

BIOTEKNOLOGI
FUNGI PELARUT FOSFAT
(Phosphate-Solubilizing Fungi)

Hanna Artuti

Fosfor (P)

- Fosfor merupakan unsur hara makro esensial untuk pertumbuhan tanaman setelah N dan merupakan faktor pembatas dalam produksi tanaman.
- Kandungan P tersedia tanah yang rendah di daerah tropik dan sub tropik berhubungan dengan:
 - ✓ bahan induk tanah dan telah lanjutnya pelapukan tanah
 - ✓ kapasitas fiksasi P yang tinggi pada tanah menyebabkan P tersedia tanah menjadi rendah.

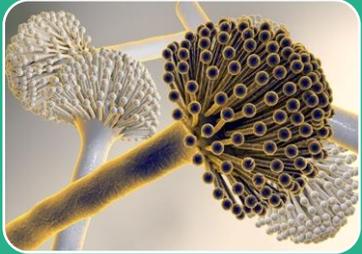
Bentuk-bentuk P di dalam tanah

- Di dalam tanah P berada dalam bentuk P-anorganik dan P-organik.
- Bentuk **P-anorganik** dalam tanah umumnya berasal dari pelapukan mineral primer, pemupukan dan mineralisasi P-organik.
- Bentuk **P-organik** berada dalam bentuk senyawa organik kompleks yang berasal dari sisa tanaman, hewan dan organisme tanah. Bentuk ini terdapat sebagai senyawa ester seperti inositol fosfat, fosfolipida, asam nukleat, nukleotida dan gula-gula fosfat, yang menyumbang 30-50% P-total tanah.

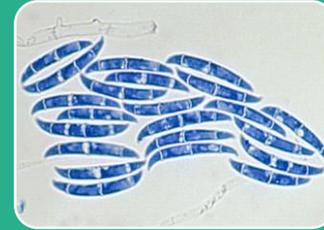
Senyawa Fosfat Tanah

- Fosfat sebenarnya terdapat dalam jumlah yang melimpah dalam tanah, namun sekitar 95-99% terdapat dalam bentuk fosfat tidak larut sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman.
- Pada tanah-tanah masam, fosfat bersenyawa dalam bentuk-bentuk Al-P, Fe-P, dan occluded-P, sedangkan pada tanah-tanah basa (alkali), fosfat bersenyawa dengan kalsium (Ca) sebagai Ca-P yang sukar larut.
- Upaya meningkatkan ketersediaan P dapat dilakukan dengan penggunaan mikrob tanah, seperti bakteri, fungi dan streptomyces yang diketahui mempunyai kemampuan melarutkan P.

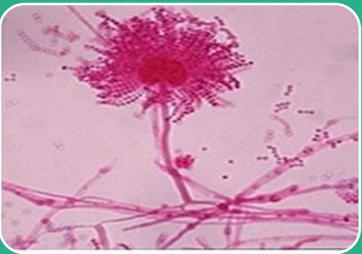
Jenis-jenis Fungi Pelatut Fosfat (FPF)



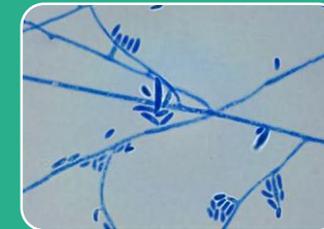
Aspergillus niger



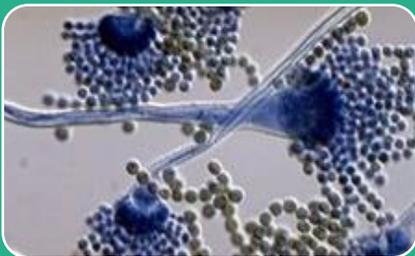
Fusarium solani



A. candidus



F. oxysporum



A. flavus



Verticillium albo-atrum

Ketersediaan P bagi tanaman

P-anorganik tak larut
(Al-P, Fe-P, Mg-P, Ca-P)



Solubilisasi



Proses kimiawi
(asam² organik)



Ortofosfat (PO_4^{3-})

P-organik (humus &
jaringan mikrob)



Mineralisasi



Proses enzimatik
(fosfatase)



ion fosfat (HPO_4^{2-}
atau H_2PO_4^-)

Solubilisasi P-anorganik tak larut

- P-anorganik tak larut dalam bentuk aluminium (Al-), besi (Fe-), kalsium (Ca-) dan magnesium (Mg-) fosfat.
- Akar tanaman dan mikrob tanah dapat memacu pelarutan senyawa fosfat melalui pelepasan karbon dioksida dan asam-asam organik ke larutan tanah.
- Asam karbonat dapat merangsang pelarutan senyawa kalsium dan magnesium fosfat.

