

# Pemanfaatan hara air laut untuk memenuhi kebutuhan tanaman

M. Prama Yufdy<sup>1</sup> and Achmadi Jumberi<sup>2</sup>

1. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatra Utara dan

2. Balai Penelitian Lahan Rawa Banjar Baru

## Pesan kunci:

- Air laut dapat menjadi alternatif sumber hara bagi tanaman mengingat air laut mengandung ion yang banyak
- Tingginya salinitas pada air laut perlu menjadi pertimbangan dalam pemanfaatan hara dari air
- Perlu diidentifikasi jenis-jenis tanaman yang toleran terhadap salinitas yang tinggi

## Pendahuluan

Air laut mengandung banyak ion mengakibatkan tingginya salinitas (Pichard and Emery 1990). Distribusi hara di dalam air laut dipengaruhi oleh sirkulasi air laut, proses biologi dan mineralisasi serta regenerasi nutrisi dengan adanya migrasi hewan dan suplai dari daratan (Postma 1971). Rata-rata konsentrasi garam-garam terlarut di air laut berkisar 3.5%, namun konsentrasi tersebut tergantung pada lokasi dan laju evaporasi (Brown et al 1989 dan Millero, 1996). Konsentrasi ion utama terlarut bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain, namun secara proporsi relatifnya konstan (Brown et al 1989 dan Pichard and Emery, 1990). Air laut sudah banyak digunakan untuk mengairi tanaman yang toleran terhadap salinitas (halophytes) pada daerah-daerah dekat pantai (Pasternak et al 1985). Mengingat tingginya kandungan kation, air laut dapat digunakan sebagai salah satu sumber hara bagi tanaman termasuk tanaman yang sensitive terhadap kadar garam yang tinggi (glycophyte plants).

Ion	Parts per thousand by weight
Chloride, Cl <sup>-</sup>	18.98
Sodium, Na <sup>+</sup>	10.556
Sulphate, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.649
Magnesium, Mg <sup>2+</sup>	1.272
Calcium, Ca <sup>2+</sup>	0.400
Potassium, K <sup>+</sup>	0.380
Bicarbonate, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.140
Bromide, Br <sup>-</sup>	0.065
Borate, H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.026
Srontium, Sr <sup>2+</sup>	0.013
Fluoride, F <sup>-</sup>	0.001

## **Air laut sebagai sumber hara**

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat 14 jenis ion pada air laut. Dari jumlah itu, konsentrasi Chloride dan Natrium terdapat dalam jumlah yang sangat tinggi. Hal inilah yang menyebabkan tingginya salinitas air laut. Di samping itu sulfat, magnesium (Mg), calcium (Ca) dan kalium (K) juga terdapat dalam konsentrasi yang cukup tinggi dibandingkan unsur lainnya. Tingginya kandungan nutrisi yang terdapat pada air laut, khususnya unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman seperti Mg, Ca dan K memberi petunjuk bahwa air laut dapat menjadi salah satu sumber alternatif nutrisi bagi tanaman. Berkaitan dengan tingginya salinitas air laut, tantangan yang dihadapi adalah upaya untuk memanfaatkan unsur-unsur hara tersebut dengan menurunkan kandungan Na dan Cl sampai pada level yang tidak merugikan pada tanaman. Disamping itu unsur Na juga dapat dimanfaatkan sebagai unsur hara untuk jenis-jenis tanaman tertentu yang membutuhkannya baik sebagai unsur tambahan/menguntungkan maupun sebagai pengganti sebagian dari kebutuhan akan unsur K.

## **Kendala dalam pemanfaatan air laut**

Tingginya salinitas merupakan kendala utama dalam pemanfaatan hara dari air laut yang dapat berakibat negatif terhadap tanah dan tanaman. Dispersi tanah merupakan masalah utama pada tanah akibat kadar garam yang tinggi. Agregat tanah menjadi pecah, mineral berukuran kecil dan partikel organik menyumbat pori tanah mengakibatkan berkurangnya aliran air di tanah. Secara bertahap kondisi ini merubah porositas tanah dan mengurangi permeabilitas air (Miller dan Gardiner, 1998). Akibat dispersi Na pada liat dan bahan organik mengurangi agregasi tanah, permeabilitas terhadap udara dan air, perkecambahan dan pertumbuhan akar. Dispersi tanah terjadi apabila Na dapat tukar melebihi 10 – 20% KTK (Tisdale et al, 1993).

