

**PENGARUH KONSENTRASI DAN FREKUENSI PEMBERIAN PUPUK
ORGANIK CAIR HASIL PEROMBAKAN ANAEROB LIMBAH
MAKANAN TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI (*Brassica
juncea L.*)**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Oleh:
Kelik Wijaya
NIM. M0405036**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2010

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan pupuk di dunia terus meningkat sesuai dengan pertambahan luas areal pertanian, pertambahan penduduk, kenaikan tingkat intensifikasi serta makin beragamnya penggunaan pupuk sebagai usaha peningkatan hasil pertanian. Para ahli lingkungan hidup khawatir dengan pemakaian pupuk kimia akan menambah tingkat polusi tanah akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Lingga dan Marsono, 2000).

Penggunaan pupuk kimia secara berkelanjutan menyebabkan pengerasan tanah. Kerasnya tanah disebabkan oleh penumpukan sisa atau residu pupuk kimia, berakibat tanah sulit terurai. Sifat bahan kimia adalah relatif lebih sulit terurai atau hancur dibandingkan dengan bahan organik. Semakin kerasnya tanah dapat mengakibatkan :

1. Tanaman semakin sulit menyerap unsur hara.
2. Penggunaan konsentrasi pupuk lebih tinggi untuk mendapat hasil sama dengan hasil panen sebelumnya.
3. Proses penyebaran perakaran dan aerasi (pernafasan) akar terganggu berakibat akar tidak dapat berfungsi optimal dan pada gilirannya akan menurunkan kemampuan produksi tanaman tersebut (Notohadiprawiro dkk., 2006).

Masalah lain patut diperhatikan dalam penggunaan pupuk kimia di Indonesia adalah adanya indikasi proses pemiskinan atau pengurangan kandungan 10 jenis unsur hara meliputi sebagian unsur hara makro yaitu Ca, S dan Mg (3 unsur) serta unsur hara mikro yaitu Fe, Na, Zn, Cu, Mn, B dan Cl (7 unsur). Seperti diketahui saat ini dari sekian banyak unsur ada di alam, semua jenis tanaman membutuhkan mutlak (harus tersedia/tidak boleh tidak) 13 macam unsur hara untuk keperluan proses pertumbuhan dan perkembangannya, sering dikenal dengan nama unsur hara esensial (Hardjowigeno, 1997).

Berdasarkan hal tersebut makin berkembang alasan untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia. Salah satu solusi dari pengurangan pupuk kimia adalah melakukan pembudidayaan tanaman dengan sistem pertanian organik. Pada sistem ini diharapkan tanaman dapat hidup tanpa ada masukan dari luar sehingga dalam kehidupan tanaman terdapat suatu siklus hidup tertutup (Budianta, 2004).

Limbah adalah buangan hasil dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga, lebih dikenal sebagai sampah), kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Berbagai kasus pencemaran lingkungan dan memburuknya kesehatan masyarakat terjadi dewasa ini diakibatkan oleh limbah dari berbagai kegiatan manusia, diantaranya adalah limbah makanan berasal dari rumah tangga, rumah makan ataupun restoran. Penanganan dan pengolahan limbah tersebut belum mendapatkan perhatian serius. Kebanyakan dari limbah tersebut biasanya langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu (Sugiharto, 1987).

Limbah makanan dibuang ke lingkungan bebas dan tidak dilakukan pengelolaan atau dibiarkan tergenang atau tertimbun akan menimbulkan bau tidak sedap karena terjadi proses perombakan bahan organik oleh jasad renik. Limbah makanan tidak tertangani juga menyebabkan penyakit dapat mengganggu kesehatan manusia (Darhamsyah, 1994).

Pengolahan limbah makanan menggunakan teknologi pencerna (digester) anaerob merupakan teknologi sederhana, mudah dipraktikkan, dengan peralatan relatif murah dan mudah didapat. Menurut Astuti (2002), proses perombakan anaerob bahan organik dapat mengurangi pencemaran lingkungan, karena limbah telah diolah menghasilkan pupuk organik baik dalam bentuk padat maupun cair, dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk kimia/anorganik.

Pupuk organik cair adalah jenis pupuk berbentuk cair, mudah larut pada tanah dan membawa unsur-unsur penting untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk organik cair selama ini belum sepenuhnya dimanfaatkan oleh para petani dan kebanyakan masih tergantung pada penggunaan pupuk kimia. Pupuk organik cair dapat berasal dari pupuk kandang, jerami padi, azolla, daun lamtoro, sekam padi, belotong, limbah agroindustri (seperti limbah pengolahan minyak sawit). Secara garis besar keuntungan diperoleh dari pemanfaatan pupuk organik cair adalah perbaikan (a) sifat fisik tanah, (b) sifat kimia tanah, (c) sifat biologi tanah, dan (d) kondisi sosial (Bunyamin, 2008).

Pemberian pupuk organik cair harus memperhatikan konsentrasi dan frekuensi aplikasi terhadap tanaman. Masing-masing jenis tanaman mempunyai konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk berbeda untuk memperoleh hasil

optimum. Pemilihan konsentrasi tepat perlu diketahui dan hal ini dapat diperoleh melalui pengujian-pengujian di lapangan (Rizqiani dkk., 2007).

Tanaman sawi merupakan salah satu jenis sayuran daun umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Sawi hijau sangat berpotensi sebagai penyedia unsur-unsur mineral penting dibutuhkan oleh tubuh karena nilai gizinya tinggi. Tanaman sawi kaya akan sumber vitamin A, sehingga berdaya guna dalam upaya mengatasi masalah kekurangan vitamin A atau penyakit rabun ayam sampai kini menjadi masalah di kalangan anak balita (Margiyanto, 2007).

Pertumbuhan sawi umumnya dipengaruhi oleh kandungan unsur hara di dalam tanah yaitu berupa unsur makro dan hara mikro. Unsur hara makro paling dibutuhkan oleh tanaman sawi yaitu unsur N, P, K dan S, sedangkan unsur hara mikronya adalah Zn (Yasari *et al.*, 2009). Karena mudah tumbuh dan responsif terhadap perubahan lingkungan, sawi hijau sering dimanfaatkan sebagai tumbuhan percobaan untuk pemupukan, kesuburan tanaman, gangguan karena kekurangan hara, serta bioremediasi.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pemupukan dengan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan terhadap pertumbuhan tanaman sawi ?
2. Kombinasi terbaik pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan terhadap pertumbuhan tanaman sawi ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Pengaruh pemupukan dengan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan terhadap pertumbuhan tanaman sawi.
2. Kombinasi terbaik pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan terhadap pertumbuhan tanaman sawi.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai produk baru berupa pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan dan menambah pengetahuan tentang pemanfaatan limbah makanan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik cair.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Pupuk

Pupuk merupakan bahan yang mengandung sejumlah nutrisi yang diperlukan bagi tanaman. Pemupukan adalah upaya pemberian nutrisi kepada tanaman guna menunjang kelangsungan hidupnya. Pupuk dapat dibuat dari bahan organik ataupun anorganik. Pemberian pupuk perlu memperhatikan kebutuhan tumbuhan, agar tumbuhan tidak mendapat terlalu banyak zat makanan atau terlalu sedikit karena dapat membahayakan tumbuhan. Pupuk dapat diberikan lewat tanah ataupun disemprotkan ke daun. Sejak zaman purba sampai saat ini pupuk organik diketahui banyak dimanfaatkan sebagai pupuk dalam sistem usahatani (Sutejo, 2002).

Pupuk organik mempunyai peranan dalam mempengaruhi sifat fisik, kimia dan aktivitas biologi dalam tanah. Pupuk organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah melalui pembentukan struktur dan agregat tanah mantap dan berkaitan erat dengan kemampuan tanah mengikat air, infiltrasi air, mengurangi risiko terhadap ancaman erosi, meningkatkan kapasitas pertukaran ion (KTK) dan sebagai pengatur suhu tanah semuanya berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman. Pupuk organik mengandung senyawa-senyawa kimia berupa hara sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Humadi dan Abdulhadi, 2007).