Solubilisasi P-anorganik tak larut

- Kemasaman yang dihasilkan oleh bakteri nitrifikasi dan bakteri pelarut sulfur merangsang pelarutan garam-garam fosfat yang tidak larut.
- Berbagai jenis asam-asam organik yang dihasilkan oleh mikrob dan tanaman dapat berperan sebagai agens pengkhelat (*chelating agents*) yang melarutkan aluminium, besi, kalsium dan magnesium fosfat, sehingga menghasilkan ortofosfat yang dilepaskan ke dalam larutan tanah

Mekanisme Pelarutan Fosfat

- FPF di dalam aktivitasnya membebaskan sejumlah asam-asam organik (asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, gioksalat, malat, fumarat, tartarat, α -ketobutirat, 2-ketoglutarat).
- Asam sitrat dan asam oksalat dihasilkan dalam jumlah besar pada medium pertumbuhan FPF.
- Meningkatnya asam-asam organik biasanya diikuti dengan penurunan pH yang tajam, sehingga diikuti dengan pelarutan P dari sumber-sumber yang sukar larut.
- Oleh karena penurunan pH, maka kecenderungan Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , dan Al^{2+} yang membentuk kelat dengan asam-asam organik akan membebaskan P menjadi ion fosfat.

Mekanisme Pelarutan Fosfat

- Reaksi yang terjadi selama proses pelarutan P dari bentuk tak tersedia adalah reaksi khelasi antara ion logam dalam mineral tanah dengan asam-asam organik.
- Khelasi adalah reaksi keseimbangan antara ion logam dengan agen pengikat (asam organik), yang dicirikan dengan terbentuknya lebih dari satu ikatan antara logam tersebut dengan molekul agen pengikat, yang menyebabkan terbentuknya struktur cincin yang mengelilingi logam tersebut.

Mekanisme Pelarutan Fosfat

- Mekanisme pengikatan Al^{+++} dan Fe^{++} oleh gugus fungsi dari komponen organik adalah karena adanya satu gugus karboksil dan satu gugus fenolik, atau dua gugus karboksil yang berdekatan bereaksi dengan ion logam.
- Percobaan Kpombekou & Tabatabai (1994) menunjukkan bahwa besarnya P yang terlarut memiliki korelasi dengan Ca dan Mg yang dilepaskan. Hal ini membuktikan bahwa P tersebut semula terikat oleh Ca dan Mg.

Mekanisme Pelarutan Fosfat

- Urutan kemampuan asam organik dalam melarutkan fosfat adalah: asam sitrat > asam oksalat = asam tartrat = asam malat > asam laktat = asam format = asam asetat.
- Asam organik yang membentuk kompleks yang lebih mantap dengan kation logam akan lebih efektif dalam melepas Ca, Al dan Fe mineral tanah sehingga akan melepas P yang lebih besar.
- Asam aromatik dapat melepas P lebih besar dibandingkan asam alifatik.
- Kemudahan fosfat terlepas mengikuti urutan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 > \text{AlPO}_4 > \text{FePO}_4$.

Faktor-faktor yang Memengaruhi Mineralisasi P-organik

- Faktor-faktor yang memengaruhi proses mineralisasi P di dalam tanah adalah temperatur, kelembapan, aerasi, pH tanah dan bahan organik.
- Aerasi tanah yang baik dengan kelembapan yang cukup serta temperatur tanah (30-40°C) menentukan jenis dan aktivitas mikrob tanah, selanjutnya dapat menentukan produk akhir dari proses metabolisme mikrob yang bersangkutan.
- Pada kebanyakan tanah, P-organik total sangat berkorelasi dengan C-organik tanah, sehingga mineralisasi P meningkat dengan meningkatnya C-organik.

Faktor-faktor yang Memengaruhi Kecepatan Mineralisasi P-organik

Kecepatan pelarutan P dari mineral P oleh asam organik ditentukan oleh:

- (1) kecepatan difusi asam organik dari larutan tanah,
- (2) waktu kontak antara asam organik dan permukaan mineral,
- (3) tingkat dissosiasi asam organik,
- (4) tipe dan letak gugus fungsi asam organik,
- (5) affinitas kimia agen pengkhelet terhadap logam dan
- (6) kadar asam organik dalam larutan tanah

Habitat Fungi Pelarut Fosfat

- Salah satu kelompok mikrob tanah yang dapat memineralisasi (melarutkan) fosfat organik yang tak dapat diserap tanaman menjadi fosfat anorganik yang larut sehingga dapat diserap tanaman adalah fungi pelarut fosfat (FPF).
- Habitat FPF sebagian besar di rizosfer (80% dari 219 isolat FPF), di *rhizoplane* atau permukaan akar tanaman (20% dari 219 isolat FPF), dan nonrizosfer.
- Tanah lateritik, aluvial, dan lempung lebih banyak mengandung FPF daripada tanah pasir. Perbedaan jumlah FPF di dalam tanah berhubungan dengan kandungan bahan organik tanah.

TERIMA KASIH