

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pupuk sangat dibutuhkan oleh banyak petani untuk menambah unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Anjuran penggunaan pupuk ataupun bahan lain yang sifatnya organik dimaksudkan untuk mengurangi masalah yang sekarang timbul akibat digunakannya bahan kimia yang telah terbukti merusak tanah dan lingkungan ketika digunakan dalam jangka panjang. Penggunaan insektisida dan pestisida kimia dalam pengendalian predator, hama dan penyakit juga menambah kerusakan lingkungan yang keduanya berpengaruh terhadap sistem pertanian.

Penggunaan pupuk kimia yang secara terus menerus tanpa diikuti pemberian pupuk organik dapat menurunkan kualitas tanah secara fisik, kimia dan biologi tanah. Penambahan bahan organik khususnya pada tanah sangat diperlukan karena 95% lahan-lahan pertanian di Indonesia mengandung bahan organik kurang dari 1% padahal seharusnya batas minimal kandungan bahan organik yang dianggap layak untuk lahan pertanian adalah 4 - 5% (Padmanabha *et al.*, 2014).

Pengolahan rumput laut menghasilkan limbah padat yang berasal dari ampas hasil proses penyaringan dan penirisan. Pengelolaan dan pemanfaatan limbah padat hasil pengolahan agar-agar saat ini masih belum tertangani dengan baik (Hartati, 2001). Limbah tersebut biasanya ditimbun di lokasi pembuangan, hal ini akan menjadi masalah apabila tempat pembuangan sudah tidak lagi mampu menampung limbah padat yang dihasilkan dan akan menimbulkan bau yang tidak sedap (Afif, 2011). Limbah Rumput laut sebagai bahan baku pembuatan agar-agar masih mengandung kalsium, fosfor, belerang dan natrium (Winarno, 1996), sehingga limbah padat yang dihasilkan apabila diolah dapat

menghasilkan pupuk organik (biofertilizer) (Yustin *et al.*, 2008). Pemanfaatan limbah ini perlu dikelola dengan baik agar dapat memberikan nilai tambah pada industri dan mengurangi masalah pencemaran lingkungan, terutama bau dan faktor estetika.

Elamalay and Ramasamy,(2012) mengatakan bahwa biofertilizer dari rumput laut diketahui lebih efektif dalam meningkatkan produktivitas tanaman dari pada pupuk kimia. Selain itu rumput laut memberikan beberapa manfaat seperti meningkatkan hasil panen, pertumbuhan, pertahanan terhadap serangga dan serapan nutrisi dari tanah. Menurut Alamsjah (2013) biofertilizer yang berasal dari limbah rumput laut memiliki nilai lebih tinggi pada makro nutrisi (nitrogen (N), fosfor (P), potasium (K)) dan mikro nutrisi (Fe, B, Ca, Cu, Mn dan Mg).

Proses pembuatan biofertilizer rumput laut dapat dilakukan secara anaerob, dengan bakteri indigenus namun membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendegradasi, untuk mempercepat proses degradasi dapat dilakukan secara fermentatif. Fermentasi dapat dilakukan dengan menggunakan kotoran ternak, limbah organik rumah tangga ataupun limbah perikanan. Limbah perikanan yang dapat digunakan dalam proses fermentasi salah satunya menggunakan limbah cair surimi. Limbah cair surimi merupakan hasil samping atau bahkan menjadi limbah bagi industri pengolahan surimi, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran perairan jika tidak ditangani dengan baik karena mengandung bahan organik yang tinggi (Uju *et al.*, 2009).

Limbah cair surimi masih dapat dimanfaatkan karena banyak mengandung bahan organik. Menurut DeWitt dan Morrisey (2001), air cucian surimi tidak hanya mengandung protein sarkoplasma, namun juga protein miofibril, hemepigmen, dan komponen bioaktif potensial lainnya.

Penambahan limbah surimi pada fermentasi pupuk organik diharapkan terjadi penambahan mikro organisme decomposer dan bertambahnya kandungan Nitrogen dan unsur hara mikro: Fe (besi), Zn (seng), Cu (tembaga), Mn(mangan), Cl (klor), Bo (borium), Mo (molubdenum) pada pembuatan pupuk organik. Hal ini disebabkan air limbah yang dihasilkan dari pencucian kedua dan ketiga pada proses pembuatan surimi mengandung protein, non protein, nitrogen, lemak, abu dan mengandung 17 asam amino (Lin *et al*, 1995). Diharapkan dengan semakin banyak unsur nitrogen yang dihasilkan akan memacu bakteri endogenus limbah padat agar- agar untuk tumbuh dan pada akhirnya akan mendekomposisi limbah padat agar-agar lebih cepat. Untuk mengoptimalkan jumlah fermentor (bakteri perombak) maka dilakukan pretreatmen dengan memfermentasikan limbah surimi selama beberapa waktu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- Berapa waktu yang diperlukan untuk proses fermentasi biofertilizer sehingga diperoleh kadar unsur hara makro (C, N, P dan K) yang optimal?
- Berapa banyak limbah cair surimi yang harus ditambahkan pada biofertilizer agar diperoleh kadar unsur hara makro (C, N, P dan K) optimal?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui waktu yang diperlukan untuk proses fermentasi biofertilizer sehingga diperoleh kadar unsur hara makro (C, N, P dan K) yang optimal?

- Mengetahui banyaknya limbah cair surimi yang harus ditambahkan pada limbah padat agar-agar agar diperoleh kadar unsur hara makro (C, N, P dan K) optimal?

#### 1.4 Hipotesa

- Biofertilizer yang berasal dari limbah industri agar-agar *Gracillaria sp.* dengan difermentasi limbah cair surimi selama 13 hari mengandung unsur hara makro yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman
- Biofertilizer limbah industri agar *Gracillaria sp.* yang difermentasi dengan limbah cair surimi dengan penambahan yang berbeda mengandung unsur hara makro yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaatn dari peneltian ini adalah:

Memberikan informasi mengenai karakteristik unsur hara makro (C, N, P, K) dari biofertilizer limbah pata industri agar *Gracillaria sp.* yang difermentasi dengan limbah cair surimi.

#### 1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Perekayasaan Hasil Perikanan, Laboratorium Biokimia Nutrisi Ikan dan Laboratorium Penyakit Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan serta Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam p bulan Mei- Juli 2015.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rumput Laut

Rumput laut adalah tumbuhan sederhana yang tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati. Seluruh bagian tubuhnya disebut thallus (Susanto, 2010). Anggadiredja, (2010) menambahkan bahwa struktur rumput laut lebih kompleks daripada alga uniselular. Bentuk dari tanaman ini dapat berupa filamen, lembaran tipis berdaun banyak, persegi dengan kulit keras, atau lumut raksasa. Tumbuh di alam dengan melekatkan dirinya pada karang, lumpur, pasir, batu dan benda keras lainnya. Rumput laut mempunyai banyak jenis yang terbagi berdasarkan warna/pigmen ke dalam beberapa kelas, yaitu rumput laut merah (*Rhodophyceae*), rumput laut coklat (*Phaeophyceae*), rumput laut hijau (*Chlorophyceae*) dan rumput laut biru-hijau (*Cyanophyceae*) (Ningrum, 2013).

Sebagai sumber gizi, rumput laut memiliki kandungan karbohidrat (gula atau vegetable-gum), protein, sedikit lemak, dan abu yang sebagian besar merupakan senyawa garam natrium dan kalium. Selain itu, rumput laut juga mengandung vitamin-vitamin, seperti vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan C; betakaroten; serta mineral, seperti kalsium, fosfor, zat besi dan yodium (Yunizal 2002). Uji proksimat yang dilakukan pada ampas rumput laut kering didapatkan prosentase masing-masing komponen seperti kadar air sebesar 11,28%, kadar abu 36,05%, kadar lemak 0,42%, kadar protein 1,86%, kadar serat kasar 8,96% dan karbohidrat 41,43% (Harvey 2009).

Rumput laut merupakan salah satu komoditas potensial Indonesia yang digunakan sebagai bahan baku berbagai industri. Rumput laut komersial yang bernilai ekonomi tinggi banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu *Sargassum* spp. sebagai penghasil alginat (alginofit), *Euचेuma* spp. sebagai penghasil

karagenan (karaginoFit) dan *Gracilaria* spp. sebagai penghasil agar (agarofit), (Kordi, 2011).

## 2.2 Agar – Agar

Agar-agar adalah produk ekstraksi dari rumput laut merah (agarophyte) (Winarno, 1996). Agarophyte yang paling penting adalah jenis *Gelidium* sp., *Gracilaria* sp., *Pterocladia* sp., *Acanthopeltis japonica* dan *Ahnfeltia plicata* (Chapman, 1980). Agar berkualitas tinggi dihasilkan dari rumput laut *Gelidium* karena tingginya kekuatan gel dan rendahnya kandungan sulfat (Sharon dan Komarow 1999).

Agar merupakan polisakarida linier yang mempunyai berat molekul 120.000 Dalton, tersusun dari beberapa jenis polisakarida, antara lain: 3,6-anhidro-L-galaktosa, D-galaktopiranosida dan sejumlah kecil metil D-galaktosa (Glicksman 1983). Agar mengandung agarose yang merupakan polisakarida netral (tidak bermuatan) dan agaropektin yang merupakan polisakarida bermuatan sulfat (Araki 1966). Agar-agar sebenarnya adalah karbohidrat dengan berat molekul tinggi yang mengisi dinding sel rumput laut. Ia tergolong kelompok pektin dan merupakan suatu polimer yang tersusun dari monomer galaktosa (Istini dkk. 2001)

Agar-agar merupakan agen pembentuk gel terefektif yang pernah diketahui. Gel agar-agar dapat terbentuk dalam larutan yang sangat encer, yaitu fraksi agar-agar sebesar 1%. Gel agar-agar bersifat reversibel terhadap suhu, yaitu pada suhu di atas titik leleh maka fase gel akan berubah menjadi fase sol dan sebaliknya, tetapi fase transisi dari gel ke sol atau sebaliknya tidak berada pada suhu yang sama (Glicksman 1983). Gel terbentuk karena pada saat dipanaskan di air, molekul agar-agar dan air bergerak bebas. Ketika didinginkan, molekul agar-agar mulai saling merapat, memadat dan membentuk kisi-kisi yang

mengurung molekul-molekul air, sehingga terbentuk sistem koloid padat-cair (Abdullah, 2004).

