

Air Laut Tablet Sebagai Pupuk Organik Berbasis *Cleaner Production*

Taufan Ratri Harjanto^{1*}, Saipul Bahri¹, Mohammad Nurhilal²

¹Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap;

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

ABSTRAK

Pemanfaatan potensi sumber daya laut saat ini masih berpeluang besar, misalnya pemanfaatan air laut yang kaya akan bahan mineral mikro yang sangat berguna bagi kehidupan belum banyak dilakukan. Penggunaan air laut untuk pertanian sudah mulai dikembangkan, baik secara skala riset maupun aplikatif. Disisi lain Indonesia juga memiliki permasalahan yang juga menjadi isu yang sama di banyak negara yaitu isu pencemaran akibat sampah. Berdasarkan peluang potensi pemanfaatan air laut dan pemecahan permasalahan sampah organik yang ada tersebut, sangat penting untuk segera dilakukan, sebagai bentuk perwujudan dalam mendukung rencana pemerintah melaksanakan program pembangunan berkelanjutan dalam hal konservasi lingkungan berbasis cleaner production agar memberikan kontribusi positif bagi masyarakat dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengisolasian senyawa mineral dalam tablet dan menentukan efektifitas tablet sebagai pupuk tanaman tertentu. Penelitian ini dilakukan menjadi tiga tahapan, yaitu: (1) tahap persiapan bahan, (2) tahap imobilisasi/proses pentabletan air laut, (3) tahap pengujian dan interpretasi hasil. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa Pori - pori pada permukaan serbuk sampah organik memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi unsur-unsur mineral pada air laut. Sampah organik mengadsorpsi berbagai mineral yang terdapat pada air laut sebagai primary macronutrient, secondary macronutrient dan micro nutrient bagi tanaman. Rasio air laut yang terlalu tinggi mengakibatkan kandungan Na dan Cl semakin banyak yang teradsorpsi. Skenario air laut tablet pada sampel B, sampel C dan sampel D digunakan sebagai pupuk pada dosis 5 tablet (@500 mg) tiap 10 hari mempunyai nilai efektifitas terbaik pada sampel C dengan efektifitas pada tanaman cabai dan terong ungu sebesar 76,47% dan 80,00%. Air laut tablet dapat digunakan sebagai pupuk tanaman.

Kata kunci: air laut, sampah organik, cleaner production, tablet, efektifitas

ABSTRACT

Utilization of the potential of marine resources currently still has great opportunities, for example, the use of seawater which is rich in micro-mineral materials that are very useful for life has not been widely carried out. The use of seawater for agriculture has begun to be developed, both on a research and application scale. The other, Indonesia also has a problem that is also the same issue in many countries, namely the issue of pollution due to waste. Based on the potential opportunities for the use of seawater and solving the existing organic waste problems, it is very important to do it immediately, as a form of realization in supporting the government's plan to implement sustainable development programs in terms of environmental conservation based on cleaner production to make a positive contribution to society and the environment. The study aims to determine the isolation of mineral compounds in tablets and determine the effectiveness of tablets as fertilizer for certain plants. This research was carried out in three stages, that consists of: (1) the material preparation stage, (2) the immobilization/seawater tableting process, (3) the testing phase and interpretation of the results. Results showed by the pores on the surface of the organic waste powder can adsorb mineral elements in seawater. Organic waste adsorbs various minerals found in seawater as primary macronutrients, secondary macronutrients and micronutrients. The seawater ratio is too high, resulting in more Na and Cl being adsorbed. Scenario seawater tablets in sample B, sample C and sample D were used as fertilizer at a dose of 5 tablets (@500 mg) every 10 days had the best effectiveness value in sample C with the effectiveness of 76.47% and 80% on chilli and eggplant. Seawater tablets can be used as plant fertilizer.

Keywords: seawater, organic waste, cleaner production, tablet, effectiveness

Sitasi: Harjanto, T.R, Bahri, S. dan Nurhilal, M., (2022). Air Laut Tablet Sebagai Pupuk Organik Berbasis Cleaner Production. Jurnal Ilmu Lingkungan, 20(2), 187-197, doi:10.14710/jil.20.2.187-197

1. Pendahuluan

Indonesia adalah suatu negara antar nusa yang mempunyai jumlah 17.499 pulau dan luas lautnya sekitar 3.250.000 km² tentunya menyimpan segala potensi dan permasalahan lingkungan beserta segala keunikannya. Pemanfaatan potensi sumber daya laut saat ini masih berpeluang besar, misalnya

pemanfaatan air laut yang kaya akan bahan mineral mikro yang sangat berguna bagi kehidupan belum banyak dilakukan. Penggunaan air laut untuk pertanian sudah mulai dikembangkan, baik secara skala riset maupun aplikatif. Disisi lain Indonesia juga memiliki permasalahan yang juga menjadi isu yang sama di banyak negara yaitu isu pencemaran akibat

* Penulis korespondensi: taufantekim2010@gmail.com

sampah. Permasalahan sampah yang menumpuk tiap tahunnya belum tertangani dengan baik. Menurut data resmi Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2020 ada 27.649.543,58 ton/tahun timbulan sampah dan terdapat 2.553.536,28 ton/tahun sampah yang tidak terkelola. Komposisi sumber sampah yang terbanyak berasal dari rumah tangga sekitar 32,8 %, dengan komposisi 55 % sampah organik. Hal ini jika tidak tertangani dengan baik akan mengganggu kesehatan masyarakat dan sampah organik ini menyimpan potensi besar baik secara ekosistem maupun finansial.

Air laut memiliki banyak potensi dan tantangan yang dapat dikembangkan. Kandungan ionnya mempunyai potensi dapat digunakan sebagai unsur

hara yang diperlukan tanaman sebagai nutrient, tetapi tingginya salinitas pada air laut tersebut menyebabkan permasalahan baru bagi lahan pertanian dan tanaman jika digunakan secara langsung dengan jumlah yang banyak. Jarak yang jauh dari pesisir pantai menyebabkan pemanfaatan air laut menjadi tidak bisa dilakukan secara langsung. Pendekatan secara *cleaner production* untuk mengisolasi ion-ion dalam air laut dengan sampah organik tersebut menjadi bentuk padatnya (tablet) menjadi mungkin untuk dilakukan.

Mineral garam misalnya NaCl dalam jumlah kecil sangat diperlukan oleh manusia maupun hewan. Garam diperoleh dari hasil evaporasi air laut. Air laut berisi makro dan mikro mineral esensial yang diperlukan untuk tumbuh kembang tanaman. (Sherri. A, dkk, 2013).

