpendapat bahwa di alam terdapat suatu siklus raksa antara litosfir, atmosfer, hidrosfir dan biosfir organisme hidup (Gambar 1) (GOLDWATER & CLARKSON 1972). Siklus ini diperkirakan telah berlangsung jutaan tahun. Adanya siklus raksa di alam dimungkinkan oleh sifat raksa yang mudah menguap, proses metilasi dan mudahnya  $\text{HgCl}$  larut dalam

air. Seperti unsur logam berat lainnya, jumlah raksa di dalam dan sekitar bumi adalah tetap. Tetapi manusia dan alam dapat mentranslokasikan raksa dari satu lokasi ke lokasi lainnya, Di samping itu manusia dapat juga mengubah bentuk senyawa Hg yang satu ke bentuk senyawa yang lain. Translokasi dan perubahan senyawa raksa ini akan mengakibatkan terganggunya siklus raksa yang telah terjadi secara alamiah, yang akhirnya akan diikuti oleh timbulnya pencemaran lingkungan. Perubahan bentuk senyawa dan translokasi raksa yang paling banyak umumnya dilakukan oleh manusia dibidang industri dan pertanian. Pertambahan penduduk dunia mengakibatkan kebutuhan akan raksa dan senyawasenyawanya semakin meningkat. Hal ini menyebabkan penggalian deposit raksa dari dalam bumi semakin meningkat pula. Dulu penambangan sinabar hanya dilakukan di Cina dan Peru, sekarang penambangan sinabar telah dilakukan hampir di 50 negara di seluruh dunia (GOLDWATER & STOPFORD 1977). Produksi dunia antara tahun 1950 - 1970 adalah 6.894,72 - 10.431,08 ton. Pada tahun 1961 meningkat menjadi 10.500 ton (BRYAN 1976). Penambangan sinabar mencapai puncaknya pada tahun 1971 yaitu 10.600 ton, tetapi pada tahun 1977 terjadi lagi penurunan menjadi 7.100 ton (ANONIMOUS s.a.) Hasil penambangan raksa ini sekitar 10% dimanfaatkan di bidang pertanian, selebihnya dimanfaatkan dibidang industri. Dari semua pemakaian raksa dalam bidang industri dan pertanian ini, sebagian akan terlepas ke lingkungan sebagai akibat pemakaian yang tidak terkontrol. Menurut GLODBERG dalam KECKES & MIETTINEN (1972) jumlah raksa yang terlepas dan masuk ke lingkungan adalah 10.000 ton pertahun. Setengah dari jumlah ini diperkirakan dari pemakaian biosida, cat dan obat-obatan. Sisanya dari pabrik gas klor dan soda api yang banyak memakai raksa sebagai katalode.

Tabel 3. Deposit yang banyak mengandung raksa  
(GOLDWATER & STOPFORD 1977).

