



KATA SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS SAM RATULANGI

UNSRAT adalah salah satu Perguruan Tinggi negeri di Indonesia yang memiliki tugas mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan pada “*preamble*” UUD-RI. Bertolak dari itu, maka universitas Sam Ratulangi dalam gerak membangun sumber daya manusia, selain mendidik, kegiatan penelitian tetap menjadi program prioritas dalam upaya pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, yang kemudian hasil penelitian itu diimplementasikan kepada masyarakat, itulah yang disebut sebagai Pengabdian pada Masyarakat.

Dalam kegiatan belajar-mengajar piranti keras dan lunak sangat dibutuhkan agar penrasferan pengetahuan akan berjalan lancar dan berhasil baik. Buku adalah piranti penting yang harus dimiliki oleh seorang dosen dan mahasiswa. Saya menyambut baik atas karya tulis Prof. Dr. Rizald M. Rompas dan Ir. N.D.C. Rumampuk. MSi tentang “GEOKIMIA LAUT”, dimana suatu pertanda bahwa universitas yang saya pimpin ada kemajuan dalam bidang pengetahuan. Untuk itu saya ucapkan selamat atas karya ini, dan berterima kasih karena telah menambah pustaka yang berarti bagi dunia perguruan tinggi, tidak hanya di manfaatkan oleh UNSRAT saja tetapi seluruh perguruan tinggi dan masyarakat Indonesia.

Sisi lain, UNSRAT terletak di bagian wilayah Pasifik, kawasan ini sangat strategis bagi pengembangan ekonomi dunia, olehnya cendekian dan pembisnis internasional mengakui di abad 21 potensi dan pergerakan ekonomi dunia berada di Kawasan Pasifik. Disamping itu tahun 2015 akan masuk ke era “*Asean Community*”, mau atau tidak mau universitas Sam Ratulangi harus siap menghadapinya dan becokol di era itu.

Karya tulis ini akan lebih mendorong para dosen UNSRAT untuk berpacu dalam menciptakan karya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam berbagai disiplin ilmu.

Disadari bahwa membangun bangsa dan negara diperlukan pemikir-pemikir yang cerdas, arif dan bijaksana, oleh karenanya tidak berlebihan dikatakan bahwa sesungguhnya Perguruan Tinggi adalah “think-tank” negara. Tanggung jawab ini mendorong saya agar UNSRAT yang terletak di kawasan Timur Indonesia akan lebih maju dan berjaya serta makin signifikan sumbangsuhnya pada pembangunan Indonesia.

Akhirnya, kita sebagai ciptaan Tuhan Yang Maha Esa harus berperan dalam memanusiakan manusia lain atau dalam bahasa daerah Minahasa “SITOU TUMOU TOU”

Terima kasih

Manado, September 2014



Prof. Dr.Ir. Ellen Joan Kumaat, MSc.DEA

PENGANTAR

Kebutuhan referensi dalam proses belajar-mengajar merupakan suatu hal yang mendesak dan mutlak, karena transpor ilmu pengetahuan dan teknologi, referensi dan piranti pendidikan lainnya bagaikan jembatan yang menghubungkan antara pengajar dengan yang diajar. Artinya butir-butir ilmu yang ada di pikiran pengajar atau dosen di transfer kepada mahasiswa lewat tatap-muka di ruang kelas barangkali yang terserap oleh mahasiswa tidak capai maksimal, tetapi lewat membaca buku daya serap akan makin sempurna.

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan YME atas diperkenankanNYA penulis bisa mewujudkan karya ini. Memang sudah menjadi kerinduan dan tekad bagi kami bahwa buku “**Geokimia Laut**” harus diselesaikan. Walaupun penyusunan buku ini telah memakan waktu cukup lama (± 1 tahun), dikarenakan waktu untuk menulis selalu terganggu dengan kegiatan lain, seperti mengajar dan meneliti. Disamping itu mengumpulkan bahan bacaan sebagai sumber juga menyita waktu cukup banyak.