Tabel 1. Kandungan Zat Terlarut pada Air Laut

Makro Elemen		Konsentrasi (ppm)			
Hidrogen H (dalam H ₂ O)		110.000			
Oksigen O (dalam H ₂ O)		883.000			
Natrium Na (dalam NaCl)		10.800			
Klor Cl (dalam NaCl)		19.400			
Magnesium Mg		1.290			
Sulfur/Belerang S		904			
Kalium K		392			
Kalsiu, Ca		411			
Bromine Br		67,3			
Mikro Elemen	Konsentrasi (ppm)	Mikro Elemen	Konsentrasi (ppm)	Mikro Elemen	Konsentrasi (ppm)
Helium He	0,0000072	Selenium Se	0,0009	Samarium Sm	0,00000045
Lithium Li	0,170	Krypton Kr	0,00021	Europium Eu	0,0000013
Beryllium Be	0,0000006	Rubidium Rb	0,120	Gadolinium Gd	0,0000007
Boron B	4,450	Strontium Sr	8,1	Terbium Tb	0,00000014
Karbon C	28,0	Yttrium Y	0,000013	Dysprosium Dy	0,00000091
Nitrogen ion	15,5	Zirconium Zr	0,000026	Holmium Ho	0,00000022
Fluorine F	13	Niobium Nb	0,000015	Erbium Er	0,00000087
Neon Ne	0,00012	Molybdenum Mo	0,01	Thulium Tm	0,00000017
Aluminium Al	0,001	Ruthenium Ru	0,0000007	Ytterbium Yb	0,00000082
Silikon Si	2,9	Rhodium Rh	.	Lutetium Lu	0,00000015
Fosfor P	0,088	Palladium Pd	.	Hafnium Hf	<0,000008
Argon Ar	0,450	Argentum Ag	0,00028	Tantalum Ta	<0,0000025
Skandium Sc	<0,000004	Cadmium Cd	0,00011	Tungsten W	<0,000001
Titanium Ti	0,001	Indium In	.	Rhenium Re	0,0000084
Vanadium V	0,0019	Stannum (tin) Sn	0,00081	Osmium Os	.
Chromium Cr	0,0002	Antimony Sb	0,0	Iridium Ir	.
Mangan Mn	0,0004	Tellurium Te	.	Platinum Pt	.
Besi Fe	0,0034	Iodine I	0,064	Emas Au	0,000011
Kobalt Co	0,00039	Xenon Xe	0,000047	Raksa Hg	0,00015
Nikel Ni	0,0066	Cesium Cs	0,0003	Thallium Tl	.
Tembaga Cu	0,0009	Barium Ba	0,021	Timbal Pb	0,00003
Zinc Zn	0,005	Lanthanum La	0,0000029	Bismuth Bi	0,00002
Gallium Ga	0,00003	Cerium Ce	0,0000012	Thorium Th	0,0000004
Germanium Ge	0,00006	Praesodymium Pr	0,00000064	Uranium U	0,0033
Arsenic As	0,0026	Neodymium Nd	0,0000028	Plutonium Pu	.

(Turekian, 1968)

Tingginya salinitas pada air laut disebabkan oleh banyaknya zat terlarut dalam air. Zat terlarut tersebut dapat dikategorikan makro elemen dan mikro elemen. Menurut Turekian (1968) kandungan yang terdapat pada air laut, disajikan dalam Tabel 1.

Menurut Pichard dan Emery, (1990) rata-rata konsentrasi senyawa garam terlarut di air laut sekitar 3,5%, tetapi konsentrasi tersebut akan dipengaruhi oleh lokasi dan laju penguapannya. Konsentrasi ion-ion makro akan terlarut secara bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain, tetapi secara proporsi atau perbandingan relatifnya cenderung tetap/konstan.

Air laut sudah banyak dimanfaatkan untuk mengairi lahan dengan tanaman yang tahan terhadap salinitas pada daerah pesisir pantai, hal ini disebabkan oleh ion-ion garam merupakan sumber nutrient bagi tanaman. Banyaknya kandungan zat terlarut yang berupa ion dapat menjadi indikator bahwa air laut dapat berpotensi menjadi salah satu alternatif sumber nutrisi bagi tanaman. Unsur-unsur nutrisi bagi tanaman yang terkandung dalam air laut disajikan dalam Tabel 2.

Setiap tanaman dapat tumbuh dengan baik jika ketersediaan unsur hara sebagai penopang utama pertumbuhan pada media tanamnya terjaga dengan cukup memadai. Senyawa organik dan anorganik sangat diperlukan tanaman untuk tumbuh, berkembang dan berproduksi. Pemupukan merupakan salah satu upaya untuk memaksimalkan hasil tanaman. Pemupukan dapat dilakukan sebagai upaya untuk mencukupi kebutuhan tanaman agar tujuan produksi dapat dicapai. (Kusnaedin, 2019)

Menurut Fitter (1991) jika konsentrasi garam pada tanah lebih tinggi (bersifat hipertonis) dibandingkan yang terdapat pada sel-sel akar (plasmolisis) (bersifat hipotonis), sehingga akan terjadi peristiwa osmosis, hal ini tanah menyerap air dari akar dan tanaman. Proses tersebut akan menyebabkan tanaman layu dan mati. Pengaruh yang merusak tidak hanya disebabkan oleh proses osmosis tetapi juga oleh ion-ion yang terdapat pada garam tersebut bila konsentrasinya tinggi, misalnya ion Natrium (Na⁺) dan ion klor (Cl⁻) akan menyebabkan keracunan pada tanaman.

Salinitas yang tinggi merupakan salahsatu permasalahan jika air laut secara langsung dalam jumlah yang banyak, hal ini dapat berpengaruh negatif terhadap tanaman dan tanah. Pemecahan permasalahan tersebut adalah dengan mengencerkan air laut dengan konsentrasi tertentu (Sherri, 2013)

Metode yang dapat diterapkan untuk menurunkan konsentrasi air garam tersebut adalah dengan mengisolasi garam tersebut dalam suatu media yang kompak, metode ini disebut dengan imobilisasi. Metode imobilisasi menggunakan prinsip mengurangi mobilitas ion-ion didalam air laut, dilakukan dengan cara mengubah *sludge* menjadi bentuk yang kompak/kekar, mengakibatkan ion yang berada di dalamnya tidak mudah mengalami perлиндian (*leached*). Pada proses imobilisasi diperlukan bahan tambahan yang berfungsi sebagai binder atau pengikat yang akan menyebabkan ion-ion pada air laut teradsorpsi sehingga secara elektrokimiawi ion-ion air laut terikat pada binder dalam matriks. (Harjanto. T.R., 2019)