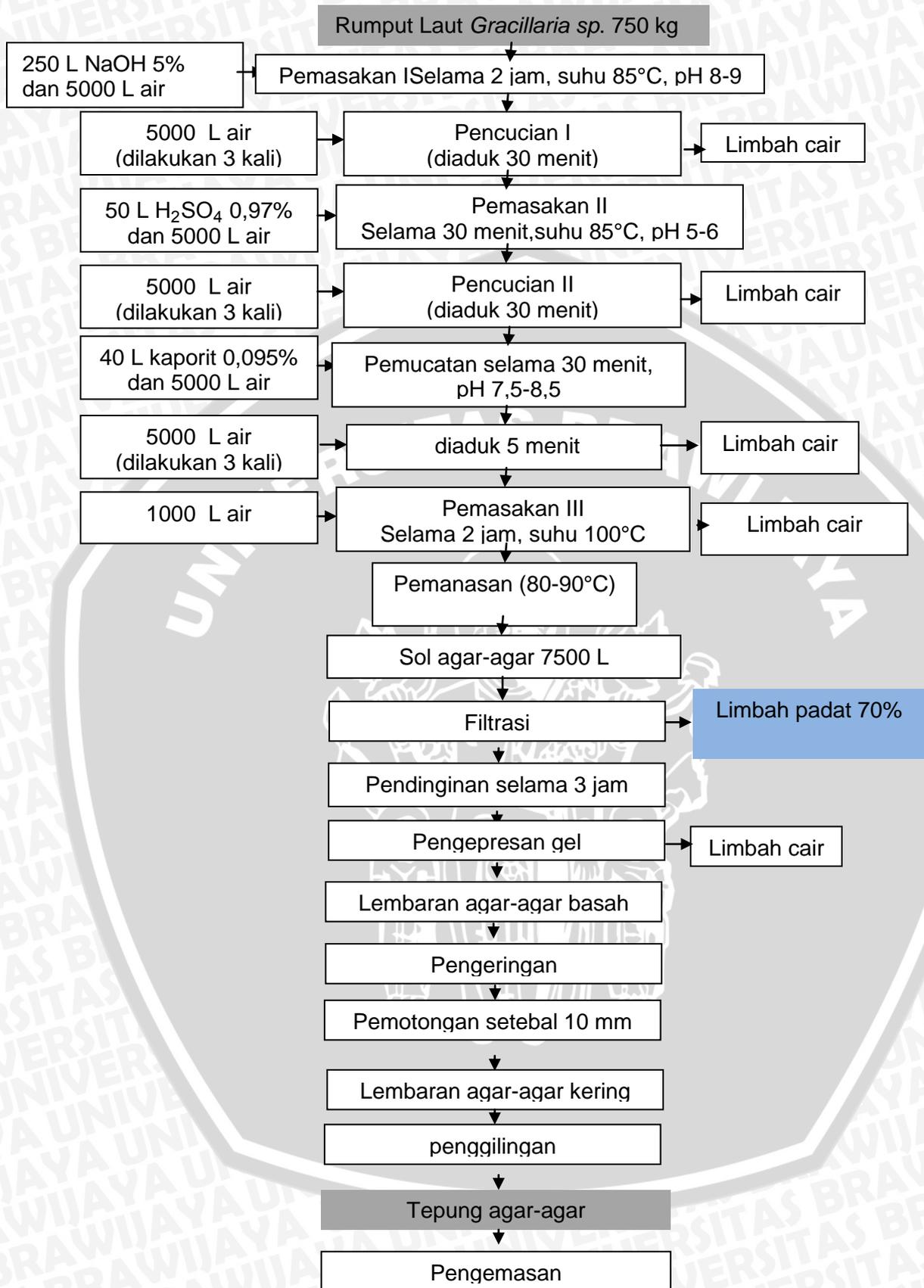
### 2.3 Proses Pengolahan Agar-agar

Proses pengolahan agar- agar diawali dengan pencucian dan pemucatan untuk mendapatkan produk yang putih. Rumput laut kering direndam dalam air bersih selama beberapa jam sambil dibersihkan, dicuci, dan dipisahkan dari benda asing serta karang. Selanjutnya rumputlaut dipucatkan dengan larutan kapur dan dicuci kembali sampai bersih, ditiriskan dan dikeringkan dibawah panas matahari. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi menggunakan air 12-30 kali berat rumput laut kering. Rumput laut direbus pada suhu 85-95°C. Hasil rebusan disaring, dan filtrat ditampung, kemudian diendapkan untuk memisahkan kotoran. Ekstrak dituangkan dalam pan-pan pada suhu kamar dan didiamkan selama semalam, kemudian dipotong-potong menjadi lembaran setebal 10 mm dan dikeringkan sehingga terbentuklah agar-agar kertas. Untuk mendapatkan tepung agar-agar dilakukan pengilingan pada agar-agar kertas (Utomo, 2011). Murdinah *et al*, (2008) menyatakan bahwa limbah padat dari proses pembuatan agar-agar sebesar 70-80% dari bahan baku.

Proses pembuatan agar-agar diawali dengan pencucian rumput laut dan pemucatan dengan tahapan perendaman rumput laut kering dalam larutan kaporit 0,25% selama 90 menit, dilanjutkan pencucian sampai benar-benar bersih, dan dilakukan praperlakuan asam dengan merendam larutan asam asetat 3% selama 60 menit. Selanjutnya rumput laut dicuci lagi sampai pH air cucian netral. Kemudian dilakukan ekstraksi agar-agar dilakukan pada suhu 85°C selama 2 jam dalam waterbath. Jumlah air pengestrak sebanyak 20 kali bobot rumput laut kering. Penyaringan dilakukan dengan plankto net dengan ukuran 150 mesh. Filtrat hasil ekstraksi ditambahkan KCl sebanyak 2% dari rumput laut kering

sambil diaduk selama 15 menit, kemudian dituangkan dalam pan selama semalam pada suhu ruang. Pembekuan gel agar-agar dilakukan dalam freezer selama 24 jam pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$  dan hasilnya dilelehkan dalam air mengalir. Agar kemudian di keringkan dengan oven menggunakan suhu  $50^{\circ}\text{C}$  sampai diperoleh agar-agar kering. (Subaryono, 2011). Adapun proses pengolahan agar-agar dan perolehan limbahnya seperti terlihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan agar- agar

## 2.4 Limbah Padat Agar-agar

Tingkat efisiensi dari proses pengolahan agar-agar sekitar 17 % atau dari 30 kg bahan baku rumput laut kering menjadi 5 kg agar-agar tiap satu kali proses produksinya dan limbah padat yang dihasilkan sebanyak 30 kg dalam keadaan basah. Sehingga pada tahun 2008 limbah dari pengolahan rumput laut terdapat sekitar 1,6 juta ton. Jumlah yang besar ini sangat disayangkan jika tidak diolah dan dimanfaatkan dengan baik (Harvey, 2009). Sebanyak lebih dari 1,6 juta ton limbah industri agar-agar seharusnya dapat dijadikan pupuk organik (Kim *et al*, 2007).

Limbah agar-agar merupakan hasil samping dari proses pengolahan agar-agar dari rumput laut kelas Rhodophyceae (alga merah). Residu dari proses ini umumnya mengandung unsur makro nutrisi, yaitu unsur fosfor (P), kalium (K) dan nitrogen (N) dalam jumlah tinggi sedangkan dalam jumlah kecil yaitu kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan belerang (S). Limbah agar-agar juga kaya akan unsur hara mikro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Jumlahnya berkisar antara 60 –70 jenis, diantaranya yaitu unsur besi (Fe), klor (Cl), boron (B), dan lain-lain (Saputra, 2008).

Limbah agar-agar juga mengandung hormon auksin dan sitokinin yang dapat meningkatkan daya tumbuh tanaman untuk tumbuh, berbunga dan berbuah. Limbah industri agar-agar juga memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu 45,9%. Kandungan selulosa yang sangat tinggi tersebut merupakan dasar untuk menjadikan limbah industri agar-agar sebagai bahan pupuk organik (Jaelani *et al*, 2010)

## 2.5 Proses Pembuatan Surimi

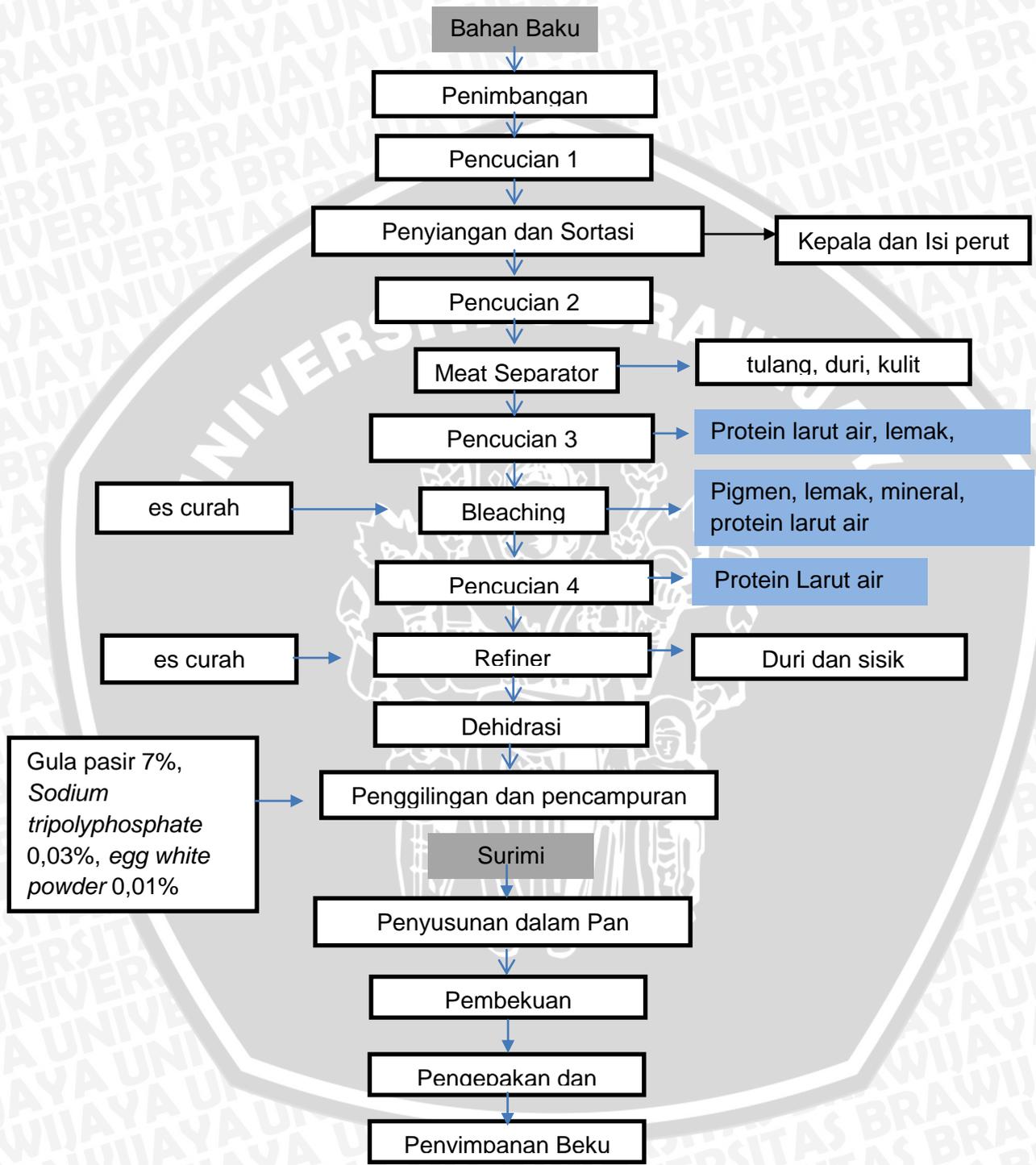
Surimi diproses dari lumatan daging ikan yang telah mengalami proses pencucian (*leaching*) secara berulang-ulang, pengepresan, penambahan bahan

tambahan (*food additive*) pengepakan dan pembekuan. Surimi mengandung konsentrasi protein myofibril yang sangat tinggi sehingga menghasilkan produk yang elastis dan kenyal (Agustini *et al*, 2008).

Produksi surimi secara komersial dibuat dengan menggunakan alat pemisah mekanik untuk memisahkan daging lumat ikan dari tulang dan kulit, diikuti dengan pencucian (sampai dengan 3 kali pencucian) dengan air atau larutan garam. Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar komponen larut dalam air, darah (pigmen), penyebab bau dan lemak. Setelah pencucian terakhir, daging lumat dipress untuk menghilangkan air yang tersisa kemudian dicampur dengan *cryoprotectant* yang tepat untuk mencegah denaturasi protein selama penyimpanan beku (Nakai dan Modler, 2000).

Urutan dalam pembuatan surimi adalah ikan segar disiangi dengan cara membuang kepala, kulit dan isi perut. Kemudian dilakukan proses pemfiletan untuk mendapatkan daging yang akan digunakan dalam pembuatan surimi. Daging fillet digiling dengan menggunakan *grinder* sehingga diperoleh daging lumat (*mincedfish*) kemudian ditimbang. Selanjutnya daging lumat dicuci menggunakan air dingin dengan suhu 5–10°C dengan perbandingan air dan daging 3 : 1. Selama proses pencucian daging lumat dilakukan pengadukan selama ±5 menit dengan frekuensi pencucian yang dilakukan sebanyak 1-2 kali. Kemudian dilakukan pengepresan atau pemerasan untuk mengeluarkan sebagian air sehingga diperoleh surimi. Setelah menjadi surimi dilakukan pengujian yang meliputi penghitungan rendemen, pengukuran nilai pH, protein larut garam (PLG) dan uji derajat putih (Afriwanty, 2008). Aminudin (2013) menambahkan bahwa pada proses pembuatan surimi juga terdapat proses dehidrasi, yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air dari daging ikan.

Kandungan air pada daging ikan sekitar 85% dari beratnya. Diagram alir proses pembuatan surimi dapat dilihat pada gambar 2.



Keterangan :  
 = sampel yang digunakan sebagai fermentasi

Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan surimi

## 2.6 Limbah Cair Surimi

Air pencucian surimi merupakan hasil samping atau bahkan menjadi limbah bagi industri pengolahan surimi, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran perairan jika tidak ditangani dengan baik karena masih mengandung bahan organik yang tinggi. Dengan demikian air cucian surimi memiliki potensi pemanfaatan yang besar. Air cucian surimi ini lebih banyak mengandung komponen terlarut dibanding komponen tersuspensi, hal tersebut terlihat dari nilai TDS (*total dissolve solid*) yang tinggi dan TSS (*total suspended solid*) yang cukup rendah. Tingginya nilai BOD dan COD diduga disebabkan oleh banyaknya kandungan bahan-bahan organik yang berasal dari ikan seperti protein, lemak yang terlarut selama proses pencucian surimi (Uju *et al.*, 2009).

Air dari proses pencucian surimi tidak hanya membawa protein sarkoplasma yang larut air, akan tetapi masih mengandung protein miofibril, protease, hemepigmen dan zat bioaktif lainnya yang sangat potensial (Tacharatanamane *et al.*, 2004). Air limbah yang dihasilkan dari pencucian ketiga pada proses pembuatan surimi mengandung protein, nonprotein, nitrogen, lemak dan abu yang tinggi, Air tersebut mengandung protein sekitar 1,58% (b/v) dan mengandung 17 asam amino dengan asam glutamat sebagai komponen dominan (Trilaksani *et al.*, 2007).