Disadari, buku-buku tentang kelautan dalam bahasa Indonesia relatif kurang, padahal negara kita adalah negara kepulauan terbesar di dunia (*the largest Archipelago State in the world*), halmana di laut Nusantara terkandung potensi sumber daya alam yang berpolah, seperti bebatuan atau bongkahan “ferromanganese” yang dikenal sebagai bebatuan “kobalt” berada di dasar laut dan tanah dibawah dasar laut (*seabad area*), belakangan ini telah menjadi bahan incaran oleh negara-negara maju yang memiliki modal besar. Mengapa senyawa kimia itu menjadi incaran penting, dikarenakan didalam bongkahan kobalt terdapat unsur-unsur kimia tertentu yang digunakan untuk industri “*high-tech*” misalnya unsur kimia itu dijadikan sebagai bahan bakar untuk mendorong rocket naik ke luar angkasa, juga dipakai sebagai bahan baku pembuatan kapal laut, pesawat, persenjataan moderen dan sebagainya. Olehnya wilayah samudera Pasifik saat ini sudah banyak dikapling oleh negara-negara yang bermodal besar.

Buku ini membahas bagaimana perkembangan ilmu geokimia dan implikasinya; atmosfer dan laut sebagai suatu ekosistem; prinsip-prinsip kerja kimiawi didasarkan pada

thermodinamika dan kinetikan; kelarutan gas-gas di laut serta interaksi kimia yang terjadi; endapan sedimen dan mineral laut; proses diagenesis, biomineralisasi dan pembentukan ferromangan (Fe-Mn) di kerak-samudera.

Harapan penulis buku ini akan punya manfaat bagi para mahasiswa, dosen dan peneliti. Disamping itu bahan sajian yang dikandung dalam karya ini bisa berguna bagi pembangunan di Indonesia. Selamat membaca semoga negara kepulauan terbesar di dunia (negara Nusantara) akan menjadi negara terhormat dan disegani di kalangan internasional.

Medio September 2014

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Karya tulis yang tersaji ini terwujud atas dorongan serta Doa dari isteri dan anak-anak; dari suami serta anak-anak. Untuk itu kami ucapkan terima kasih atas perhatian dan spirit yang diberikan.

Terima kasih tak terhingga dari lubuk hati yang dalam, disampaikan kepada rektor Universitas Sam Ratulangi, Ibu Prof. Dr. Ir. Ellen Joan Kumaat, Msc.DEA atas sambutan yang begitu indah tergores dalam buku ini. Demikian juga disampaikan kepada bapak Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNSRAT, atas dorongan kepada para dosen untuk berkarya di kampus dan di masyarakat secara umum.

Para sahabat ilmunan dalam bidang yang sama senantiasa memberikan masukan demi penyempurnaan tulisan ini, terima kasih atas semuanya itu. Kami sangat berterima kasih kepada bapak Dr. Ir. Gylbert E. Mamuaya D.AA, atas bantuan telah memberikan beberapa **e-buku** yang sangat berarti bagi kami. Ucapan khusus kepada bapak Dr. Noldi G.F. Mamangkey, SPi.MSc. yang begitu kritis membaca buku ini disertai koreksi yang sangat berarti, terima kasih atas masukannya. Terima kasih pula kepada bapak Dr. Ir. Billy Th. Wagey, MSc telah membantu mengurus percetakan.

Akhir kalam, semua kebaikan sahabat cendekia, rektor dan dekan akan dibalas oleh Yesus Kristus.

Amiiiiin.

Penulis,

SEKAPUR SIRIH

Tantangan telah di depan bangsa-bangsa di dunia, halmana sumber daya alam di daratan semakin menipis sedang angka pertumbuhan penduduk naik secara drastis, artinya kebutuhan bagi kehidupan manusia akan semakin besar. Untuk memenuhinya negara harus bekerja keras mencari sumber-sumber ekonomibar. Alternatif satu-satunya untuk mempertinggi perekonomian negara adalah memanfaatkan sumber daya alam di laut. Oleh demikian tidak keliru banyak cendekia mengatakan “our ocean for future life”.

