

BAB 4

SIKLUS BIOGEOKIMIA

Kompetensi Dasar:

Menjelaskan siklus karbon, nitrogen, oksigen, belerang dan fosfor

A. Definisi Siklus Biogeokimia

Siklus biogeokimia atau yang biasa disebut dengan siklus organik-anorganik adalah siklus unsur-unsur atau senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke komponen biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut sebagai siklus biogeokimia.

Biogeokimia adalah jalan-jalan yang bentuknya melingkar dari unsur-unsur kimia yang melewati unsure-unsur organisme dan lingkungannya. Bio merujuk kepada organisme hidup, geo kepada bebatuan, tanah udara dan air dari bumi, sedangkan kimia adalah komposisi kimia dari bumi dan pertukaran unsure-unsur diantara bahan-bahan dari kerak bumi.

Fungsi Siklus Biogeokimia adalah sebagai siklus materi yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun komponen abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi dapat terjaga.

B. Siklus Nitrogen

Pada umumnya makhluk hidup tidak dapat mengambil langsung nitrogen yang ada di udara. Tapi nitrogen dapat diambil pada proses fiksasi nitrogen oleh bakteri *Azotobacter* dan *Rhizobium*.

Nitritasi: proses pengubahan amonia menjadi ion nitrit oleh *Nitromonas* dan *Nitrococcus*. **Nitratasi:** proses pengubahan nitrit menjadi nitrat oleh *Nitrobacter*

Denitrifikasi: proses pemecahan senyawa HNO_3 menjadi gas N_2 oleh *Pseudomonas denitrificans* dan *Thiobacillus denitrificans*

Di alam, Nitrogen terdapat dalam bentuk senyawa organik seperti urea, protein, dan asam nukleat atau sebagai senyawa anorganik seperti ammonia, nitrit, dan nitrat.

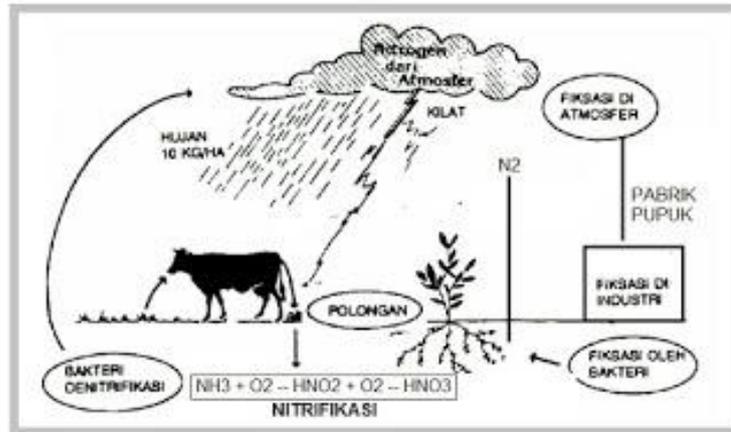
Gas nitrogen ikatannya stabil dan sulit bereaksi, sehingga tidak bisa dimanfaatkan secara langsung oleh makhluk hidup. Nitrogen dalam tubuh makhluk hidup merupakan komponen penyusun asam amino yang akan membentuk protein. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat atau petir membentuk nitrat (NO).

Tumbuhan menyerap nitrogen dalam bentuk nitrit ataupun nitrat dari dalam tanah untuk menyusun protein dalam tubuhnya. Ketika tumbuhan dimakan oleh herbivora, nitrogen yang ada akan berpindah ke tubuh hewan tersebut bersama makanan. Ketika tumbuhan dan hewan mati ataupun sisa hasil ekskresi hewan (urine) akan diuraikan oleh dekomposer menjadi amonium dan amonia. Oleh bakteri nitrit (contohnya Nitrosomonas), amonia akan diubah menjadi nitrit, proses ini disebut sebagai nitritasi. Kemudian, nitrit dengan bantuan bakteri nitrat (contohnya Nitrobacter) akan diubah menjadi nitrat, proses ini disebut sebagai proses nitrifikasi.

