

**PEMBERIAN KALIUM PADA PERLAKUAN CEKAMAN LENGAS :  
PENGARUHNYA TERHADAP PERUBAHAN ULTRASTRUKTUR BINTIL AKAR  
TANAMAN CLOVER PUTIH (*Trifolium repens* L.)<sup>1)</sup>**

(The Application of Potassium in Water Stress Treatments: Its Effect on The Ultrastructural Change of Root Nodule in White Clover (*Trifolium repens* L.))

Djoko Muljanto<sup>2)</sup>

**ABSTRACT**

Experiments conducted under controlled conditions on white clover (*Trifolium repens* L.) were intended to study the effect of water stress on the histological structures of root nodules and its restoration capacity, and to know the role of potassium in reducing the effect of water stress.

The experiments were done under a rhizotron and a hydroponical culture in growth chamber. During the period of plant growth, the water content of soil in rhizotron was maintained at 80 % of field capacity. Water stress was then induced by withholding the water supply and maintaining the soil water content at different level of field capacity (20, 40, 80 %). As a control used under saturated water. After 7 days of deficit conditions, all of the treated plants were rehydrated to 80 % of field capacity. The other experiment was conducted under potential osmotic resulted from polyethylene glycole (0 and 20 % W/V PEG 6000). The mineral nutrition in the form of potassium chloride was also added at the rate of 0.005 and 5.0 mM KCl.

Results of the experiment showed that water stress induced the changes in the histological structures of root nodules of white clover, i.e.: increasing the senescence and degeneration of bacteroids, and also resulted in accumulation of polysaccharide content in bacteroid fixatrice region. However, the polysaccharide content in the senescence region was reduced. Application of potassium could stabilize the water economy that beneficial in maintaining the N fixation and minimize the degeneration of bacteroids in bacteroid fixatrice region. After rehumidification, the nodules were able to improve considerably their structures. Restoration of the function of new bacteroid fixatrice was observed.

Key words : White clover (*Trifolium repens* L.), hydroponical cultrue, rhizotrons, water stress, potassium, ultrastructure, polysaccharides, PAS.

**INTISARI**

Penelitian dilakukan di ruangan dengan faktor lingkungan terkendali (Ecotron), yang bertujuan untuk meneliti pengaruh cekaman lengas terhadap ultrastruktur bintil akar tanaman clover putih (*Trifolium repens* L.), dan kemampuan merestorasi setelah diairi kembali, serta untuk mengetahui peranan kalium dalam membatasi pengaruh cekaman lengas rendah terhadap tanaman.

Penelitian ini menggunakan tanah dalam rhizotron dan dengan media hidroponik. Selama pertumbuhan tanaman awal, kandungan lengas tanah dipertahankan sampai 80 persen kapasitas lapangan. Perlakuan kandungan lengas tanah yang berbeda dengan cara menghentikan pengairan, dan kemudian kandungan lengas tanah tersebut dipertahankan dengan berbagai aras yaitu 20, 40, 60 dan 80 persen kapasitas lapangan. Sebagai kontrol digunakan tanaman yang diairi setiap hari dengan kondisi jenuh air. Setelah tanaman mengalami cekaman lengas selama satu minggu kemudian seluruh perlakuan diberi pengairan kembali sampai aras 80 persen kapasitas lapangan. Penelitian paralel dengan menggunakan media hidroponik. Cekaman lengas terjadi sebagai akibat cekaman osmotik, yaitu dengan cara memberikan larutan polyethelene glycole (konsentrasi larutan 0 dan 20% w/v PEG 6000) ke dalam larutan makanan. Hara mineral kalium ditambahkan kedalam larutan makanan WCH dengan konsentrasi 0,005 dan 5,0 mM KCl.

<sup>1)</sup> Sebagian thesis Doktor dalam bidang Agronomi di INPL Perancis

<sup>2)</sup> Dosen Fakultas Pertanian UGM



Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan cekaman lengas rendah akan menyebabkan perubahan ultrastruktur bintil akar tanaman clover putih yaitu akan mempercepat terjadinya penuaan jaringan bintil akar dan terjadi degenerasi dari sel-sel bakteroid, serta terjadi akumulasi kandungan polisakarida pada daerah penyematan N<sub>2</sub> udara. Sebaliknya, pada daerah pangkal dari bintil akar terjadi pengurangan kandungan polisakarida. Perlakuan hara kalium dapat mengatur ekonomi air dalam bintil akar sehingga memungkinkan berlangsungnya penyematan N<sub>2</sub> udara dan memperkecil degenerasi sel-sel bakteroid pada daerah penyematan N<sub>2</sub>. Setelah dikembalikan ke keadaan normal (diberi pengairan kembali), bintil akar tersebut mampu merestorasi jaringannya kembali.