Dari beberapa pupuk organik, sisa-sisa (limbah) berupa sampah merupakan salah satu alternatif cukup prospektif untuk dimanfaatkan pada areal pertanian. Meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan jumlah kebutuhan meningkat, terutama kebutuhan mengkonsumsi makanan, secara otomatis menghasilkan sampah atau limbah makanan melimpah. Limbah makanan perlu diupayakan agar berdayaguna, diantaranya adalah pembuatan pupuk dari limbah makanan sehingga mengurangi pencemaran lingkungan dan sekaligus dapat meningkatkan produksi. Pembuatan pupuk dari limbah makanan juga dapat mengurangi kebutuhan pupuk kimia/anorganik semakin sulit didapat dan harganya sulit dijangkau oleh petani khususnya petani tradisional, mengurangi ketergantungan terhadap energi (sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui) dan juga berfungsi dalam upaya pelestarian alam dan lingkungan (Supriyadi dkk., 2003).

Banyak sifat baik pupuk organik terhadap kesuburan tanah antara lain : bahan organik dalam proses mineralisasi akan melepaskan hara tanaman lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil, dapat memperbaiki struktur tanah, dan mudah ditembus akar, tanah lebih mudah diolah untuk tanah-tanah berat, meningkatkan daya menahan air (*water holding capacity*), sehingga kemampuan tanah untuk menyediakan air menjadi lebih banyak, permeabilitas tanah menjadi lebih baik. Menurunkan permeabilitas pada tanah bertekstur kasar (pasiran), sebaliknya meningkatkan permeabilitas pada tanah bertekstur sangat lembut (lempungan), meningkatkan KPK (Kapasitas Pertukaran Kation) sehingga kemampuan mengikat kation menjadi lebih tinggi,

akibatnya apabila dipupuk dengan konsentrasi tinggi hara tanaman tidak mudah tercuci, memperbaiki kehidupan biologi tanah (baik hewan tingkat tinggi maupun tingkat rendah) menjadi lebih baik karena ketersediaan makan lebih terjamin, dapat meningkatkan daya sanggah (*buffering capacity*) terhadap guncangan perubahan drastis sifat tanah, mengandung mikrobia dalam jumlah cukup berperan dalam proses dekomposisi bahan organik (Pranata, 2004).

Pupuk organik cair adalah jenis pupuk berbentuk cair tidak padat mudah sekali larut pada tanah dan membawa unsur-unsur penting untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk organik cair mempunyai banyak kelebihan diantaranya, pupuk tersebut mengandung zat tertentu seperti mikroorganisme jarang terdapat dalam pupuk organik padat dalam bentuk kering. Pupuk organik cair apabila dicampur dengan pupuk organik padat, dapat mengaktifkan unsur hara dalam pupuk organik padat (Syefani dan Lilia, 2003).

Ketersediaan hara dalam tanah dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor pemberian konsentrasi pupuk tepat akan mempengaruhi hasil tanam suatu tanaman. Upaya-upaya untuk menjaga ketersediaan hara dalam tanah selain pemberian konsentrasi pupuk, dapat juga melalui frekuensi pemberian pupuk, cara pemberian dan bentuk pupuk digunakan secara tepat (Bastari, 1996).

Pupuk organik cair kebanyakan diaplikasikan melalui daun atau disebut sebagai pupuk cair foliar mengandung hara makro dan mikro esensial (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Mo, Cu, Fe, Mn, dan bahan organik). Pupuk organik cair mempunyai beberapa manfaat diantaranya dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis

tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara, dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, cekaman cuaca dan serangan patogen penyebab penyakit, merangsang pertumbuhan cabang produksi, meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah, mengurangi gugurnya daun, bunga dan bakal buah (Susanto, 2002).

Beberapa keuntungan pemupukan lewat daun dibandingkan dengan pemupukan lewat tanah diantaranya :

1. Dapat menghindari kemungkinan adanya fiksasi unsur dalam tanah. Misalnya unsur fosfat (P) pada tanah asam mengandung Fe dan Al akan membentuk senyawa kompleks FeAl Fosfat mengendap sehingga P tidak dapat diserap oleh akar tanaman.
2. Dapat menghindari adanya interkalasi unsur terutama unsur bersifat antagonis. Misalnya antagonisme unsur Mg menyebabkan unsur K menjadi tertekan. Antagonisme unsur K menyebabkan unsur Ca tertekan dan antagonisme unsur Ca menyebabkan unsur Mg tertekan.
3. Memberikan respon lebih cepat (waktu) bila dibandingkan dengan pemupukan lewat tanah. Hal ini disebabkan karena unsur hara masuk lewat daun akan segera diproses pada proses fotosintesis terjadi di daun.
4. Tidak memerlukan suatu proses pengawasan (kontrol) sering dilakukan terutama bila gejala-gejalanya belum nampak. Pemberian lewat tanah memungkinkan pupuk terurai, tercuci atau terfiksasi.

5. Lebih ekonomis baik dari segi jumlah pupuk maupun cara pemberiannya. Pupuk organik cair dapat dicampur dengan pestisida saat aplikasi. (Tjonger, 2006).

Pemberian pupuk organik cair harus memperhatikan konsentrasi diaplikasikan terhadap tanaman. Menurut Hanolo (1997), pemberian pupuk organik cair melalui daun memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman lebih baik daripada pemberian melalui tanah. Semakin tinggi konsentrasi pupuk diberikan maka kandungan unsur hara diterima oleh tanaman akan semakin banyak, begitu pula dengan semakin seringnya frekuensi aplikasi pemupukan dilakukan pada tanaman, maka kandungan unsur hara juga semakin tinggi. Perlu diperhitungkan dalam pemberian pupuk dengan konsentrasi berlebihan, karena akan mengakibatkan timbulnya gejala kelayuan pada tanaman. Pemberian konsentrasi dan frekuensi pemupukan harus disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi tanaman (Suwandi dan Nurtika, 1987).

2. Limbah Pangan

Limbah industri pangan dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya karena mengandung sejumlah besar karbohidrat, protein, lemak, garam-garam mineral dan sisa-sisa bahan kimia digunakan dalam pengolahan dan pembersihan dan juga selulosa atau ligno selulosa dapat didegradasi secara biologi. Limbah makanan juga mengandung nitrogen, fosfat dan natrium. Pada umumnya, limbah industri pangan tidak membahayakan kesehatan masyarakat, karena tidak terlibat langsung dalam perpindahan penyakit. Kandungan bahan organiknya tinggi dapat bertindak sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan

mikroba. Pengetahuan akan sifat-sifat limbah industri pangan sangat penting untuk mengembangkan suatu sistem pengelolaan limbah layak. Limbah dari industri pangan merupakan limbah berbeban rendah, namun volume cairan tinggi (Jenie dan Winiati, 1993).

Komponen limbah cair dari industri pangan sebagian besar adalah bahan organik. Limbah cair pengolahan pangan umumnya mempunyai kandungan nitrogen rendah, BOD dan padatan tersuspensi tinggi, dan berlangsung dengan proses dekomposisi cepat. Limbah cair segar mempunyai pH mendekati netral dan selama penyimpanan pH menjadi turun (Jenie dan Winiati, 1993).

Limbah digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah rumah makan, yakni bagian dari sayuran dan bahan makanan lain tidak termasak dan memang harus dibuang, misalnya tongkol jagung, tangkai-tangkai sayuran dan juga sisa makanan tidak habis disantap para tamu.

3. Teknologi Perombakan Anaerob

Teknologi perombakan anaerob merupakan salah satu bagian strategi pengelolaan limbah cair buangan industri cukup berdayaguna dan efektif. Penerapan teknologi ini murah dan praktis untuk buangan dengan beban organik dan berat molekul tinggi, namun menimbulkan bau menyengat. Metode perombakan anaerob menghasilkan gas methana berguna sebagai bahan bakar, mampu mereduksi energi terkandung dalam limbah, untuk pengelolaan lingkungan dan mampu mendegradasi senyawa-senyawa senobiotik (Bitton, 1999).

Dekomposisi anaerob mikrobiologis merupakan proses mikroorganisme tumbuh dan menggunakan energi dengan memetabolisis bahan organik dalam lingkungan anaerob. Proses digesti anaerob dapat dibagi menjadi tiga tahap dan menurut karakteristik kelompok mikroorganisme yaitu :

- a. Hidrolisis : bakteri saprofitik mencakup senyawa organik kurang kompleks, larut air
- b. Pembentukan asam : bakteri pembentuk asam merombak senyawa-senyawa organik menjadi asam lemak volatile dan ammonia
- c. Pembentukan gas methana : *methanogenic archaea* pembentuk gas methana memanfaatkan asam-asam ini untuk membentuk gas methan (CH_4) (Schouten *et al.*, 1997). Menurut Astuti (2002), dalam proses perombakan anaerob bahan organik tersebut selain dihasilkan gas methan juga dihasilkan limbah cair. Limbah cair tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena mengandung berbagai unsur hara (N, P, K, Ca, Mg, C-organik, Fe, Mn, Cu, Zn) dan mempunyai pH berkisar 5,36-7,03. Unsur-unsur hara tersebut sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan makanan.