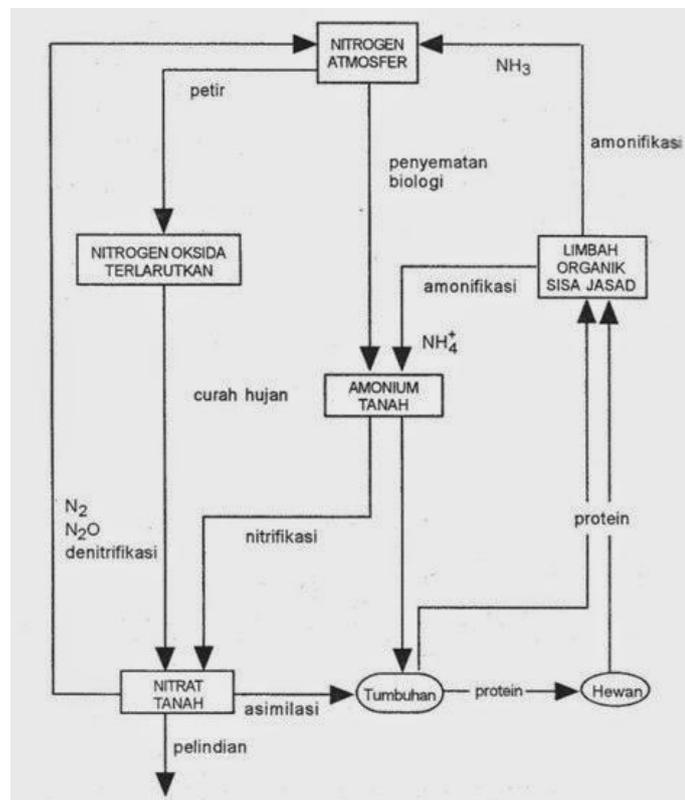
Peristiwa proses perubahan amonia menjadi nitrit dan nitrat dengan bantuan bakteri disebut sebagai proses nitrifikasi. Adapula bakteri yang mampu mengubah nitrit atau nitrat menjadi nitrogen bebas di udara, proses ini disebut sebagai denitrifikasi.

Di negara-negara maju, nitrogen bebas dikumpulkan untuk keperluan industri. Selain karena proses secara alami melalui proses nitrifikasi, penambahan unsur nitrogen di alam dapat juga melalui proses buatan melalui pemupukan.





Gambar 4.1 Siklus Nitrogen



Gambar 4.2 Siklus Nitrogen di Alam

Berdasarkan Gambar 4.2, diketahui bahwa siklus nitrogen yang terjadi di alam terdiri dari beberapa tahap sebelum digunakan oleh tanaman dan akhirnya kembali dilepaskan ke atmosfer. Demikian seterusnya hingga terjadilah sebuah siklus.

Beberapa tahapan dalam siklus nitrogen dapat dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Fiksasi (proses pengikatan nitrogen dari atmosfer)
- 2) Amonifikasi (serangkaian reaksi enzimatik untuk membentuk amonium)
- 3) Nitrifikasi (oksidasi amonium menjadi nitrat)
- 4) Denitrifikasi (reaksi pengubahan kembali senyawa nitrat menjadi gas nitrogen, nitrogen oksida dan gas amoniak oleh aktivitas bakteri)

C. Siklus Karbon dan Oksigen



Gambar 4.2 Siklus karbon dan Oksigen

Sumber karbon di alam adalah CO_2 :

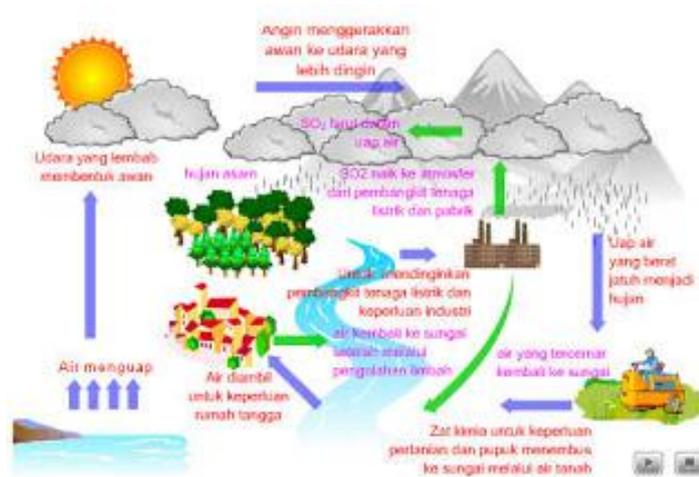
- CO_2 di alam → fotosintesis → tumbuhan mati → karbon tersimpan di dalam fosil
- Makhluk hidup bernapas → mengeluarkan CO_2 dipakai untuk fotosintesis
- Hewan mati → karbon tersimpan di dalam fosil
- Fosil → bahan bakar → CO_2 terlepas kembali ke udara

Proses timbal balik fotosintesis dan respirasi seluler bertanggung jawab atas perubahan dan pergerakan utama karbon. Naik turunnya CO_2 dan O_2 atmosfer secara musiman disebabkan oleh penurunan aktivitas fotosintetik. Dalam skala global kembalinya CO_2 dan O_2 ke atmosfer melalui respirasi hampir menyeimbangkan pengeluarannya melalui fotosintesis.