Kata kunci : Clover putih (*Trifolium repens* L.), media hidroponik, rhizotron, cekaman lengas, kalium, ultrastruktur, polisakarida, PAS.

## PENGANTAR

Penelitian tentang pengaruh lengas tanah di lapangan telah dilakukan banyak peneliti dari laboratorium Ekofisiologi Tanaman INPL Perancis. Guckert *et al.* (1983) menunjukkan bahwa lengas tanah merupakan faktor pembatas terhadap fiksasi N<sub>2</sub> udara oleh bintil akar tanaman clover putih (*Trifolium repens* L.). Penelitian serupa juga telah dilakukan pada tanaman kacang-kacangan lain (kedelai, Davis & Imsade, 1988; Vicia faba, Sprent, 1972) yang menunjukkan bahwa terbatasnya air akan mempengaruhi fiksasi N<sub>2</sub>.

Penelitian serupa dilakukan pada keadaan lingkungan yang terkontrol (Guckert & Laperrier, 1987), fiksasi N<sub>2</sub> optimum dicapai pada lengas tanah 70-80% kapasitas lapangan. Kultivar Ladino menunjukkan lebih toleran terhadap lengas tanah rendah dari pada kultivar Hollandicum (Shamsun Noor *et al.* 1989a).

Unsur hara kalium menyebabkan tanaman clover lebih tahan terhadap kekeringan (Shamsun Noor *et al.*, 1989b) dan cekaman osmotik (Robin *et al.*, 1989).

Terbatasnya informasi mengenai pengaruh cekaman lengas tanah pada tanaman clover, serta daya pemulihan kembali setelah mendapatkan air terhadap perubahan yang terjadi baik ultrastruktur maupun aktivitas enzim nitrogenasenya, perlu adanya penelitian lebih lanjut. Demikian pula dengan pemakaian hara kalium pada peristiwa tersebut di atas. Dengan dasar pertimbangan tersebut, peneliti mengamati perubahan ultrastruktur bintil akar setelah mengalami cekaman transpor asimilat sebagai akibat cekaman lengas rendah. Dari perlakuan yang diberikan kemudian diamati beberapa hal, yaitu : 1. Perubahan berat segar bintil akar; 2. Perubahan struktur jaringan bintil akar dan struktur bakteroid pada zone fiksasi N<sub>2</sub>; 3.

Perubahan kandungan polisakarida dalam jaringan bintil akar, dan 4. Evolusi histologi bintil akar dan perubahan jaringan korteks bintil akar tanaman.

Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari perubahan morfologi dan ultrastruktur bintil akar setelah mengalami cekaman lengas dan setelah diberi air kembali, serta peranan unsur hara kalium dan daya merestorasi setelah ditumbuhkan dalam medium larutan WCH normal.

## BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Bahan Penelitian

Jenis tanaman clover putih yang dipakai adalah HUIA (tipe Hollandicum (Muljanto, 1994), yang ditanam di Ecotron "Laboratoire de l'Ecophysiologie Végétale" INPL, Nancy, Perancis, dengan menggunakan penyinaran 10 lampu merkuri HQI 400 W yang dapat memberikan foton sebesar 300  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{detik}^{-1}$ . Panjang hari 16 jam. Suhu siang hari 22°C dan suhu malam hari 18°C.

### 2. Metoda Penelitian

Penelitian dilakukan dengan dua cara, yaitu di rhizotron (untuk mempelajari pengaruh cekaman lengas tanah), dan di media hidroponik (untuk mempelajari cekaman lengas akibat tekanan osmotik dan peranan unsur hara kalium terhadap bintil akar tanaman).

Penelitian I : Pengaruh lengas tanah terhadap perubahan histologi bintil akar.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan media tanah dalam rhizotron. Sebelum dilakukan pengamatan, lengas tanah dipertahankan



lengas diperoleh dengan cara menghentikan pemberian air untuk memperoleh lengas tanah yang diharapkan (20, 40, 80 persen kapasitas lapangan) dan satu perlakuan dimana rhizotron dalam keadaan jenuh air. Tingkat kandungan air tanah tersebut dipertahankan selama 7 hari atau 14 hari setelah pemberian air dihentikan. Keempat perlakuan kandungan lengas tanah tersebut kemudian diberi air kembali sampai dengan 80 persen kapasitas lapangan.