Senyawa kompleks organik tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh bakteri maupun *methanogenic archaea* di dalam proses metabolismenya karena membran sel bakteri maupun methanogen hanya dapat dilewati oleh senyawa organik sederhana seperti glukosa, asam amino, dan asam lemak volatil. Proses penguraian senyawa kompleks organik menjadi senyawa organik sederhana berlangsung pada proses hidrolisis dilakukan oleh kelompok bakteri hidrolitik.

Senyawa kompleks organik dihidrolisis mengikuti kinetika reaksi. Proses hidrolisis merupakan salah satu tahap proses yang sangat penting agar tidak terjadi kegagalan proses pada biodegradasi anaerob. Hidrolisis akan mempengaruhi kinetika proses keseluruhan karena tahap yang berlangsung paling lambat dapat mempengaruhi laju keseluruhan (Adrianto *et al.*, 2001).

Perombakan bahan organik polimer (lemak, protein, dan karbohidrat) dalam kondisi anaerob melibatkan aktivitas enzim ekstraseluler yang dikeluarkan oleh mikroorganisme anaerob. Hidrolisis enzim ekstraseluler (lipase, protease, dan karbohidrase) terhadap bahan organik polimer akan dihasilkan molekul-molekul lebih kecil sehingga dapat dikonsumsi oleh mikroorganisme (Kusarpoko 1994, Sahirman 1994, Suzuki *et al.* 2001). Proses hidrolisis enzimatik dan fermentasi anaerob dapat dilangsungkan secara simultan (Spangler dan Emert 1986, Wright *et al.* 1988).

Proses perombakan anaerob bahan organik untuk pembentukan pupuk organik cair dipengaruhi oleh dua faktor yaitu, biotik dan abiotik. Faktor biotik berupa mikroorganisme dan jasad yang aktif di dalam proses ataupun mikroorganisme dan jasad kehidupan diantara komunitas jasad. Faktor abiotik meliputi : substrat; kadar air bahan/substrat; rasio C/N dan P dalam bahan/substrat; suhu; aerasi; kehadiran bahan toksik (unsur beracun); pH dan pengadukan (Bitton, 1999).

Semua mikroorganisme memerlukan kondisi lingkungan tertentu untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga terdapat variasi persyaratan pertumbuhan untuk spesies yang berbeda. Menurut Bitton (1999),

mikroorganisme dapat dikelompokkan atas lima keperluan dasar bagi pertumbuhan dan untuk menunjukkan variasi individual yaitu : 1) Waktu, 2) Makanan, 3) Kelembaban, 4) Suhu, 5) Oksigen (untuk yang aerob). Mikroorganisme juga memerlukan nutrisi yang akan menyediakan : a) energi, biasanya diperoleh dari substansi yang mengandung karbon, b) nitrogen untuk sintesis protein, c) vitamin dan yang berkaitan dengan faktor pertumbuhan, dan d) mineral.

Suhu berpengaruh terhadap proses perombakan anaerob bahan organik dan produksi pupuk organik cair. Pada kondisi karyofilik ($5 - 20^{\circ}\text{C}$), proses perombakan berjalan rendah, kondisi mesofilik ($25 - 40^{\circ}\text{C}$), perombakan berlangsung baik dan terjadi percepatan proses perombakan dengan kenaikan suhu, serta kondisi termofilik ($45 - 65^{\circ}\text{C}$), untuk bakteri maupun *methanogenic archaea* termofilik dengan perombakan optimal pada 55°C (NAS 1981, Bitton 1999).

Derajat keasaman (pH) pada proses perombakan anaerob biasa berlangsung antara 6,6-7,6; *methanogenic archaea* tidak dapat toleran pada pH di luar 6,7-7,4; sedangkan non *methanogenic archaea* mampu hidup pada pH 5-8,5 (NAS, 1981). Praperlakuan kimia umumnya diperlukan pada limbah dengan derajat keasaman tinggi ($< \text{pH } 5$) dan umumnya penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan untuk meningkatkan pH limbah makanan menjadi netral (Bitton, 1999).

Keuntungan pemilihan proses secara anaerob adalah prosesnya tidak membutuhkan energi untuk aerasi, lumpur atau *sludge* yang dihasilkan sedikit, polutan yang berupa bahan organik hampir semuanya dikonversi ke bentuk biogas

(gas methan) yang mempunyai nilai kalor cukup tinggi. Kelemahan proses degradasi ini adalah kemampuan pertumbuhan *methanogenic archaea* sangat rendah, membutuhkan waktu dua sampai lima hari untuk penggandaannya (Mahajoeno dkk., 2008).

4. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan perubahan ukuran tanaman semakin besar dan menentukan hasil tanaman. Pertambahan ukuran tubuh tanaman secara keseluruhan merupakan hasil dari pertambahan ukuran bagian-bagian sel yang dihasilkan oleh pertambahan ukuran sel (Sitompul dan Guritno, 1995). Pertumbuhan adalah suatu peristiwa penting yang menandai kehidupan suatu organisme. Secara sederhana pertumbuhan didefinisikan sebagai suatu pertambahan massa, berat, atau volume yang tidak dapat balik (Devlin, 1975).

Pertumbuhan merupakan proses yang sangat terkoordinir. Pertumbuhan suatu bagian biasanya dapat menggambarkan pertumbuhan pada bagian tanaman yang lain. Pengukuran pertumbuhan harus menggambarkan adanya penambahan yang tidak dapat balik misalnya pengukuran pertambahan panjang batang dan panjang daun (Anggarwulan dan Solichatun, 2001).

Kecepatan pertumbuhan dapat diukur dengan beberapa cara antara lain: mengukur tinggi tanaman, luas daun, lebar daun, berat basah dan berat kering masing-masing organ seperti akar, batang dan daun (Noggle and Fritz, 1983). Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam berupa faktor genetis yaitu faktor yang terdapat di dalam tubuh

tanaman itu sendiri. Faktor genetik menentukan kemampuan tanaman untuk dapat tumbuh dan memberikan sejumlah hasil yang maksimal. Faktor ini terdapat di dalam gen atau kromosom sel-sel tanaman sebagai pengatur terhadap sintesis enzimatis di dalam tubuh. Faktor luar yang merupakan faktor lingkungan adalah semua keadaan luar yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan tanaman yaitu tanah, air, kelembaban, intensitas cahaya, udara yang mengandung CO₂ dan O₂ serta unsur hara (Harjadi, 1983).

5. Sawi (*Brassica juncea* L.)

a. Klasifikasi Sawi

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Sub kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Brassicales
Familia	: Brassicaceae
Genus	: <i>Brassica</i>
Species	: <i>Brassica juncea</i> L. (van Steenis, 1987).

b. Morfologi Tanaman

Sawi merupakan herba semusim yang mudah tumbuh. Perkecambahannya epigeal, sewaktu muda tumbuh lemah (mudah roboh), tetapi setelah daun ketiga dan seterusnya akan membentuk setengah roset dengan batang yang cukup tebal, namun tidak berkayu. Daun sawi elips, dengan bagian ujung biasanya tumpul. Warnanya hijau segar, biasanya tidak berbulu. Menjelang berbunga sifat rosetnya agak menghilang (tumbuhnya

daun tidak berpangkal di roset akar), menampakkan batangnya. Bunga sawi kecil, tersusun majemuk berkarang. Mahkota bunga sawi berwarna kuning, berjumlah 4 (khas Brassicaceae). Benang sari sawi berjumlah 6, mengelilingi satu putik. Buahnya menyerupai polong tetapi memiliki dua daun buah dan disebut *siliqua* (Wikipedia, 2008).

Di Indonesia dikenal 3 jenis sawi, yakni sawi putih. Ciri-ciri sawi putih yaitu batang pendek, daun berwarna hijau keputih-putihan, dan cita rasanya agak pahit. Sawi hijau, memiliki ciri-ciri batangnya pendek, tegap, dan daun-daunnya lebar berwarna hijau-tua, tangkai daun panjang dan bersayap melengkung kebawah. Sawi huma, yakni sawi yang tipe batangnya kecil-panjang dan langsing, daun-daunnya panjang-sempit berwarna hijau keputih-putihan, serta tangkai daunnya panjang dan bersayap (Rukmana, 1994).