Efek buruk tingginya konsentrasi Na di tanah terhadap pertumbuhan tanaman dapat dibedakan atas 3 kelompok: a) terhambatnya serapan air karena rendahnya potensi osmotik (Lea-Cox dan Syverstsen 1993), b) terganggunya metabolisme disebabkan tingginya konsentrasi Na pada jaringan tanaman (Cramer et al 1990), dan c) terhambatnya absorpsi kation lainnya (Cachorro et al 1994). Menurut toleransinya terhadap salinitas, tanaman dibedakan atas halophytic dan glycophytic. Halophytic adalah tanaman yang toleran terhadap tingginya salinitas karena kemampuannya menyerap air dengan mempertahankan potensi osmotik yang tinggi melalui

akumulasi ion-ion anorganik (Bradley dan Morris 1991), sebaliknya tanaman yang tergolong glycophytic sensitif terhadap salinitas yang tinggi.

### **Produksi kalium dari air laut**

Kalium adalah unsur yang mudah larut, oleh karenanya unsur ini yang terakhir mengalami presipitasi setelah kalsium, karbonat, kalsium sulfat dan natrium sulfat. Ketika 90.5% larutan air laut telah terevaporasi, larutan yang masih tinggal mengandung kalium chlorid dan magnesium chlorid (Brown et al., 1989; Millero, 1996). Pilson (1998) menerangkan bahwa sejumlah kalsium karbonat dihasilkan ketika tiga perempat dari 1000 mL air laut telah terevaporasi. Selanjutnya gypsum terbentuk sampai volume air laut tinggal 10 – 12% dari volume awal, diikuti dengan terbentuknya natrium chlorid, terbentuk di bagian atas gypsum. Setelah volume air laut tinggal 3 – 4% dari volume awal maka terbentuk 21 g NaCl, 0.1 g CaCO<sub>3</sub> dan 1.7 g gypsum. Air laut yang tersisa sekitar 30 mL mengandung Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl dan Br. Larutan ini disebut bitterns karena tingginya konsentrasi Mg yang mengakibatkan rasa pahit. Dalam skala besar, pada tahun 1986 China telah mengembangkan cara modern dalam menghasilkan KCl dari larutan garam dengan kapasitas 1 juta ton KCl di Qinghai Potash (ASIAFAB, 1999).

### **Pengembangan pertanian berbasis air laut**

Pertanian berbasis air laut telah banyak dikembangkan terutama pada tanaman yang tergolong halophytic yang ditanam dekat pantai dimana kekurangan air bersih. Berbagai hasil penelitian memberikan peluang yang besar dalam budidaya tanaman halophytic khususnya yang menghasilkan dedaunan untuk pakan dan biji menggunakan air laut. O'Leary et al (1985) menyatakan bahwa tanaman halophytic yang diairi dengan air laut memiliki nutrisi yang tinggi serta mudah dicerna. Biji dari tanaman halophytic tidak mengakumulasi garam melebihi dari tanaman glycophytic dan mengandung protein serta kandungan minyak yang tinggi walaupun diairi dengan air laut dengan kadar garam tinggi.

Air laut telah pula diuji pengaruhnya terhadap perkecambahan tanaman biji-bijian dan tanaman biji-bijian penghasil minyak di India (Reddy dan Iyengar 1999). Tanaman seperti gandum, padi dan jagung ternyata lebih toleran terhadap salinitas tinggi dibandingkan tanaman biji-bijian penghasil minyak seperti kacang tanah, bunga matahari dan mustard. Rains dan Goyal (2003) menyatakan bahwa membrane transport baik pada akar maupun translokasi

didalam tanaman merupakan kharakteristik utama pada tanaman yang toleran terhadap salinitas yang tinggi.