Nama	Bentuk senyawa	Lokasi
1. Arquerite	$\text{AgHg}_3$ ; $\text{Ag}_5\text{Ag}_3$ ; $\text{Ag}_6\text{Hg}$ ; $\text{Ag}_2\text{Hg}_5$	Chili
2. Barcenit	Antimonate of mercury	Mexico
3. Bordosite	$\text{AgHgI}$ ; $\text{AgCl} \cdot 2\text{HgCl}$	Chili
4. Calomel	$\text{HgCl}$	Texas, Yugoslavia, Jerman Italy.
5. Cinnabar	$\text{HgS}$	Seluruh benua
6. Coccinite	$\text{Hg}_2\text{Ocl}$ (?)	Mexico
7. Coccinite	$\text{HgI}_2$	Australia
8. Coloradoite	$\text{HgTe}$	Colorado (USA)
9. Eglestonite	$\text{Hg}_4\text{a}_2\text{o}$	Texas
10. Gold amalgam	$\text{Au}_2\text{Hg}_3$ ; $\text{Au}_2\text{Hg}_5$	California. Oregon, Borneo
11. Guadalcazarite	$\text{Hg}_5 \cdot \text{Zn} \cdot \text{Se}$	Mexico
12. Hermesite	tetrahedrite + Hg	Bavaria, Germany
13. Idrialite	$\text{HgS} + \text{C}_3\text{H}_2$	Yugoslavia
14. Iodargyrite	$\text{AgHgI}$ (?)	Germany, Spain, France, Congo, Chili, USA, USSR
15. Kalgoorlite	$\text{Ag}_2\text{Au}_2\text{HgTe}_6$	Australia, Colorado
16. Kleinite	$\text{Hg} \cdot \text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{SO}_4$ (?)	Texas
17. Kongsbergite	$\text{AgHg}$	Norway
18. Lehrbachite	$\text{HgSe} + \text{PbSe}$	Germany
19. Leviglianite	$\text{HgSe} + \text{Zn}$	Italy
20. Livingstonite	$\text{HgSb}_4\text{S}_7$	Mexico
21. Magnolite	$\text{Hg}_2\text{TeO}_4$	Colorado
22. Metacinnabarite	$\text{HgS}$ (dimorphous)	Mexico
23. Montroydite	$\text{HgO}$	California dan Texas
24. Moschellandsbergite	$\text{Ag}_2\text{Hg}_3$	Sweden, Bavaria, France, Germany
25. Mosesite	$\text{Hg}_6(\text{NH}_3)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$	Texas, Nevada
26. Onofrite	$\text{ZnS} \cdot 6\text{HgS}$	Oregon
27. Potarite	$\text{Pd}_3\text{Hg}_2$	British Guiana
28. Schwatzite	tetrahedrite + Hg	Tyrol
29. Terlinguaite	$\text{Hg}_2\text{OCl}$	Texas
30. Tiemannite	$\text{HgSe}$	Harz Mts., Germany Utah (USA)
31. Tocornalite	$(\text{AgHg})\text{I}$	Chili.



Gambar 1. Siklus raksa di alam (GOLDWATER & CLARKSON (1972).