**Penelitian II : Pengaruh cekaman osmotik dan unsur hara kalium terhadap perubahan histologi bintil akar.**

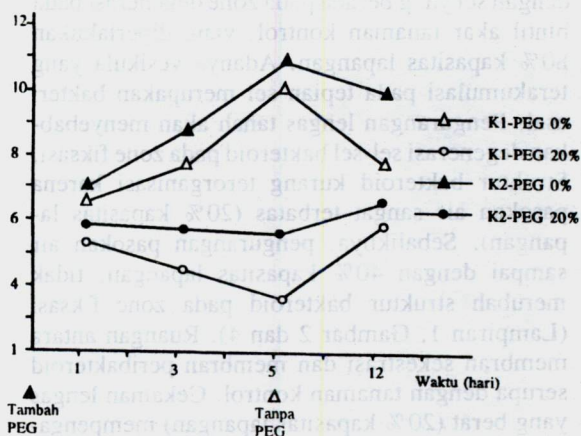
Penelitian ini dilakukan di medium hidropnik untuk mempelajari pengaruh cekaman air yang disebabkan karena cekaman osmotik, dan pemberian unsur hara kalium. Cekaman air diperlakukan setelah tanaman berumur 2 bulan dari persemaian, yaitu dengan menggunakan polyethylene glycole (PEG 6000) pada larutan makanan WCH (Wood *et al.*, 1987). Rehumidifikasi dilakukan dengan cara mengganti larutan hara + PEG dengan larutan hara WCH komposisi normal. Perlakuan PEG sebanyak 2 buah yaitu 0 dan 20% B/V PEG. Perlakuan hara kalium sebanyak 2 buah yaitu 0,005 dan 5,00 mM KCl. Pengambilan sampel tanaman dilakukan pada hari 1, 3, 5 setelah perlakuan PEG dan hara KCl, dan 1 minggu setelah dipindah ke larutan hara WCH dengan komposisi hara mineral yang dianjurkan.

Pengamatan Ultrastruktur Jaringan Bintil Akar; Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan metoda hematoxyline untuk mempelajari sel-sel jaringan bintil akar, dan dengan metoda PAS (Periodic Acid-Schiff Reagent) untuk mempelajari kandungan polisakarida dalam jaringan bintil akar. Mikroskopi Elektronik Transmisi digunakan untuk pengamatan ultrastruktur jaringan bintil akar.

## HASIL

### 1. Peranan Kalium Terhadap Bintil Akar Tanaman

Berat segar bintil akar akan turun sebagai akibat perlakuan *polyethelene glycole* (PEG), karena tanaman mengalami cekaman osmotik. Unsur hara kalium nampak mempunyai peranan penting. Lima hari pada awal cekaman, berat segar bintil akar rata-rata mencapai 5,4 mg dibandingkan perlakuan kalium dosis rendah hanya 3,5



**Gambar 1 :** Perubahan berat segar bintil akar (mg) akibat pemberian hara kalium 0,005 mM KCl dan 5 mM KCl (K2) pada perlakuan cekaman osmotik (PEG) dan setelah dipindahkan kedalam media WCH normal (0,1 mM KCl).

mg (Gambar 1). Bintil akar pada tanaman yang mendapatkan unsur kalium dengan dosis tinggi mempunyai turgor lebih tinggi dari pada perlakuan kalium dengan dosis rendah. Rehumidifikasi tidak menaikkan berat segar biomasa bintil akar.

### 2. Histologi Bintil Akar Tanaman Yang Mengalami Cekaman Lengas

#### a. Pengaruh Cekaman Lengas

##### *Kenampakan Umum*

Penurunan lengas tanah akan mempercepat penuaan (senescence) sel-sel pada zone bakteroid penyemat  $N_2$  (Lampiran 1, Gambar 1 dan 3). Jaringan bintil akar yang mengalami penuaan tersebut meluas hampir setengah volume bintil akar. Pada tanaman kontrol tidak dapat dibedakan secara tegas batas zone bakteroid penyemat  $N_2$  dengan zone penunaaan.

##### *Kenampakan detail*

Sel yang mengalami degenerasi terus berkembang sampai dengan satu minggu diperlakukan lengas tanah pada tingkat 20% kapasitas lapangan. Sel-sel pada zone fiksasi nampak serupa



dengan sel yang berada pada zone degenerasi pada bintil akar tanaman kontrol, yang diperlakukan 80% kapasitas lapangan. Adanya vesikula yang terakumulasi pada tepian sel merupakan bakteri asal. Pengurangan lengas tanah akan menyebabkan degenerasi sel-sel bakteroid pada zone fiksasi. Struktur bakteroid kurang terorganisasi karena pasokan air sangat terbatas (20% kapasitas lapangan). Sebaliknya, pengurangan pasokan air sampai dengan 40% kapasitas lapangan, tidak merubah struktur bakteroid pada zone fiksasi (Lampiran 1, Gambar 2 dan 4). Ruangan antara membran sekestrasi dan membran peribakteroid serupa dengan tanaman kontrol. Cekaman lengas yang berat (20% kapasitas lapangan) mempengaruhi modifikasi jaringan korteks bintil akar. Sel-sel korteks bagian dalam nampak lebih kompak, lebih rapat dan terjadi penurunan kandungan sel. Dinding sel korteks menunjukkan lebih kompak dari pada dinding sel korteks tanaman kontrol.