### **Sodium sebagai unsur tambahan dan pengganti kalium**

Sodium dikenal sebagai unsur tambahan yang menguntungkan untuk beberapa jenis tanaman ia dapat menggantikan sebagian fungsi K (Marschner 1995). Menurut Wild dan Jones (1996) pengaruh Na akan sangat besar bila pasokan K bagi tanaman tidak mencukupi. Lebih lanjut dikatakan Mills dan Jones (1996) bahwa unsur ini dapat mengurangi pengaruh yang ditimbulkan oleh kekurangan K tapi tidak dapat menggantikan fungsi K sepenuhnya. Dalam konteks fotosintesis, Na merupakan unsur yang esensial bagi tanaman yang tergolong C4 dan CAM. Kedua jenis tanaman tersebut menghasilkan 4 asam karbon sebagai hasil utama fiksasi CO<sub>2</sub>. Akan tetapi tanaman C4 mengambil CO<sub>2</sub> di siang hari sedangkan CAM di malam hari. Pentingnya Na untuk kedua jenis tanaman adalah dalam hal osmo-regulation, dan pemeliharaan turgor (Wild dan Jones 1988) serta untuk mengontrol aktifitas stomata (Perera et al 1994).

Sejumlah hasil penelitian menunjukkan bahwa Na sangat penting untuk tanaman non-halohytic seperti padi (Hasegawa et al 1990; Song dan Fujiana 1998), tomat (Besford 1978; Song dan Fujiana 1996) dan gula bit (Haneklaus et al 1998). Unsur ini sangat penting artinya terutama pada osmo-regulation.

Tanaman nenas yang tergolong CAM (Py et al 1987) terbukti dapat memanfaatkan Na dari air laut terutama untuk menggantikan sebagian fungsi K tanpa menimbulkan pengaruh buruk pada tanah dan tanaman, serta hara lainnya setelah air laut diencerkan. Peningkatan konsentrasi Na, EC dan SAR di tanah akibat aplikasi air laut masih dibawah batas yang membahayakan bagi tanaman. Peningkatan serapan Na pada tanaman akibat aplikasi air laut ternyata juga meningkatkan serapan K, Ca dan Mg baik pada daun tua, daun D, akar dan batang nenas. Produksi biomasa dan buah nenas yang tinggi diperoleh pada saat 30% kebutuhan K digantikan oleh Na ditambah dengan unsur hara lainnya yang terkandung pada air laut. Hasil ini sama dengan yang didapat dengan menggunakan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi yaitu 300 kg K/ha.

### **Beberapa pertimbangan dalam pemanfaatan air laut**

Berdasarkan potensi hara yang dikandung air laut serta potensi kendala yang akan dihadapi terutama berkaitan

dengan tingginya salinitas, beberapa hal yang perlu dilakukan adalah:

- Identifikasi jenis-jenis tanaman baik tahunan maupun musiman yang toleran terhadap salinitas.
- Identifikasi jenis-jenis tanaman baik tahunan maupun musiman yang memerlukan Na baik sebagai nutrien maupun sebagai pengganti K.
- Identifikasi jumlah hara yang dibutuhkan suatu tanaman dan jumlah yang dapat disuplai dari air laut.
- Karena salinitas yang tinggi, disarankan melarutkan air laut terlebih dahulu sebelum diaplikasikan pada tanaman.
- Penggunaan air laut untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman akan lebih baik bila dilakukan pada daerah pertanian di dekat pantai.