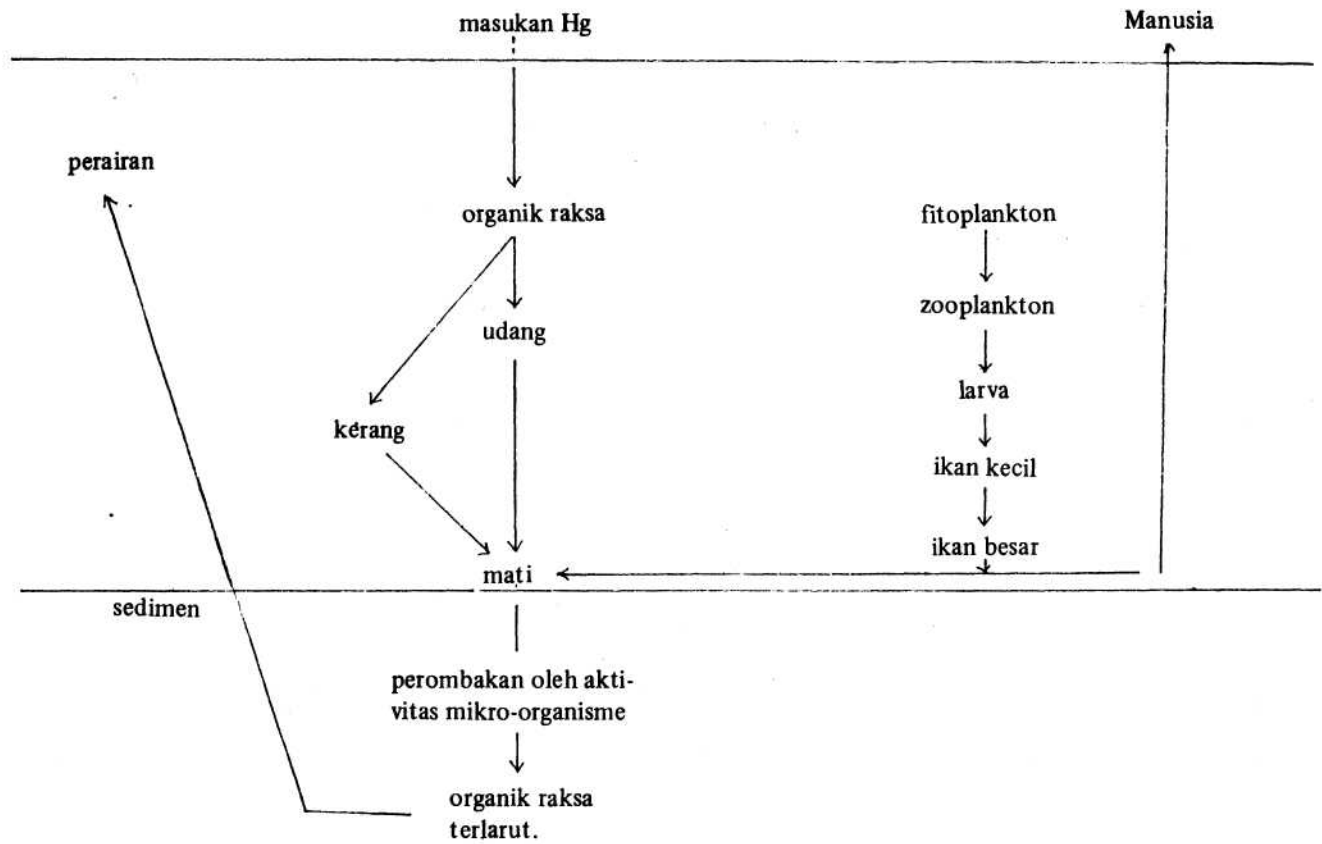


Laut merupakan badan air terakhir yang akan menampung pelepasan raksa baik yang berasal dari proses pelarutan batu-batuan, maupun dari aktivitas industri dan pertanian. Pelepasan raksa umumnya berasal dari industri dan pertanian. Pelepasan raksa umumnya berasal dari industri dan pertanian. Kadar logam raksa dalam air laut sangat rendah, berkisar antara 0,1 - 1,2 ppb. Jumlah total raksa dalam air laut diperkirakan sebanyak 68 juta ton dan "residence time"-nya adalah 42 ribu tahun (GOLDBERG & ARRHENIUS dalam KECKES & MIETTINEN 1972). Residence time didefinisikan sebagai jumlah total suatu unsur di laut dibagi dengan kecepatan pemasukan unsur tersebut. Kisaran kadar dan jumlah total raksa dalam air laut akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung raksa memasuki lingkungan laut. Selama tahun 1930-1970, jumlah raksa yang diimpor/ditranslokasikan dari luar negeri ke Amerika Serikat adalah 990 ton/tahun. Dari jumlah ini sekitar 445 ton lepas dari proses pemanfaatan dan masuk ke perairan laut di Amerika Serikat dan menyebabkan kenaikan kadar Hg dalam air laut di Amerika Serikat. Jumlah raksa yang digunakan di seluruh dunia tiap tahun adalah 20.000 ton (MERRIL 1978), dan menurut BRYAN (1976) jumlah Hg yang ditranslokasikan dari darat ke laut melalui sungai di seluruh dunia adalah 2600 ton pertahun. Perairan Teluk Jakarta menampung raksa yang terbawa oleh Kali Angke adalah sebanyak 360 kg/hari atau sekitar 131,4 ton pertahun. Hal ini menyebabkan kadar Hg di perairan Teluk Jakarta saat ini cukup tinggi ( $\pm 30$  ppb) dibandingkan dengan perairan laut Indonesia lainnya. Dalam lingkungan laut, senyawa raksa akan mengalami proses transformasi senyawa. Raksa dalam bentuk metalik atau anorganik yang dilepaskan oleh aktivitas industri dan