Tanaman sawi dapat tumbuh baik di tempat yang berhawa panas maupun berhawa dingin, sehingga dapat diusahakan tumbuh pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman sawi memberikan hasil yang lebih baik apabila tumbuh di dataran tinggi. Daerah penanaman yang cocok adalah mulai dari ketinggian 5 meter sampai dengan 1.200 meter di atas permukaan laut. Tanaman sawi biasanya dibudidayakan pada daerah yang mempunyai ketinggian 100 meter sampai 500 meter dpl. Tanaman sawi tahan terhadap air hujan, sehingga dapat di tanam sepanjang tahun. Pada musim kemarau yang perlu diperhatikan adalah penyiraman secara teratur. Tanaman sawi dalam pertumbuhannya membutuhkan hawa yang sejuk, dan

lebih cepat tumbuh apabila ditanam dalam suasana lembab. Tanaman sawi tidak cocok pada air yang menggenang. Tanaman sawi biasanya di tanam pada akhir musim penghujan. Tanah yang cocok untuk ditanami sawi adalah tanah gembur, banyak mengandung humus, subur, serta pembuangan airnya baik. Derajat kemasaman (pH) tanah yang optimum untuk pertumbuhannya adalah antara pH 6 sampai pH 7 (Margiyanto, 2007).

c. Kandungan dan Manfaat Sawi

Daun sawi berkhasiat untuk peluruh air seni, akarnya berkhasiat sebagai obat batuk, obat nyeri pada tenggorokan dan peluruh air susu, bijinya berkhasiat sebagai obat sakit kepala. Daun dan biji sawi mengandung *flavonoida*. Biji sawi mengandung *alkaloida* dan *saponin*. Khasiat sawi mampu menangkal hipertensi, penyakit jantung, dan berbagai jenis kanker. Manfaat lainnya adalah menghindarkan ibu hamil dari anemia. Sawi banyak mengandung vitamin dan mineral. Kadar vitamin K, A, C, E, dan folat pada sawi tergolong dalam kategori *excellent*. Mineral pada sawi yang tergolong dalam kategori *excellent* adalah mangan dan kalsium. Sawi mengandung asam amino triptofan dan serat pangan (*dietaryfiber*) (Haryanto dkk., 2002).

Habitus tanaman sawi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sawi

B. Kerangka Pemikiran

Limbah industri rumah makan yang tidak terpakai dan terbuang secara percuma perlu mendapat penanganan yang serius. Hal ini disebabkan karena limbah tersebut berpotensi menimbulkan masalah lingkungan dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia.

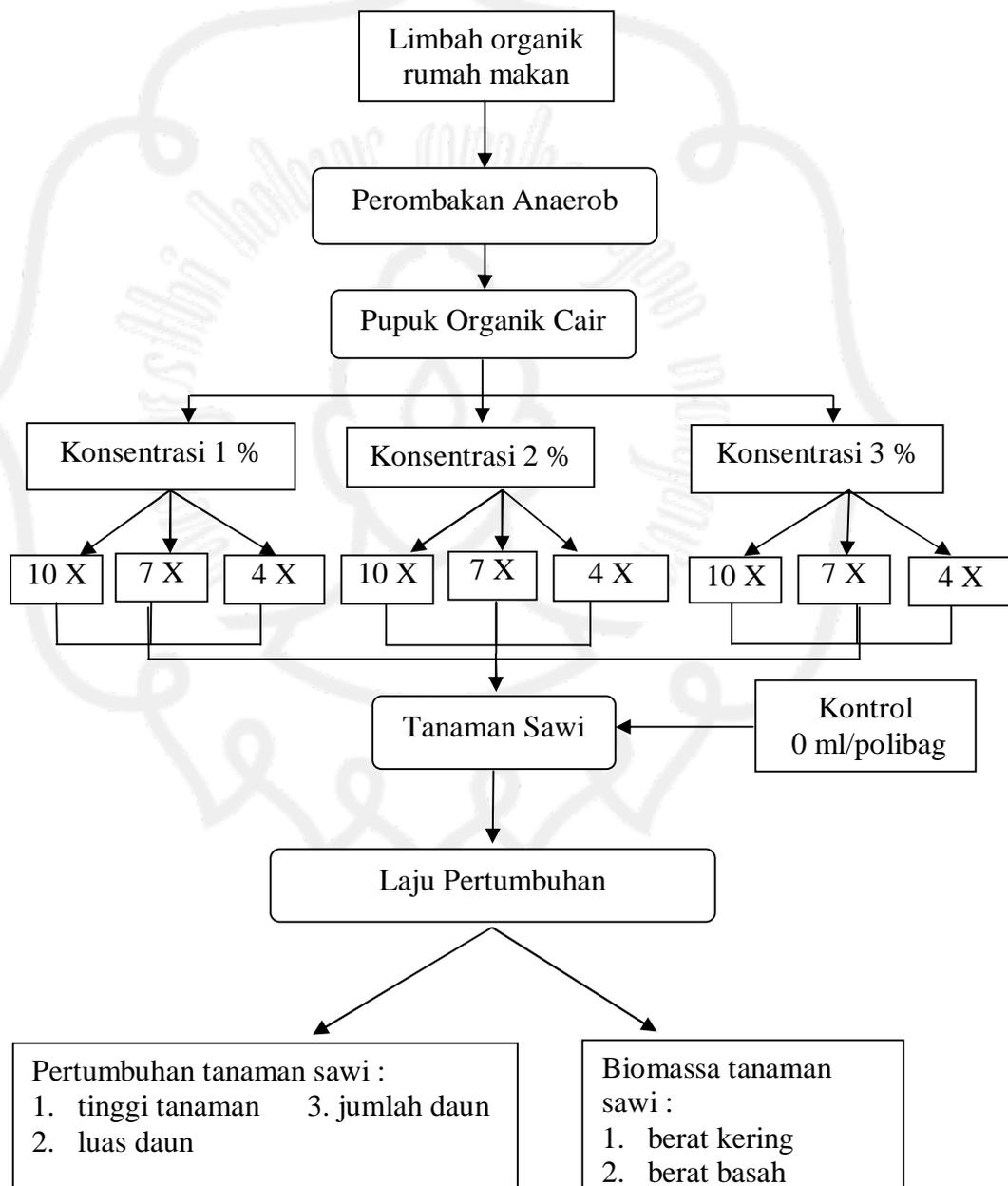
Penanganan limbah rumah makan melalui perombakan anaerob berpotensi menghasilkan pupuk organik cair. Pupuk organik cair dapat dimanfaatkan sebagai alternatif penggunaan pupuk untuk pengganti pupuk anorganik/kimia yang memberi dampak negatif bagi tanah, tanaman, maupun manusia. Pupuk kimia selain berbahaya, keberadaannya sulit didapat dan harganya semakin mahal.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemupukan dengan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan terhadap pertumbuhan tanaman sawi, dan mengetahui konsentrasi dan frekuensi terbaik pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan pada pertumbuhan tanaman sawi. Pemupukan adalah usaha untuk memberikan nutrisi mineral yang mempunyai fungsi esensial dalam metabolisme tanaman yang berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman.

Pupuk organik cair yang digunakan adalah hasil perombakan anaerob limbah makanan. Sebelum digunakan, pupuk organik cair tersebut diukur sifat fisika-kimia, yang meliputi pengukuran pH, suhu, kandungan unsur hara makro (N, P, K, S, Ca, dan Mg), dan hara mikro (Zn dan Fe), kemudian pupuk tersebut

di campur dengan air dan diberikan pada tanaman melalui penyemprotan menggunakan *sprayer*.

Pertumbuhan tanaman berkaitan erat dengan penyerapan unsur-unsur hara. Konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk yang sesuai dengan kebutuhan tanaman akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.



Gambar 2. Alur Kerangka Pemikiran

C. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi.
2. Terdapat kombinasi pemberian perlakuan yang tepat pada pemupukan dengan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan dalam menunjang pertumbuhan tanaman sawi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2009. Kegiatan penelitian dilakukan di *Green House* Laboratorium Pusat UNS Surakarta. Uji kandungan unsur hara di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian UNS Surakarta dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular (BBTKL PPM) Yogyakarta.