Akan tetapi pembakaran kayu dan bahan bakar fosil menambahkan lebih banyak lagi CO_2 ke atmosfer. Sebagai akibatnya jumlah CO_2 di atmosfer meningkat. CO_2 dan O_2 atmosfer juga berpindah masuk ke dalam dan ke luar sistem akuatik, dimana CO_2 dan O_2 terlibat dalam suatu keseimbangan dinamis dengan bentuk bahan anorganik lainnya.

D. Siklus Air

Perpindahan air dari darat, laut, sungai, rawa, atmosfer, dan antara organisme dengan lingkungan.



Gambar 4.3 Siklus Air

Tahapan:

- Air dari permukaan bumi akan menguap (evaporasi)
- Di udara, air tersebut akan menjadi awan dan mengalami kondensasi
- Terjadi hujan, air turun kembali ke permukaan bumi

Air di atmosfer berada dalam bentuk uap air. Uap air berasal dari air di daratan dan laut yang menguap karena panas cahaya matahari. Sebagian besar uap air di atmosfer berasal dari laut karena laut mencapai tigaperempat luas permukaan bumi. Uap air di atmosfer terkondensasi menjadi awan yang turun ke daratan dan laut dalam bentuk hujan. Air hujan di daratan masuk ke dalam tanah membentuk air permukaan tanah dan air tanah.

Tumbuhan darat menyerap air yang ada di dalam tanah. Dalam tubuh tumbuhan air mengalir melalui suatu pembuluh. Kemudian melalui tranpirasi uap air dilepaskan oleh tumbuhan ke atmosfer. Tranpirasi oleh tumbuhan mencakup 90% penguapan pada ekosistem darat.

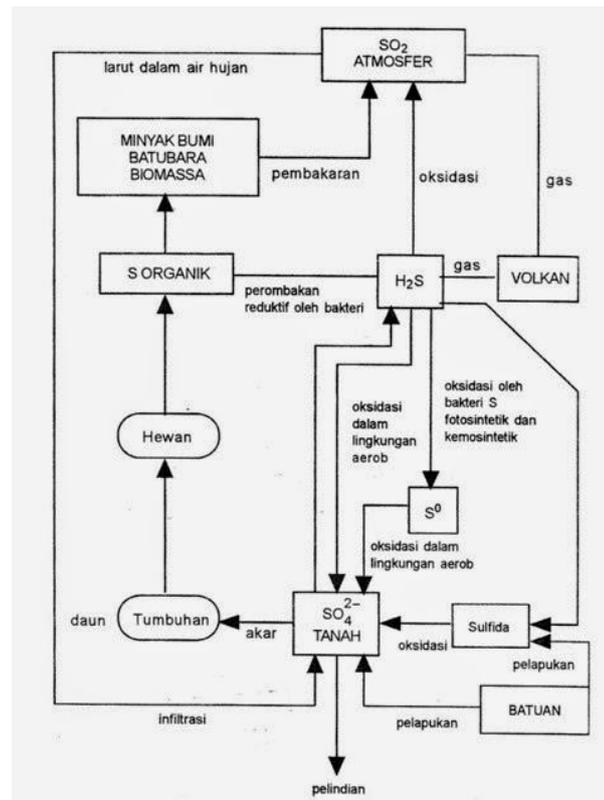
Hewan memperoleh air langsung dari air permukaan serta dari tumbuhan dan hewan yang dimakan, sedangkan manusia menggunakan sekitar seperempat air tanah. Sebagian air keluar dari tubuh hewan dan manusia sebagai urin dan keringat.