Table 1. Jenis asam amino

Jenis asam amino	Nilai rata-rata (%)
Asam aspartat	3,79±0,04
Asam glutamat	5,49±0,05
Serin	1,13±0,05
Glisin	1,64±0,04
Histidin	0,49±0,03
Argini	0,94±0,01
Treonin	2,45 ± 0,06
Alanin	2,03±0,03
Prolin	1,12±0,03
Tirosin	1,35±0,02
Valin	0,32±0,06
Metionin	0,98±0,09
Sistin	0,76±0,01
Isoleusin	3,23±0,05
Leusin	2,73±0,01
Fenilalanin	1,64±0,05
Lisin	1,35±0,04

Sumber : Trilaksani (2007)

## 2.7 Biofertilizer (Pupuk Organik)

Selama ini, pemupukan pada tanaman sering menggunakan pupuk kimia. Pemakaian pupuk kimia secara berlebihan dan terus menerus dapat merusak tanah karena membuat tanah cepat mengeras, tidak gembur, dan cepat menjadi asam. Oleh karena itu, sekarang ini mulai dikembangkan pupuk alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia, salah satunya adalah biofertilizer. Istilah biofertilizer (pupuk hayati) digunakan sebagai nama kolektif untuk semua kelompok fungsional mikroba tanah yang dapat berfungsi sebagai penyedia hara dalam tanah, sehingga dapat tersedia bagi tanaman (Simanungkalit, 2006)

Biofertilizer adalah suatu bahan yang berasal dari jasad hidup, khususnya mikrobia, yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi suatu tanaman. Dalam hal ini yang dimaksud dengan jasad hidup adalah mengacu pada hasil proses mikrobiologis. Oleh karena itu istilah biofertilizer lebih tepat disebut sebagai inokulan mikrobia. Kandungan pupuk hayati adalah mikroorganisme yang memiliki peranan positif bagi tanaman. Kelompok mikroba yang sering digunakan adalah mikroba - mikroba yang menambahkan unsur N

dari udara, mikroba yang melarutkan unsur hara (terutama unsur P dan K), dan mikroba-mikroba yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman (Yuwono, 2006).

## 2.8 Karakteristik Kimia Biofertilizer

Komposisi kimia limbah agar-agar mencakup kadar air, lemak, protein, dan abu. Berdasarkan uji proksimat, limbah agar-agar mengandung kadar air sebesar 70,11% (bb), lemak sebesar 0,53% (bb) dan protein sebesar 0,66% (bb). Protein sangat baik untuk pertumbuhan tanaman karena kandungan nutrisinya, namun proses dekomposisi dari protein ini akan menghasilkan bau tidak sedap yang sangat disukai oleh mikroba (Samekto, 2006). Kadar abu yang terkandung dalam limbah agar-agar sebesar 0,19% (bb). Kadar abu terkait dengan kandungan mineral suatu bahan. Kandungan abu atau mineral pada bahan tergantung dari jenis bahan dan cara pengabuannya. Kadar abu yang tinggi menunjukkan bahwa banyak terdapat kandungan mineral di dalam suatu bahan pangan, begitu pula sebaliknya. Berdasarkan hasil analisis proksimat dapat diketahui bahwa limbah agar-agar mengandung mineral yang cukup tinggi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk.

Nutrisi sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nutrisi yang diperlukan tanaman 11 berupa nutrisi makro dan mikro. Tanaman mendapatkan nutrisi makro dan mikro dari dalam tanah dan pupuk. Nutrisi makro adalah nutrisi yang diperlukan tanaman dalam jumlah besar, unsur yang termasuk nutrisi makro adalah N, P, C dan K. Sedangkan nutrisi mikro adalah nutrisi yang diperlukan tanaman dalam jumlah kecil, unsur yang termasuk nutrisi mikro meliputi Fe, Mo, B, Zn dan Cu (Widodo, 2009).

Nitrogen merupakan komponen penyusun senyawa organik penting di dalam tanaman (protein, enzim, vitamin B complex, hormon, dan klorofil),

sehingga nitrogen menjadi salah satu unsur hara esensial yang membatasi pertumbuhan dan pembentukan bagian tanaman yaitu daun, batang dan akar. Nitrogen bagi tumbuhan berfungsi sebagai penyusun protoplasma, molekul klorofil, asam nukleat, dan asam amino yang merupakan penyusun protein (Setia, 2013). Makiyah (2013) menambahkan fosfor berperan penting dalam pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem pada tanaman. Sedangkan kalium berguna meningkatkan tanah tanaman terhadap penyakit dan meningkatkan kualitas biji.

Karakteristik mikroba pada pupuk organik dilakukan demi menjamin konsumen akan kebersihan dan keamanan dari produk pertanian yang dihasilkan. Hampir seluruh Negara di Eropa memasukkan pengujian mikroba ini sebagai salah satu standar kualitas pupuk organik yang dihasilkan. *Escherichia coli*, *Fecal coliforms*, *Salmonella sp* merupakan mikroba-mikroba yang dianggap mewakili karakter kebersihan yang dimaksud. Hongkong menetapkan bahwa jumlah *Salmonella sp* yang diijinkan  $\leq 3\text{MPN}/4\text{g}$  dan *E. coli*  $\leq 1000\text{MPN}/\text{g}$ . Adapun Canada menetapkan dua standar, yang pertama untuk kompos kandang dan yang kedua untuk kompos dari sampah organik. Standar untuk kompos kandang adalah *Fecal coliforms*  $< 1000\text{ MPN}/\text{g}$  dan tidak terdapat *Salmonella sp* untuk  $< 3\text{ MPN}/4\text{g}$ , sedangkan untuk standar kompos sampah organik ialah *Fecal coliforms*  $< 1000\text{ MPN}/\text{g}$  atau tidak terdapat *Salmonella sp* untuk  $< 3\text{ MPN}/4\text{g}$ . Indonesia menetapkan jenis mikroba yang di uji yaitu *Salmonella sp.* dan *E. coli*, tetapi tidak menetapkan nilai batasnya atau hanya sekedar dicantumkan saja (Setyorini, 2005).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bahan Baku Penelitian

Bahan baku pada penelitian ini berupa limbah padat agar-agar dan limbah cair surimi. Limbah padat agar-agar berasal dari PT Donarto Hakiki yang berlokasi di Pasuruan, limbah padat ini diambil langsung di tempat pembuangan. Sedangkan untuk limbah cair surimi berasal dari sisa air pencucian surimi dari PT. Anela di Kabupaten Lamongan.

#### 3.2 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cawan porselin, oven merk *Memmert*, desikator, timbangan analitik merk *SHINKO*, pH meter merk *WALKLAB T19000*, labu kjehldahl, buret, batu didih, hot plate, spektrofotometer UV-vis merk *HITACHI U-2810*, kuvet, Spektrometer serapan atom (AAS), cawan petri, inkubator merk *Memmert*, glassware, laminar air flow, autoklaf.

#### 3.3 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu silika gel,  $H_2SO_4$ , asam borat, indikator methyl red, HCl,  $K_2Cr_2O_7$ , aquadest,  $HNO_3$ ,  $HClO_4$ , kertas saring Watchman 41,  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ , kalium antimoniltatrat, asam askorbat, Endo Agar, salmonella Shigella Agar, alkohol 70%.

#### 3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Menurut Singarimbun dan Effendi (1995) metode penelitian eksperimen sesuai untuk pengujian hipotesis tertentu dan dimaksudkan untuk mengetahui hubungan sebab akibat variabel penelitian. Metode eksperimen bertujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta seberapa besar hubungan sebab

akibat tersebut dengan cara membandingkan suatu kelompok atau kesatuan eksperimen dengan kelompok atau kesatuan kontrol.

Adapun variabel- variabel dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas :

- Konsentrasi limbah cair surimi untuk memfermentasi limbah agar-agar sebesar 75% (225 mL), 50% (150 mL), dan 25% (75 mL).
- Fermentasi selama 0, 4, 7, 10, dan 13 hari.

2. Variabel terikat : Parameter yang diamati adalah kadar air, pH, N (nitrogen), K (kalium), P (fosfor), C-organik, C/N ratio, logam berat (As, Hg, Pb dan Cd), mikroba patogen (*E. coli* dan *salmonella*).

3. variable kontrol:

- Kontrol (-) yaitu limbah padat agar-agar tanpa penambahan bioaktivator.
- Kontrol (+) yaitu limbah padat agar-agar dengan penambahan bioaktivator komersil EM4.

### 3.5 Perlakuan

#### 3.5.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah mikroba dalam limbah cair surimi dan pada hari keberapa limbah cair surimi ditambahkan pada limbah padat agar-agar. Dilakukan perhitungan TPC mulai dari limbah cair surimi hari ke-0 sampai ke-3. Pada awal dilakukan fermentasi (hari ke-0) jumlah koloni sebesar  $25 \times 10^6$  kol/mL pada hari ke-0 bakteri mengalami fase adaptasi, selanjutnya hari ke-1, dan 2 jumlah koloni berturut-turut sebesar  $291 \times 10^7$ ;  $73 \times 10^8$  kol/mL, pada hari ke-1 dan 2 ini bakteri memasuki fase eksponensial. Pada hari ke 3 jumlah koloni bakteri sebesar  $59,3 \times 10^9$  kol/mL yang merupakan fase log bakteri, karena pada hari ke-4 dan 5

terjadi penurunan jumlah koloni bakteri. Dengan demikian digunakan limbah cair surimi yang digunakan adalah hari ke-3 dengan jumlah koloni tertinggi yang akan ditambahkan pada limbah padat agar-agar.

### 3.5.2 Penelitian Utama

Pada penelitian ini limbah padat agar-agar dijemur terlebih dahulu. Fungsinya mengurangi kelembaban. Kemudian, bahan kering digiling agar ukuran partikel menjadi lebih kecil menggunakan mesin giling (Murdinah *et al.*, 2008). Sebanyak 300 gram limbah padat agar-agar ditambahkan 75%, 50%, dan 25% limbah cair surimi untuk memfermentasi limbah padat agar-agar. Limbah cair surimi difermentasi selama 3 hari sebelum dicampur dengan limbah padat. Campuran ini difermentasi selama 0, 4, 7, 10 dan 13 dalam wadah tertutup kedap udara dan di masukan ke dalam coolbox dengan suhu 30oC agar suhu konstan karena menurut Astuti (2014) dalam kondisi kedap udara bakteri anaerob membantu memecah bahan organik dalam limbah. Setelah difermentasi dilakukan analisis parameter pupuk meliputi kadar air, pH, N (nitrogen), K (kalium), P (fosfor), C-organik, C/N ratio, logam berat (Hg dan Pb), mikroba patogen (*E. coli* dan *Salmonella sp.*). Hasil keseluruhan uji kemudian dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis Of Variance*). Dan ketika terjadi beda nyata dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT 5% dengan menggunakan Microsoft excel 2013 untuk menentukan yang terbaik.

### 3.6 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 3 kali ulangan. Kombinasi perlakuan dan ulangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Rancangan Percobaan

Perlakuan	Lama Fermentasi				
	B0	B1	B2	B3	B4
A0	A0B0	A0B1	A0B2	A0B3	A0B4
A1	A1B0	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4
A2	A2B0	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4
A3	A3B0	A3B1	A3B2	A3B3	A3B4
A4	A4B0	A4B1	A4B2	A4B3	A4B4

Keterangan :

- A0 : limbah padat agar-agar 300 g, ditambah dengan air 300 mL (kontrol (-)).
- A1 : limbah padat agar-agar 300 g, ditambah limbah cair surimi 25% (75 mL) dan ditambah air sebanyak 225 mL (b/v).
- A2 : limbah padat agar-agar 300 g, ditambah limbah cair surimi 50% (150 mL) dan ditambah air sebanyak 150 mL (b/v).
- A3 : limbah padat agar-agar 300 g, ditambah limbah cair surimi 75% (225 mL) dan ditambah air sebanyak 75 mL (b/v).
- A4 : limbah padat agar-agar ditambah EM4, ditambah dengan air 290 mL dan ditambah dengan 10 mL EM4 (kontrol (+)).
- B0 : difermentasi selama 0 hari
- B1 : difermentasi selama 4 hari
- B2 : difermentasi selama 7 hari
- B3 : difermentasi selama 10 hari
- B4 : difermentasi selama 13 hari

Penelitian ini menggunakan analisis data statistik dengan metode Analysis of variance (ANOVA) dengan model analisis sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Dimana :

- $Y_{ij}$  : Hasil pengamatan (parameter yang diuji)
- $\mu$  : nilai rata-rata umum
- $\alpha_i$  : pengaruh konsentrasi limbah cair surimi pada taraf ke-i terhadap parameter
- $\beta_j$  : pengaruh lama fermentasi pada taraf ke-j terhadap parameter
- $\epsilon_{ij}$  : pengaruh galat percobaan pada taraf ke-i dan ulangan pada taraf ke-j
- $i$  : perbedaan konsentrasi limbah cair surimi
- $j$  : perbedaan lama fermentasi

Jika terdapat perbedaan nyata dilakukan akan uji lanjut menggunakan uji Duncan dengan menggunakan Microsoft excel 2013 untuk menentukan yang terbaik. Selang kepercayaan yang digunakan pada penelitian ini adalah 95%

### **3.7 Parameter Uji**

Parameter uji yang digunakan pada penelitian biofertilizer ini adalah kadar air, pH, N (nitrogen), K (kalium), P (fosfor), C-organik, C/N ratio, logam berat (As, Hg, Pb dan Cd), mikroba patogen (*E. Coli* dan *Salmonella sp.*).