B. Bahan dan Alat

1. Bahan Pembuatan Pupuk Organik Cair

Limbah rumah makan sekitar kampus Universitas Sebelas Maret Surakarta sebagai substrat, sumber inokulum yang merupakan hasil fermentasi dari limbah rumah makan selama kurang lebih dua minggu dengan konsentrasi 20 % dari volume kerja digester (4 L), air, dan Ca(OH)_2 .

2. Bahan Penanaman Sawi

Bahan untuk proses pembibitan adalah biji tanaman sawi, tanah (2 kg), pasir (2 kg), pupuk kandang (2 kg), urea (20 gram), TSP (10 gram), dan KCl (7,5 gram), dan papan kayu (bedengan/tempat pembibitan).

Bahan untuk penanaman sawi adalah pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan, bibit tanaman sawi berumur 3 minggu, polibag dengan ukuran 20 x 30 cm, dan tanah kebun dari daerah Tawangmangu Karanganyar.

4. Alat Pembuatan Pupuk Organik Cair

Jerigen 5 liter, botol plastik 600 ml, selang kecil dengan panjang 20 cm, rak penyangga, ember, dan drum. Blender dan roll kabel sebagai alat pendukungnya. Peralatan lain yang digunakan adalah Termometer dan pH meter sebagai alat pengukur fisika-kimia, dan blender untuk homogenasi substrat.

5. Alat Penanaman sawi

Cangkul kecil, timbangan, gelas Becker, dan semprotan kecil (*Sprayer*).

6. Alat untuk mengukur parameter pertumbuhan sawi

Penggaris, oven, gunting, kertas, dan timbangan analitik.

C. Cara Kerja

1. Pembuatan Pupuk Organik Cair

Pembuatan pupuk organik cair melalui 2 tahap yaitu pembuatan inokulum dan proses pencampuran inokulum dengan substrat. Inokulum dibuat dengan cara mencampur substrat dan air dengan perbandingan 1:1 (Kg/L). Substrat yang dijadikan sumber inokulum pada penelitian ini berasal dari limbah rumah makan sekitar kampus Universitas Sebelas Maret Surakarta. Substrat dimasukkan kedalam suatu drum, kemudian diberi air. Proses ini berlangsung secara anaerob sehingga drum ditutup rapat. Proses fermentasi berlangsung selama kurang lebih 3

minggu, hingga terbentuk *sludge* (lumpur aktif). *Sludge* (lumpur aktif) digunakan sebagai starter dalam perombakan anaerob (digester).

Sebelum dilakukan proses biokonversi dalam digester anaerob, perlu dilakukan homogenisasi substrat dengan air agar substrat lebih mudah dicerna oleh mikroorganisme. Proses homogenisasi dilakukan dengan menggunakan blender. Setelah proses homogenisasi selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran beberapa parameter diantaranya : suhu dan pH. Apabila substrat bersifat asam maka dinetralkan dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai pemberi suasana basa. Proses perombakan anaerob berjalan optimal pada suhu tinggi (45 – 65 °C) (Bitton, 1999).

Langkah pertama yang dilakukan dalam mencampur substrat dan sumber inokulum ke dalam digester adalah sumber inokulum dimasukkan terlebih dahulu ke dalam digester dengan konsentrasi 20% dari 4L volume kerja digester atau setara dengan 0,8 L. Langkah selanjutnya adalah substrat dimasukkan ke dalam digester sebanyak volume yang tersisa dari volume kerja digester yaitu 80% dari 4L, atau kurang lebih 3,2 L. Proses fermentasi berjalan selama kurang lebih satu bulan. Proses pembentukan pupuk organik cair ditandai dengan adanya gas methana. Gas methana yang terbentuk dialirkan dari tangki pencerna (jerigen) ke dalam tangki pengumpul gas (botol plastik 600 ml) melalui selang kecil dengan panjang kurang lebih 20 cm. Pada tangki pengumpul gas diberi air dengan volume tertentu. Gas akan masuk ke dalam tangki pengumpul gas, maka air akan terdorong keluar dan gas akan masuk ke dalam tangki tersebut (menggantikan air).

Selama proses perombakan anaerob berjalan, dilakukan agitasi sebanyak 2 kali setiap harinya. Gas methana tidak terbentuk lagi menandakan bahwa proses perombakan anaerob limbah makanan telah selesai.

2. Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk organik cair.

Konsentrasi pupuk organik cair yang diaplikasikan ada 3 taraf, yaitu :

- a. Konsentrasi pupuk organik cair 1% (1 ml pupuk + 99 ml air)/polibag.
- b. Konsentrasi pupuk organik cair 2% (2 ml pupuk + 98 ml air)/polibag.
- c. Konsentrasi pupuk organik cair 3% (3 ml pupuk + 97 ml air)/polibag.

Frekuensi pemberian pupuk organik cair terdiri dari 3 aras yaitu :

- a. Frekuensi pemberian pupuk sebanyak 4 kali selama masa tanam, dan diberikan pada saat tanaman berumur 12, 24, 36 dan 48 hst (selang waktu 12 hari).
- b. Frekuensi pemberian pupuk sebanyak 7 kali selama masa tanam, dan diberikan pada saat tanaman berumur 7, 14, 21, 28, 35, dan 42 hst (selang waktu 7 hari).
- c. Frekuensi pemberian pupuk sebanyak 10 kali selama masa tanam, dan diberikan saat tanaman berumur 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, dan 50 hari setelah tanam (hst), dengan selang waktu 5 hari.

Kombinasi perlakuannya ada 9 dan 1 kontrol yaitu tanpa pemberian pupuk organik cair.

Kombinasi perlakuan (P) sebagai berikut :

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Pemberian Pupuk Organik Cair

PERLAKUAN	KOMBINASI PERLAKUAN
P0	Kontrol
P1	1 %.4X
P2	1%.7X
P3	1%.10X
P4	2%.4X
P5	2%.7X
P6	2%.10X
P7	3%.4X
P8	3%.7X
P9	3%.10X

Setiap perlakuan dilakukan dengan 3 ulangan.

3. Persiapan Tanaman

1. Pembibitan

Pembibitan dilakukan menggunakan bedengan pembibitan dengan ukuran yaitu lebar 90 cm dan panjangnya 2 meter, tinggi 20 cm. Media yang digunakan adalah campuran tanah, pasir, dan pupuk kandang dengan perbandingan 1: 1: 1 dan ditambah 20 gram urea, 10 gram TSP, dan 7,5 gram KCl kemudian didiamkan selama 1 minggu. Pemberian Urea, TSP, dan KCl untuk menyuburkan tanah sehingga bibit dapat tumbuh dengan subur.

Cara melakukan pembibitan ialah sebagai berikut : benih ditabur pada media yang telah dipersiapkan, lalu ditutupi tanah setebal 1 - 2 cm, lalu dilakukan penyiraman air dengan *sprayer*, kemudian diamati 3 - 5 hari benih

akan tumbuh. Setelah berumur 3 minggu sejak disemaikan tanaman dipindahkan kedalam polibag. Benih-benih tersebut sebelum dipindahkan diseleksi untuk mendapatkan calon tanaman yang baik dan bermutu. Pemilihan bibit tanaman sawi dengan kriteria : berukuran sama, daun hijau segar/tidak layu, tidak terdapat gejala penyakit, batang cukup tebal, dan tumbuh tegak.

2. Penyiapan Media Tanam

Tanah diambil sebanyak 1,5 kg untuk masing-masing polibag yang berukuran 20 x 30 cm.

4. Penanaman dan Perlakuan

1. Bibit tanaman sawi yang berumur 3 minggu ditanam dalam media tanam (polibag) yang telah dipersiapkan.
2. Pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan sesuai dengan konsentrasi dan frekuensi pada rancangan percobaan.
3. Pupuk organik cair tersebut sebelum diperlakukan pada tanaman, dicampur dengan air, dengan ketentuan :
 - a. Untuk konsentrasi 1% ditambah air sebanyak 99 ml
 - b. Untuk konsentrasi 2% ditambah air sebanyak 98 ml
 - c. Untuk konsentrasi 3% ditambah air sebanyak 97 mlKemudian diaduk hingga merata.
4. Campuran antara pupuk organik cair dengan air diberikan sebagai pupuk daun menggunakan *Sprayer*.

5. Waktu pemupukan adalah pagi hari.
6. Setiap hari dilakukan penyiraman menggunakan air 100 ml. Waktu penyiraman air adalah pagi hari.