Indonesia diakui dunia sebagai “*the largest Archipelago State in the world*”, kaya akan sumber daya alam laut. Namun demikian, kekayaan yang ada di laut belum dimanfaatkan dengan maksimal, padahal sumber daya alam laut mampu menyumbang pada negara ± 1000 US dolar per tahun (Rompas *dkk*, 2013). Bahkan hasil riset *McKinsey Global Institute* (MGI), industri kelautan, perikanan dan pertanian merupakan salah satu diantara empat sektor yang akan menjadi pendorong utama ekonomi Indonesia menjadi 7 terbesar di dunia pada 2030.

Kalau kebijakan dan program pemerintah Indonesia, laut dijadikan sumber ekonomi utama negara atau menjadi “*mean streaming development*”, maka pembangunan sumber daya manusia, riset dan teknologi harus mendapat prioritas. Oleh demikian perguruan tinggi harus berperan aktif dalam penciptaan manusia sebagai subjek dan objek pembangunan. Seperti dalam sambutan Rektor pada buku ini, bahwa sesungguhnya Perguruan Tinggi adalah “think-tank” negara.

Dengan demikian, sarana dan prasarana pendidikan harus mendapat perhatian serius oleh pemerintah. Buku

adalah sarana dalam proses belajar-mengajar, lewat baca buku mahasiswa dan dosen akan makin bertambah ilmunya. Aspek lain untuk dosen, menulis hasil riset dan buku-buku ajar adalah keharusan bagi setiap dosen. Apalagi pada Laporan Kinerja Dosen, bagi seorang dosen bergelar profesor wajib melaporkan karya tulisnya.

Buku yang kami tulis ini, menceritakan bagaimana perkembangan ilmu geokimia laut, sesungguhnya pengetahuan ini bukan merupakan gabungan/perpaduan antara geologi dan kimia, tetapi membahas tentang aspek kimia di planet bumi kita, namun lebih didominasi pembahasannya di laut (samudera).

Dalam bab ke 3, dibahas tentang atmosfer dan laut adalah suatu sistem geokimia, karena sebagian besar komposisi kimia di laut bersumber dari atmosfer, dimana bisa dihantar oleh tiupan angin yang akhirnya jatuh ke samudera dan ke sungai, danau serta daratan, yang akhirnya terhanyut bersama air sungai. Disamping itu partikel debu, senyawa kimia dan gas dapat jatuh ke samudera oleh hujan. Bahkan partikel debu berasal dari luapan gunung berapi (vulkanik) dihantar oleh angin akan jatuh ke samudera.

Untuk mengetahui interaksi senyawa kimia yang terjadi baik masih berada di atmosfer maupun di perairan, maka diperlukan pengetahuan kesetimbangan termodinamika, kinetika kimia dan pembentukan Kristal (kristalisasi).

Kemudian dibahas juga bagaimana mekanisme kelarutan gas di perairan laut, termasuk aktivitas reduksi-oksidasi (Redoks) yang terjadi di badan air, permukaan sedimen di dasar laut dan bebatuan. Semisalnya, reaksi senyawa kimia dapat berlangsung di sedimen jika ada unsur gas oksigen atau terjadi oksidasi.

Bab-bab selanjutnya menceriterakan tentang sedimen dalam pembentukannya, baik secara fisikal, kimiawi dan biologi (biomineralisasi). Kemudian membahas pula sumber-sumber material yang masuk ke laut, proses pengendapan di daerah ada gunung bawah laut (*seamount*),

daerah abisal serta interaksi kimia yang terjadi pada pinggiran kontinen, permukaan dasar laut di laut dalam, material yang keluar lewat magma gunung berapi di dasar laut. Semua material yang masuk kelaut dan mengendap, akan menyusun mineral-mineral tertentu, dimana pembentukan mineral itu sangat tergantung pada reaksi air yang ada di selah sedimen atau kisi-kisi sedimen, juga dibahas dalam buku ini.

