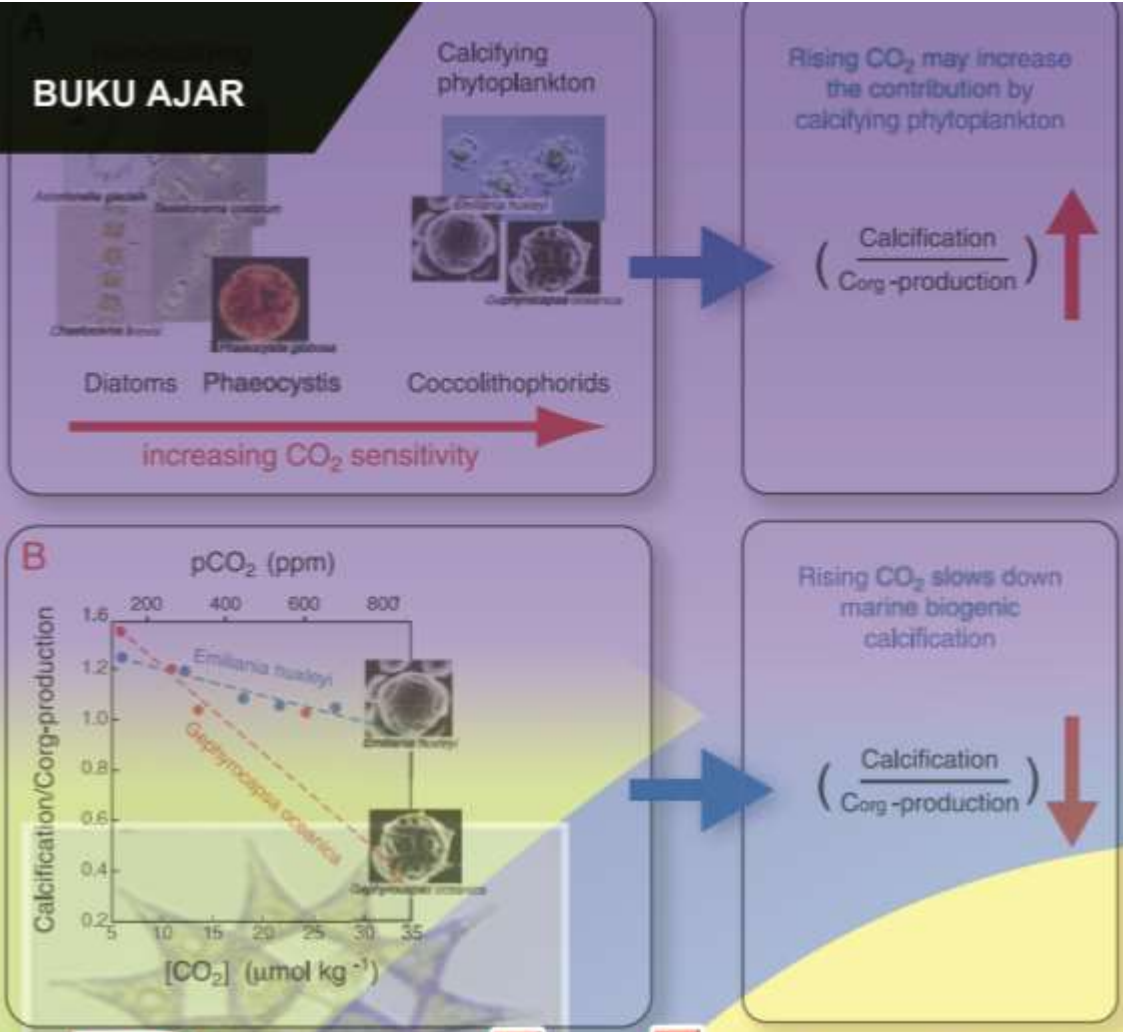
BUKU AJAR



Perolehan Karbon

Dan Pendeteksiannya

Pada Tanaman Fitoplanton dan Alga

Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi,MT

Buku Ajar

Perolehan Karbon

Dan Pendeteksiannya

Pada Tanaman, Fitoplankton dan Alga

Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, MT

Penerbit
Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau

Sanksi Pelanggaran pasal 44 Undang-undang no. 7 Tahun 1987 tentang perbuatan atas undang-undang No.6 Tahun 1982 tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa degan sengaja atau tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu dipidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp.100.000.000, (seratus juta Rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta sebagaimana dimaksud ayat 1 (satu), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.50.000.000, (lima puluh juta Rupiah).

Cetakan Pertama: April 2012

ISBN 978-602-9066-34-0

Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, MT

Perolehan Karbon

Dan Pendeteksiannya

Pada Tanaman, Fitoplankton dan Alga

Pusat Pengembangan Pendidikan
Education Development Center

PUSBANGDIK 2012

Perolehan Karbon Dan Pendeteksiannya

Pada Tanaman, Fitoplankton, dan Alga

Penulis : Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, MT

Sampul : Syamsul Anwar
Tata Letak : Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, MT

Diterbitkan pertama kali oleh
Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau
Alamat Penerbit :
Gedung Rektorat Unri Lt. 1 Kampus Binawidya
Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia
Tlp Fax : pusbangdik@unri.ac.id

Hak Cipta © dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak
Senagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

Dicetak pada Percetakan CV. Witra Irzani Pekanbaru
Isi diluar tanggung jawab percetakan

Cetakan Pertama :

Huruf : Calibri
Ukuran type : 11/15,5

Perpustakaan Nasional RI : Data Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Hasibuan, Saberina
Perolehan Karbon Dan Pendeteksiannya
Pada Tanaman, Fitoplankton, dan Alga /
Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, MT – Cet. 1.
Pekanbaru : Pusat Pengembangan Pendidikan
Universitas Riau, 2012
115 + xx Hal. 15,5 x 23 Cm

ISBN 978-602-9066-34-0

I. *Fitoplankton I. Judul* 577.76

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang atas rahmat dan karuniaNya yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan Buku ajar pengembangan parameter kualitas air yang diangkat dari matakuliah Manajemen Kualitas Air yang bertema Perolehan Karbon dan Pendeteksinya pada Tanaman, Fitoplankton dan Alga. Buku ini disusun dengan tujuan agar mahasiswa dapat memperluas wawasannya dalam mengkaitkan parameter CO_2 terlarut dengan parameter lannya secara sistematis dan terstruktur.

Pengembangan parameter kualitas air ini syarat dengan hasil penelitian dan dikaitkan secara nyata dengan kondisi lingkungan perairan tawar dan laut. Pemaparan yang luas dan komprehensif juga terlihat drai sumber karbon yang dinyatakan dalam bahan organic dan diperoleh kembali karbon oleh tanaman, fitoplankton dan alga. Alur fikir tulisan ini telah dibaca oleh rekan-rekan sekolah pasca sarjana di Universitas Gajah Mada dan membantu dalam menyempurnakan penggunaan beberapa istilah ilmiah. Ucapan terimakasih khusu disampaikan kepada Dr. Ir. Eko Hanudin, M.P. yang telah memberikan masukan hingga tulisan ini terselesaikan dengan baik.

Pekanbaru, 3 April 2012

Penulis

Saberina Hs

PRAKATA

Buku ajar dengan judul Perolehan Karbon dan Pendeteksiannya pada Tanaman, Fitoplankton, dan Alga merupakan pengembangan parameter CO_2 terlarut dalam air yang keberadaannya secara luas didalam air berpengaruh terhadap parameter iar lainnya. Buku ini baru pertama kali diperkenalkan pada mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah Manajemen Kualitas Air sebagai bahan ajar yang mengaitkan satu parameter kualitas air dengan parameter lainnya. Sebagai suatu buku bacaan maka tidak tertutupmkemungkinan dibaca oleh para praktisi lingkungan yang telah memperluas wawasannya dibidang kualitas air karena secara umum prinsip yang disampaikan adalah sangat mendasar dan membantu dalam mengkaji parameter kualitias air secara mendalam.