5. Pengamatan dan Parameter Penelitian

- 1) Pengukuran Tinggi tanaman dilakukan dari pangkal roset akar hingga daun terpanjang.
- 2) Pengukuran dilakukan tiap 1 minggu sekali selama 8 minggu dimulai sejak tanaman pada media polibag.
- 3) Tinggi tanaman dirata-rata, dan dibandingkan untuk masing-masing variasi konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan.
- 4) Pengukuran luas daun menggunakan metode gravimetri, dengan rumus :

$$LD = \frac{W_r}{W_t} \times LK$$

Keterangan :

LD = luas daun (cm²) Wt = berat total kertas (g)

LK = luas kertas (cm²) Wr = berat kertas replika daun (g)

- 5) Penghitungan jumlah daun yang terbentuk setiap 1 minggu sekali selama 8 minggu dengan menghitung semua daun kecuali daun yang masih kuncup.
- 6) Pengukuran berat basah : Seluruh tanaman sawi ditimbang menggunakan timbangan analitik.

7) Pengukuran berat kering : tanaman yang sudah diukur berat basahya, masing-masing dimasukan ke dalam kantong kertas, dioven pada suhu 60°C selama 1 hari hingga kering, kemudian ditimbang.

Pengukuran berat basah dan berat kering dilakukan pada akhir perlakuan yaitu setelah 8 minggu masa perlakuan.

D. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of variance* (ANOVA). Uji lanjut menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf uji 5% untuk mengetahui beda nyata perlakuan (Hartono, 2008).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Pupuk Organik Cair

Pada pembuatan pupuk organik cair dilakukan dengan 3 ulangan, yakni ulangan 1, 2, dan 3. Pembuatan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan dilakukan dengan pembuatan inokulum terlebih dahulu. Inokulum dibuat dengan cara mencampur substrat dan air dengan perbandingan 1:1 (Kg/L). Substrat yang dijadikan sumber inokulum pada penelitian ini berasal dari limbah rumah makan sekitar kampus Universitas Sebelas Maret. Homogenasi substrat dengan cara diblender kemudian dimasukkan ke dalam drum, dan diberi air. Proses pembuatan inokulum berlangsung secara anaerob sehingga drum ditutup rapat. Proses fermentasi berlangsung selama 2 minggu. Proses fermentasi akan membentuk *sludge* (lumpur aktif). *Sludge* kemudian digunakan sebagai starter dalam perombakan anaerob (digester).

Sludge yang dihasilkan digunakan untuk biokonversi pada digester anaerob. Substrat dari limbah makanan sekitar kampus Universitas Sebelas Maret diblender untuk mempermudah perombakan oleh mikroorganisme. Inokulum dan substrat dicampur dalam digester anaerob dan dilakukan pengadukan agar pencampuran merata. Pada pembuatan pupuk organik cair ini, selama proses fermentasi tiap hari dilakukan agitasi sebanyak 2 kali, agar proses fermentasi berjalan dengan cepat. Pada penelitian ini fermentasi berlangsung selama 45 hari.

Pengukuran suhu dan pH dilakukan pada awal perlakuan. Mahajoeno dkk. (2008), menyatakan bahwa pH substrat awal 7 meningkatkan proses perombakan anaerob. Pada penelitian ketiga ulangan substrat dijadikan netral dengan penambahan Ca(OH)_2 (Ginting, 2007). Pengukuran pH pada awal perlakuan menunjukkan pH asam pada tiap ulangan, kemudian untuk mendapatkan pH netral atau mendekati netral maka dilakukan penambahan Ca(OH)_2 .

Tabel 2. Hasil pengukuran pH setelah penambahan Ca(OH)_2 pada hari ke-0

Hari ke-	Ulangan	pH (awal)	Ca(OH)_2 (g)	pH (akhir)
0	1	5,37	400	7,2
	2	5,45	400	7,4
	3	5,31	400	6,8

Penetralkan pH dimaksudkan agar *methanogenic archae* pendegradasi limbah makanan pada kondisi anaerob dapat bekerja optimum (Bitton, 1999). Pengukuran pH selanjutnya dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 3. Hasil pengukuran pH pada hari ke-15,-30 dan -45

Hari ke-	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
15	6,40	6,70	5,80	6,3
30	6,1	6,5	5,5	6,03333
45	5,9	6,2	4,6	5,56667

Berdasarkan hasil pengukuran pH yang diperoleh pada suhu ruang (Tabel 2 dan 3), dapat dilihat bahwa pH substrat pada hari ke-0 adalah netral. Derajat keasaman (pH) netral dapat terjadi karena substrat dinetralkan dengan penambahan Ca(OH)_2 . Pada umumnya, pH mulai menurun pada hari ke-15 dan

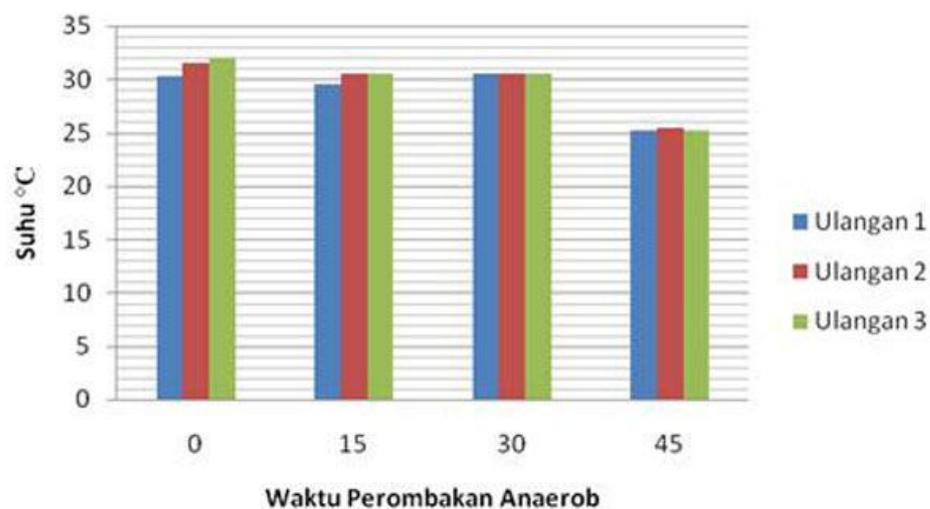
semakin menurun hingga hari ke-45. Derajat keasaman (pH) menurun disebabkan adanya proses asidifikasi (pembentukan asam). Proses asidifikasi selesai, selanjutnya masuk pada tahap methanogenesis yaitu perubahan asam menjadi methana. Asam yang terbentuk pada tahap asidifikasi akan digunakan oleh *methanogenic archaea* sebagai substrat dalam pembentukan gas methan dan CO₂ (Schouten *et al.*, 1997). Proses perombakan anaerob limbah makanan selesai dan terbentuk pupuk organik cair setelah produksi gas methana menurun atau tidak terbentuk lagi.

Suhu berpengaruh terhadap laju perombakan anaerob. Suhu di dalam jerigen (biodigester) harus dipertahankan 32-36 °C. Laju perombakan anaerob akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam reaktor (biodigester) (Ginting, 2007). Temperatur 35°C diyakini sebagai temperatur optimum untuk perkembangbiakan methanogen pendegradasi bahan organik. Hasil pengukuran suhu dalam biodigester pada hari ke-0, hari ke-15, hari ke-30, dan hari ke-45 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran suhu masing-masing ulangan pembuatan pupuk organik cair pada hari ke-0, hari ke-15, hari ke-30, dan hari ke-45

Hari ke-	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
0	30.3	31.5	32	31.2667
15	29.6	30.5	30.5	30.2
30	30.5	30.5	30.5	30.5
45	25.2	25.5	25.2	25.3

Jika dilihat dari data hasil pengukuran suhu substrat maka dapat diketahui suhu pada proses perombakan anaerob pembuatan pupuk organik cair dari substrat limbah makanan cenderung mengalami penurunan. Penurunan ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang berubah, yaitu suhu yang rendah pada malam hari yang menyebabkan kondisi di dalam biodigester menjadi rendah.