Beberapa dekade belakang ini, kesibukan negara-negara maju yang memiliki modal besar, mencari sumber-sumber kobalt yang kaya akan senyawa ferromangan (Fe-Mn) yang ada di bongkahan abisal maupun di kerak samudera. Bebatuan tersebut memiliki nilai ekonomis yang tinggi, sebab bongkahan maupun kerak samudera itu mengandung unsur-unsur kimia penting bagi keperluan industry “high-tech”.

Indonesia memiliki wilayah perairan $\pm 73,3\%$ dari total luas wilayah, seharusnya memiliki kerak samudera di dasar laut dan tanah di bawah dasar laut sangat luas, sebab Indonesia terletak di zamrut katulistiwa dan memiliki banyak gunung berapi aktif. Seperti dalam bahasan buku ini menceritakan bahwa bongkahan dan kerak Fe-Mn di samudera Pasifik lebih banyak dari yang ada di samudera Hindia dan Atlantik. Tetapi sampai saat ini riset di kawasan “*seabed*” di Indonesia belum berkembang. Hal itu merupakan tantangan bagi Perguruan Tinggi dan lembaga-lembaga riset di Indonesia.

Semoga karya kami ini akan membuka khazanah berpikir para ilmuwan, peneliti dan pemerintah sebagai penentu kebijakan pembangunan.

Selamat membaca “mari torang baku beking pande” untuk kejayaan negara Nusantara.

Penulis



Prof. Dr. Rizald Max Rompas. M.Agr. Kelahiran Manado. Dosen pada Universitas SAM RATULANGI MANADO. Pendidikan yang dilalui: S1 di UNSRAT-Manado; S2 dan S3 di Kyushu Universitas, Fukuoka Jepang. Pada tahun 1994, memperdalam ilmu “Coastal Management” di Miami university, Florida USA. Dan di tahun 1995; mengikuti kursus “Management University” di Southern Cross University, Lismore, Australia. Pendidikan Birokrat yang pernah diikuti: “Sekolah Pimpinan Tingkat Nasional Tingkat I (SPIMNAS I)” di Lembaga Administrasi Nasional (LAN). Pembicara pada **Seminar “Clean Technology”** di Liverpool, Inggris, tahun 2000, dan pembicara pada beberapa pertemuan ahli Perikanan dan ahli Biokimia SeJepang serta aktif menghadiri seminar internasional. Ikut aktif dalam konferensi **international “Interspill 2004”** di Trondheim, Norway; Delegasi RI pada Konferensi **International Seabed Authority**, tahun 2008 di Jamaica; Delegasi RI pada Konferensi **“Global On Oceans and Islands”** di Hanoi, Vietnam tahun 2008; Delegasi RI pada Konferensi **International Maritime Organization (IMO)**, di London Inggris tahun 2009, dan Delegeasi RI pada **Asia-Pacific Fishery Commission and The APFIC Regional Consultative Forum** di Jeju Republic of Korea, tahun 2010. Penulis buku: **Ilmu Lingkungan**, 1998; **Pengantar Ilmu Kelautan**, 2007; **Oseanografi Kimia**, 2009, **Toksikologi Kelautan**, 2010 dan **Kreasi Good Governance Suatu Eksoterik Mutlak**, 2010; **Farmakognosi Laut**, 2011 dan **Tingkat Langit Taburi Laut Nusantara**, 2013 serta sebagai advisor dan penulis buku “Membangun Laut membangun Kejayaan” Tahun 2011. Pengalaman birokrasi : Pembantu Dekan FPIK Unsrat (bidang Akademik dan bidang Administrasi Umum), Staf Ahli Menteri Kelautan, Sekretaris Dewan Kelautan dan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan dan Perikanan.