#### *Catatan Khusus*

1) Dinding sel pada zone bakteroid penyemat N2 terjadi modifikasi akibat adanya cekaman lengas. Pada keadaan ini diamati bahwa terjadi bentuk struktur sekunder yang tidak nampak pada tanaman kontrol, yang berasal dari dinding sel. Nampak terjadi perubahan dinding sel yang berbeda dengan bintil akar tanaman kontrol yang tidak diperlakukan cekaman lengas.

2) Polisakarida tersebut pada zone bakteroid penyemat N2. Intensitas pewarnaan pada zone ini lebih kuat dari pada tanaman kontrol. Kandungan polisakarida pada zone senescence lebih rendah. Gambar 5 dan 6 pada Lampiran 1 menunjukkan butiran amyllum pada zone penyemat N2. Butiran amyllum ini umumnya ditemukan pada sel-sel yang tidak banyak mengandung bakteroid. Dengan demikian diperhitungkan bahwa kenaikan kandungan polisakarida akibat cekaman lengas dalam zone bakteroid penyemat N2 sebagian besar merupakan amyloplast.

#### **b. Rehumidifisasi**

Bintil akar nampak lebih panjang dibandingkan dengan tanaman kontrol (Lampiran 2, Gambar 7). Pembagian zone jaringan bintil akar menyerupai dengan tanaman kontrol, yaitu terjadi perbaikan zone fiksasi yang berasal dari hasil kegiatan sel-sel meristimatis dan terjadinya infeksi pada sel-sel baru. Terjadinya disorganisasi pada zone degenerasi nampak kurang berarti. Sel kor-

teks mengalami turgescence kembali dan nampak dijumpai seperti pada kondisi normal (Lampiran 2, Gambar 8). Gambar pada foto 8 dan 9 menunjukkan keadaan zone fiksatis dimana sel-sel bakteroid terjadi disorganisasi dan tidak mampu menyemat N2 lagi. Polisakarida didistribusikan ke seluruh bintil akar terutama pada zone penuaan. Intensitas pewarnaan pada zone bakteroid sama seperti pada tanaman kontrol. Mikroskopis elektronik transmisi menunjukkan butiran amyllum pada zone bakteroid penyemat N2.

#### **c. Pengaruh Cekaman Osmotik dan Unsur Hara Kalium**

##### **1) Pengaruh Cekaman Osmotik dengan PEG**

###### *Kenampakan Umum*

Sel pada jaringan yang terletak di bagian pangkal bintil akar mengalami degradasi. Akan tetapi, degradasi tersebut tidak tegas seperti pada kondisi tercekam karena lengas rendah pada medium tanah. Pewarnaan PAS tidak dapat membedakan dengan tegas adanya perubahan yang terjadi terhadap kandungan polisakarida dalam sel bintil akar setelah tanaman diperlakukan PEG.

##### **2) Rehumidifisasi (Dikembalikan ke Larutan Hara WCH Normal)**

Pengaruh cekaman lengas sebagai akibat tekanan osmotik tinggi sangat jelas apabila dalam media air diberikan unsur hara kalium dalam jumlah rendah. Bintil akar yang mengalami penuaan (senescence) sebesar 75% dari volume bintil akar. Pada bagian basal terjadi degradasi sangat kuat setelah ditumbuhkan pada larutan hara normal.

Sebaliknya, pada tanaman yang ditumbuhkan dengan kandungan kalium tinggi nampak bahwa pada daerah bakteroid penyemat N2 dijumpai sel-sel bakteroid lebih banyak, yang menghubungkan peranan kalium terhadap toleransi tanaman (struktur bintil akar) terhadap cekaman osmotik (osmotic shock).

## **PEMBAHASAN**

### **1. Perubahan Morfologi dan Aktivitas Penyemat N2**

Kandungan lengas tanah mempunyai peranan penting terhadap biomasa bintil akar, yang



serupa dengan hasil dari beberapa peneliti sebelumnya (Shamsun Noor *et al.*, 1989, Guckert & Laperriere, 1987 pada tanaman *Trifolium repens*; Obaton *et al.*, 1982 pada tanaman kedelai; Wahab & Zahran, 1983 pada tanaman luzern).

Aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> bintil akar umumnya di bawah kapasitas lapangan (Shamsun Noor *et al.*, 1989, Wahab & Zahran, 1983). Kandungan lengas tanah yang tersedia bagi tanaman yang sesuai untuk fiksasi N<sub>2</sub> berhubungan erat dengan kandungan air dalam tanah pada tingkat 60-70% kapasitas lapangan untuk tipe Ladino dan antara 80-85% kapasitas lapangan untuk tipe *Hollandicum* yang berhubungan erat dengan aerasi tanah (Shamsun Noor *et al.*, 1989). Pada keadaan jenuh air, biomasa bintil akar tidak optimal.

Penurunan aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> disebabkan oleh :

- a. Penurunan laju fotosintesis bagian tajuk tanaman (Shamsun Noor *et al.*, 1989, Huang *et al.*, 1975).
- b. Perubahan yang terjadi pada bintil akar antara lain :
  - 1) Dehidrasi jaringan (Albrecht *et al.*, 1984) yang merupakan pengaruh langsung terhadap kekeringan air.
  - 2) Naiknya resistensi pertukaran gas (Pankhrust & Sprent, 1975, Davis & Imsade, 1988) yang merupakan pengaruh langsung.
  - 3) Menurunnya jumlah bintil akar per tanaman (Sprent, 1971, Muljanto *et al.*, 1990) yang merupakan pengaruh tidak langsung.
  - 4) Penurunan aktivitas biokimia (Davis & Imsade, 1988) merupakan pengaruh tidak langsung.

Tanaman clover putih mempunyai kemampuan merestorasi aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> dengan cepat (Shamsun Noor *et al.*, 1989). Biomasa dan jumlah bintil akar akan naik setelah media tanaman dilakukan rehumidifikasi (Muljanto *et al.*, 1990). Aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> akan diperbaiki karena terjadinya perkembangan bintil akar baru. Pengamatan histologis diketahui bahwa perubahan struktur dan perbaikan fiksasi N<sub>2</sub> sebagai akibat adanya perbaikan struktur histologi bintil akarnya.

## 2. Peranan Kalium

Kalium merupakan unsur hara makro yang mempunyai peranan dalam pengaturan status air dalam jaringan tanaman (Mengel, 1984), regulasi osmotik/perubahan osmose sel tanaman dan transport asimilat (Mengel & Kirkby, 1982).

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa kandungan lengas pada bintil akar selalu lebih tinggi pada tanaman yang diperlakukan dengan kalium dosis tinggi. Kalium mempunyai peranan dalam ekonomi air lebih baik (Mengel & Arneke, 1982 pada tanaman buncis); penurunan potensial air pada daun lebih lambat (Guckert & Laperriere, 1987).

Kalium diamati tidak hanya memperbaiki berat segar karena ekonomi air pada jaringan tanaman lebih baik, tetapi terjadi pula kenaikan berat kering tajuk tanaman clover yang diberi hara kalium pada media yang diperlakukan PEG. Pengaruh ini diamati pula oleh Shamsun Noor (1987), Collins *et al.*, (1986); Barbarick (1985) pada percobaan pot. Dari hasil pengamatan tersebut di atas diketahui bahwa unsur hara kalium mempunyai pengaruh positif terhadap distribusi karbon ke organ tanaman.

Sebaliknya, tanaman yang diperlakukan cekaman osmotik tidak diamati adanya kenaikan berat kering perakaran pada penambahan unsur hara kalium, yang menunjukkan adanya hubungan "source-sink" oleh kalium dalam hal penurunan air yang tersedia.

## 3. Pengaruh kalium terhadap bagian yang melakukan fiksasi N<sub>2</sub>

Pengaruh kalium terhadap fiksasi N<sub>2</sub> telah ditunjukkan oleh beberapa peneliti (Shamsun Noor *et al.*, 1989 pada tanaman clover putih; Idris & Khan, 1984 pada clover *Alexandrie*; Collins *et al.*, 1986; Barbarick, 1985 pada tanaman luzern; Chalamet *et al.*, 1987 pada tanaman clover violet).

Perlakuan kalium menyebabkan kenaikan berat segar bintil akar. Nodulasi lebih baik dan ukuran bintil akar lebih baik (Duke *et al.*, 1980; Barbarick, 1985). Kandungan air lebih tinggi (Shamsun Noor *et al.*, 1989). Aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> lebih baik karena peranan kandungan air pada bintil akar lebih baik dan berkorelasi positif dengan fiksasi N<sub>2</sub> (Sprent, 1976).