Gambar 3. Histogram suhu masing-masing sampel limbah makanan pada hari ke-0, hari ke-15, hari ke-30, dan hari ke-45

B. Pengujian Kandungan Unsur Hara

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan pupuk organik cair dengan 3 ulangan. Ketiga pupuk yang telah dibuat dianalisis kandungan unsur haranya. Kandungan unsur hara yang dianalisis adalah N total (Nitrogen), Ca (Kalsium), Mg (Magnesium), dan Fe (Besi). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur hara terbanyak dari ketiga ulangan, kemudian dipilih salah satu dan dilakukan uji lanjut. Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa ulangan A terdapat kandungan unsur hara dengan persentase terbanyak (Tabel 5). Pengujian dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian

UNS. Pengujian menggunakan metode *Kjeldahl* untuk mengetahui total kandungan N total (Nitrogen), sedangkan penetapan Ca, Mg, serta Fe menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

Tabel 5. Hasil Analisis Pupuk Organik Cair

Analisis	Ulangan		
	1	2	3
N Total (mg/l)	153,56	136,16	135,31
Ca (mg/l)	51	54	10
Mg (mg/l)	35	12	14
Fe (mg/l)	0,1242	0,0373	0,1152

Ulangan 1 kemudian dianalisis lebih lanjut di BBTCL PPM Yogyakarta. Analisis yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang tepat mengenai kandungan unsur hara yang ada dalam pupuk organik cair. Kandungan unsur hara yang dianalisis adalah N total (Nitrogen), P_2O_5 (Fosfor), K_2O (kalium), S (belerang) dan Zn (seng). Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Pupuk Organik Cair di BBTCL PPM Yogyakarta

Parameter	Satuan	Hasil Uji
N Total	mg/l	150,77
P (P_2O_5)	mg/l	327
K (K_2O)	mg/l	2,085,726
SO_4 (S)	mg/l	35,175
Zn	mg/l	0,1903

C. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Makanan

Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan perubahan ukuran tanaman semakin besar dan menentukan hasil tanaman. Pertambahan ukuran tubuh tanaman secara keseluruhan merupakan hasil dari pertambahan ukuran bagian-bagian sel yang dihasilkan oleh pertambahan ukuran sel (Sitompul dan Guritno, 1995). Menurut Devlin (1975), pertumbuhan didefinisikan sebagai suatu pertambahan massa, berat, atau volume yang tidak dapat balik.

Pertumbuhan tanaman akan terus berlangsung sampai mati. Bagian tumbuhan yang terus mengalami pertumbuhan adalah meristem. Meristem terdapat pada ujung batang dan akar. Aktivitas meristem tersebut akan menghasilkan pemanjangan tubuh tumbuhan dan meristem pucuk akan menghasilkan cabang samping, daun, dan bunga (Loveless, 1991).

Parameter pertumbuhan yang diamati dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah, dan berat kering.

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan parameter pertumbuhan yang sering diamati karena dapat menunjukkan pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diberikan (Sitompul dan Guritno, 1995). Hasil pengamatan tinggi tanaman sawi pada tabel 7, menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman sawi yang cenderung mengalami peningkatan terus-menerus.

Tabel 7. Tinggi tanaman sawi pada umur 56 hari setelah tanam (cm).

Perlakuan	Minggu								Rerata
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
kontrol	7,5	8,6	9,5	10,6	11,57	11,97	16,33	18,67	11,8433
P1	8,37	9,8	10,53	11,7	12,97	14,53	19,07	19,83	13,4333
P2	6,7	7,5	7,93	9,7	10,4	11,53	14,3	16,47	10,5667
P3	9,5	11,3	11,97	13,07	14,23	15,37	19,13	20,77	14,4167
P4	9,13	10,1	11,5	11,63	11,73	12	16,33	18,17	12,7433
P5	9,6	10,87	11,07	11,4	11,43	11,43	13	16,07	11,8567
P6	9,67	10,97	12,07	12,43	13,03	13,97	19,07	20,5	14,0033
P7	10,03	11,47	11,97	12,57	13,2	14,6	17,13	18,83	13,7300
P8	9,23	10,6	12,1	12,57	12,8	14,4	18,37	19,57	13,7067
P9	6,87	9,43	9,6	10,13	11,3	12,2	15,2	17,73	11,5567

Keterangan: P0 = kontrol

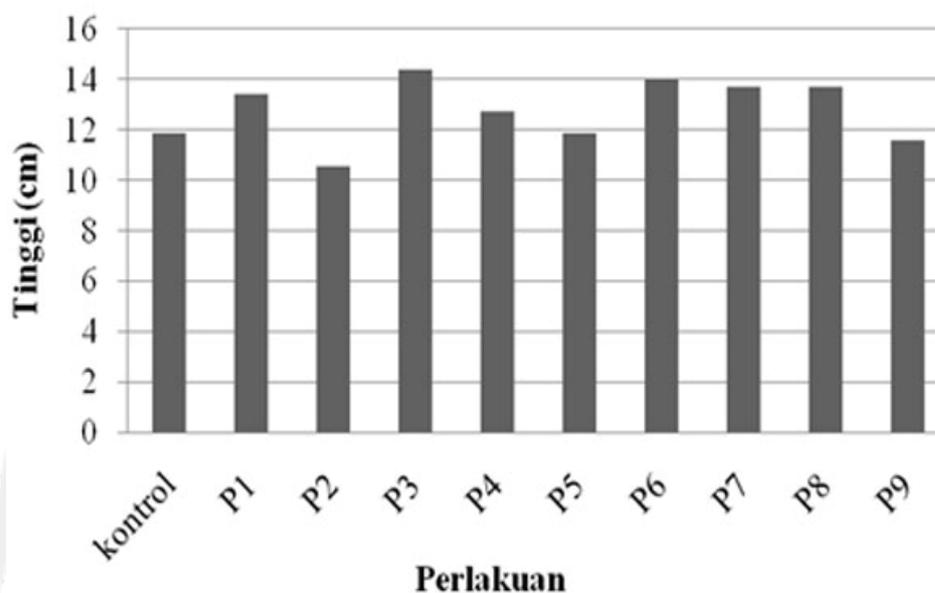
P1 = konsentrasi 1 % ; P4 = 2% ; P7 = 3 % (frekuensi 4 kali)

P2 = konsentrasi 1 % ; P5 = 2 % ; P8 = 3 % (frekuensi 7 kali)

P3 = konsentrasi 1 % ; P6 = 2 % ; P9 = 3 % (frekuensi 10 kali).

Pada Gambar 4, tampak bahwa pada pemberian pupuk organik cair limbah makanan dengan konsentrasi 1% dan frekuensi 10 kali (P3) menunjukkan pertumbuhan tanaman yang terus meningkat sampai pada umur 8 minggu atau 56 hari setelah tanam (hst), kemudian diikuti oleh P6 (konsentrasi 2% dan frekuensi 10 kali), P7 (konsentrasi 3% dan frekuensi 4 kali), P8 (konsentrasi 3% dan frekuensi 7 kali), P1 (konsentrasi 1% dan frekuensi 4 kali), P4 (konsentrasi 2% dan frekuensi 4 kali), P5 (konsentrasi 2% dan frekuensi 7 kali), P0 (kontrol), P9 (konsentrasi 3% dan frekuensi 10 kali), P2 (konsentrasi 1% dan frekuensi 7 kali). Secara umum pemberian pupuk organik cair limbah makanan mampu

meningkatkan pertambahan tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk (kontrol).



Gambar 4. Histogram tinggi tanaman sawi pada 56 hari setelah tanam

Keterangan: P0 = kontrol

P1 = konsentrasi 1 % ; P4 = 2% ; P7 = 3 % (frekuensi 4 kali)

P2 = konsentrasi 1 % ; P5 = 2 % ; P8 = 3 % (frekuensi 7 kali)

P3 = konsentrasi 1 % ; P6 = 2 % ; P9 = 3 % (frekuensi 10 kali).

Dari hasil analisis Anava (Lampiran 2) diketahui bahwa perlakuan pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob berpengaruh secara nyata terhadap pertambahan tinggi tanaman sawi. Menurut Hanolo (1997), unsur hara nitrogen pada pupuk organik cair memacu tanaman sawi dalam pembentukan asam-asam amino menjadi protein. Protein yang terbentuk digunakan untuk membentuk hormon pertumbuhan, yakni hormon auksin, giberelin, dan sitokinin. Hormon auksin mempengaruhi sintesis protein-protein struktural untuk menyempurnakan struktur dinding sel kembali seperti semula setelah mengalami peregangan/pembentangan. Hormon giberelin merangsang pertumbuhan tinggi

tanaman. Hormon sitokinin berperan dalam pembelahan sel pada ujung batang. Ketiga hormon tersebut saling berperan dalam menunjang pertumbuhan tinggi tanaman dan adanya unsur hara kalium yang berfungsi sebagai aktivator enzim menyebabkan reaksi biosintesis hormon maupun protein lain dapat berlangsung cepat sehingga tanaman sawi dapat tumbuh tinggi. (Tjionger, 2006).