senyawa fenil raksa yang berasal dan aktivitas pertanian akan dirubah bentuk senyawanya menjadi metil raksa oleh aktivitas mikro organisme (Gambar 2). Senyawa anorganik dan organik raksa yang terdapat dalam air laut akan terakumulasi dalam tubuh ikan laut. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan yang lebih besar mengandung kadar raksa lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang kecil dari jenis yang sama. Senyawa organik raksa lebih mudah diabsorpsi oleh ikan dibandingkan dengan anorganik raksa. Hal ini disebabkan senyawa organik raksa lebih mudah larut dalam lemak. Dalam tubuh ikan bentuk senyawa raksa yang terbanyak adalah metil raksa, yaitu lebih dari 90%. Mekanisme pembentukan senyawa metil raksa dalam tubuh ikan sampai sekarang belum diketahui. Mekanisme pembentukan senyawa metil raksa diperkirakan sebagai berikut (IVERSON & BRINCKMAN 1978) :

1. akumulasi langsung senyawa metil raksa dari air yang dihasilkan oleh aktivitas mikro-organisme.
2. pembentukan senyawa metil raksa dari senyawa anorganik raksa oleh jaringan tubuh ikan.
3. pembentukan senyawa metil raksa oleh bakteri yang terdapat dalam kotoran ikan, kemudian diabsorpsi oleh tubuh ikan.
4. absorpsi langsung senyawa metil raksa yang terdapat dalam makanan.

Senyawa raksa yang terdapat dalam tubuh ikan, secara lambat atau cepat akan ditranslokasikan ke tubuh manusia melalui pemanfaatan ikan-ikan laut sebagai bahan makanan (Gambar 2).



Gambar 2. Siklus raksa dalam perairan ( TREFRY *et al.* (1976).

## TOKSISITAS RAKSA

Berbeda dengan unsur-unsur logam berat lainnya yang pada kadar tertentu bermanfaat bagi organisme perairan, manfaat raksa bagi pertumbuhan dan perkembangan tubuh organisme perairan sampai sekarang belum diketahui. Demikian pula manfaatnya bagi manusia. Para ahli hanya mengetahui bahwa raksa adalah logam berat yang sangat beracun. Sifat racun ini disebabkan oleh sifat raksa yang sangat mudah bereaksi dengan gugus sulfhidril ( $-SH$ ) yang terdapat dalam enzim membentuk senyawa merkaptida (BOLINE 1981). Senyawa merkaptida ini sering juga disebut metalotionin, metalloprotein, atau metalloenzim. Pengikatan raksa oleh gugus sulfhidril protein tubuh dapat menyebabkan aglutinasi, menghambat aktivitas enzim, mengubah sifat membran permeabilitas sel, bersifat anti me-

tabolit terhadap unsur Zn, merusak sistem detoksifikasi mikrosomal dalam hati. Di samping itu dapat juga menyebabkan pembentukan lapisan mukus pada insang (coagulation film anoxia), sehingga mengganggu sistem pernapasan dan sirkulasi darah lewat insang, serta mengganggu sistem transportasi ion melalui membran epitelium pada insang (KATZ 1973). Pada kadar yang cukup tinggi, daya toksik raksa dapat membunuh organisme hidup.

Seperti unsur logam berat lainnya, daya toksik raksa juga dipengaruhi oleh bentuk senyawa, efek sinergis dan antagonis dari logam lain, kualitas air (pH, DO, suhu dan salinitas), jenis kelamin dan usia, makanan dan aktivitas organisme (BRYAN 1976). Raksa dalam bentuk organik lebih toksik dari bentuk anorganik (Tabel 4). Bentuk senyawa raksa yang paling beracun umumnya adalah metil raksa (BOLINE 1981).

Tabel 4. Daya toksik senyawa organik raksa terhadap organisme perairan (BRYAN 1976).