#### 4. Perubahan Histologi dan Histochemie Bintil Akar

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terjadi perubahan histologi bintil akar yang disebabkan oleh adanya cekaman lengas. Perubahan penting ultrastruktur jaringan bintil akar terjadi setelah adanya cekaman tersebut di atas. Dalam waktu yang sama diamati turunnya laju penyemat N<sub>2</sub> udara. Adanya cekaman lengas tanah memacu terjadinya proses penuaan (*senescence*) pada zone bakteroid yang disebabkan terjadinya lysis pada membran sekestrasi menyebabkan kerusakan sebagian bakteroid oleh enzim lytase (*lytiques*) dari sel tumbuhan (Baird & Webster, 1982; Pladys & Rigaud, 1988). Aktivitas protease naik dengan penuaan (*senescence*) (Vance *et al.*, 1980). Guerin *et al.* (1990) menunjukkan turunnya kandungan leghemoglobin sangat tajam dalam sel-sel bintil akar yang disebabkan adanya penurunan kandungan lengas pada jaringan tanaman luzern.

Tanggapan bintil akar terhadap dinamika kandungan karbohidrat tergantung :

a. Perubahan faktor lingkungan; Cekaman lengas tanah rendah menyebabkan akumulasi karbohidrat dalam zone fiksatis, mungkin disebabkan tidak cukupnya pemakaian gula yang menyebabkan penghambatan Fiksasi N<sub>2</sub> udara. Terjadinya akumulasi gula mungkin disebabkan regulasi osmotik sebagai tanggapan terhadap cekaman lengas tanah. Pengamatan ini menunjukkan bahwa adanya defisiensi substrat tidak sebagai penyebab turunnya aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> karena adanya cekaman lengas tanah.

Kenyataannya, Durans *et al.* (1987) menunjukkan bahwa adanya hubungan linier antara potensial air dan resistensi terhadap difusi oksigen dari bintil akar kedelai. Difusi oksigen akan menyebabkan turunnya aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> udara.

Akan tetapi, pada tanaman buncis, turunnya aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> karena terjadinya penurunan pasokan karbohidrat (*sucrose*, *glucose* dan pati) dalam bintil akar (Wasfi & Prioul, 1986).

b. Unsur Hara Kalium; Hasil Penelitian Robin *et al.* (1989) menunjukkan pembentukan bintil akar lebih baik dan penghambatan yang rendah terhadap aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> pada tanaman clover yang ditumbuhkan pada media dengan lengas tanah dan diberikan unsur hara kalium. Dengan demikian, pengambilan unsur kalium dapat menyebabkan toleransi jaringan bintil akar ter-

hadap cekaman osmotik (*osmotical choc*), dan penuaan sel-sel bintil akar kurang berarti dibandingkan dengan tanaman kontrol yang tidak diberikan kalium. Highparast-Tanha (1975) menunjukkan bahwa unsur kalium dapat mengatur pembentukan bintil akar lebih baik, fiksasi N<sub>2</sub> lebih tinggi dan *turn-over* N tinggi dalam bintil akar. Tambahan pula, unsur hara kalium memungkinkan alokasi unsur karbon ke bintil akar pengikat N<sub>2</sub> udara. *Turn over* karbohidrat akan lebih tinggi dengan alokasi ATP yang lebih baik untuk aktivitas nitrogenase (Mengel *et al.*, 1974). Akan tetapi, menurut Duke *et al.* (1981) unsur kalium menyebabkan kenaikan aktivitas nitrogenase pada tanaman luzern yang disebabkan karena adanya kenaikan biomasa bintil akar.

#### KESIMPULAN

1. Aplikasi unsur hara kalium dapat memperbaiki ekonomi air pada jaringan bintil akar, sehingga turgor sel dapat dipertahankan.
2. Cekaman lengas menyebabkan penurunan berat segar bintil akar. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan terjadinya percepatan penuaan jaringan bintil akar, khususnya jaringan pada zone bakteroid penyemat N<sub>2</sub>. Disamping itu terjadi penurunan kandungan polisakarida pada bagian basal bintil akar. Sebaliknya, kandungan polisakarida pada zone bakteroid penyemat N<sub>2</sub> terjadi peningkatan. Pengamatan dengan mikroskopi elektronik transmisi menunjukkan adanya degenerasi sel-sel bakteroid (membran peribakteroid terjadi lysis). Degenerasi sel-sel bakteroid tersebut dapat diperkecil dengan pemberian kalium.
3. Pemberian air kembali setelah tanaman menderita cekaman lengas menyebabkan reorganisasi sel-sel bakteroid dalam jaringan bintil akar. Kandungan polisakarida pulih kembali seperti pada tanaman kontrol.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Prof.Dr.A. Guckert dan Dr.C. Robin, advisor dan co-advisor program Doktor dalam bidang Ekofisiologi Tanaman di ENSAIA-INPL Perancis, karena bimbingan dan pemberian ijinnya untuk dapat menggunakan fasilitas di "Laboratoire de l'Ecophysiologie Végétale, ENSAIA-INPL"