Materi yang disampaikan dalam buku ajar ini adalah sintesis dari beberapa hasil penelitian yang dirancang untuk melihat pengaruh karbon sebagai unsur terbanyak menempati 4 resorvoar yaitu atmosfer, lingkungan daratan, lingkungan perairan(laut) dan sedimen bahan karbonat. Siklus karbon didasari oleh CO2 yang dibutuhkan dalam fotosintesis dan CO2 yang dihasilkan dari proses dekomposisi. Penulisan buku ajar ini bertujuan untuk menjelaskan

peranan fitoplankton dalam proses fotosintesis dan siklus karbon secara global, system karbon air laut, fraksionasikarbonisotop, fotosintesis dan perolehan karbon, karbonorganik di kolam serta rasio C:N: pupuk alga.

Karbon dapat berada dalan bentuk bahan organic dan anorganik. Bahan organik mengandung 1,72 kali karbon organic. Karbon organic termineralisasi membentuk karbon anorganik terlarut (DIC) tersedia dalam bentuk CO_2, HCO^{3-} dan CO_3^{2-}. Alga dapat mengambil karbon dalam bentuk CO_2 dan HCO^{3-}. Keberadaan total karbon anorganik terlarut (DIC) berpengaruh terhadap ammonia-N, alkalinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO) yang diproduksi dalam perairan.

Pengambilan CO2 dari atmosfer menuju ke perairan melalui pemompaan karbon. Pemompaan ini sebagai petunjuk berkuranganya karbon anorgnaik terlarut (DIC). Keberadaan CO2 dapat dijadikan sebagai sumber atau sink. CO2 sebagai sumber karbon dapat pula berperan sebagai kapasitas buffer pada perairan, sedangkan CO2 yang sink pada gilirannya akan diremineralisasi oleh bakteri sulfur biru dalam kondisi aerobik. Pendugaan kebutuhan CO2, untuk alga dapat menggunakan fraksionasi karbon isotope yang stabil (a^{13}CPOC) yang dapat memberikan informasi potensial tentang kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan

mereka. Ada dua tipe pengaruh isotope yaitu pasa kesetimbangan isotop (menggunakan isotop berat^{12}C dan ^{13}C yang mengatur secara mencolok kosentrasi senyawa kimia yang berikatan secara kuat) dan kinetic isotope (aktifitas energy untuk jenis isotope ringan dan bereaksi cepat).

Semoga buku ajar ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari dan mengembangkan wawasan dalam mempelajari parameter kualitas air secara luas.

Pekanbaru, 3 April 2012

Penulis

Saberina Hs

DAFTAR ISI

JUDUL iii
KATA PENGANTAR..... v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI xi
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR..... xiv
Tinjauan Mata Kuliah xvii
Pedoman Umum Penggunkaan Buku 1
Tujuan Umum 1
Tinjauan Khusus (Indikator Kompetensi)..... 1

Bab I SIKLUS KARBON SECARA GLOBAL 3
Tujuan Umum 3
Tinjauan Khusus 3
1.1. Siklus Karbon..... 4
1.2. Pedoman Karbon Secara Fisika dan Biologi 5
1.3. Penaksiran Sumber Potensial CO_2 secara Global 10
1.4. Bahan Diskusi 16
1.5. Bacaan/Rujukan Pengayaan..... 17
1.6. Latihan soal-soal 18

Bab II SISTEM KARBONAT AIR LAUT..... 19
Tujuan Umum 19
Tinjauan Khusus 19
2.1. Neraca Gas Karbon Dioksida..... 19
2.2. Fraksionasi Karbon Isotop..... 24
2.3. Fraksionasi Isotop Fitoplankton 30
2.4. Bahan Diskusi 34
2.5. Bacaan/Rujukan Pengayaan..... 35
2.6. Latihan soal-soal 36