Tabel 2. Kandungan Unsur Nutrisi Tanaman yang Terdapat pada Air Laut

Unsur	Simbol Kimia	% <i>Relative</i> pada Tanaman	Fungsi dalam Tanaman	Kategori
Nitrogen	N	100	Protein, Asam amino	<i>Primary macronutrients</i>
Fosfor	P	6	Asam Nukleat, ATP	
Kalium	K	25	Katalis, Ion transport	
Kalsium	Ca	12.5	Komponen sel pada batang	<i>Secondary macronutrients</i>
Magnesium	Mg	8	Bagian dari klorofil	
Sulfur/Belerang	S	3	Asam amino	
Besi	Fe	0.2	Sintesis Klorofil	<i>Micronutrients</i>
Tembaga	Cu	0.01	Komponen Enzim	
Mangan	Mn	0.1	Aktifitas Enzim	
Seng	Zn	0.03	Aktifitas Enzim	
Boron	B	0.2	Komponen sel pada batang	
Molybdenum	Mo	0.0001	Terlibat dalam Fiksasi N	
Chlorine	Cl	0.3	Reaksi Fotosintesis	

(Motavalli and T. Marler 1998)

Binder/pengikat yang digunakan untuk imobilisasi zat-zat terlarut yang terdapat pada air laut menggunakan bahan yang memiliki kandungan selulosa. Selulosa merupakan sumber daya alam yang melimpah dan dapat diperbaharui serta ramah lingkungan. Sampah organik rumah tangga merupakan sumber selulosa yang dapat dimanfaatkan. Serat-serat selulosa dapat bereaksi dengan bahan yang bersifat hidrofilik akan membentuk komposit struktur tiga dimensi yang sangat kompak (solid) yang unik dibandingkan dengan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan (adsorpsi) antara masing-masing penyusunnya. (Mulyawan. A.S., dkk., 2015).

Selulosa memiliki ukuran nano dengan luas permukaan sebesar 250 m²/g, perbandingan panjang dengan diameter (L/d) lebih besar dari 100. Hal ini menyebabkan selulosa efektif untuk mengadsorpsi ion-ion garam air laut. (Fitriasari. W., dkk, 2019)

Pemanfaatan sampah organik merupakan sebuah alternatif solusi dari permasalahan sampah yang ada di Indonesia. Menurut data resmi Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2020 ada 27.649.543,58 ton/tahun timbulan sampah dan terdapat 2.553.536,28 ton/tahun sampah yang tidak terkelola. Komposisi sumber sampah yang terbanyak berasal dari rumah tangga sekitar 32,8 %, dengan komposisi 55 % sampah organik. Pemanfaatan sampah organik sebagai binder pada isolasi garam-garam terlarut air laut merupakan konsep yang sesuai dengan prinsip *cleaner production* yang direkomendasikan oleh UNEP (*United Nations Environment Programme*) sebuah badan resmi dunia yang menangani masalah lingkungan hidup.

Produksi bersih (*Cleaner Production*) adalah prinsip yang menekankan pencegahan pencemaran melalui pengurangan konsumsi bahan baku, air, dan energi, serta mengurangi atau menghilangkan timbulan sampah/limbah, sehingga akan meningkatkan produktivitas bagi lingkungan, industri maupun masyarakat. (Gavrilescu. M., 2004). Menurut UNEP (2006), produksi bersih (*Cleaner Production*) adalah strategi preventif terhadap dampak lingkungan secara berkelanjutan yang terintegrasi dari proses, produk, dan jasa untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan, serta mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan hidup. Intinya *Cleaner production* adalah sebuah teknik yang bertujuan untuk melindungi lingkungan, konsumen dan pekerja sambil meningkatkan efisiensi industri, profitabilitas dan daya saing.

Berdasarkan peluang potensi pemanfaatan air laut dan pemecahan permasalahan sampah organik yang ada tersebut, sangat penting untuk segera dilakukan, sebagai bentuk perwujudan dalam mendukung rencana pemerintah melaksanakan program pembangunan berkelanjutan dalam hal konservasi lingkungan berbasis *cleaner production*

agar memberikan kontribusi positif bagi masyarakat dan lingkungan

Penelitian ini memiliki tujuan: (1) Menentukan pengisolasi senyawa mineral dalam tablet dan (2) menentukan efektifitas tablet sebagai pupuk tanaman tertentu.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan menjadi tiga tahapan, yaitu: (1) tahap persiapan bahan, (2) tahap imobilisasi/proses pentabletan air laut, (3) tahap pengujian dan interpretasi hasil.

Pada tahap persiapan bahan (tahap1) dilakukan persiapan pengumpulan air laut dan sampah organik untuk dilakukan pengeringan sampai kadar tertentu. Bahan yang sudah kering tersebut dilakukan penghalusan sehingga diperoleh bubuk/serbuk bahan organik. Sejumlah volume air laut disaring untuk perlakuan persiapan. Persiapan dilakukan untuk mempersiapkan selulosa sebagai binder.

Tahap imobilisasi atau proses pentabletan air laut (tahap 2) dilakukan dengan membuat formulasi pencampuran antara limbah organik yang sudah dilakukan resizing untuk memperluas bidang permukaan sehingga proses penyerapan ion-ion garam terlarut menjadi optimal. Proses pembuatan tablet air laut dilakukan dengan mencampur binder dengan air laut berdasarkan skenario sampel A = 1 : 0; sampel B = 1 : 1; sampel C = 1 : 4; dan sampel D = 1 : 8.

Pada (tahap 3) tahapan pengujian, sampel akan diujikan dengan metode *scanning electron microscope – energy dispersive X ray spectroscopy* (SEM EDS).

Gambar 1. Menunjukkan tahapan penelitian yang dilakukan. Hasil diujikan di laboratorium untuk mendapatkan data yang akan diolah secara kualitatif maupun kuantitatif.

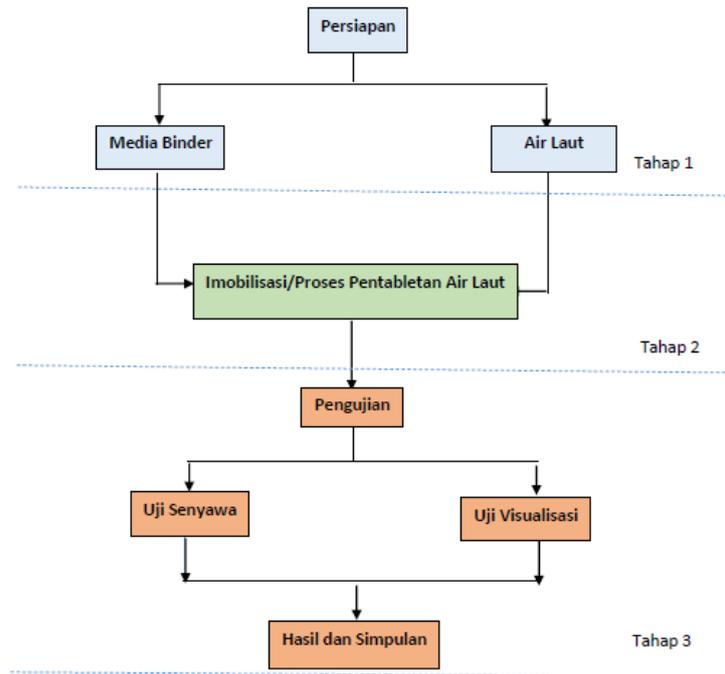
Efektifitas penggunaan pupuk tablet air laut diasumsikan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman dibandingkan dengan tinggi tanaman mula-mula. Untuk mendapatkan hasil efektivitas penggunaan tablet pupuk menggunakan pendekatan formulasi =

$$\frac{(H.b-H.a)-(H.bo-H.ao)}{(H.bo-H.ao)} \times 100\%$$

Dengan:

- H.bo = Pertumbuhan/tinggi tanaman bulan akhir dengan sampel blanko (cm)
- H.ao = Pertumbuhan/tinggi tanaman pada bulan awal dengan sampel blanko (cm)
- H.b = Pertumbuhan/tinggi tanaman uji pada bulan akhir (cm)
- H.a = Pertumbuhan/tinggi tanaman uji pada bulan awal (cm)

Uji pada tanaman berupa visualisasi atau respon yang tampak pada tanaman.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian Air Laut Tablet

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan berdasarkan pada prinsip imobilisasi material pada fasa semi padat atau cair yang dikenal dengan istilah solidifikasi. Penggunaan limbah organik yang telah dikeringkan dan dihaluskan bertujuan untuk memperluas permukaan sehingga air laut yang kaya mineral akan terikat pada pori-pori permukaan limbah organik tersebut. Perlakuan sampel pada penelitian ini untuk pembuatan tablet air laut dilakukan dengan mencampur serbuk organik dengan air laut berdasarkan skenario sampel A = 1 : 0; sampel B = 1 : 1; sampel C = 1 : 4; dan sampel D = 1 : 8. Binder diperlukan sebagai pengikat antara selulosa dengan mineral-mineral yang ada pada air laut sehingga memudahkan untuk membuat tablet.

Berikut adalah Gambar 2. pada sampel A digunakan sebagai *Blank Sample* untuk melihat karakteristik sampel lainnya berdasarkan perubahan yang terjadi. Gambar diperoleh dari pengamatan melalui *scanning electron microscope - energy dispersive X rays spectroscopy* (SEM EDS).

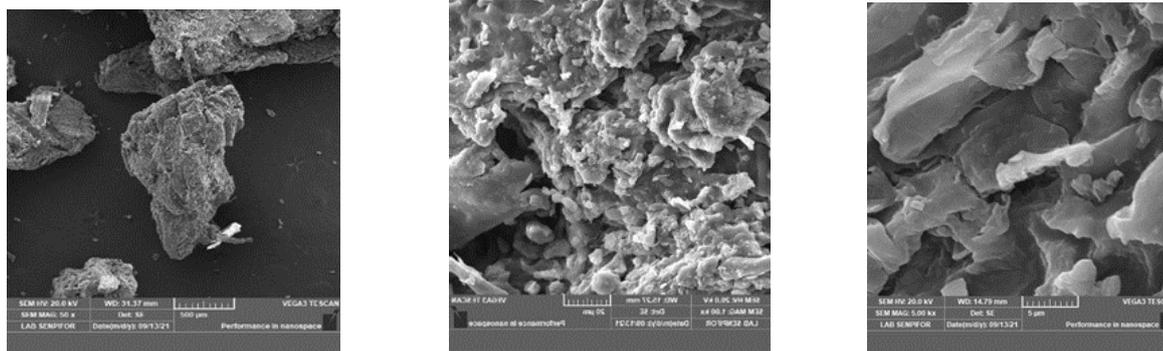
Pori - pori pada permukaan serbuk sampah organik berpotensi untuk mengadsorpsi unsur-unsur mineral pada air laut. Menurut Foster (1983), Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik baik secara fisika atau dikenal dengan adsorpsi *Van der Waals* dan dapat juga terjadi secara kimia. Air laut adalah suatu larutan elektrolit dengan adsorpsi secara fisik maka adsorpsi bisa berjalan lebih cepat dari pada larutan yang bersifat non elektrolit, hal ini disebabkan

karena larutan elektrolit air laut terdapat ion-ion dengan muatan yang berlawanan sehingga gaya tarik menarik *Van der Waals* semakin besar, sehingga daya adsorpsi juga besar.

Air laut dapat berakibat kurang baik terhadap populasi beberapa bakteri dan pertumbuhan tanaman, namun ada bakteri biofertilizer yang dapat bertahan disuasana tinggi kadar garamnya, bakteri ini dapat membantu pertumbuhan tanaman, oleh sebab itu air laut dapat digunakan sebagai pupuk dengan kontrol kadar garam tidak terlalu tinggi. (Widayati. S. dkk., 2015).

Kontrol terhadap kadar garam yang tinggi dapat disiasati dengan mengadsorpsi air laut dengan memanfaatkan sebaran pori pada selulosa.

Sampah organik dibuat serbuk bertujuan untuk memperluas luas permukaan, sehingga adsorpsi yang terjadi akan semakin besar hal ini disebabkan karena zat yang menempel pada permukaan akan semakin besar/banyak. Terjadinya adsorpsi dapat melalui beberapa mekanisme yaitu penyerapan atau pemerangkapan, pertukaran ion, ikatan hidrogen serta pembentukan kompleks (Mayangsari, 2021). Menurut Takarani (2019), Selulosa berpotensi sebagai adsorbent karena memiliki gugus -OH (hidroksil) yang akan menyerap logam-logam mineral terlarut membentuk kompleks antara permukaan padatan dengan adsorbat. Karakteristik dari serbuk sampah organik ini sukar untuk membentuk gumpalan-gumpalan yang stabil dapat diatasi dengan menambahkan zat *additive* sebagai binder atau pengikat agar terjadi stabilisasi.



(a) Perbesaran 50x

(b) Perbesaran 1000x

(c) Perbesaran 5000x

Gambar 2. Struktur Senyawa Sampel A dengan Beberapa Perbesaran

Pada Gambar 2. dapat dilihat struktur sampel A dengan berbagai Perbesaran. Pada *image* Perbesaran 50x (Gambar 2. (a)) dapat dilihat adanya jarak antara satu gumpalan dengan gumpalan lainnya yang terlihat acak. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi preparasi sampel yang tidak homogen dan juga dipengaruhi oleh faktor jenis limbah organik yang digunakan berbeda-beda yang dicampur menjadi satu sehingga tingkat homogenitasnya rendah. Pada *image* Perbesaran 1000x (Gambar 2. (b)) terlihat permukaan sampel terdapat pori-pori yang tersebar acak pada gumpalan-gumpalan molekul tersebut. Pada *image* Perbesaran 5000x (Gambar 2. (c)) dapat terlihat jelas pori-pori yang ada di dalam molekul tersebut. Pori-pori inilah yang akan menjadi tempat pengikatan mineral-mineral yang terdapat pada air laut.