Nancy, Perancis selama penelitian ini berlangsung; Prof. Dr. R. Rohr dan Dr. Supriyanto dalam persiapan pengamatan mikroskopi optik maupun mikroskopi elektronik pada "Laboratoire de Biologie, Université de Nancy I" Perancis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albrecht, S.L., J.M. Bennett, K.J. Boote,** 1984. Relationship of nitrogenase activity to plant water stress in field grown soybeans. *Field Crop Res.*, **8**, 61-71.
- Baird, L.M. and B.D. Webster,** 1982. Morphogenesis of effective and ineffective root nodules in *Phaseolus vulgaris* L., *Bot. Gaz.*, **143**, 41-51.
- Barbarick, K.A.,** 1985. Potassium fertilization of alfalfa grown on a soil high in potassium. *Agron. J.*, **77**, 442-445.
- Chalamet, A., J.M. Audergon, and A.M. Domenach,** 1987. Etude par le delta 15N de l'influence du potassium sur la fixation symbiotique de l'azote chez *Trifolium pratense*. *Plant & Soil*, **98**, 347-352.
- Collins, M., D.J. Lang, and K.A. Kelling,** 1986. Effects of phosphorus, potassium, and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. *Agron. J.*, **78**, 959-963.
- Davis, L.C., and J. Imsade,** 1988. Direct test for altered gas exchange rates in water stressed soybean nodules *Annals of Botany*, **61**, 169-177.
- Duke, S.H., M. Collins and R.M. Soberaske,** 1980. Effects of potassium fertilization on nitrogen fixation and nodule enzymes of nitrogen metabolism in alfalfa. *Crop Sci.*, **20**, 213-218.
- , 1981. Effets de la fumure au potassium sur la fixation d'azote et les enzymes des nodules intervenant dans la métabolisme d'azote dans la luzerne (*Medicago sativa* L.) *Rev. de la potassium*, **6**, 1-5.
- Durand, J.L., J.E. Sheehy and F.R. Minchin,** 1987. Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation. *J. Exp. Botany*, **38**, 311-321.
- Muljanto, D., C. Robin, A. Guckert, and R. Rohr,** 1990. Morphological and ultrastructural study of root nodules of white clover (*Trifolium repens* L.) subjected to water stress. Proceedings 1st Congress of the European Society of Agronomy, Paris 5th-7th December 1990.
- Muljanto, D.,** 1994. Kemampuan merestorasi sistem perakaran dan aktivitas fiksasi N<sub>2</sub> pada tanaman clover putih (*Trifolium repens* L.) setelah mengalami defoliiasi berat. *Agric. Sci.*, **V(4)**: 713-722.
- Obaton, M., M. Miquel, P. Robin, g. Conejero, A.M. Domenach, and R. Bardin,** 1982. Influence du déficit hydrique sur l'activité nitratre reductase et nitrogenase chez le soja. *C.R. Acad Sci.*, **294**, 1007-1011.
- Pankhurst, C.E. and J.I. Sprent,** 1975. Effects of water stress on the respiratory and nitrogen-fixing activity of soybean root nodules. *J. Exp. Bot.*, **26(91)**, 287-304.
- Pladys, D. and J. Rigaud,** 1988. Lysis of bacteroids in vitro and during the senescence in *Phaseolus vulgaris* nodules. *Plant Physiol. Biochem.*, **26(2)**, 179-186.
- Robin, C., L. Shamsun Noor, and A. Guckert,** 1989. Effect of potassium on the tolerance to PEG induced water stress of two white clover varieties (*Trifolium repens* L.). *Plant and Soil*, **120**, 153-158.
- Shamsun Noor, L., C. Robin, D. Schontz, T. Heulin et A. Guckert,** 1989a. Effet d'un déficit hydrique sur le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.). I. Importance du cultivar. *Agronomie*, **9**, 251-257.
- Shamsun Noor, L., C. Robin et A. Guckert,** 1989b. Effet d'un déficit hydrique sur le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.). II. Rôle d'un apport de potassium. *Agronomie*, **10**, 9-14.
- Sprent, J.I.,** 1971. Effects of water stress on nitrogen fixation in root nodules. *Plant and Soil.*, **225-228**.

**Sprent, J.I.**, 1972. Effects of water stress on nitrogen fixing root nodules. *New Phytol.*, **71**, 451-460.

**Sprent, J.I.**, 1976. Nitrogen fixation by legumes subjected to water and light stress. In *Symbiotic nitrogen fixation in plants*. P.S. Nutman ed., Cambridge Univ. Press., Cambridge: 405-420.

**Vance, C.P., L.E.B. Johnson, A.M. Halvorsen, G.H. Heickel and D.K. Barnes**, 1980. Histological and ultrastructural observation of *Medicago sativa* root nodule senescence after foliar removal. *Can.J.Bot.*, **58**, 295-309.