Bab III FOTOSINTESIS DAN PEROLEHAN KARBON..... 37

Tujuan Umum 37
Tinjauan Khusus 37
3.1. Reaksi Fotosintesis 37
3.2. Model Transpor Anorganik Terlarut (DIC) 43
3.3. Pengaruh Potensial Peningkatan CO_2 pada fitoplankton . 48
3.4. Bahan Diskusi 55
3.5. Bacaan/Rujukan Pengayaan..... 55
3.6. Latihan soal-soal 57

Bab IV KARBON ORGANIK DAN ANORGANIK
DIKOLAM 58
Tujuan Umum 58
Tinjauan Khusus 58
4.1. Klasifikasi Bahan Organik 58
4.2. Kotoran Burung Puyuh sebagai Bahan Organik..... 60
4.3. Bentuk Karbon Anorganik 69
4.4. Bentuk Karbon yang dapat Diambil Oleh Alga..... 73
4.5. Rasio C:N:P untuk Alga 81
4.6. Bahan Diskusi 83
4.7. Bacaan/Rujukan Pengayaan..... 84
4.8. Latihan soal-soal 86

Bab V KESUBURAN KIMIA TANAH TERGENANG 87
Tujuan Umum 87
Tinjauan Khusus 87
5.1. Pengaruh Pengenangan Pada Tanah 87
5.2. Pengenangan Tanah dan Akumulasi Bahan Organik 95
5.3. Bahan Diskusi 97
5.4. Bacaan/Rujukan Pengayaan..... 98
5.5. Latihan soal-soal 98

GLOSARIUM 100
INDEKS 108

DAFTAR TABEL

1. Kumpulan Karbon dilingkungan Secara Global..... 4

2. Beberapa Atribut Disiko Kimia Dari karbondioksida dan Jenis karbon anorganik lain yang relevan untuk fotosintesis dan perolehan karbon bagi akuatik fotoautotrof. Tabel ini diadobsi dari Reven (1997) yang memuat nilai dari Johnson (1982), Goyet, dan Poisson (1989), Kigosi dan Hashitani (1963) dan Skirrow (1975) *cit* Bjorn Rost, 2003..... 22

3. Contoh kesetimbangan fraksionasi dan fraksionasi kinetik untuk proses yang dikembangkan dalam asimilasi karbon anorganik dari material fitoplankton. Nilai frasionasi yang berlebih menunjukan satu indikasi akumulasi pada sisi kanan dari persamaan. Jika tidak ditetapkan sebaliknya, menunjukan CO_2 terlarut CO_2(aq), $C0_2$(g) bergantung ada molekul karbondioksida dalam fase gas. Nilai akin ditunjukan pada ~25^{0}C. tabel ini dimodifikasi menurut Raven (1997) 28

4. Kandungan inisial 0,5 M K_2SO_4 pengektrak N anorganik mineralisasi N bersih dan penyususan ΣCO_2 yang dikumpulkan dua kali siklus pembasahan kembali dan pengeringan (0-9 hari, 10-18 hari) pada perlakuan inkubasi 23^{0}C [dengna tingkat kepercayaan HSD yang berbeda (Tukey/Kramer P<0,05, N=5)]..... 65

5. Tipe konsentrasi ion utama (Mg l^{-1}) pada air laut, payau dan tawar 66

6. Kelarautan CO2 didalam air pada suhu yang berbeda (pada tekanan atmosfir 760 mm Hg 67

7. Konsentrasi elemen dalam air laut dan fitoplankton (mg l^{-1}) pada perairan..... 68

8. Kelarutan karbon dioksida (mg/l) dalam air dengan temperatur dan salinitas berbeda dengan tekanan atmosfer 760 mm Hg.. 69