Bentuk senyawa	Jenis organisme		
	1	2	3
$CH_3HgCl$	4,7	2,1	15
$C_2H_2HgCl$	6,8	2,0	17
n- $C_3H_7HgCl$	9,7	3,1	54
n- $C_4H_9HgCl$	16	2,7	294
n- $C_5H_{11}HgCl$	200	3,8	980
i- $C_3H_7HgCl$	2,4	-	25
i- $C_5H_{11}HgCl$	16	-	450
$C_6H_5HgCl$	4,3	2,4	23
$HgI_2$	4,6	1,7	24

Catatan : Angka yang tercantum merupakan kelipatan dari daya toksik  $HgCl_2$

1. *Elminius modestus*
2. *Acartia clausi*
3. *Artemia salina*.

Logam Mn dan Fe dapat mengurangi daya toksik raksa (antagonis) (GOLDWATER & STOPFORD 1977), sedangkan Cu dapat menambah daya toksik raksa (sinergis) (SPARROW dalam ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1973). Penurunan pH, DO dan salinitas akan menaikkan daya toksik raksa. Organisme yang berumur muda lebih peka terhadap Hg dibandingkan yang sudah dewasa. Sebagai contoh burayak udang *Crangon crangon* dapat terbunuh oleh raksa pada kadar 0,01 ppm, sedangkan yang dewasa akan terbunuh bila kadar raksa adalah 5,7 ppm (BRYAN 1976). Organisme yang aktivitasnya lebih tinggi kurang peka terhadap daya toksik raksa dibandingkan organisme yang aktivitasnya rendah.

Untuk menjaga kelestarian hidup organisme laut, maka beberapa negara berusaha menetapkan suatu angka batas aman dari kadar raksa dalam air laut. Penetapan angka batas aman ini agak sulit, karena batas aman ini tidak boleh menghambat reproduksi, pertumbuhan, dan semua proses kehidupan yang normal, serta melindungi tingkat kehidupan yang paling peka yaitu telur dan burayak (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1973). ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY menetapkan kadar Hg untuk batas aman sebesar 0,1 ppb. Batas aman yang ditetapkan oleh EPA ini tidak dapat diterapkan di Indonesia, karena perairan laut Indonesia umumnya mengandung kadar raksa lebih tinggi dari 0,1 ppb. Indonesia menetapkan kadar Hg untuk batas aman biota laut adalah 6 ppb (LON LIPI-KANTOR MENTERI NEGARA KLH 1984). Kadar Hg untuk batas aman ini ditetapkan berdasarkan kadar raksa yang umum ditemukan di perairan Indonesia Bagian Timur.

Raksa dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui 3 cara, yaitu pernapasan,

permukaan kulil dan makanan. Raksa yang masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, biasanya berbentuk uap. Uap raksa ini sangat beracun sehingga dapat berakibat fatal bagi manusia. Raksa yang berbentuk cair tidak beracun. Tetapi di dalam tubuh raksa bentuk cair ini akan mengalami oksidasi menjadi bentuk ion. Raksa bentuk ion ini juga sangat beracun. Raksa yang masuk ke dalam tubuh melalui absorpsi permukaan kulit biasanya berasal dari kosmetik atau "samphoo". Organ tubuh yang dirusak oleh racun raksa tergantung pada bentuk senyawa raksa. Uap raksa akan merusak paru-paru, Senyawa anorganik raksa akan merusak ginjal dan hati, sedangkan metil raksa akan merusak sel otak. Di samping itu metil raksa juga dapat menerobos dinding plasenta, sehingga ibu yang sedang hamil bila menderita keracunan raksa kemungkinan akan melahirkan anak yang cacat.