Ir. Natalie D.C. Rumampuk, M.Si, kelahiran Manado. Dosen Pada Program Studi Ilmu kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado. Mengikuti pendidikan di Fakultas Perikanan UNSRAT jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan dan lulus sebagai sarjana Perikanan tahun 1989 dan sejak tahun 1991 terdaftar sebagai staf pengajar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNSRAT program studi Ilmu Kelautan. Pada tahun 2000 mendapatkan gelar Magister Sains (M.Si) di Program studi Ilmu Perairan UNSRAT dalam bidang Toksikologi Kelautan. Saat ini sementara menyelesaikan program Doktor di Unsrat pada program studi Ilmu Kelautan. Memiliki Pengalaman mengajar Kimia Dasar, Biokimia, Farmasetika Kelautan, Oseanografi Kimia, Kualitas Air dan Pencemaran Lingkungan. Disamping itu sebagai penulis buku: **"OSEANOGRAFI KIMIA"**

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
3.1	Distribusi Perairan Laut dan Daratan.	20
3.2	Kimia Utama yang Terkandung di Air Laut. . .	22
3.3	Distribusi Ion di Unsur Utama pada Anion Di Air Laut.	23
3.4	Distribusi Ion di Unsur Utama pada Kation Di Air Laut.	23
3.5	Kelimpahan dan Sifat Beberapa Kimia Laut. . .	40
3.6	Komposisi Unsur Udara di Atmosfer di Atmosfer	43
4.1	Komposisi Zat Utama di Sungai Mengalir ke Laut	47
4.2	Rata-rata Konsentrasi Zat Utama di Sungai Mengalir ke beberapa tipe Penampungan (mg l^{-1}).	49
4.3	Komposisi Ion Utama di Sungai dialirkan ke Laut	53
4.4	Komposisi rata-rata Unsur di Bebatuan, Tanah Dan yang Terlarut di Sungai.	56
4.5	Konsentrasi Zat Terlarut di Sungai dan Laut di Belahan Bumi.	59
4.6	Estimasi Emisi Partikel di Atmosfer (10^{12}g/thn)	63
4.7	Siklus Debu Secara Global di Troposfer	65
4.8	Mineral Dalam Aerosol di Kutub Utara, Atlantik dan Kutub Selatan	66
4.9	Konsentrasi Uap Air dan Mineral Aerosol di Bawah Troposfer.	69
4.10	Kisaran Konsentrasi Zat Kimia di Aerosol Laut	71
4.11	Emisi Partikel di Atmosfer Bersumber dari Alam Dan Antropogenik.	73
4.12	Secara Global Sumber Logam Mikro yang Naik Ke Atmosfer.	75
4.13	Kelimpahan Zat Mn, Fe, Ni, Co dan Cu pada Nodul Mangan dan Batuan.	80
4.14	Unsur Kimia Utama di Bebatuan dasar Samudera.	81
4.15	Kimia Minor di Bebatuan Dasar Samudera	81

Tabel		Halaman
-------	--	---------

5.1	Ukuran Besaran Intensif dan Ekstensif	94
5.2	Jenis Energi dan Bentuk Variabelnya.	97
5.3	Kriteria Perubahan Spontan $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$	106
5.4	Nilai ΔH_f° , ΔG_f° dan ΔS_f° Beberapa Zat.	108
5.5	Perubahan Entropi Molar Standar Untuk Transisi Fasa.	111
7.1	Gas Non-variabel di Atmosfer.	137
7.2	Kelarutan Oksigen di Perairan Laut.	140
7.3	Daya Larut dan Difusi Beberapa Gas di Laut	144
7.4	Daya Kelarutan Oksigen di Perairan Dengan Pelbagai Konsentrasi Klorida.	152
8.1	Sedimen Laut berukuran $< 2\mu\text{m}$ dan Suspensi material dari Sungai.	179
8.2	Kecepatan Akumulasi Material dari Daratan Di sedimen Laut Dalam	179
8.3	Klasifikasi Ukuran Partikel di Sedimen Klastik	184
8.4	Komposisi Elemen di Sedimen Laut dan Beberapa Material Di Daerah Daratan ($\mu\text{g g}^{-1}$)	202
8.5	Komposisi Zat Kimia di Sedimen Laut Dalam	205
8.6	Konsentrasi Trace Elemen yang Tersimpan Di Laut Dalam.	206
9.1	Reaksi Reduksi-Oksidasi di Lingkungan pH 7	218
9.2	Karbon Organik yang Terendap di Laut	229
9.3	Estimasi Aliran Karbon di Laut.	230
10.1	Nama dan Komposisi Kimia Mineral Hasil Mineralisasi Secara Biologi.	268
11.1	Komposisi Mn, Besi, Kobalt, Nikel, Platina, Cerium, Tembaga dan Tellurium (% berat) Pada Bebatuan Fe-Mn di Samudera	296
11.2	Klasifikasi Endapan Fe-Mn Oksida didasarkan Pada Bentuk, Proses dan Lokasinya.	298
11.3	Kandungan Mineral pada Kerak Fe-Mn di Samudera Pasifik.	304
11.4	Komposisi Kimia di kerak Fe-Mn yang ada di Samudera Pasifik, Hindia, Atlantik serta Bongkahan Di zona Clarion-Clipperton dan Bongkahan Abisal	309