9. Hubungan antara pH dan pendekatan relatif persentase dari DIC, yang mendasari kesetimbangan reaksi antara karbon dioksida terlarut (CO_2), bikarbonat (HCO_3^-), karbonat (CO_3^{2-}) pada suhu 25 ^oC (lihat juga persamaan 13 – 15) 73

10. Identifikasi bentuk perbedaan DIC yang dihubungkan dengan total alkalinitas dan bentuk-bentuk karbon anorganik secara umum yang tersedia untuk diambil oleh alga. Ada tiga bentuk DIC yaitu (CO_2), bikarbonat (HCO_3^-), dan karbonat (CO_3^{2-}).. 74

11. Potensial oksidasi-reduksi yang ditemukan pada tanah sawah dengan kisaran dari terdrainasi baik sampai kondisi tergenang 89

12. Potensial redoks senyawa-senyawa utama yang dioksidasi pada tanah tergenang sehingga menjadi tidak stabil..... 89

13. Korelasi antara EC larutan tanah dari 15 tanah afrika barat yang digenangi dan konsentrasi elemen nutrien penting dalam larutan tanah pada 4 minggu setelah penggenangan tingkat probabilitas signifikan ditunjukan dalam (P). 93

14. Distribusi 15 tanah Afrika Barat merujuk pada elemet konsentrasi makro dan mikronutrein dalam laran tanah pada 4 minggu penggenangan, dan dihubungkan dengan EC larutan tanah, C organik dan EDTA pengekstrak besi (EDTA-Fe), Sahrawat dab Narteh (2002) distribusi 15 tanah Afrika Barat merujuk pada elemet konsentrasi makro dan mikronutrien dalam larutan tanah pada 4 minggu penggenangan, dan dihubungkan dengan EC larutan tanah, C organik dan EDTA pengekstrak besi (EDTA-Fe), Sahrawat dan Narteh 95

15. Perubahan bahan anorganik dan kehadiran nutrien untuk tanaman (Klekap) dalam tanah dibawah kondisi tergenang air 96

DAFTAR GAMBAR

1. Diagram siklus karbon. Angka yang hitam (dicetak tebal) menunjukan besaran karbon tersimpan dalam berbagai reservoir, dalam milyaran ton ("GtC" singkatan untuk *Giga Tons of Carbon*). Angka yang abu-abu (dicetak samar) menunjukan besaran karbon yang berpindah antara reservoir setiap tahun.. 7

2. Diagram skematik pemompaan karbon secara biologi (dimodifikasi menurut Heinze *et al*., 1991 *cit* Bjorn, 2003): produksi fotosintetik POC pada lapisan permukaan dan selanjutnya diantar ke perairan laut dalam untuk menenggelamkan (sink) CO_2 . Secara nyata, produksi $CaCO_3$ dan CO_2 diangkut dari kedalaman untuk dilepaskan ke lapisan permukaan. Sebagai penyetaraannya POC dan $CaCO_3$, DIC dan alkalinitas yang diangkut dari lapisan paling dalam ke permukaan melalui upwelling dan pengadukan. 8

3. pH air laut dan konsentrasi karbon dioksida terlarut (CO_2) dan ion karbonat (CO_3^{2-}) pada lapisan permukaan laut diasumsikan suatu skenario ”sebagai perusahaan biasa” (IS92a) yang membuang CO_2 anthropogenic). Garis putus-putus mewakili dugaan perubahan kimia karbonat jika CO_2 diemisikan berkurang, merujuk pada Protokol Kyoto (dimodifikasi menurut Wolf-Gladrow *et al*., 1999 *cit* Bjorn, 2003)..... 11