**Wahab, A.M.A. and H.H. Zahran**, 1983. The effect of water stress on N<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) fixation and growth of *Medicago sativa* L., *Acta Agron.Acad.Sci.*, **32**, 114-118.

**Wasfi, M. and J.L. Priol**. 1986. A comparison of inhibition of french bean and soybean nitrogen fixation by nitrate, 1% oxygen or direct assimilate deprivation. *Physiol. Plant*, **66**, 481-490.

**Wood, M., J.E. Cooper, and A.J. Holding**, 1983. Method to assess the effects of soil acidity factors on legume-Rhizobium symbiosis. *Soil Biol.Biochem.*, **15** (1), 123-124.

## KETERANGAN GAMBAR PADA LAMPIRAN

- A : Butir amylum  
 B : Bakteroid  
 BD : Bakteroid yang mengalami degenerasi  
 P : Dinding sel  
 PS : Dinding sel sekunder  
 V : Vacuola  
 ZA : Daerah perpanjangan sel bintil akar  
 ZM : Daerah meristematik bintil akar  
 ZB : Daerah bateroid fiksatis bintil akar  
 ZS : Daerah penuaan sel (senescence) bintil akar



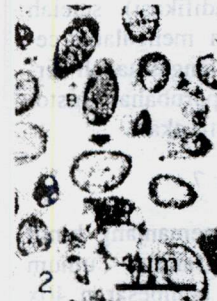
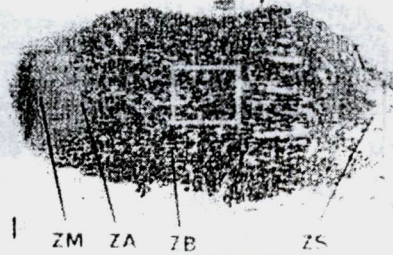
**Lampiran 1 :**

Pengaruh Kandungan Lengan Tanah Rendah Terhadap Histologi Bintil Akar (Pengaruh ketersediaan air tanah rendah).

**Lampiran 1**

**Gambar 1 :**

Irisan memanjang bintil akar *Trifolium repen*, L. Gambar umum dengan pembesaran 40x (APS). Kandungan lengan tanah dipertahankan pada tingkat 40 persen kapasitas lapangan selama 7 hari.



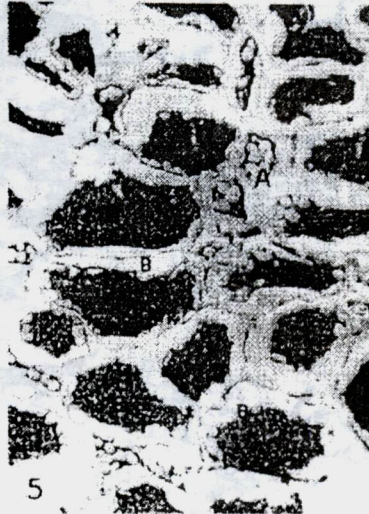
**Gambar 2 :**

Gambar detail bakteroid pada daerah fiksatis. Kandungan lengan tanah dipertahankan pada tingkat 40 persen kapasitas lapangan selama 7 hari.



**Gambar 3 :**

Irisan tipis bintil akar. Gambar umum dengan pembesaran 40 x (APS). Kandungan lengan tanah dipertahankan pada tingkat 20 persen kapasitas lapangan selama 7 hari.



**Gambar 4 :**

Sel-sel bakteroid pada zone bakteroid penyemat N2. Kandungan lengan tanah dipertahankan pada tingkat 20 persen kapasitas lapangan selama 7 hari.

**Gambar 5 dan 6 :**

Gambar detail zone bakteroid penyemat N2 menunjukkan butiran amylum dalam jumlah banyak. Kandungan lengan tanah dipertahankan pada tingkat 20 persen kapasitas lapangan selama 7 hari.



**Lampiran 2 :**

Pengaruh pemberian air (rehumidifikasi) setelah tanaman mengalami cekaman lengas tanah terhadap perubahan histologi bintil akar.

Gambar 7 :

Irisan memanjang bintil akar. Gambar umum dengan pembesaran 40x (MH).

Gambar 8 :

Gambar detail jaringan korteks bagian dalam pada zone bakteroid penyemat N<sub>2</sub>, pembesaran 560x (BT).

Gambar 9 :

Gambar detail sel pada zone bakteroid penyemat N<sub>2</sub>, pembesaran 560x (BT).

Gambar 7, 8, dan 9 diamati pada sampel bintil akar yang diambil setelah 7 hari rehumidifikasi pada tanaman yang telah mengalami cekaman lengas tanah rendah (20 % kapasitas lapangan).

**Lampiran 2**