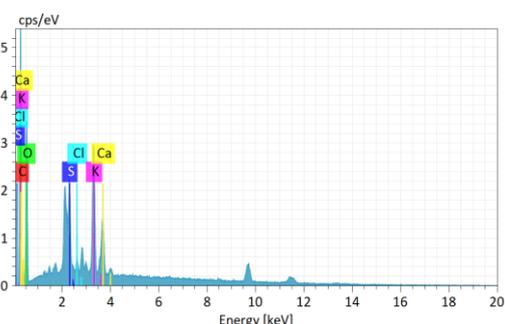
Berikut ini adalah komposisi unsur-unsur yang ada pada sampel A yang ditentukan melalui metode *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS). Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa komposisi unsur yang paling dominan pada sampel A secara berurutan

adalah O, C, K, S, Ca dan Cl. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa-senyawa makro yang umum ada pada setiap limbah organik. Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa-senyawa yang dibutuhkan oleh tanaman dalam proses pertumbuhannya termasuk didalamnya untuk proses fotosintesis. Karbon (C) dan Oksigen (O) merupakan unsur kimia alamiah yang terdapat pada semua bagian tumbuhan akibat adanya proses fotosintesis. Kalium (K) termasuk salah satu nutrisi utama (*Primary macronutrient*) yang berfungsi sebagai katalis dan membantu transportasi ion-ion keseluruhan bagian tanaman. Sulfur dan Kalsium (Ca) merupakan nutrisi penting kedua (*secondary macronutrient*) bagi tanaman. Sulfur (S) merupakan asam amino sedangkan Kalsium merupakan komponen sel pada batang tanaman. Klorin (Cl) merupakan salah satu unsur mikro (*micro nutrient*) yang berperan dalam proses fotosintesis bersama-sama dengan C dan O (Nurhayati. D.R., 2021).

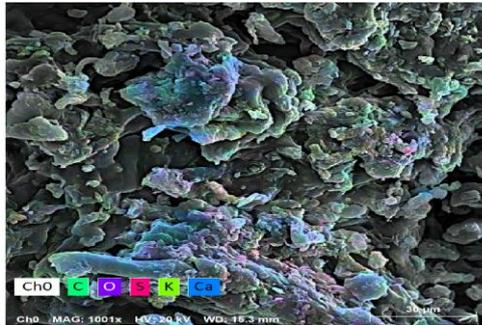
Pemetaan (*mapping*) keberadaan dari setiap unsur pada sampel A dapat dilihat pada Gambar 3.

Spectrum 1

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [% (1 sigma)]	rel. error [% (1 sigma)]
Oxygen	8	13150	17.55	42.79	41.17	2.39	13.63
Carbon	6	16120	16.59	40.45	51.85	2.21	13.30
Potassium	19	21627	3.17	7.72	3.04	0.12	3.92
Sulfur	16	12722	1.80	4.40	2.11	0.09	5.15
Calcium	20	9411	1.61	3.93	1.51	0.08	4.71
Chlorine	17	2010	0.30	0.72	0.31	0.04	12.77
		Sum	41.01	100.00	100.00		



Gambar 3. Komposisi Utama Unsur-Unsur Pada Sampel A



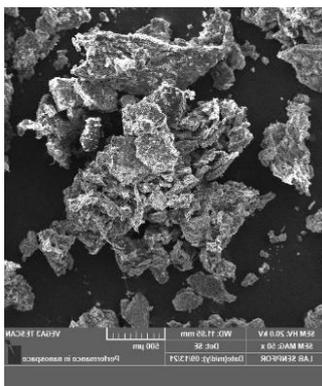
Gambar 4. Mapping Unsur-Unsur Pada Sampel A

Pada Gambar 4. di atas dapat dilihat persebaran setiap unsur-unsur yang ada pada sampel A. Persebaran unsur dapat dilihat homogen hampir merata pada permukaan sampel. Pada sampel B dengan komposisi 1:1 (limbah organik+binder : air laut) dapat dilihat komposisi molekul pada Gambar 5.

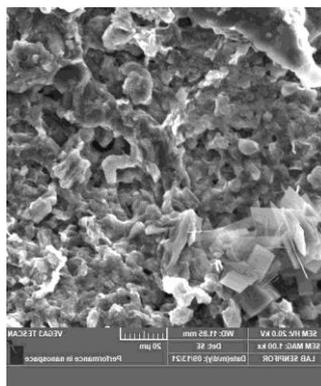
Pada Perbesaran 50x tidak terlalu tampak perbedaan yang signifikan antara sampel A dan sampel B, perbedaan terlihat pada permukaan setiap molekul dengan corak yang lebih terang. Bentuk sebaran kristal menyerupai plat-plat yang tidak beraturan yang berada di permukaan senyawa pada perbesaran 1000x sedangkan pada Perbesaran 5000x dapat dilihat

bentuk kristal yang dipastikan adanya mineral-mineral yang teradsorpsi pada limbah organik tersebut. Adapun komposisi unsur pada sampel B dapat dilihat melalui Gambar 6.

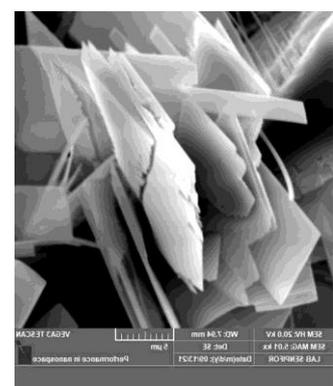
Pada Gambar 6. dapat dilihat adanya beberapa unsur muncul pada sampel B, hal ini disebabkan oleh pengaruh dari penambahan air laut ke dalam sampel. Adanya penambahan air laut ini menyebabkan beberapa unsur pada air laut teradsorpsi sehingga terjadi penambahan komposisi unsur O, Cl, Na dan Mg.