4. Pemompaan karbon secara biologi: pengikatan karbon dalam fotosintesis di lapisan permukaan hingga terjadi fluk bahan organik ke dalam, selanjutnya pemompaan karbon organik, yang secara umum menyebabkan CO_2 sink ke laut. Dalam kenyataannya, produksi kalsium

karbonat dan pengangkutannya ke laut dalam, bergantung pada pemompaan kalsium karbonat, pelepasan CO_2 ke lapisan permukaan. Kekuatan yang terjadi pada kedua proses yang besar ini relatif ditentukan secara biologi - laut hanya menengahi perubahan CO_2 di atmosfer (Riebesell *et al*., ?). 15

5. Proporsi relatif jenis karbon anorganik CO_2, HCO_3^- dan CO_3^{2-} air laut sebagai fungsi pH (15°C, S=35). Pada pH air laut 8,2, jenis yang utama adalah HCO_3^- (Bjorn, 2003)..... 24

6. Kyllaren fjord, Norway, saat musim salju 2003 dan pengambilan sample organik karbon di perairan (Breugel *et al*., ?). 34

7. Alur pengikatan karbon dengan fotosintesis..... 39

8. Perbandingan pengikatan CO_2 antara RubisCO dan sel mikroalga. Separuh konstanta kejenuhan nyata untuk pengikatan CO_2 fotosintetik secara umum lebih rendah daripada yang diharapkan dari separuh konstanta kejenuhan (K_M) RubisCO secara sendiri, sehingga mengindikasikan operasi CCM (Bjorn, 2003)..... 42

9. Model dengan elemen-elemen potensial dari mikroalga CCM (dimodifikasi oleh Sultemeyer 1998): ekstrasellular CA menjaga kesetimbangan antara CO_2 dan HCO_3^- melalui aktivitas pemompaan ke dalam sel. Dalam sitoplasma CA intraselluler mempercepat kesetimbangan antara CO_2 dan HCO_3^-. Kedua jenis karbon kemudian mengaktifkan pemompaan ke dalam kloroplas, sehingga CO_2 selanjutnya diikat oleh RubisCO ke dalam phosphoglycerat (PGA). Garis panah putus-putus

menunjukan difusi mengambilan dan pelepasan CO_2 melalui karbon anorganik yang ke luar (Bjorn, 2003). 44

10. Model transpor aktif karbon anorganik terlarut (DIC) pada sel alga 45

11. Peningkatan konsentrasi DIC dengan terjadinya penurunan kandungan ^{13}C ($\delta^{13}C$) secara bersamaan yang mengindikasikan akumulasi turunan yang kedua 'second-hand' DIC dari remineralisasi materi sel (POC) di dalam lapisan air pada Kyllaren fjord, sebagai mana yang digambarkan oleh model pada sisi kanan. Isorenieratene adalah senyawa carotenoid yang hanya ditemukan pada bakteri sulfur hijau yang hidup mendekati perairan ke karbonik anhidrase karbonik anhidrase amoklin anaerob (Breugel *et al.*, ?). 46

12. Pengaruh potensial peningkatan CO_2 pada fitoplankton: A. Perbedaan sensitifitas CO_2 antar fitoplankton pada kelompok taksonomi, CO_2 naik sehingga mempengaruhi komposisi fitoplankton dan mengalami suksesi. Suatu kemungkinan konsekuensi yang dapat menggantikan kontribusi dari total produktifitas primer adalah pengerasan fitoplankton akibat pengapuran (*calcifying*). B. Naiknya CO_2 menurunkan rasio kalsifikasi pada produksi karbon organik terhadap dua jenis coccolithophore (Riebesell *et al.*, 2000). Catatan bahwa penurunan rasio ini disebabkan oleh keduanya yaitu berkurangnya kalsifikasi dan meningkatnya produksi C_{org}. A dan B adalah pengaruh yang berlawanan pada rasio kalsifikasi dalam produksi bahan organik (Riebesell *et al.*, ?). 49