#### **3.7.1 Penetapan C/N Ratio**

Nilai Ratio C/N diperoleh melalui penentuan karbon organik total dan nitrogen total. Penentuan kandungan C organik dilakukan dengan metode *Walkley & Black*. sedangkan untuk penentuan kandungan nitrogen total menggunakan metode kjehdahl. Prosedur uji dapat dilihat pad lampiran 1 dan 2.

#### **3.7.2 Penetapan Fosfor (P) Total**

Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultra violet dekat (190nm-380nm) dan tampak sinar (380nm-780nm) dengan menggunakna instrument spetrofotometer. Pada pengujian fosfor, sampel biofertilizer dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 660 nm (Makiyah, 2013). Prosedur uji fosfor dapat dilihat pada lampiran 3.

#### **3.7.3 Penetapan Kadar Logam Berat (Hg dan Pb) (Metode Spektrofotometri Serapan Atom)**

Dasar penetapan dari metode ini adalah sampel dioksidasi basah dengan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{HClO}_4$ . Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengukur unsur logam berat dengan spektrometer serapan aton (AAS). Cara kerjanya ditimbang secara teliti 10 gram sampel ke dalam labu digestion. Selanjutnya ditambahkan 5

mL  $\text{HNO}_3$  dan 0,5 mL  $\text{HClO}_4$ , dikocok kemudian dibiarkan semalam. Dipanaskan pada block digestor mulai dengan suhu 100 °C, setelah uap kuning habis suhu dinaikkan hingga 200 °C. Destruksi diakhiri apabila keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL. Didinginkan dan diencerkan dengan  $\text{H}_2\text{O}$  dan volume ditepatkan menjadi 50 mL, dikocok hingga homogen, dibiarkan semalam atau disaring dengan kertas saring W-41 agar didapatkan ekstrak jernih. Pengukuran unsur logam berat diukur langsung dengan AAS.

#### **3.7.4 Pengukuran pH ( metode elektrometri)**

Pengujian pH pada pembuatan biofertilizer yang berasal dari limbah agar-agar dan limbah cair surimi menggunakan pH-meter. Prosedur pengujian pH dapat dilihat pada Lampiran.

#### **3.7.5 Penetapan Kalium (Metode Spektrofotometri Serapan Atom)**

Dasar penetapan dari metode ini adalah sampel dioksidasi basah dengan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{HClO}_4$ . Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengukur unsur logam berat dengan spektrometer serapan atom (AAS). Cara kerjanya ditimbang secara teliti 1 gram sampel ke dalam labu digestion. Selanjutnya ditambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  dan 0,5 mL  $\text{HClO}_4$ , dikocok kemudian dibiarkan semalam. Dipanaskan pada block digestor mulai dengan suhu 100 °C, setelah uap kuning habis suhu dinaikkan hingga 200 °C. Destruksi diakhiri apabila keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL. Didinginkan dan diencerkan dengan  $\text{H}_2\text{O}$  dan volume ditepatkan menjadi 50 mL, dikocok hingga homogen, dibiarkan semalam atau disaring dengan kertas saring W-41 agar didapatkan ekstrak jernih. Pengukuran unsur logam berat diukur langsung dengan AAS.

### 3.7.6 Penetapan Jumlah Mikroba Patogen (*E. coli* dan *Salmonella sp.*)

Uji angka lempeng total (ALT) dan lebih tepatnya ALT aerob mesofil atau anaerob mesofil menggunakan media padat dengan hasil akhir berupa koloni yang dapat diamati secara visual berupa angka dalam koloni (cfu) per mL/g atau koloni/100mL. Cara yang digunakan antara lain dengan cara tuang, cara tetes dan cara sebar.

#### a. Uji blangko

Uji blangko dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui media yang digunakan sudah steril atau terbebas dari cemaran bakteri. Uji blangko ini hanya melakukan tes pada media saja tanpa penambahan sampel.

- Media *Endo Agar* dalam cawan petri diinkubasi selama 18-24 jam dengan suhu 42 °C. Bila tidak ditemukan adanya koloni bakteri, berarti media tidak tercemar atau steril.
- Media *Salmonella Shigella Agar* dalam cawan petri diinkubasi selama 18-24 jam dengan suhu 37°C. Bila tidak ditemukan adanya koloni bakteri, berarti media tidak tercemar atau steril.

#### b. Uji angka *Escherichia coli*

Sampel ditimbang 1 gram dan dihomogenkan dalam 10 mL akuades steril. Sampel diencerkan pada pengenceran  $10^{-1}$  sampai  $10^{-7}$ . Masing-masing hasil pengenceran diambil dengan pipet sebanyak 1 mL sampel dan dituangkan ke dalam cawan petri steril, kemudian dituangi medium *Endo Agar* sebanyak 15 mL pada suhu 45 °C ditunggu sampai membeku. Cawan petri yang berisi sampel diinkubasi pada inkubator pada suhu 42°C selama 24 – 48jam. Koloni bakteri yang tumbuh diamati dan dihitung (koloni *Escherichia coli* berwarna merah dengan kilap logam).

c. Uji angka *Salmonella Sp.*

Sampel ditimbang 1 gram dan dihomogenkan dalam 10 mL akuades steril. Sampel diencerkan pada pengenceran  $10^{-1}$  sampai  $10^{-7}$ . Masing-masing hasil pengenceran diambil dengan pipet sebanyak 1 mL sampel dan dituangkan ke dalam cawan petri steril, kemudian dituangi medium *Salmonella Shigella Agar* sebanyak 15 mL pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  dihomogenkan. Cawan petri yang berisi sampel diinkubasi pada inkubator pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 24 – 48 jam. Koloni bakteri yang tumbuh diamati dan dihitung (koloni *Salmonella Sp.* dengan bintik hitam ditengahnya dan dikelilingi zona transparan).

Untuk menghitung jumlah koloni yang terdapat di cawan, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{bakteri/gram sampel} = \text{koloni/cawan} \times \frac{1}{\text{FP}}$$

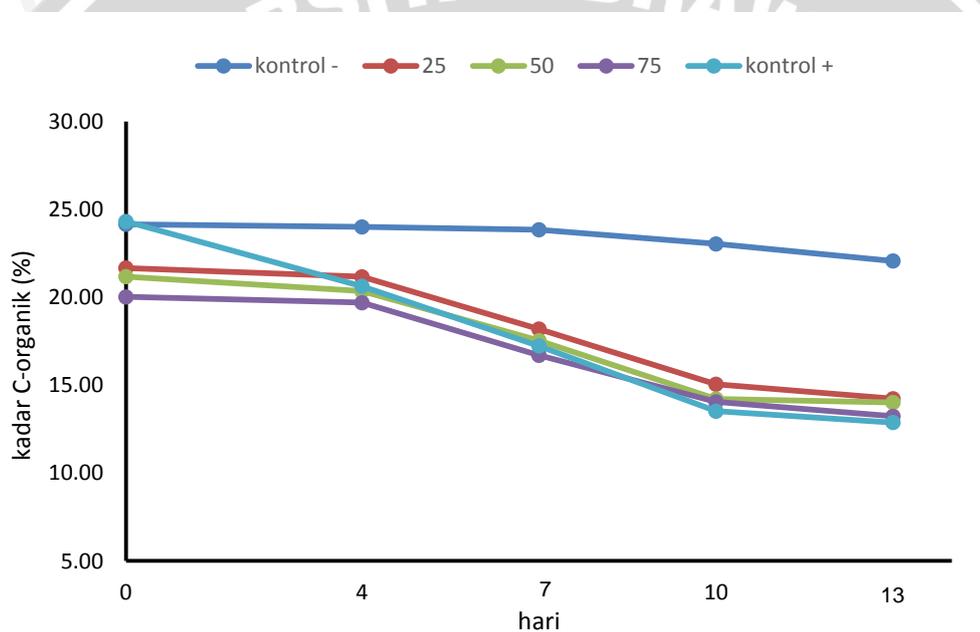
### 3.7.7 Penetapan Kadar Air (Metode Thermogravimetri)

Prinsip penetapan kadar air yaitu menguapkan air yang ada dalam sampel dengan cara pemanasan. selanjutnya ditimbang sampel sampai berat konstan yang berarti semua air sudah diuapkan. Prosedur pengujian kadar air dapat dilihat pada Lampiran.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa C-organik

Kandungan C-organik merupakan unsur penting bagi pupuk organik karena ditujukan untuk menambahkan bahan C-organik tanah. Pengujian C-organik diuji dengan menggunakan metode Walkley dan Black. Hasil penentuan kadar C-organik pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Grafik Kadar C-organik Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

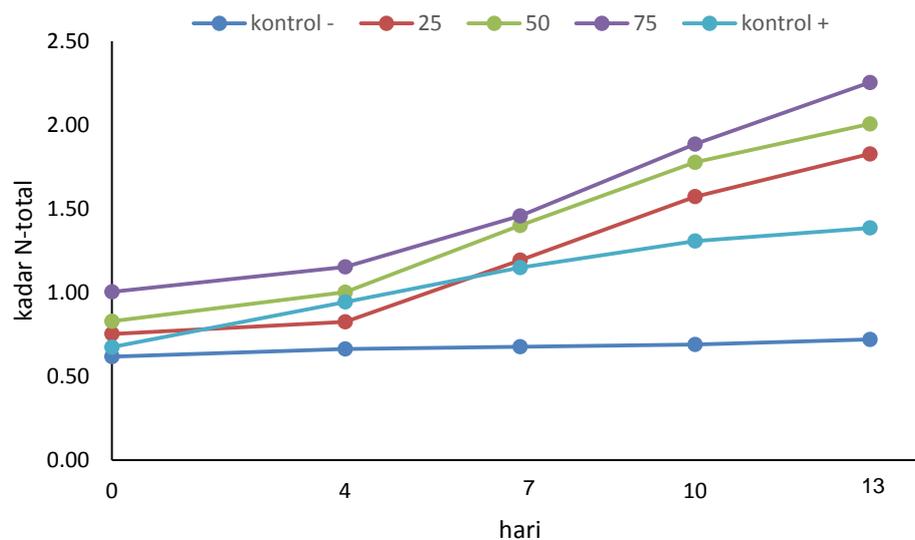
Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Di Gambar 3 diatas terlihat bahwa kontrol (-) relatif stagnan sampai hari ke 7, tetapi terjadi sedikit penurunan pada hari ke 10 dan ke 13 dikarenakan tidak adanya penambahan limbah cair surimi maupun EM4 sebagai sumber bahan pendekomposer. Perlakuan A1, A2, dan A3, mengalami penurunan yang signifikan, hal ini disebabkan selama proses fermentasi mikrooganisme menggunakan C-organik sebagai sumber energi.

Kontrol (+) mengalami penurunan yang nyata hal ini disebabkan adanya penambahan EM4 yang didalamnya terdapat bakteri perombak bahan organik. Hal ini didukung penelitian Graves *et al.* (2007), setelah mengalami proses pengkomposan maka terjadi penurunan kandungan C-Organik pada masing-masing perlakuan akibat adanya penggunaan karbon sebagai sumber energy oleh agen decomposer untuk aktivitas metabolismenya. Pada perlakuan A1, A2, dan A3 mengalami perbedaan yang nyata, semakin tinggi tambahan limbah cair surimi semakin rendah kandungan C-organik dan juga semakin lama fermentasi kandungan C-organik semakin rendah.

Penurunan C-organik disebabkan bakteri proteolitik dan amilolitik yang terdapat pada limbah cair surimi bekerja merombak selulosa yang terdapat pada bahan penyusun kompos menjadi monomer glukosa. Hal ini didukung oleh Susanto (2003), di dalam limbah cair terkandung bakteri dekomposer yang mampu mendegradasi hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Hasil uji C-organik dari perlakuan tersebut sudah memenuhi standar kualitas SNI tahun 2004 yaitu 9,8-32%. Pada perlakuan A3B4 memenuhi standar SNI dengan kandungan C-organik 13,23% yang menunjukkan adanya pengaruh antara lama fermentasi dengan penambahan persentasi limbah cair surimi.