(a) Perbesaran 50x



(b) Perbesaran 1000x

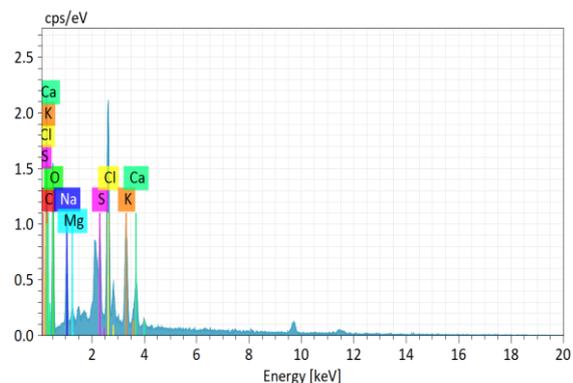


(c) Perbesaran 5000x

Gambar 5. Struktur Senyawa Sampel B dengan Beberapa Perbesaran

Spectrum 1

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	5108	27.23	45.02	57.76	4.27	15.69
Oxygen	8	4313	20.31	33.58	32.35	3.29	16.21
Chlorine	17	9854	4.61	7.62	3.31	0.19	4.13
Potassium	19	5333	2.95	4.88	1.92	0.13	4.29
Sodium	11	2351	1.85	3.05	2.05	0.16	8.65
Calcium	20	2586	1.73	2.87	1.10	0.09	5.16
Sulfur	16	3545	1.50	2.47	1.19	0.09	5.85
Magnesium	12	566	0.31	0.51	0.32	0.05	16.26
		Sum	60.48	100.00	100.00		



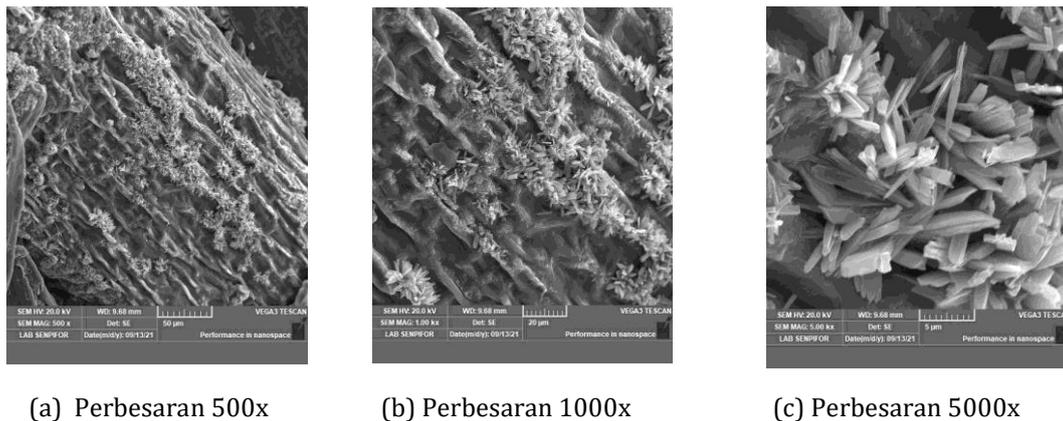
Gambar 6. Komposisi utama unsur-unsur pada sampel B

Menurut Nurhayati (2021), Magnesium (Mg) merupakan salah satu unsur esensial yang termasuk dalam nutrient utama kedua (*secondary macronutrient*) setelah N, P dan K. Mg ini merupakan bagian dari klorofil pada tanaman. Mg adalah activator yang berfungsi untuk transportasi energi beberapa enzim didalam tanaman atau tumbuhan. Unsur Mg terdapat secara dominan pada bagian daun, sehingga unsur ini merupakan salah satu syarat tumbuhan dapat melakukan proses fotosintesis dengan baik termasuk juga pada pembentukan biji, buah dan minyak serta berperan pada berbagai proses sintesis protein untuk membentuk enzim.

Natrium (Na) bukan merupakan unsur hara esensial artinya tumbuhan dapat tumbuh dengan normal walaupun tanpa Na dengan syarat unsur-unsur esensial yang lain tetap terpenuhi, tetapi Na merupakan salah satu unsur hara yang dibutuhkan tanaman yang bersifat fungsional yakni berperan untuk mempertahankan jumlah atau kadar air pada daun dan fungsinya dapat menggantikan unsur K jika tumbuhan kekurangan K. Unsur Na ini adalah salah satu unsur makro terbesar yang ada pada air laut setelah H dan O.

Pada sampel C dengan kandungan air laut sebesar empat kali lebih banyak dari sampel B dapat dilihat bentuk molekulnya pada Gambar 7.

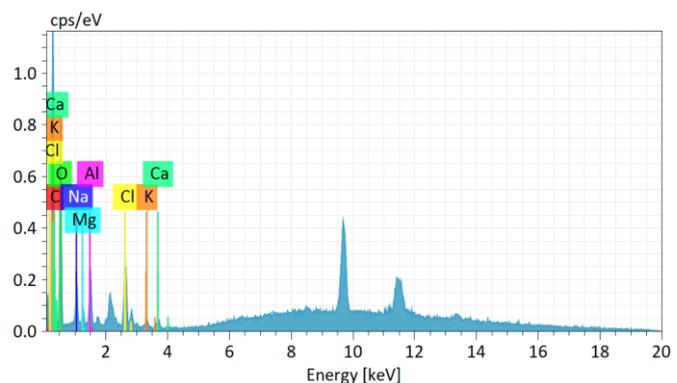
Pada *image* sampel C dengan berbagai Perbesaran dapat dilihat semakin banyaknya bentuk kristal yang tersebar tidak beraturan yang menyerupai plat-plat / balok runcing mulai dari Perbesaran 500x(a) dan Perbesaran 1000x(b). Pada Perbesaran 5000x(c) dapat dilihat bentuk dari sebaran kristal plat-plat/balok runcing acak tersebut yang merupakan unsur-unsur yang muncul akibat dari penambahan air laut. Pada gambar sampel B hanya dapat dilihat satu bagian kristal plat-plat acak yang ada pada sampel, dengan penambahan konsentrasi air laut akan mengakibatkan banyaknya kristal plat-plat yang terikat pada permukaan sampel C. Bentuk kristal jarum pada air garam adalah bentuk dari senyawa garam magnesium. Bentuk morfologi kristal yang terbentuk adalah kristal monoklinik yang kaya akan magnesium yang bercirikan kristal berserabut berbentuk heksagonal (Mulyaningsih, 2018). Untuk komposisi unsur pada sampel C dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 7. Struktur senyawa sampel C dengan beberapa Perbesaran

Spectrum 1

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Carbon	6	8510	49.52	49.52	58.68	7.12	14.39
Oxygen	8	6436	42.00	42.00	37.36	6.32	15.05
Chlorine	17	3474	2.63	2.63	1.06	0.13	4.92
Aluminium	13	2210	1.74	1.74	0.92	0.12	7.13
Sodium	11	1546	1.62	1.62	1.00	0.15	9.20
Calcium	20	495	1.32	1.32	0.47	0.10	7.73
Potassium	19	495	0.74	0.74	0.27	0.07	9.32
Magnesium	12	524	0.43	0.43	0.25	0.06	14.13
		Sum	100.00	100.00	100.00		