Makanan merupakan sumber terbanyak pemasukan raksa ke dalam tubuh manusia. Salah satu bahan makanan bagi manusia adalah ikan. Untuk mencegah timbulnya keracunan raksa, maka masing-masing negara menetapkan batas aman raksa dalam ikan. Umumnya negara-negara di dunia mengikuti batas aman yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) yaitu 0,5 ppm. Di samping batas aman kadar raksa 0,5 ppm, WHO & FAO dalam HANCOCK (1976) menetapkan jumlah masukan raksa perhari sebanyak 30 ug untuk raksa total, dan 20 ug untuk metil raksa per 70 kg berat badan. Penetapan angka ini didasarkan pada kasus Minamata. Pada kasus Minamata, gejala pertama keracunan raksa timbul apabila masukan raksa ke dalam tubuh adalah 300 ug perhari. Dalam penetapan ini diambil faktor pengamanan (safety factor) sebesar 10. Apabila kita mengikuti jumlah raksa yang ditetapkan oleh WHO/FAO ini tentu kita akan terhindar dari bahaya keracunan raksa.

## DAFTAR PUSTAKA

- ANONIMOUS s.a. Environmental hazard of heavy metals : Summary evaluation of lead, cadmium and mercury. *MARCH Report No. 20*. MARCH GEMS. United Nations Environment Programme and Rockefeller Foundation : 1-42.
- BOLINE R.D. 1981. Some speciation and mechanistic aspect. *In* : Environmental health chemistry (McKINNEY *ed*). Sci. Publs. Inc. Ann Arbor, Michigan. : 497-554.
- BRYAN G.W. 1976 Heavy metals contamination in the sea. *In* : Marine pollution (JOHNSTON *ed*). Acad. Press. London. N.Y. San Fransisco. : 185 - 295.
- DURRANT P.J. 1960 *General and inorganic chemistry*. Longmans Green and Co. Inc. London ; 370-378.
- ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY 1973. Water quality qriteria. *Ecol. Res. Series*. Washington. 595 pp.
- GLINKA N. s.a. *General chemistry*. Peace Publs. Moscow. : 599 - 602.
- GOLWATER J.L. and J.W. CLARKSON 1972. Mercury. *In* : Metallic contaminants and human health (LEE *ed*). Acad. Press. New York.
- GOLDWATER J.L. and W. STOPFORD 1977. Mercury. *In* : The chemical environment and man (LERIHAN & FLETCHER *eds.*). Blackic Glasgow. London. (6) 2 ;38-63.
- HANCOCK D.A. 1976. Mercury in fish. *Aust. Fisheries*. (35) 1 :4-7.
- IVERSON W.P. and F.E. BRINCKMAN 1978 Microbial metabolism of heavy metals. *In* : Water pollution microbiology (MITCHELL *ed*). John Wiley & Son. N.Y. Chichester - Brisbane. Toronto. : 2 : 201 - 379.
- KECKES S. and J.K. MIETTINEN 1972. Mercury as a marine pollutant. *In* : Marine pollution and sea life (RUIVO *ed*) Fishing News (Books). Ltd. FAO. : 277-285.
- KATZ M. 1973. The effect of heavy metals on fish and aquatic organism. *In* : Heavy metals in the aquatic environment (KRENKEL *ed*) Proceed, of the int. Conf. Nashville. Tennessee. Pergamon Press. New York.
- LEMBAGA OSEANOLOGI NASIONAL-LIPI dan KANTOR MENTERI NEGARA KEPENDUDUKAN DAN LINGKUNGAN HIDUP 1984. Bahan penyusunan RPP baku mutu air laut untuk mandi dan renang, biota laut, dan budidaya biota laut. Hasil lokakarya baku mutu lingkungan laut. Bogor. 32 hal.
- MERRIL E. 1978. *Environment, technology and health. Human ecology in historical perspective*. The McMillan Press. New York, 384 pp.
- RAMULU U.S.S. 1979. *Chemistry of insecticides and fungicides*. Oxford & IBH Publs. Co. New Delhi, Bombay Calcutta.
- TREFRY J.H : R.R. SIMS Jr. and B.J. PRESLEY 1976. The effects of shell dredging on heavy metal concentration in San Antonio Bay. *In* : Shell dredging and its influence on Gulf Coast environments. (BAUMA *ed*). Gulf Publs. Houston, Texas. : 583 - 606.