#### **4.2 Analisa N-total**

Nitrogen adalah salah satu unsur yang sangat dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman yaitu sebagai penyusun protein yang merupakan senyawa dengan berat molekul tertinggi yang terdiri atas rantai-rantai asam amino yang terikat dengan ikatan peptida. Nitrogen juga memegang peranan penting dalam penyusunan klorofil yang menjadikan tanaman berwarna hijau (Samekto, 2008). Hasil penentuan kadar N pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 4.



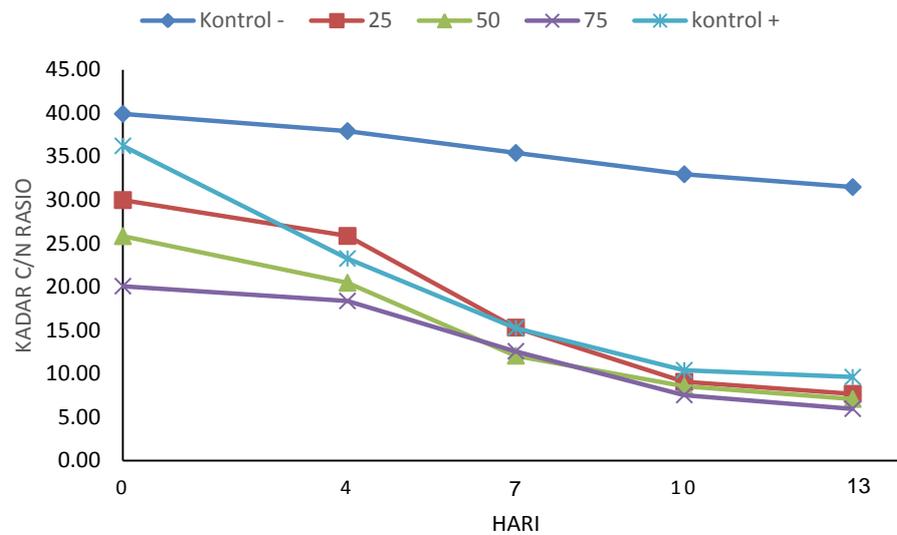
**Gambar 4. Grafik Kadar N-total Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Dari Gambar 4. kontrol (-) mengalami sedikit kenaikan dari fermentasi hari ke-0 sampai hari ke-13 akan tetapi tidak nyata disebabkan tidak ada penambahan limbah cair surimi maupun EM4, sedangkan perlakuan A1, A2, dan A3, mengalami kenaikan yang signifikan, karena selama proses fermentasi bakteri nitrifikasi mengubah amonia menjadi nitrat yang menyebabkan unsur nitrogen dalam produk meningkat dan juga disebabkan penambahan limbah surimi yang mengandung protein cukup tinggi dapat mempengaruhi kandungan N pada pupuk. Kontrol (+) mengalami peningkatan yang nyata dikarenakan adanya penambahan EM4 yang mengandung mikroorganisme perombak. Menurut Alexander, (1977) peningkatan kadar N merupakan akibat terjadinya penguraian protein menjadi asam amino selama pengomposan dengan bantuan kegiatan mikroorganisme heterotropik, seperti bakteri, fungi dan actinomycetes. Asam amino kemudian mengalami amonifikasi menghasilkan ammonium yang selanjutnya dioksidasi menjadi nitrat. Kesumaningwati, (2015) menambahkan

bahwa peningkatan ini diduga karena aktivitas mikroorganisme yang optimum, sehingga proses dekomposisi senyawa organik berjalan dengan optimal. Pada perlakuan A3B4 memenuhi standar SNI dengan kandungan N total 2,25% yang menunjukkan adanya pengaruh antara lama fermentasi dengan penambahan persentasi limbah cair surimi. Pada perlakuan A1, A2, dan A3 mengalami perbedaan yang nyata, semakin tinggi tambahan limbah cair surimi semakin tinggi pula kandungan N dan juga semakin lama fermentasi kandungan N semakin meningkat.

#### 4.3 Analisa Rasio C/N

C/N rasio yang terkandung dalam kompos menggambarkan tingkat kematangan dari kompos tersebut, semakin tinggi C/N rasio berarti kompos belum terurai dengan sempurna atau dengan kata lain belum matang. Sebaliknya nilai C/N pada kompos yang semakin rendah menunjukan bahwa bahan organik sudah terdekomposisi (Surtinah,2013). Unsur C dan N sangat berperan penting dalam pembuatan kompos, untuk mengetahui unsur C/N rasio yaitu dengan cara membagi hasil Unsur C dengan unsur N. Hasil C/N rasio pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Grafik C/N rasio Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Dari Gambar 5. kontrol (-) memiliki nilai C/N rasio yang sangat tinggi dan sedikit mengalami penurunan hal ini disebabkan tingginya kandungan C dan rendahnya kandungan N yang diakibatkan oleh tidak adanya penambahan bakteri decomposer dari limbah cair surimi maupun EM4 yang mampu mendegradasi bahan organik. Pada perlakuan A1, A2, A3, dan kontrol (+) pada hari ke-0 pada perlakuan tidak memenuhi standar SNI yaitu 10-20% untuk kompos yang baik. disebabkan pada hari ke-0 awal dimulainya proses perombakan unsur C dan N. Sedangkan pada hari ke-4 pada perlakuan A1, A2 dan kontrol (+) juga belum memenuhi standar SNI, hanya pada perlakuan A3 yang telah memenuhi standart SNI dikarenakan pada penambahan limbah cair surimi yang paling banyak yaitu 275 mL, semakin banyak penambahan limbah cair surimi maka bakteri perombak juga semakin banyak. Pada hari ke-7 dan ke-10 perlakuan A1, A2, A3 dan kontrol (+) telah memenuhi standar SNI, Sedangkan pada hari ke-13 tidak memenuhi standar SNI, akan tetapi pada hari ke-13 kadungan C/N rasio masih diantara 5-10 hal ini

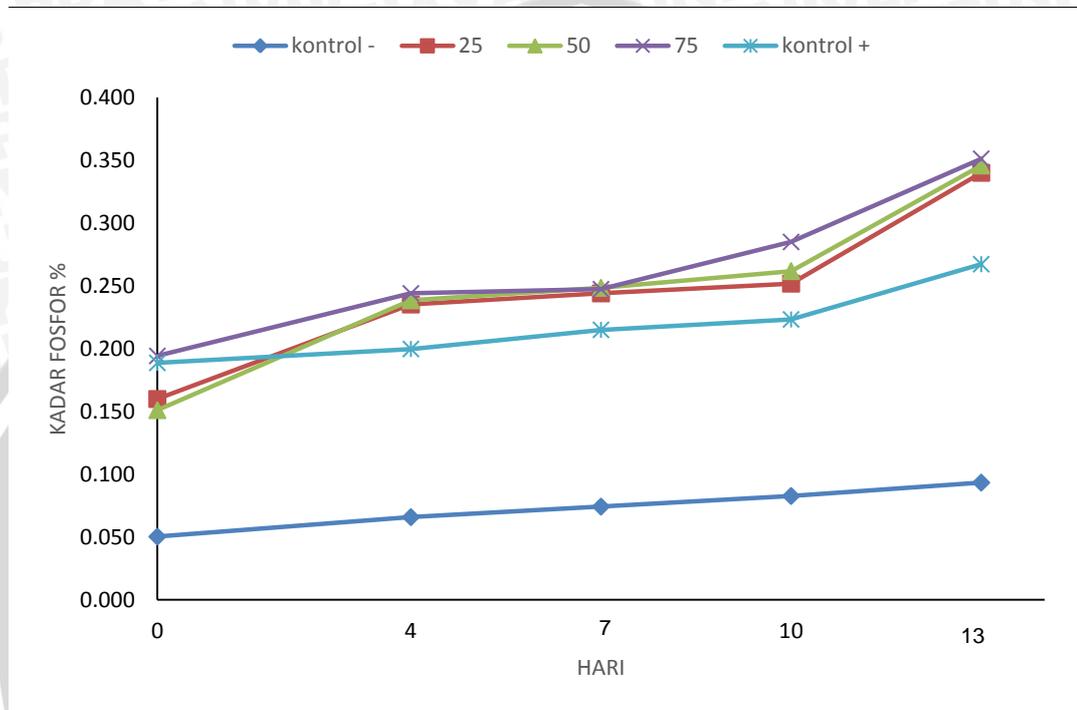
pupuk masih layak digunakan dan menandakan sudah matang. Perbedaan antara perlakuan A1, A2, dan A3 dengan penambahan limbah cair surimi yang berbeda mempengaruhi perbedaan semakin banyak penambahan limbah cair surimi nilai C/N rasio semakin rendah dan semakin lama fermentasi semakin rendah pula nilai C/N rasionya.

Dari hasil analisa di atas, nampak bahwa pada grafik rerata C/N rasio menunjukkan semakin tinggi penambahan limbah cair surimi dan penambahan EM4, nilai C/N rasio semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh C/N rasio yang dipengaruhi oleh kadar C-organik dan nitrogen. Menurut Kurniawan (2012), agar bahan pupuk mengalami mineralisasi yang baik, kandungan N suatu bahan harus melebihi 1,2%. Apabila rasio C/N terlalu tinggi dan nilai nitrogen pada bahan dibawah 1,2%, proses pendekomposisian akan berjalan dengan lambat. Semakin tinggi nitrogen sebagai faktor pembandingan C-organik, mengakibatkan nilai dari C/N rasio semakin kecil. Menurut Nuryani (2002), tujuan dari pengomposan adalah menurunkan nilai C/N rasio mendekati nilai C/N rasio tanah yaitu 10-12, agar pupuk dapat bekerja secara optimal. Pada perlakuan A3B4 memenuhi standar SNI dengan kandungan C/N rasio 5,98% yang menunjukkan adanya pengaruh antara lama fermentasi dengan penambahan persentasi limbah cair surimi dikarena semakin rendah kandungan C/N rasio menandakan pupuk tersebut sudah matang.

#### **4.4 Analisa Kadar Fosfor (P)**

Bagi tanaman, fosfor berguna untuk membentuk akar, sebagai bahan dasar protein, mempercepat penuaan buah, memperkuat batang tanaman, dan dan meningkatkan hasil biji-bijian dan umbi-umbian. Selain itu, fosfor juga berfungsi untuk membantu proses asimilasi dan respirasi. Dibutuhkan tanaman untuk memperkuat perakaran, selain itu P juga berperan dalam proses transfer

energi, proses fotosintesis, metabolisme dan respirasi (Surtinah, 2013). Untuk mengetahui kadar fosfor yaitu dengan menggunakan metode Spektrofotometri Uv-vis. Hasil analisa kadar fosfor pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Grafik Fosfor Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Dari gambar 6. Pada kontrol (-) kadar fosfor mengalami sedikit peningkatan disebabkan ketiadaan bakteri yang mampu mendegradasi bahan organik. Pada perlakuan A1, A2, A3, terjadi peningkatan yang signifikan sejak dilakukan fermentasi hal ini karena adanya penambahan limbah cair surimi yang mampu mendegradasi bahan organik. Kontrol (+) mengalami kenaikan yang signifikan hal ini disebabkan adanya penambahan EM4 yang mampu mendegradasi bahan organik. Nilai kadar fosfor terendah pada hari ke-0 pada perlakuan kontrol (-) yaitu 0,050 yang juga belum memenuhi standart dari SNI minimal 0,1 %, dengan

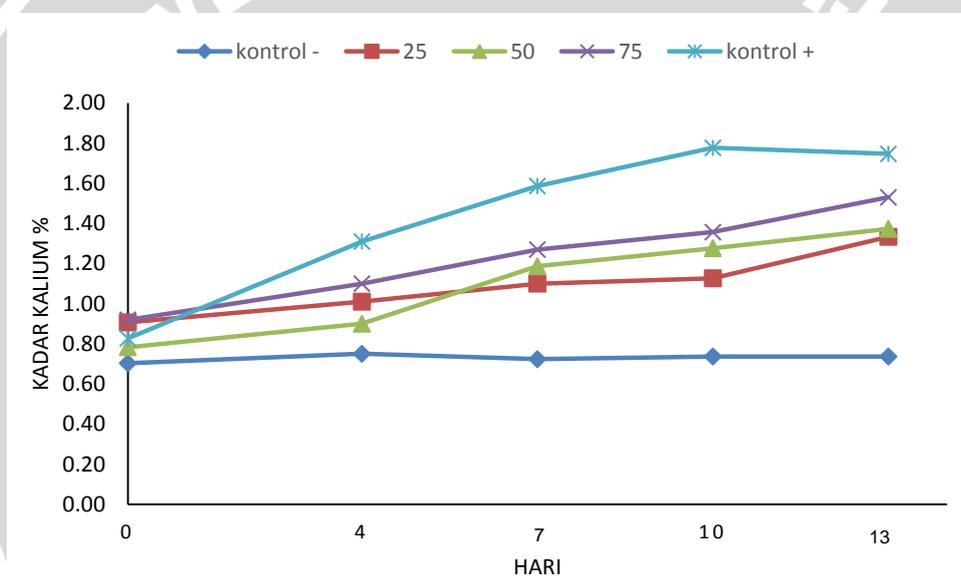
belum tepenuhinya SNI maka pada kontrol (-) tidak layak untuk dijadikan pupuk. Nilai tertinggi pada perlakuan A3 hari ke-13 yaitu 0,351 yang sudah memenuhi standar SNI. Menurut Hapsari dan Welasih (2007), limbah perikanan tidak hanya mengandung nitrogen Akan tetepi juga mengandung fosfor dan kalium, sehingga penambahan limbah cair surimi yang semakin banyak akan meningkatkan kadar fosfor.