13. Alur secara umum untuk perincian kotoran hewan (oleh Merkel 1981; setelah dimodifikasi *cit* Volthof *et al.*, 2000). 60
14. Laju evolusi CO_2 dari tanah dengan 4 perlakuan (garis dengan noktah bulat kosong =pupuk segar, garis dengan noktah segitiga berisi=pupuk belum matang, garis dengan noktah segitiga kosong= pupuk matang, garis dengan noktah bulat berisi=kontrol) selama dua siklus pembasahan kembali dan pengeringan (0-9 hari, 10-18 hari) diinkubasi pada perlakuan suhu 23°C. Bar mengindikasikan rata-rata standar error (Wicher *et al*., 2004). 63

15. Tipe kurva hasil (24 jam) dari total karbon anorganik terlarut (DIC), ammonia-N, alkalinitas, pH, dan oksiegn terlarut (DO) yang diproduksi dalam kolam (Christopher, 1998). 76

BIOGRAFI PENULIS

Saberina Hasibuan. Penulis dilahirkan di Pekanbaru, 9 September 1969 dari pasangan bapak Banggor Hasibuan dan ibu Deli Erna Siregar. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD N 48 Pekanbaru pada tahun 1982, tahun 1985 penulis menyelesaikan pendidikan di SMP N 4 Pekanbaru, dan tahun 1988 lulus SMA N 8 Pekanbaru. Awal tahun 1988 penulis diterima di Universitas Riau dan lulus tahun 1993 dengan menumpuh program studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Tahun 1994 penulis diterima sebagai calon Pegawai Negeri Sipil Staf Pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Riau melalui jalur Beasiswa Tunjangan Ikatan Dinas dan tahun 1995 dipindahkan ke Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan di universitas yang sama. Tahun 1996 penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan S2 di Institut Teknologi Bandung pada Fakultas Teknik Lingkungan dengan Jurusan Teknologi Pengelolaan Lingkungan dan selesai pada tahun 1998 dengan dana BPPS-DIKTI. Penulis juga mengambil pendidikan non formal AA/Pekerti tahun 2000. Kecintaan penulis terhadap ilmu lingkungan budidaya perikanan diperdalam dengan mengambil S3 di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2005 pada program studi Ilmu Tanah dengan tema penelitian doktor: Rekayasa Tanah Dasar Kolam Inceptisol melalui Penambahan Ultisol dan Vertisol untuk Meningkatkan Pertumbuhan Alga Dasar Pakan Larva Nila Merah (*Oreochromis* sp.) dengan beasiswa dari PT. Chevron Fasific Indonesia serta selesai pada tahun 2011. Penulis saat ini aktif mengajar mata kuliah Manajemen Kualitas Air, Toksikologi Akuakultur dan Pengelolaan Kualitas Tanah Kolam. Selain mengajar penulis juga aktif meneliti dan dipublikasikan di berbagai jurnal. Penulis pernah mendapatkan berbagai macam dana penelitian secara kompetitif yaitu Dana penelitian dari Universitas Riau (DIPA UR) pada tahun 1995, dari tahun 1998-2003, Dana Penelitian dari Pemerintah Daerah Prov. Riau tahun 2004, dan Dana DIPA DIKTI untuk penelitian Hibah Pascasarjana tahun 2008, Hibah Doktor tahun 2009 dan Penelitian Fundamental tahun 2013. Penulis juga menjadi Anggota Profesi yaitu Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), dan Himpunan Gambut Indonesia. Pengalaman penulis dalam menyusun buku ajar diantaranya Prinsip Dasar Pengelolaan Kualitas Air dan diterbitkan oleh CV. Mina Mandiri tahun 2005.

Penerbit :
Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau
Gedung Rektorat Unri Lt.1 Kampus Bina widya
Simpang Baru, Pekanbaru 28293 Riau, Indonesia
Phone/Fax: +62761 567052
E-mail: puslitbang99@unri.ac.id
www.rsedc.unri.ac.id

ISBN 978-602-9066-34-0