Air tanah dan air permukaan sebagian mengalir ke sungai, kemudian ke danau dan ke laut. Siklus ini di sebut Siklus Panjang. Sedangkan siklus yang dimulai dengan proses Transpirasi dan Evapotranspirasi dari air yang terdapat di permukaan bumi, lalu diikuti oleh Presipitasi atau turunnya air ke permukaan bumi disebut Siklus Pendek.

E. Siklus Belerang (sulfur)

Kelimpahan sulfur dalam kerak bumi mencapai 0,06%. Sumber utama-utama sulfur tanah adalah dulfida-sulfida logam yang dikandung batu plutonik. Batuan plutonik adalah batuan yang menghasilkan sulfat yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam sulfat dapat larut dan tidak larut di daerah kering atau agak kering, diserap jasad renik atau direduksi oleh jasad renik membentuk sulfida atau anasir S atau terlindi dan tercuci menuju lautan.

Siklus belerang dalam lingkungan hidup, sama rumitnya dengan siklus nitrogen. Unsur belerang ini banyak terdapat dalam bentuk oksidanya serta dalam bentuk sulfidanya. Unsur belerang yang diperlukan oleh tumbuh-tumbuhan adalah dalam bentuk senyawa sulfatnya. Unsur ini lebih banyak terdapat di dalam tanah daripada di atmosfer, sedangkan unsur nitrogen lebih banyak terdapat di atmosfer daripada di dalam tanah. Unsur belerang yang terdapat di dalam tanah diubah oleh bakteri menjadi bentuk sulfat yang larut dalam air kemudian digunakan oleh tumbuh-tumbuhan untuk proses pertumbuhannya.



Gambar 2. Siklus Sulfur di Alam

Belerang dalam tubuh organisme merupakan unsur penyusun protein. Di alam, sulfur (belerang) terkandung dalam tanah dalam bentuk mineral tanah dan di udara dalam bentuk SO_2 atau gas sulfur dioksida. Ketika gas sulfur dioksida yang berada di udara bersenyawa dengan oksigen dan air, akan membentuk asam sulfat yang ketika jatuh ke tanah akan menjadi bentuk ion-ion sulfat (SO_4^{2-}). Kemudian ion-ion sulfat tadi akan diserap oleh tumbuhan untuk menyusun protein dalam tubuhnya. Ketika manusia atau hewan memakan tumbuhan, maka akan terjadi perpindahan unsur belerang dari tumbuhan ke tubuh hewan atau manusia.

Ketika hewan atau tumbuhan mati, jasadnya akan diuraikan oleh bakteri dan jamur pengurai dan menghasilkan bau busuk, yaitu gas hidrogen sulfida (H_2S) yang akan dilepas ke udara dan sebagian tetap ada di dalam tanah. Gas hidrogen sulfida yang ada di udara akan bersenyawa dengan oksigen membentuk sulfur oksida, dan yang di tanah oleh bakteri tanah akan diubah menjadi ion sulfat dan senyawa sulfur oksida yang nanti akan diserap kembali oleh tumbuhan.



Gambar 4.5 Siklus Belerang (Sulfur)

Sulfur → fotosintesis → hewan → protein

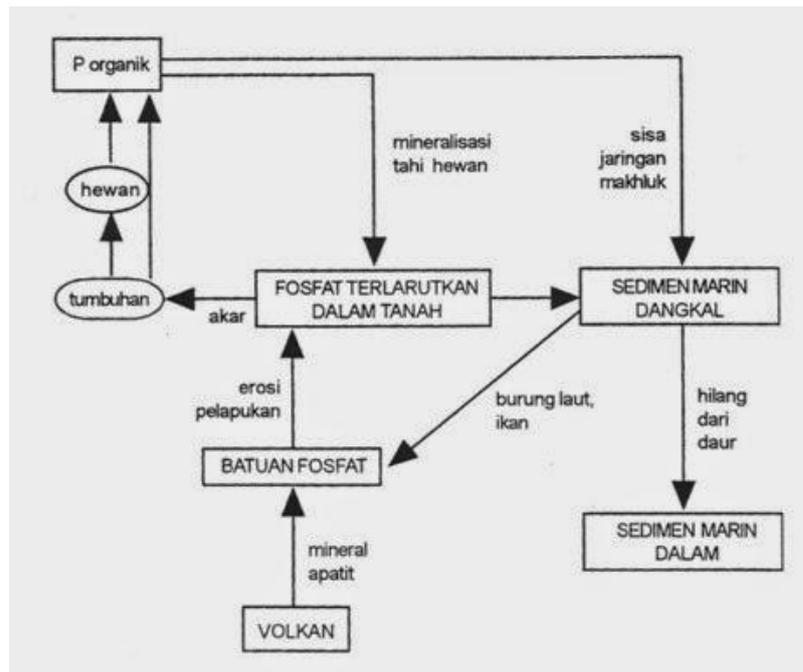
Sulfur mengalir ke laut atau terurai menjadi gas H_2S dan SO_2 → hujan