# Harnessing nutrients from seawater for plant requirements

M. Prama Yufdy<sup>1</sup> and Achmadi Jumberi<sup>2</sup>

1. Assessment Institute for Agricultural Technology North Sumatra

2. Research Institute for Swampy Land

## Key messages

- As seawater contains high amount of ions, it can be an alternative useful source of nutrient for plant
- There is a need to identify crops that tolerate salinity
- High salinity is the limitation that should be taken into consideration in harnessing nutrients from seawater

## Introduction

Seawater contains high amounts of ions causing high salinity (Pichard and Emery 1990). The distribution of nutrients in the ocean is determined by ocean circulation, biological processes of uptake and mineralisation, and subsequent regeneration of nutrients by migration of animals and by supply from the land (Postma 1971). The average concentration of dissolved salts (salinity) in the ocean is about 3.5% by weight, depending on the location and evaporation rate (Brown et al 1989, Millero 1996). The concentration of the major dissolved ions varies, but the relative proportions remain virtually constant (Brown et al 1989, Pichard and Emery 1990). Seawater alone has been used to irrigate salt-tolerant crops

(halophytes) in areas close to the sea (Pasternak et al 1985). Since it contains high amount of cations, seawater can be used as an alternative source of nutrients for plants including glycophyte (salt-sensitive) plants. Sodium may also be used as a beneficial nutrient and a partial substitute for potassium in certain crops.

**Table 1. Average concentrations of ions in seawater (Brown et al 1989).**

Ion	Parts per thousand by weight
Chloride, Cl <sup>-</sup>	18.98
Sodium, Na <sup>+</sup>	10.556
Sulphate, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.649
Magnesium, Mg <sup>2+</sup>	1.272
Calcium, Ca <sup>2+</sup>	0.400
Potassium, K <sup>+</sup>	0.380
Bicarbonate, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.140
Bromide, Br <sup>-</sup>	0.065
Borate, H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.026
Srontium, Sr <sup>2+</sup>	0.013
Fluoride, F <sup>-</sup>	0.001

## **Seawater as a useful source of nutrients**

Table 1 shows the main ions contained in seawater. Among those, chloride and sodium ions are abundant in seawater, while sulfate, magnesium, calcium and potassium are in appreciable amounts. This indicates that seawater can be a useful source of nutrients for plants. The challenge is to harness the nutrients as well as decrease salinity to tolerable levels that are not detrimental to plant growth and development.

## **Limitations in using seawater**

The most limiting factor in using seawater nutrients is the high salinity which can negatively affect soil and plant growth. Soil dispersion is a common problem in soils that have previously been affected by salt. Soil aggregates break down, and the smaller mineral and organic particles block soil pores, greatly reducing any flow through the soil and gradually altering soil porosity water permeability (Miller and Gardiner 1998). Depending on the soil, the dispersion action of sodium on clay and organic matter reduces soil aggregation, permeability to air and water, germination and root growth. Soil dispersion occurs when exchangeable sodium exceeds 10 to 20% of the CEC (Tisdale et al 1993).

The harmful effects of high sodium concentration in the soil on plant growth can be divided into three groups:

1. inhibition of water uptake due to low osmotic potential of the culture solution (Lea-Cox and Syverstsen 1993)
2. disturbance of normal metabolism caused by high sodium concentration in plant tissues (Cramer et al 1990)
3. inhibition of plant uptake of other essential cations (Cachorro et al 1994).

According to their salinity tolerance, crops can be divided into halophytic and glycophyte plants. Salt tolerance in halophytic plants is due to their capability to take up water by maintaining a high osmotic potential through the accumulation of inorganic ions (Bradley and Morris 1991); conversely, glycophyte plants are sensitive to salinity.

## **Producing potassium from seawater**

Potassium is the most soluble cation, so it is the last to be precipitated after calcium carbonate, calcium sulfate and

sodium chloride. When 90.5% of the solution has been evaporated, the remaining solution contains potassium chloride and magnesium chloride (Brown et al 1989, Millero 1996). Pilson (1998) further explained that a small precipitation of calcium carbonate is produced when about three-quarters of seawater is evaporated from the original volume of 1000 mL. As evaporation continues, nearly pure gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) begins to form until the volume of liquid remaining is about 10 to 12% of the original seawater volume. As the solution continues to evaporate, sodium chloride (halite) appears and settles on top of the gypsum. When the remaining solution has a volume of 3 to 4% from the original, about 21 g of sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ) crystallises on top of about 0.1 g of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) and 1.7 g of gypsum. The remaining solution of about 30 mL is concentrated with ions of magnesium, sodium, potassium, sulfate, chloride and bromide. This residual liquid is called bitterns since its high magnesium ion concentration causes a bitter taste. Since 1986 China has developed a modern process of producing potassium chloride ( $\text{KCl}$ ) from salt lake brines at the Qinghai potash plant with a design capacity of 1 million tons (ASIAFAB 1999).