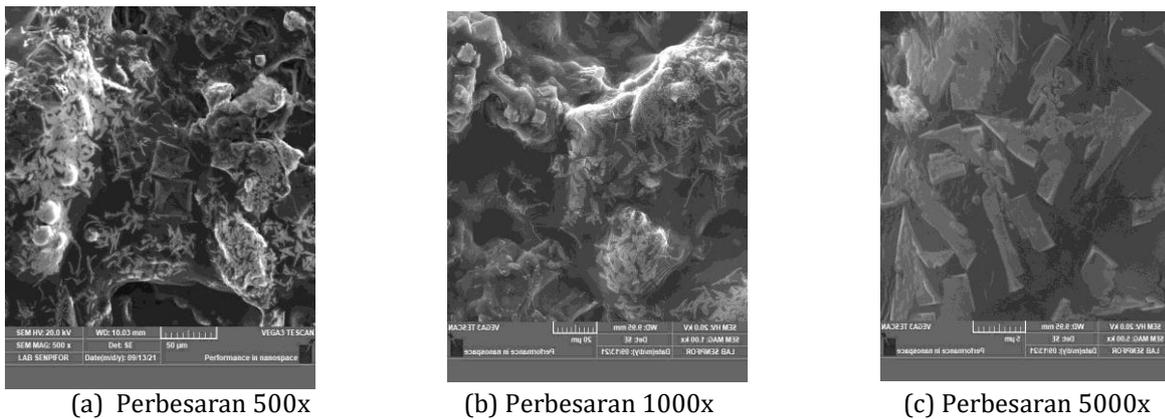
Gambar 8. Komposisi utama unsur-unsur pada sampel C

Pada Gambar 8. dapat dilihat komposisi utama unsur-unsur pada sampel C. Sulfur (S) yang muncul sebagai sebagai salah satu komposisi utama unsur-unsur pada sampel B kemudian tidak terlihat pada sampel C. Hal ini disebabkan oleh kandungan S jumlahnya relatif sedikit sehingga tidak terekam pada Gambar 8. Namun demikian, muncul unsur Aluminium (Al). Unsur Al ini sebenarnya juga ada pada sampel B namun karena jumlahnya yang relatif sedikit sehingga tidak terekam pada komposisi utama. Hal ini terjadi karena kondisi sampel yang tingkat homogenitasnya yang masih rendah yang dipengaruhi oleh teknik pencampuran dan penghalusan limbah/sampah yang masih menggunakan cara sederhana. Al merupakan unsur pengganggu bagi tanaman karena unsur ini bersifat racun bagi tanaman. Namun Al ini merupakan salah satu unsur mikro yang terdapat pada air laut sehingga keberadaannya dalam jumlah yang kecil masih dapat ditoleransi oleh tanaman meskipun batas toleransi setiap tanaman terhadap unsur ini berbeda-beda.

Pada sampel D yang merupakan skenario dari penambahan komposisi air laut pada limbah/sampah dapat dilihat pada Gambar 9. Sampel D merupakan sampel dengan komposisi air laut terbanyak dari

seluruh sampel dengan perbandingan antara sampah organik (termasuk binder) dengan air lautnya sebesar 1:8. Adapun gambaran molekul pada sampel yang membedakannya dengan sampel blangko ataupun dengan sampel yang lain yakni kondisi pengaruh air laut yang sangat dominan pada sampel ini. Hal ini dapat dilihat pada pembesaran 500x terlihat bentuk awal yang relatif berbentuk gumpalan sekarang menjadi bentuk yang relatif acak dan kristal yang tidak beraturan namun tersebar hampir merata. Pada pembesaran 5000x dapat dilihat bahwa bentuk kristal balok tersebut merupakan gabungan dari plat-plat kristal yang tidak beraturan. Komposisi unsur-unsur utamanya yang teradsorpsi dapat dilihat pada Gambar 10.

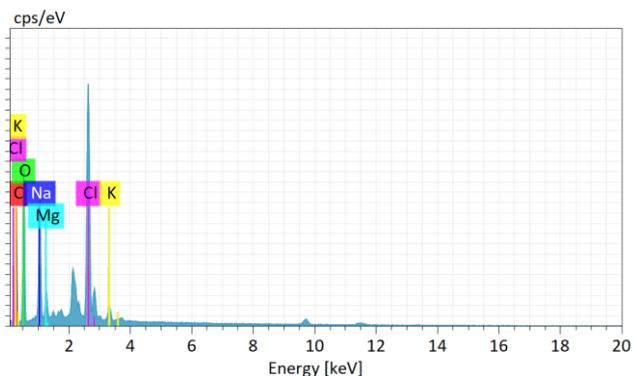
Untuk komposisi unsur pada sampel D masih terlihat random dan tidak memiliki pola yang teratur secara merata. Bentuk tersebut diakibatkan oleh unsur klorin dan natrium yang tinggi. Unsur-unsur yang terekam pada sampel D merupakan unsur-unsur utama saja yang berarti bahwa unsur-unsur yang lain tetap ada pada komposisi tersebut namun jumlahnya yang kecil sehingga tidak ditampilkan. Pola yang berubah dipengaruhi oleh konsentrasi air laut dan faktor homogenitas sampel.



Gambar 9. Struktur senyawa sampel D dengan beberapa Perbesaran

Spectrum 1

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [% (1 sigma)]	rel. error [% (1 sigma)]
Oxygen	8	20735	23.45	39.98	39.09	3.02	12.88
Carbon	6	11194	22.20	37.83	49.28	3.08	13.89
Chlorine	17	53162	7.61	12.97	5.73	0.28	3.72
Sodium	11	16742	3.98	6.79	4.62	0.29	7.20
Magnesium	12	4242	0.76	1.29	0.83	0.07	9.29
Potassium	19	3459	0.67	1.14	0.46	0.05	7.38
		Sum	58.67	100.00	100.00		