Peningkatan kadar fosfor dikarena adanya penambahan limbah cair surimi yang mengandung bakteri yang bisa merombak bahan organik. Hal ini sejalan dengan pendapat Khan (2001) yang menyatakan bahwa unsur P sangat diperlukan oleh mikroorganismenya untuk membangun selnya, seperti pembentukan protoplasma dan inti sel. Perombakan bahan organik dan proses asimilasi fosfor terjadi karena adanya enzim fosfatase yang dihasilkan oleh sebagian mikroorganismenya. Apabila jumlah mikroorganismenya dalam komposan kurang maka proses perombakan bahan organik dan proses asimilasi fosfor oleh mikroorganismenya juga kurang sehingga fosfor dalam komposan kurang termanfaatkan.

Setelah mengalami pengomposan, terjadi peningkatan persentase kandungan P pada kompos dari seluruh perlakuan. Kandungan P yang cukup besar tersebut akan digunakan oleh tumbuhan dengan lebih mudah karena terdapat dalam bentuk yang dapat diserap oleh tumbuhan (Finck, 1982). Pada perlakuan A3B4 memenuhi standar SNI dengan kandungan P sebesar 0,351% yang merupakan hasil paling optimal dibandingkan dengan penambahan limbah cair surimi yang lain dan semakin lama fermentasi juga mempengaruhi kenaikan kadar P dalam kompos, hal ini menunjukkan adanya pengaruh perbedaan nyata antara lama fermentasi dengan penambahan persentase limbah cair surimi yang berbeda.

#### 4.5 Analisa Kadar Kalium (K)

Kalium (K) sebagai unsur hara esensial seperti N. Cadangan K dalam tanah cukup banyak. Meskipun hanya sebagian kecil K tersedia yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, hara K mudah bergerak, terlindi, dan terikat oleh permukaan koloid tanah. Kekurangan K mempengaruhi sistem perakaran, tunas, pembentukan pati, dan translokasi gula (Suwandi 2009). Untuk menentukan kadar kalium menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil analisa kadar kalium pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Grafik Kadar Kalium Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Dari Gambar 7. hasil kadar kalium terus meningkat yang nyata kecuali kontrol (-) yang tidak mengalami peningkatan dan cenderung stabil dikarenakan pada kontrol (-) tidak ada penambahan limbah cair surimi atau pun EM4 sehingga tidak terjadi proses dekomposisi pada kontrol (-). Pada perlakuan A1, A2 dan A3 terjadi peningkatan yang nyata sejak dilakukan fermentasi berdasarkan tingkatan penambahan

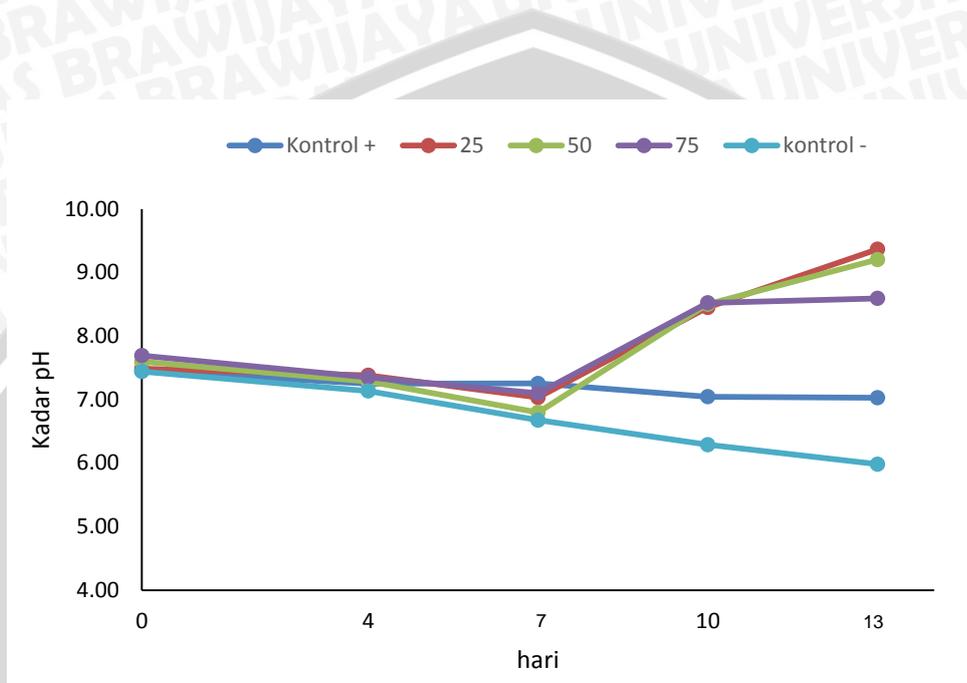
limbah cair surimi, semakin banyak penambahan limbah cair surimi maka juga semakin tinggi kadar K. Menurut Hapsari dan Welasih (2007), limbah perikanan tidak hanya mengandung nitrogen akan tetapi juga mengandung fosfor dan kalium, sehingga penambahan limbah cair surimi yang semakin banyak akan meningkatkan kadar kalium.

Meningkatnya kadar K menunjukkan bahwa pendekomposisi berjalan dengan baik. Menurut Christie (2006), peningkatan kalium disebabkan oleh bakteri perombak K dalam kompos. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Agustina (2004), yang menyatakan bahwa kalium merupakan senyawa yang dihasilkan oleh metabolisme mikroba, dimana mikroba menggunakan ion-ion  $K^+$  bebas yang ada pada bahan baku pupuk untuk keperluan metabolisme.

Semua perlakuan kontrol (-), A1, A2, A3 dan kontrol (+) semua memenuhi standar SNI yaitu min 0,2%. Menurut Aris (2010), pada umumnya kadar K di dalam tanaman masih di bawah kadar N, yaitu minimal 0,2%. Kalium memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur, selain itu kalium berperan sebagai sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit (Rosmarkam dan Yuwono, 2011). Pada perlakuan A3B4 memenuhi standar SNI dengan kadar K sebesar 1,53% hal ini menunjukkan semakin banyak penambahan limbah cari surimi semakin tinggi pula kandungan K dan juga di dukung dengan semakin lama fermentasi kandungan K juga semakin meningkat dan mencapai titik optimal, hal ini menunjukkan adanya pengaruh antara lama fermentasi dengan penambahan persentasi limbah cair surimi yang berbeda, dikarena kadar K yang tinggi digunakan tanaman sebagai nutrisi pada tanaman.

#### 4.6 Analisa pH

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang telah terlebih dahulu dikalibrasi dengan larutan buffer pH 4 dan 7. Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8. Grafik Hasil pH Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Dari gambar 8. kontrol (-) tidak mengalami perubahan pH yang signifikan karena tidak adanya penambahan EM4 maupun limbah cair yang berfungsi sebagai bioaktivator. Pada perlakuan A1, A2 dan A3 hari ke-0 sampai hari ke-4 pH masih cenderung netral kemudian pada hari ke-7 pH menurun menjadi asam hal ini karena terjadi dekomposisi yang menghasilkan asam organik. Penurunan pH yang terjadi pada kompos tersebut diakibatkan adanya proses penguraian yang dilakukan bakteri untuk mengubah bahan organik menjadi asam-asam organik seperti asam laktat, asam asetat, dan asam oksalat yang dilakukan oleh agen dekomposer yang terdiri dari beberapa mikroorganisme seperti *Lactobacillus* yang dapat

menghasilkan asam laktat, asetat, dan oksalat (Yelianti, dkk., 2009). Pada hari ke- 10 dan ke-13 pH mengalami kenaikan lagi. Peningkatan pH kompos disebabkan karena dalam proses dekomposisi melepaskan ion karbonat dan ion OH<sup>-</sup> sehingga meningkatkan alkalinitas kompos (Kesumaningwati, 2015). Hanifah, (2003) menambahkan penguraian selanjutnya dari asam-asam organik tersebut menjadi gas metan, amoniak, CO<sub>2</sub> dan hidrogen yang membuat pH menjadi naik kembali.

Kenaikan pH yang terjadi menurut Jacob (1992), diduga adanya reaksi dari kation-kation basa, terutama kalium dan natrium yang merupakan logam alkali pembentuk basa kuat, disamping kalsium dan magnesium yang dibebaskan selama proses dekomposisi. Kation-kation basa ini dapat menetralkan asam-asam organik yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik berlangsung. Meskipun konsentrasi asam-asam organik yang dibebaskan tinggi, tetapi asam-asam organik merupakan asam lemah dengan derajat ionisasi yang kecil (alpahnya mendekati nol), sehingga ion hidrogen yang dibebaskan oleh asam-asam organik tersebut tidak mampu meningkatkan pH kompos. Reaksi yang alkalis dari kompos ini memungkinkan penggunaannya untuk menaikkan pH. Pada perlakuan A1, A2, dan A3 dengan perbedaan penambahan limbah cair surimi mengalami perbedaan semakin lama fermentasi juga mempengaruhi perbedaan pH dalam kompos.

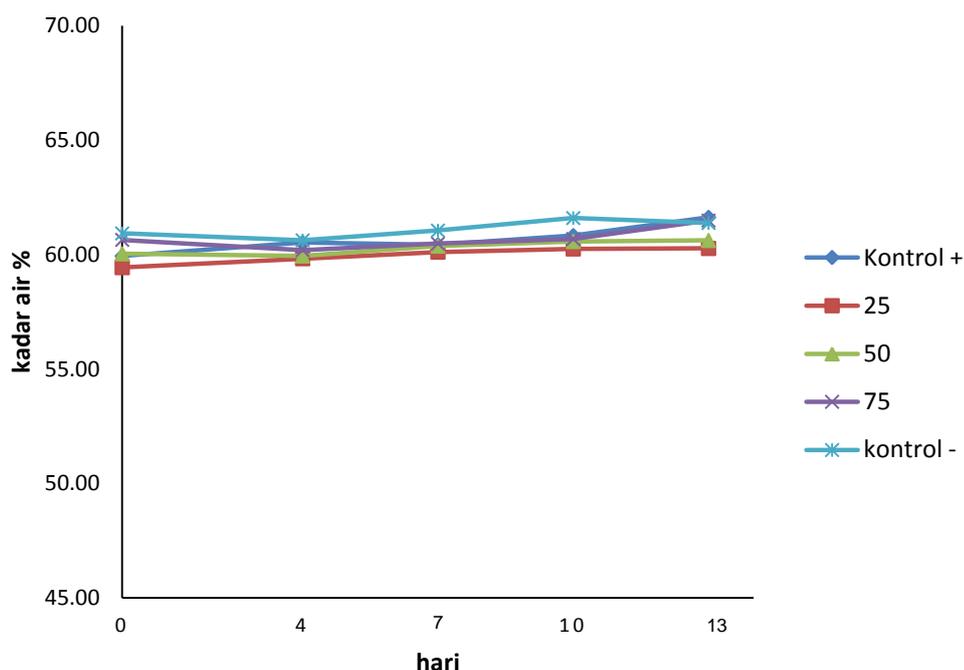
Simanungkalit *et al.* (2006), menyatakan bahwa pH bahan organik optimum berkisar 5,5 – 8. Indikator kematangan kompos adalah pH alkalis (Setyorini *et al.* 2006), pada kontrol (+) pH mengalami penurunan dan menunjukan pH tersebut asam dikarenakan adanya penambahan EM4 yang menyebabkan terjadinya pH asam dan sesuai pada SNI sehingga pada kontrol (+) layak sebagai pupuk organik. Terjadinya pH yang semakin asam biasanya dikarenakan aktivitas

dari bakteri yang menghasilkan asam. Pada perlakuan A3B4 memenuhi standar SNI dengan pH 8,59% yang menunjukkan adanya pengaruh antara lama fermentasi dengan penambahan persentasi limbah cair surimi dikarena semakin rendah pH menandakan pupuk tersebut sudah matang dan proses fermentasi selesai.