F. Siklus Fosfor

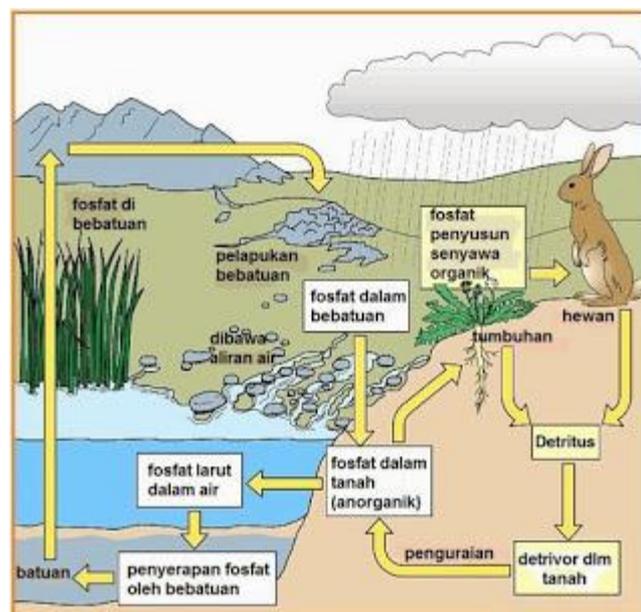
Siklus fosfor dalam lingkungan hidup relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan siklus bahan-bahan kimia yang lain, tetapi siklus fosfor ini mempunyai peranan yang sangat penting sebagai pembawa energi dalam bentuk ATP (Adenosin Triphospat).

Siklus unsur ini adalah perputaran bahan kimia yang menghasilkan endapan seperti halnya siklus kalsium. Sebagian besar fosfor terdapat dalam batuan beku dan bahan induk tanah sebagai senyawa apatit. fluoroapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) merupakan salah satu mineral apatit yang dikenal. Dalam lingkungan tidak ditemukan senyawa fosfor yang berbentuk gas, pada umumnya unsur fosfor yang terdapat di lingkungan berupa partikel-partikel padat.

Di alam, unsur fosfor banyak terdapat dalam bentuk HPO_4^{2-} atau HPO_4^- , baik sebagai ion anorganik maupun organik yang larut serta yang tidak larut.



Gambar 3. Siklus Fosfor di Alam



Gambar 4.6 Siklus Fosfor

- Sangat dibutuhkan untuk membentuk asam nukleat, protein, ATP
- Fosfor tidak mengalami fase gas

- Batuan yang mengandung fosfat → pelapukan → fosfat terbawa ke laut → terbentuk sedimen
- Bakteri dan jamur → mengurai materi anorganik di tanah → fosfor → dipakai tumbuhan
- Fosfat di tanah → digunakan tumbuhan → dimakan herbivor → dimakan karnivor → fosfat keluar melalui urin dan feses.

Posfor merupakan elemen penting dalam kehidupan karena semua makhluk hidup membutuhkan posfor dalam bentuk ATP (Adenosin Tri Fosfat), sebagai sumber energi untuk metabolisme sel.

Posfor terdapat di alam dalam bentuk ion fosfat (PO_4^{3-}). Ion Fosfat terdapat dalam bebatuan. Adanya peristiwa erosi dan pelapukan menyebabkan fosfat terbawa menuju sungai hingga laut membentuk sedimen. Adanya pergerakan dasar bumi menyebabkan sedimen yang mengandung fosfat muncul ke permukaan. Di darat tumbuhan mengambil fosfat yang terlarut dalam air tanah

Herbivora mendapatkan fosfat dari tumbuhan yang dimakannya dan karnivora mendapatkan fosfat dari herbivora yang dimakannya. Seluruh hewan mengeluarkan fosfat melalui urin dan feses.

Bakteri dan jamur mengurai bahan-bahan anorganik di dalam tanah lalu melepaskan pospor kemudian diambil oleh tumbuhan.