Gambar 10. Komposisi utama unsur-unsur pada sampel D

Tabel 3. Pertumbuhan Tanaman pada Berbagai Variasi Sampel

Sampel	Bulan ke 1	Bulan ke 2	Bulan ke 3	Efektifitas Penggunaan Pupuk
A	1. Tinggi tanaman 5-10 cm 2. Daun tampak segar	1. Tinggi tanaman bertambah rata-rata 5-10 cm 2. Daun berwarna hijau	1. Tinggi tanaman cabai = 22 cm Terong = 30 cm 2. Daun berwarna hijau 3. Belum berbuah (baru tampak bunga)	Diajdikan sebagai sampel blanko
B	1. Tinggi tanaman 5-10 cm 2. Daun tampak segar	1. Tinggi tanaman bertambah rata-rata 7-13 cm 2. Daun berwarna hijau segar pertumbuhan daun cepat	1. Tinggi tanaman cabai = 33 cm Terong = 48 cm 2. Daun berwarna hijau segar 3. Sudah berbuah	1. Untuk tanaman cabai = 64,71% 2. Untuk tanaman terong ungu = 72,00%
C	1. Tinggi tanaman 5-10 cm 2. Daun tampak segar	1. Tinggi tanaman bertambah rata-rata 7-13 cm 2. Daun berwarna hijau tua segar dan daun lebih sehat serta pertumbuhan daun cepat	1. Tinggi tanaman cabai = 35 cm Terong = 50 cm 2. Daun berwarna hijau tua tampak segar 3. Sudah berbuah dan pertumbuhan cepat	1. Untuk tanaman cabai = 76,47% 2. Untuk tanaman terong ungu = 80,00%
D	1. Tinggi tanaman 5-10 cm 2. Daun tampak segar	1. Tinggi tanaman bertambah rata-rata 8-12 cm 2. Daun berwarna hijau segar dan pertumbuhan daun cepat	1. Tinggi tanaman cabai = 33 cm Terong = 48 cm 2. Daun berwarna hijau kekuningan 3. Sudah berbuah tetapi pertumbuhan lambat	1. Untuk tanaman cabai = 64,71% 2. Untuk tanaman terong ungu 72,00%

Efektifitas air laut tablet diujikan pada tanaman semusim mengguakan tanaman cabe dan terong ungu. Perlakuan pada tanaman ini menggunakan media tanam berupa tanah berpasir dan sekam, dengan tujuan untuk melihat pengaruh dari serapan nutrisi dari pupuk tablet air laut. Dosis tablet diberikan tiap 10 hari diberikan 5 tablet air laut (@500 mg) untuk satu pot tanaman. Hasil pengamatan disajikan dalam Tabel 3.

Berdasarkan hasil dari Tabel 3, pertumbuhan optimal didapatkan pada sampel C. Secara umum bahwa pupuk organik air laut tablet ini bisa digunakan pada tanaman dengan dosis 5 butir tablet (@ 500 mg) tiap 10 hari pemupukan, meskipun data – data yang dihasilkan masih belum optimal. Terlihat bahwa pada tablet sampel D pertumbuhan tanaman tidak sebaik sampel B dan C hal ini disebabkan oleh tingginya kadar Na dan Cl sehingga menghalangi serapan nutrisi pada akar tanaman. Kondisi kadar garam yang tinggi dapat menghambat penyerapan nutrisi dan mineral-mineral seperti K, Ca, N dan P oleh akar tanaman. (Tejada, dkk., 2006)

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini Sampel A sebagai sample blanko sebagai pembanding untuk sampel B, C dan D, didapatkan hasil bahwa pori – pori pada permukaan serbuk sampah organik memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi unsur-unsur mineral pada air laut. Sampah organik mengadsorpsi berbagai mineral yang terdapat pada air laut sebagai *primary macronutrient*,

secondary macronutrient dan *micronutrient* bagi tanaman. Rasio air laut yang terlalu tinggi mengakibatkan kandungan Na dan Cl semakin banyak yang teradsorpsi.

Skenario air laut tablet pada sampel B, sampel C dan sampel D dapat digunakan digunakan sebagai pupuk pada dosis 5 tablet (@500 mg) tiap 10 hari. Sampel C dengan komposisi binder-air laut 1 : 4 memiliki efektifitas terbaik pada tanaman cabai dan terong ungu sebesar 76,47% dan 80,00%.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Cilacap yang telah memberikan dukungan berupa pendanaan dan fasilitas yang mendukung hingga tersusunnya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriasari. W. Masruchin. N., Hermiati. E. 2019. Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya., LIPI Press. Jakarta
- Fitter. A.H. dan Hay. R.K.M., 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Forster, U dan Wittman, T.W. 1983. Metal Pollution In The Aquatic Environment. Spiner-Zerlag. Berlin p. 207 - 213
- Gavrilescu.M. 2004. Cleaner Production as A Tool For Sustainable Development. Environmental Engineering and Management Journal. 3(1), 45-70
- Harjanto, T.R. Bahri, S. 2019. Interst: Jurnal Terpadu Ilmu Kesehatan. 8 (2), 130-219
- Kusnaedin. E. Tauhid. A. dan Supriatna. J. 2019. Pengaruh Dosis NPK Mutiara dan Konsentrasi Air Laut terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah (Arachis

- hipogaeae L.) Varietas Kijang. JAGROS: Jurnal Agroteknologi Dan Sains. 4(1),183-195
- Mayangsari, N.E. Astuti, U.P. 2021. Model Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cu²⁺ Menggunakan Selulosa Daun Nanas. Jurnal Chermugy. 05(1),15-21
- Motavalli, P. and T. Marler. 1998. Essential Plant Nutrients. Fertilizer Facts Number 1. College of Agriculture and Life Sciences, University of Guam, Mangilao, Guam
- Mulyawan. A.S. Sana. A.W. Kaelani. Z., 2015. Arena Tekstil, 30(2),75-82
- Mulyaningsih, S. 2018. Kristalografi dan Mineralogi. Akprind Press. Yogyakarta
- Nurhayati, D.R. 2021. Pengantar Nutrisi Tanaman. Unisri Press. Solo
- Pickard, G.L., dan Emery. W.J., 1990., Descriptive Physical Oceanography: An Introduction., Pergamon Press., Oxford.
- Sherri A., Miller. David M., Ikeda., Kim C. S. Chang, Joseph M., McGinn. Eric Weinert Jr. Michael, W. DuPonte. 2013. Natural Farming: Diluted Seawater, Sustainable Agriculture, College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR). Hawaii
- Takarani, P. Novita, S.F. dan Fatoni, R. 2019. Pengaruh Massa dan Waktu Adsorben Selulosa dari Kulit Jagung Terhadap Konsentrasi Penyerapan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi V. p.117-121. Universitas Mulawarman. Samarinda
- Tejada, M. Garcia, C. Gonzalez, J.L. Hernandez, M.T., 2006. Use of Organic Amendment as A Strategy for Saline Soil Remediation Influence on The Physical, Chemical and Biological Properties of Soil. Soil Bio & Biochem. 38(2),1413-21
- Turekian, K.K. 1968., Oceans. Englewood., Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- UNEP. 2006. Environmental Agreements and Cleaner Production. United Nations Environment Programme, InWEnt - Internationale Weiterbildung und Entwicklung gGmbH. Germany
- Widawati, S, Suliasih, dan Muharam. Pengaruh Air Laut terhadap Populasi Bakteri Biofertilizer, P Tersedia dalam Tanah, dan Pertumbuhan Bayam (*Amaranthus* sp.). Jurnal Hortikultura. Vol. 25 No. 3, 2015: p. 222-228
<http://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/#parallax> diakses tanggal 4 Maret 2021 jam 10.30 WIB