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.1	Komposisi Kimia Penyusun Kulit Bumi	3
2.1	Struktur Lapisan Bumi.	11
3.1	Zona Kedalaman Laut	24
3.2	Morfologi Dasar Laut	26
3.3	Bentuk Lapisan Atmosfer.	29
3.4	Ilustrasi Atmosfer dan Laut Suatu Sistem	36
3.5	Sumber Elemen Kimia di Laut	38
4.1	Dua Model Siklus Karbon Organik di Bumi	45
4.2	Pembentukan Delta	52
4.3	Skema Pemasukan Material ke Wilayah Estuari	57
4.4	Skema Proses Kehadiran Partikel dan Endapan Ke Laut.	62
4.5	Ilustrasi Proses Pengkayaan Partikel di Atmosfer Berasal dari Permukaan Samudera	76
4.6	Lapisan Kerak Samudera (Dasar Laut dan Tanah di Bawahnya.	78
5.1	Ilustrasi Kerja Energi di Alam.	90
5.2	Reaksi Endoterm dan Eksoterm Dalam Hubungan Entalpi	99
6.1	Struktur Kristal pyroxene $C_{2/c}$	113
6.2	Koordinat Energi Potensial Untuk Reaksi	119
6.3	Diagrama Percobaan Tentang <i>Solvus</i> dan <i>Spinodal</i>	126
6.4	Hubungan Suhu, Waktu dan Kecepatan Berpindah	128
6.5	Mekanisme Pembentukan Kristal Pada Model Lapisan Datar.	131
6.6	Diagrama T- X_{an} pada Sistem Albite-anorthite	135
7.1	Proporsi Volume dari 4 Gas di Atmosfer	145
7.2	Kesetimbangan Konsentrasi 4 Gas di Laut Pada Suhu 24°C.	147
7.3	Model Batas Lapisan Stagnan	149
7.4	Diagrama CO_2 dan pCO_2 di Permukaan Laut Ketika Karbon Membutuhkan $\delta^{14}C_{alkalin}$, $\delta^{13}C_{Kalsit}$, $\delta^{15}N$ dan akibat pengaruh suhu di permukaan	158
Gambar		Halaman