### **Development of seawater-based agriculture**

Seawater-based agriculture has been developed by growers of halophyte crops and in areas close to the sea that lack fresh water. Research findings have shown that there is great promise in cultivating halophytes that produce forage and seed using seawater irrigation. O'Leary et al (1985) found that halophytes irrigated with seawater possessed high nutritional value as forage or fodder crops and had high digestibility. Furthermore, seeds of many halophytes do not accumulate salt, and have high protein and oil content even when irrigated with highly saline water.

Seawater has also been studied for its effect on cereal germination, and oil seed crops in India (Reddy and Iyengar 1999). It was found that cereal crops such as wheat, barley, rice and maize were more tolerant to high salinity compared with oil seed crops such as sesame, peanut, sunflower and mustard. Rains and Goyal (2003) found that membrane transport both at the root and translocation within the plant is the main characteristic of plants tolerant to high salinity.

### **Sodium as a beneficial nutrient and for potassium replacement**

Sodium is known as a beneficial plant nutrient and in some cases can replace part of the potassium function (Marschner



1995). Wild and Jones (1988) reported that the effect of sodium is greatest when potassium supply is inadequate. Mills and Jones (1996) found that the nutrient might reduce the effect of potassium shortage but will not result in healthy plants if potassium is deficient. Sodium is essential for photosynthesis for many C<sub>4</sub> and crassulacean acid metabolism (CAM) species which both produce 4 carbon acid (malic acid) as the primary product of CO<sub>2</sub> fixation. However C<sub>4</sub> species fix CO<sub>2</sub> in daytime, whereas CAM species do so at night (Salisbury and Ross 1992). The importance of sodium to both species is manifest in osmo-regulation and maintenance of turgor (Wild and Jones 1988) as well as controlling stomatal movement (Perera et al 1994). In the absence of sodium, C<sub>4</sub> species grow poorly and show visual deficiency symptoms, such as chlorosis and necrosis, or failure to form flowers.

Numerous research findings have shown that sodium is essential for non-halophyte crops such as rice (Hasegawa et al 1990, Song and Fujiana 1998), tomato (Besford 1978, Song and Fujiana 1996) and sugarbeet (Haneklaus et al 1998). This cation has important functions particularly in osmotic regulation.

Pineapple is classified as CAM species (Py et al 1987), and it has been proven that some of its potassium requirement can be substituted by sodium from seawater without any harmful effect to either soil or plant when applied in diluted solution. Sodium concentration, EC and sodium adsorption ratio (SAR) due to seawater application were below the critical harmful level. Sodium uptake also increased but was followed by increasing potassium, calcium and magnesium in old leaves, D-leaf, stem and root. Substituting seawater sodium for 30% of potassium fertiliser and providing the other 70% potassium as potassium chloride for pineapple can provide the equivalent of 100% K (300 kg/ha) for production of biomass and yield, without any negative effects on soil, plant or yield.

### **Possible actions to harness nutrients from seawater**

On the basis of seawater's potential to provide plant nutrients, particularly in coastal areas, but recognising its potential salinity limitation, there are several possible actions for future research.

- Identify potential crops (perennials and annuals) tolerant to salinity
- Identify potential crops (perennials and annuals) that require sodium as a nutrient and can take up sodium as a partial potassium substitute.

- Identify the amount of each nutrient required by specific crops and the amount that seawater can supply.
- Apply seawater in diluted form to prevent salinity damage.
- The possibility of using seawater as source of nutrients is worth pursuing.