#### 4.7 Analisa Kadar Air

Kadar air bahan yang sesuai sangat membantu pergerakan mikroba dalam bahan, transportasi makanan untuk mikroba, dan reaksi kimia yang ditimbulkan oleh mikroba. Terlalu tinggi kadar air akan mengakibatkan bahan semakin padat, melumerkan sumber makanan yang dibutuhkan oleh mikroba dan memblokir oksigen untuk masuk. Namun, apabila air telalu sedikit maka bahan akan semakin kering dan tidak mendukung kehidupan mikroba.

Penetapan kadar air menggunakan metode thermogravimetri. Hasil analisa kadar air pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 9.



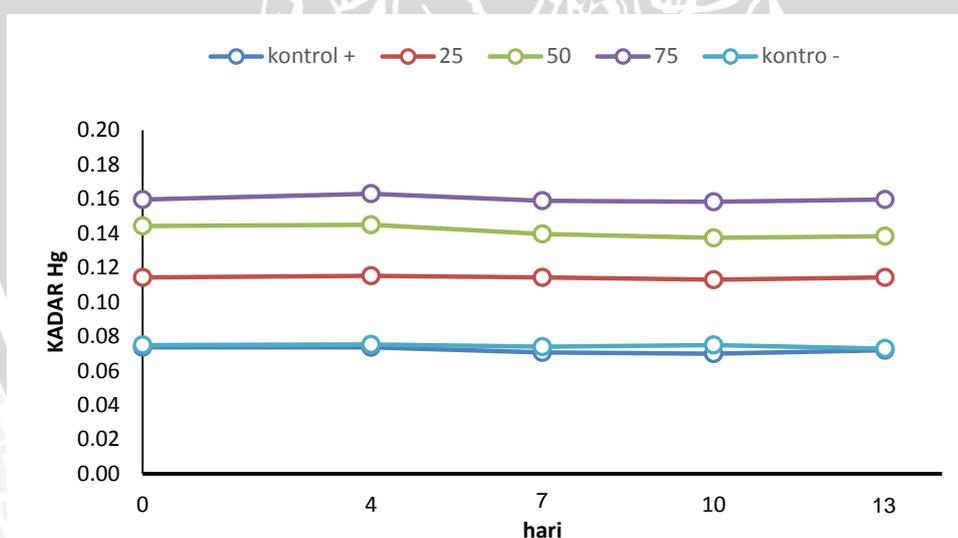
**Gambar 9. Grafik Hasil Analisa Kadar Air Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Dari Gambar 9. Kontrol (-), A1, A2, A3, dan kontrol (+) bahwa kadar air tidak mengalami penurunan atau kenaikan disebabkan fermentasi dilakukan secara anaerob sehingga tidak terjadi penguapan air. Adanya kadar air yang sama dikarenakan persamaan penambahan cairan pada limbah padat agar-agar, hanya saja persentase limbah cair surimi yang berdeda. Hasil analisa kadar air pada kontrol (-), A1, A2, A3, dan kontrol (+) rata-rata sebesar 60%. Menurut pernyataan Fitri *et al*, (2006) untuk memperoleh jumlah populasi mikroorganisme terbesar kadar air tidak boleh lebih rendah dari 40%, karena semakin besar populasinya mikro organisme maka makin cepat proses pembusukannya. Sedangkan pada penelitian ini rata-rata sebesar 60% maka masih termasuk ideal dan layak sebagai pupuk organik.

#### 4.8 Analisa Kadar Hg

Merkuri (Hg) merupakan logam cair berwarna putih keperakan, dengan berat atom 200,6 dan titik lebur  $-38,87^{\circ}\text{C}$ . merkuri tidak larut dalam air, larut dalam asam sulfat mendidih, agak larut dalam asam sitrat dan tidak larut dalam asam klorida. Logam ini digunakan dalam instrument sains, produk farmasi, bahan kimia pertanian, dan cat. Masuknya merkuri ke tubuh manusia sebagian besar melalui makanan terutama ikan (Moffat dkk, 2011).

Penetapan kadar Hg menggunakan metode spektrofotometri. Dasar penetapan dari metode ini adalah sampel dioksidasi basah dengan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{HClO}_4$ . Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengukur unsur logam berat dengan spektrometer serapan atom (AAS). Hasil analisa kadar Hg pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10. Grafik Kadar Hg Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

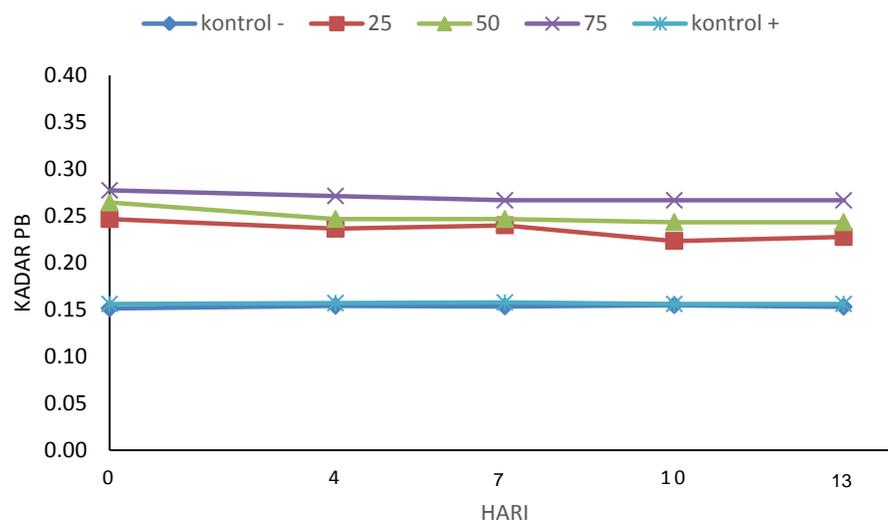
Hasil analisa statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa tidak ada kenaikan atau penurunan terhadap kadar Hg pada seluruh perlakuan, kadar Hg berkisar antara 0,06-0,16 ppm, lama

fermentasi tidak mempengaruhi perubahan kadar Hg. Pada Tabel 9. dapat dilihat bahwa standar SNI untuk Hg maksimal 0,8 ppm. Tetapi penambahan limbah cair surimi mempengaruhi perbedaan antara perlakuan A1, A2, dan A3. Dikarena dengan penambahan limbah surimi yang semakin banyak akan mempengaruhi bertambahnya kandungan Hg dalam kompos. Hal ini disebabkan limbah surimi yang mengandung Hg sehingga menambahkan kandungan Hg pada biofertilizer tersebut.

#### 4.9 Analisa Kadar Pb

Timbal (Pb) adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang terdapat dalam kandungan endapan sulfid yang tercampur dengan mineral-mineral lain terutama seng dan tembaga. Selain itu logam murni Pb dapat ditemukan dalam bentuk senyawa organik dan inorganik. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah (Darmono, 2001).

Untuk mengetahui kadar Pb menggunakan metode spektrofotometri. Dasar penetapan dari metode ini adalah sampel dioksidasi basah dengan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{HClO}_4$ . Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengukur unsur logam berat dengan spektrometer serapan atom (AAS). Hasil analisa kadar Pb pada pupuk limbah rumput laut setelah difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11. Grafik Kadar Pb Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

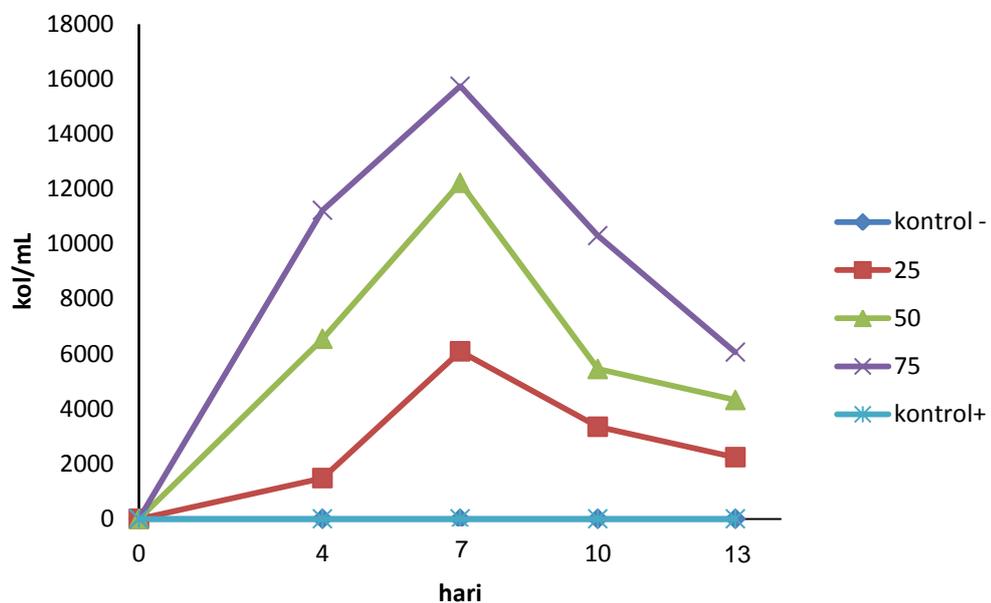
Hasil analisa statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa tidak ada kenaikan atau penurunan terhadap kadar Pb pada seluruh perlakuan, kadar Pb berkisar antara 0,15 - 0,27 ppm, lama fermentasi tidak mempengaruhi perubahan kadar Pb. Pada Tabel 11. dapat dilihat bahwa standar SNI untuk Pb maksimal 50 ppm. Tetapi penambahan limbah cair surimi mempengaruhi perbedaan antara perlakuan A1, A2, dan A3. Dikarena dengan penambahan limbah surimi yang semakin banyak akan mempengaruhi bertambahnya kandungan Pb karena pada limbah industri perikanan. Juga terdapat logam Pb yang besar dari air maupun dari ikan tersebut yang tercemar pada habitatnya.

Tingginya kandungan Pb di perairan dapat berasal dari limbah industri di kawasan pelabuhan serta limbah padat dan cair domestik yang terbawa aliran sungai yang bermuara di sekitar pelabuhan. Sedangkan kegiatan di laut (marina) salah satunya adalah buangan sisa bahan bakar kapal motor, cat kapal dan kapal motor penangkap ikan juga menggunakan cat anti korosi yang pada

umumnya mengandung Pb (Siaka, 2008). Dengan demikian limbah asap knalpot masuk ke perairan. Selain hal tersebut, knalpot (pembuangan sisa gas hasil proses pembakaran bahan bakar) terletak di bawah kapal atau dekat dengan permukaan air laut, sehingga gas buangnya langsung berinteraksi dengan air laut, yang akan menambah kontaminan.

#### 4.10. Analisa Mikroba *Escherichia coli*

Hasil analisa mikroba *Escherichia coli* pada pupuk limbah rumput laut selama difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12. Grafik jumlah koloni *E. coli* Biofertilizer Limbah Padat Agar-Agar *Gracillaria sp.* yang Difermentasi dengan Limbah Cair Surimi**

Hasil analisa statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Didalam pupuk ini terdapat koloni *E. coli* karena bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sehingga diduga terdapat bakteri patogen. Penambahan limbah cair surimi pada perlakuan A1, A2 dan A3 mempengaruhi perbedaan yang nyata karena semakin banyak limbah cair surimi yang ditambahkan akan mempengaruhi jumlah koloni *E. coli*. Hal ini didukung oleh Adiprakoso (2012)

yang menyatakan bahwa bakteri patogen yang terdapat dalam limbah cair biasanya termasuk dalam golongan *E. coli*. Sedangkan pada kontrol (-), kontrol (+) dan perlakuan I memiliki nilai yang tidak berbeda nyata karena kontrol (-) dan kontrol (+) tidak dilakukan penambahan limbah cair.

Pada hari ke-0 sampai ke-7 bakteri mengalami kenaikan dikarenakan pada bakteri mengalami fase pertumbuhan/ fase log. Kusnadi (2003) menyatakan Pada log mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH dan kandungan nutrient, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Pada fase ini mikroba membutuhkan energi lebih banyak dari pada fase lainnya. Pada hari ke 10-13 bakteri mengalami penurunan hal ini disebabkan bakteri *E. coli* mulai memasuki fase kematian hal ini disebabkan karena habisnya jumlah makanan dalam medium sehingga pembiakan bakteri terhenti dan keadaan lingkungan yang jelek karena semakin banyaknya hasil metabolit yang tidak berguna dan mengganggu pertumbuhan bakteri (prasetya, 2012). Pada perlakuan A3B4 dengan kandungan *E. coli*  $6,1 \times 10^2$  kol/mL yang menunjukkan adanya pengaruh antara lama fermentasi dengan penambahan persentasi limbah cair surimi.