7.5	Mekanisme Kelarutan CO ₂ di Air Laut dan Difusi dari Atmosfer Melalui Interface	162
7.6	Perombakan Bahan Organik di Dasar Perairan	164
8.1	Tipologi Dasar Samudera.	168
8.2	Bentuk “Submarine Canyon”	170
8.3	Dasar Samudera Dengan Pembentukan “Mid-Ocean Ridge”	172
8.4	Bentuk Sedimen didasarkan Skala Wenworth	189
8.5	Sebaran Sedimen Laut Secara Umum di Perairan Dunia.	194
8.6	Sebaran Sedimen di Laut Dalam.	196
8.7	Sebaran Suspensi di Permukaan dasar Perairan Laut Jawa dan Kalimantan Selatan.	197
8.8	Sebaran Sedimen di Permukaan Dasar Laut	198
8.9	Proses Daur Ulang Sedimen di Permukaan Dasar Laut dan di gunung di dasar Laut	212
9.1	Susunan Proses Diagenesis di Sedimen Dengan Bantuan Mikroba	220
9.2	Skema Zona Diagenesis dan Profil di interstitial Di suboksit Sedimen.	226
9.3	Bahan Organik di Sedimen pada Tahap Diagenesis, Katagenesis dan Metagenesis	232
9.4	Ilustrasi Proses Terendap Bahan Organik di Laut	235
9.5	Profil Konsentrasi Larutan Kalsium di Air Interstitial Menurut Kedalamannya.	241
9.6	Profil Beberapa Elemen Kimia di Air-interstitial Didasarkan Pada Kedalamannya.	244
9.7	Model Zona Diagenetik Mn.	247
9.8	Model Diagenesis Mangan di Sedimen Laut	250
9.9	Model Diagenesis Mn di Sedimen Laut	251
10.1	Skala Geologi 1000 tahunan dan Kejadian Evolusi.	256
10.2	Phylogenetik Molekul Eukariotik Penyusun Kerangka Mineral.	258
10.3	Struktur Kulit Luar Beberapa Jenis Diatom	262
10.4	Proses terbentuk Rangka Silika.	264
10.5	Struktur Ikatan Silika Penyusun Rangka	264
10.6	Mekanisme Pengentalan Dua Asam Silikik	265

Tabel	Halaman	
10.7	Silika Bersumber Dari Beberapa Organisme	266
10.8	Endapan Butiran Hydrous Besi Fosfat Pada Kulit Holothurian.	270
10.9	Skematik “Biologically induced” Mineralisasi	272
10.10	Mekanisme Penyusunan Mineral di Inti Sel Baduan Luar.	274
10.11	Bentuk Lapisan Kulit yang Lunak “nacreous Layer”.....	276
10.12	Mineralisasi Intersel.....	277
10.13	Alur Kerja Antar Sel pada Biomineralisasi Di Vesikel.	279
10.14	Siklus Hidup “Coccolithophore”	283
10.15	Bentuk Cocosphere dan Proses Pertumbuhan “proto-coccolith”.....	286
10.16	Bentuk Holococcolith.....	287
10.17	Skema Proses Pembentukan Kalsium Di Foraminifera.	291
11.1	Profil Kelarutan Mangan dan Fosfat Dalam Kaitannya Dengan Kandungan Oksigen Perairan di Atas Gunung Bawah Laut	301
11.2	Kecepatan Perkembangan Bebatuan Fe-Mn Secara Hidrogenetik.	306

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMBUTAN REKTOR UNSRAT	i
PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	v
SEKAPUR SIRIH	vi
BIODATA PENULIS	ix
DAFTAR TABEL.	xi
DAFTAR GAMBAR.	xiii
DAFTAR ISI	xvi
1. PENDAHULUAN.....	1
2. SEJARAH PERKEMBANGAN ILMU GEOKIMIA	10
3. LAUT DAN ATMOSFER SUATU SISTEM GEOKIMIA.	19
4. SUMBER MATERIAL DI LAUT.	44
5. KESETIMBANGAN THERMODINAMIKA	83
6. KINETIKA DAN KRISTALISASI. ...	113
7. KELARUTAN GAS DI PERAIRAN LAUT	137
8. SEDIMEN LAUT.....	167
9. AIR ANTARA DI SEDIMEN DAN DIAGENESIS	214
10. BIOMINERALISASI.	253
11. KOMPOSISI DAN DISTRIBUSI KOBALT KAYA FERROMANGAN (Fe-Mn) DI KERAK SAMUDERA.	294
KEPUSTAKAAN.....	318
LAMPIRAN ...	346
PENJURUS IKHWAL	360