#### 4.11. Analisa Mikroba *Salmonella*

Hasil analisa mikroba *Salmonella* pada pupuk limbah rumput laut selama difermentasi dengan limbah cair surimi dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13. Hasil analisa *Salmonella***

Perlakuan	Lama fermentasi					Standar SNI
	B0	B1	B2	B3	B4	
A0	0	0	0	0	0	
A1	0	0	$1,3 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$	0	
A2	0	$2,8 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	0	-
A3	0	$2,2 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	0	
A4	0	$7,3 \times 10^3$	$1,5 \times 10^4$	$3,1 \times 10^3$	0	

Hasil analisa statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata antara persentase penambahan limbah cair surimi dan lama fermentasi. Didalam pupuk ini terdapat koloni *Salmonella* karena bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sehingga diduga terdapat bakteri patogen. Hal ini didukung oleh Adiprakoso (2012) yang menyatakan bahwa bakteri patogen yang terdapat dalam limbah cair biasanya termasuk dalam golongan *Salmonella sp.* dan *E. coli*.

*Salmonella sp.* dan *E. coli* dikenal sebagai bakteri patogen dan dapat ditularkan ke manusia dan hewan melalui makanan yang terkontaminasi, pakan dan air . Adanya Bakteri patogen seperti *Salmonella* dan *E. coli* menunjukkan bahwa biofertilizer mungkin tidak aman untuk langsung diaplikasikan sebagai pupuk untuk sayuran yang dimakan mentah (Alfa *et al.*, 2014). Namun hal ini tidak membuat penggunaan biofertilizer atau pupuk hayati dilarang untuk memperbaiki kesuburan tanah, diperlukan perlakuan lebih lanjut dalam penggunaan biofertilizer ini untuk menjaga kesehatan konsumen (Owamah *et al.*, 2014). Pada persyaratan teknis minimal pupuk organik, standar untuk *Salmonella* belum ada sehingga jumlahnya hanya dicantumkan.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini tentang bioferlizer limbah padat agar-agar difermentasi dengan limbah cair surimi dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Waktu optimal yang diperlukan untuk proses fermentasi biofertilizer pada penelitian ini yaitu 13 hari karena nilai C, N, P dan K pada hari ke-13 merupakan hasil yang terbaik
- Karakteristik biofertilizer terbaik pada perlakuan A3 dengan penambahan limbah cair surimi sebanyak 225 mL dengan nilai N: 2,25%, C: 13,23%, C/N: 5,98%, P: 0,351 %, dan K: 1,53 %, pH: 8,59, kadar air: 61,49%, Hg: 0,160ppm, Pb: 0,267 ppm, *E. coli*:  $6,1 \times 10^3$  kol/mL, *Salmonella*: 0 kol/mL.

### 5.2 Saran

Saran sebagai peneliti sebaiknya ada penelitian lebih lanjut untuk mengetahui titik optimal dari fermentasi tersebut dan juga mengaplikasikan pupuk ini ke tanaman sehingga diketahui kegunaan pupuk limbah padat agar-agar difermentasi dengan limbah cair surimi terhadap kecocokan pada tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah A. 2004. Pengaruh Penambahan Khitosan Terhadap Mutu Agar Bakto (*Bacto Agar*). [Skripsi]. Bogor: Program Studi Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Afif, A. K. 2011. Pemanfaatan Limbah Padat Proses Pengolahan Agar PT Agarindo Bogatama sebagai Media Tanam Hortikultura. *Unpublished*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Afriwaty, M. D. 2008. Mempelajari Pengaruh Penambahan Tepung Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) terhadap Karakteristik Fisik Surimi Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) [Abstrak]. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. Vol. VII No.1
- Agustia. 2004. *Mengenal Penyakit Tanaman*. Bogor: Agro Lestari Pustaka.
- Agustii, T.W., Darmanto, Y.S, dan Danar P.K.P. 2008. Evaluation On Utilization Of Small Marine Fish To Produce Surimi Using Different Cryoprotective Agents To Increase The Quality Of Surimi. Fisheries Department, Faculty of Fisheries and Marine Science. Universitas Diponegoro. Semarang. *Journal of Coastal Development* Vol. 11 No. 3. Hal. 131 – 140.
- Alexaer, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. Wiley Eastern Limited, New Delhi, 467.
- Aminuin, N., Darmanto, Y.S., dan Anggo, A.D. 2013. Pengaruh Asam Tanat, Sukrosa Dan Sorbitol Terhadap Kualitas Surimi Ikan Swangi (*Priacanthus tayenus*) Selama Penyimpanan Suhu -5°C. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan* Vol. II No. 2 hal.1-13.
- Anggadiredja, T., Zalnika, A., Purwoto, H., dan Istini, S. (2010). *Rumput Laut*. Jakarta: Penebar Swadaya. Hal. 26-38.
- Astuti, A. D. 2014. Karakteristik Air Limbah Industri Surimi Ikan di Kabupaten Pati. <http://litbang.patikab.go.id/index.php/kajian-isu-strategis/217-karakteristik-air-limbah-industri-surimi-ikan-di-kabupaten-pati-studi-kasus-industri-surimi-ikan-di-kecamatan-juwana>. Diakses pada 5 Januari 2015.
- Chapman, V.J., and Chapman, C.J., 1980. *Seaweed and Their Uses*, 3rd ed., pp. 148 – 193, Chapman and Hall Ltd., London.
- Christina D. I., 2006. Produktivitas Rumput Gajah (*Pennise tumpurpureum*) di Peternakan Ternak Domba Sehat Caringin Bogor sebagai Respon Pemupukan Organik dan Nitrogen. *Skripsi*. Fakultas Peternakan IPB, Bogor.
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam)*, Penerbit : Universitas Indonesia Press, Jakarta.

- DeWitt CAM, Morrisey MT. 2001. *Parameters for recovery of proteases from surimi wash water*. *Bioresour. Technol.* 81: 241-247.
- Finck, A. 1982. *Fertizer and Fertilization*. Introduction and Practical guide O crop Fertilization. Verlag Chemie, Weinheim. Pp. 54-165.
- Glicksman, M. 1983. *Food Hydrocolloids*. Vol. II. CRC press, Inc. Boca Raton. Florida, 199 pp.
- Graves, R.E., Hattemer, G.M., Stettler, D., Krider, J.N. dan Dana, C. 2000. *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture
- Hanif, .K.S. 2003. Prevalensi Analisis Faktor-faktor Kontaminasi Escherichia coli O157:H7 pada Sumber Air Peternakan Sapi Perah Rakyat di Kabupaten Sleman. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- Hartati, S. T. dan Ismail. 2001. *Percobaan Budidaya Rumput Laut (Gracilaria lichenoides) di Teluk Banten*. Laporan Penelitian Perikanan Laut. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Harve R.A., Champe P.C. 20 09. *Pharmacology*. 4<sup>nd</sup> ed. China: Lippincott William & Wilkins.p.249-60.
- Istini S Abraham S, dan Zatznika A. Desember 2001. Proses Pemurnian Agar dari Gracilaria sp. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 3(9) : 89-93.
- Jaelani. 2010. *Jamur Berkhasiat Obat-Edisi Pertama*. Jakarta: Obor popular.
- Khan,A. B., dan Stofella, P. J. 2001. *Compost Utilization in Holticultural Cropping Systems*. USA : Lewis Publiser.
- Kim, .Y., Jordan, D., McDonald, G.A. 2007. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesiculararbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fert. Soils* 26:79-87.
- Kordi,M. G. H. 2011. *Kiat Sukses Budidaya Rumput Laut di laut dan Tambak*. Andi Offset. Yogyakarta. 134 Hal.
- Kusnai. 2003. *mikrobiologi*. Jakarta: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kusumaningati MA, Nurhatika S, Muhibuddin A. 2013. Pengaruh onsentration Inokulum bakteri *Zymomonas mobilis* dan Lama Fermentasi pada Produksi Etanol dari Sampah Sayur dan Buah Pasar Wonokromo Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2 (2) : hlm 218-223.
- Lin T, Park JW, Morrissey MT. 1995. Recovered proteins and reconditioned water from surimi processing waste. *J. Food. Sci.* 50(1): 4-9.
- Makiah, M. 2013. Analisis Kadar N, P dan K Pada Pupuk Cair Limbah Tahu dengan Penambahan Tanaman Matahari Meksiko (*Thitonia diversivolia*). *Unpublished*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

- Murdinah. 2008. *Pengaruh bahan pengestrak dan penjendal terhadap mutu karaginan dari rumput laut Eucheuma cottoni*. Prosiding seminar nasional tahunan V hasil Penelitain perikanan dan kelautan jilid 3. P. 1-9.
- Nakai, S. And H.W Modler, 2000. *Food Protein, Processing Application*. Wiley VCH. New York.
- Ningrum, R. D. S. 2013. *Pengaruh Ekstrak Kasar Fucoidan Alga Coklat Sargassum polycystum sebagai Antikanker terhadap Viabilitas Sel Hela*. *Unpublished*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Nuryani, H. dan Handayani, S. 2003. Sifat Kimia Entisol Pada Sistem Pertanian Organik. *Jurnal Penelitian Pertanian*. Vol 10(2): 96-101.
- mawa, H. I., Izinyon, O.C., Enaboifo, M. A. 2014. Treatment of wastewater from raw rubber processing industry using water lettuce macrophyte pond and the reuse of its effluent as biofertilizer. In: *Agricultural Water Management*. RePEc:eee:agiwat:v:146:y:2014:i:c:p:262-269.
- Padmanabha RMK. Mohana R, Morali P. 2004. Synthesis and swelling behavior of superabsorbent polymeric materials. *Int J Polym Anal Charact* 8:245-253.
- Praseya, B; Kurniawan, S, dan M Febrianingsih. 2012. Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pupuk Cair Terhadap Serapan N dan Pertumbuhan Sawi (*Brassica juncea*) Pada Entisol. *Agritek* 17(5). Diunduh 28 Oktober 2011.
- Sameto R. 2006. *Pupuk Kompos*. Klaten: PT Intan Sejati.
- Saputa D. R. 2008. *Aplikasi Bioteknologi Pemanfaatan Limbah Rumput Laut*. Jakarta: Kanisius.
- Setyoini, D., 2005. *Pupuk Organik Tingkatkan Produksi Pertanian*,
- Siaka I. M., 2008. Korelasi antara kedalaman sedimen di Pelabuhan Benoa dan konsentrasi logam berat Pb dan Cu. *Jurnal Kimia*, Vol. 2, pp. 61-70
- Simaungkalit, R. D. M dan Suriadikarta, D. A. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Subayono, dan Murdinah. 2011. Kualitas Agar-agar Dari Rumput Laut *Gracillaria Chilensis* yang Dibudidayakan di Lampung. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. 1153-1157.
- Suriadikarta, D.A. 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 24(1): 36-45
- Sutanto. 2010. *Penerapan Pertanian Organik*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Tacharatanamane, R., Cherdrungsi, K., Youravong, W. 2004. *Fractionation Of Proteins In Surimi Wastewater Using Membrane Filtration*. In: Regional Symposium on Membrane Science and Technology, Johor, Malaysia.

- Trilaksani W, Salamah E, Nabil M. 2006. *Pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (Thunnus sp) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein*. Buletin Teknologi Hasil Perikanan IX(2): 34-45.
- Uju, Nurhayati T, Ibrahim B, Trilaksani W, Siburian M. 2009. Karakterisasi dan recovery protein dari air cucian *minced fish* dengan membrane reverse osmosis. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 12:115-127.
- Utomo, B, S, B. 2011. *Prospek pengembangan teknologi pengolahan rumput laut di Indonesia*. Forum Inovasi Teknologi Akakultur. (Prosiding Nasional).
- Wahyudi, A. 2008. Pengaruh Penambahan Sol rumput laut *Euchemma spinosum* terhadap Kadar Iodium dan Serat Kasar pada Bakso Ikan Tengiri (*Scomberomorus commersoni*). *Unpublished*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Welasih Tj. 2008. Penurunan BOD dan COD limbah industry kertas dengan air laut sebagai koagulan. *J Rekamaya Perencanaan* 4 (2).
- Widodo, M., 2010. Karakterisasi KPD Segar dan Ekstraknya sebagai Pupuk Organik. *Unpublished*. Skripsi. Fakultas Teknologi Agroindustri. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Widodo, W. D., 2009, *Umur Produktif Cabai*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Winarno, F.G., 1996, *Teknologi pengolahan Rumput Laut*, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Yuliarti, N. 2009. *1001 Cara Menghasilkan Pupuk Organik*. Yogyakarta: Lily Publiser.
- Yunizal. 2002. *Teknologi Ekstraksi Agar-agar dari Rumput Laut Merah (Rhodophyceae)*. Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Pusat Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Yustin D, Angelia R.D, Hala Y, Taba P. 2008. *Analisis Potensi Limbah Cair Hasil Pengolahan Rumput Laut Sebagai Pupuk Buatan*. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Hasanuddin ISSN 1411-2132. Makassar.
- Yuwono. T. 2006. Kecepatan dekomposisi dan Kualitas Kompos Sampah Organik. *Jurnal Inovasi Pertanian* Vol 4.