Pertumbuhan tinggi tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh unsur nitrogen. Unsur lain yang berperan dalam proses pertumbuhan tinggi tanaman diantaranya adalah fosfor (P), seng (Zn), besi (Fe) dan mangan (Mn). Menurut Pranata (2004), fosfor (P) merupakan bagian esensial dari berbagai gula fosfat berperan dalam reaksi-reaksi gelap fotosintesis dan respirasi. Seng (Zn), berperan dalam pembentukan klorofil dan pencegahan kerusakan molekul klorofil. Mangan (Mn), merupakan aktivator dari berbagai enzim dan merupakan komponen struktural dari sistem membran kloroplas. Keseluruhan unsur yang diserap tanaman saling mempengaruhi satu sama lain sehingga pupuk organik cair yang diberikan dapat mendukung pertumbuhan tinggi tanaman sawi.

Berdasarkan uji lanjut DMRT taraf 5% (Lampiran 2), dapat diketahui bahwa kombinasi terbaik dari penggunaan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan untuk mendukung pertumbuhan tinggi tanaman sawi adalah konsentrasi 1 % dan frekuensi pemberian 10 kali. Menurut Hanolo (1997), pemberian konsentrasi pupuk sedikit dan dilakukan pemupukan secara kontinu lebih memberikan hasil tanam yang memuaskan daripada pemberian pupuk konsentrasi tinggi namun diberikan satu kali atau dua kali dalam 1 masa tanam.

2. Jumlah Daun

Pengamatan terhadap jumlah daun dilakukan setiap 1 minggu sekali. Data pengamatan jumlah daun dapat dilihat pada Tabel 8. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa jumlah daun terbanyak pada perlakuan P6 (konsentrasi 2% dan frekuensi 10 kali), yaitu 8,127. Jumlah daun terendah pada perlakuan P4 (konsentrasi 2% dan frekuensi 4 kali), yaitu 6,127.

Tabel 8. Jumlah daun sawi pada umur 56 hari setelah tanam

Perlakuan	Minggu								Rerata
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
P0	4,66	5	6	7	8,33	8,67	10,33	9	7,377
P1	4,66	5,67	6,67	7	7,67	8,67	9	8	7,167
P2	4	4,33	5,33	6	7	7,67	8	8,33	6,333
P3	4,67	6	6,33	7,33	7	8,33	8,33	9,33	7,17
P4	4,67	5,33	6	6	5,33	6,33	7,67	7,67	6,127
P5	4,67	5	6	7	6,67	7,33	7	7	6,377
P6	5,33	6,33	6,67	8,33	8,33	9	10	11	8,127
P7	5,33	5,67	6,67	7,67	5,67	6,67	8,67	8,67	6,877
P8	5	5,33	6,33	6,33	6,33	7,67	7,67	9,33	6,750
P9	5	6	6,33	7,67	7	7,67	8,33	8,67	7,087

Keterangan: P0 = kontrol

P1 = konsentrasi 1 % ; P4 = 2% ; P7 = 3 % (frekuensi 4 kali)

P2 = konsentrasi 1 % ; P5 = 2 % ; P8 = 3 % (frekuensi 7 kali)

P3 = konsentrasi 1 % ; P6 = 2 % ; P9 = 3 % (frekuensi 10 kali).

Dalam proses pembentukan organ vegetatif daun, tanaman membutuhkan unsur hara nitrogen dalam jumlah banyak. Tanaman yang hanya dipanen daunnya seperti kubis, selada, sawi kangkung dan bayam membutuhkan unsur nitrogen tinggi. Tanaman-tanaman tersebut lebih difokuskan pada pembentukan daunnya, sehingga fase vegetatif dari tanaman tersebut dirangsang untuk lebih dominan.

Pupuk organik cair yang digunakan mempunyai nilai nitrogen tinggi sehingga sangat sesuai untuk memacu proses pembentukan daun tanaman sawi, karena nitrogen merupakan unsur hara pembentuk asam amino dan protein sebagai bahan dasar tanaman dalam menyusun daun (Haryanto, 2002).

Berdasarkan hasil analisis Anava (Lampiran 3) diketahui bahwa perlakuan pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan berpengaruh secara nyata terhadap jumlah daun yang dihasilkan. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan frekuensi pemberian pupuk yang berbeda menyebabkan hasil produksi jumlah daun yang berbeda pula dan frekuensi yang tepat akan mempercepat laju pembentukan daun. Menurut Suwandi dan Nurtika (1997), pupuk organik cair akan mempercepat pembentukan daun jika diaplikasikan dalam konsentrasi rendah namun dengan pemberian secara rutin. Pupuk organik cair akan memberikan hasil budidaya tanaman yang rendah apabila diberikan dengan konsentrasi tinggi namun beberapa kali pemupukan dalam masa tanam.

Uji dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% (Lampiran 3), untuk mengetahui perlakuan pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan yang mempercepat tanaman sawi dalam menghasilkan daun. Dari hasil uji lanjut dapat diketahui bahwa kombinasi perlakuan untuk meningkatkan jumlah daun adalah konsentrasi 2% dan frekuensi pemberian sebanyak 10 kali.

3. Luas Daun

Selain jumlah daun, untuk mengetahui pertumbuhan suatu tanaman juga dilihat dari variabel luas daunnya yang juga merupakan komponen pertumbuhan yang penting. Parameter luas daun ini dapat memberi gambaran tentang proses dan laju fotosintesis pada suatu tanaman, yang pada akhirnya berkaitan dengan pembentukan biomassa tanaman. Menurut Ratna (2002), Peningkatan luas daun merupakan upaya tanaman dalam mengefisienkan penangkapan energi cahaya untuk fotosintesis secara normal pada kondisi intensitas cahaya rendah.

Hasil pengukuran luas daun dapat dilihat pada Tabel 9. Luas daun tertinggi diperoleh dari perlakuan P3 (konsentrasi 1% dan frekuensi 10 kali), yaitu 10,103 cm², sedangkan luas daun terendah diperoleh dari perlakuan P5 (konsentrasi 2% dan frekuensi 7 kali), yaitu 3,383 cm². Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa pemberian konsentrasi dan frekuensi yang tepat dapat menunjang pertambahan luas daun, dan pemberian konsentrasi dan frekuensi yang berlebihan dapat memperlambat pertumbuhan tanaman. Menurut Humadi (2007), tanaman mempunyai batas tertentu terhadap konsentrasi unsur hara. Terhambatnya pertumbuhan daun disebabkan karena penimbunan zat hara oleh daun menyebabkan air daun terserap menuju timbunan unsur hara sehingga daun rusak seperti terbakar.

Tabel 9. Luas daun tanaman sawi pada umur 56 hari setelah tanam (cm²).

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	I	II	III	
P0	7.9	3.82	9.68	7,133
P1	9.01	12.22	7.09	9,440
P2	2.64	3.5	4.99	3,710
P3	11.33	10.4	8.58	10,103
P4	11.32	7.95	7.52	8,930
P5	4.97	2.51	2.67	3,383
P6	12.91	11.58	5.78	10,090
P7	9.43	11.38	6.74	9,183
P8	5.93	10.5	10.88	9,103
P9	3.85	11.88	6.88	7,537

Keterangan: P0 = kontrol

P1 = konsentrasi 1 % ; P4 = 2% ; P7 = 3 % (frekuensi 4 kali)

P2 = konsentrasi 1 % ; P5 = 2 % ; P8 = 3 % (frekuensi 7 kali)

P3 = konsentrasi 1 % ; P6 = 2 % ; P9 = 3 % (frekuensi 10 kali).

Berdasarkan hasil analisis Anava (Lampiran 4) diketahui bahwa perlakuan pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan berpengaruh secara nyata terhadap luas daun. Penggunaan pupuk organik cair menurut Tjionger (2006), dapat meningkatkan pembentukan daun dan mengurangi gugurnya daun sehingga daun terbentuk lebih banyak dan bertahan lebih lama. Menurut Ratna (2002), pemberian pupuk organik cair memacu pertumbuhan luas daun. Meningkatnya luas daun berarti kemampuan daun untuk menerima dan menyerap cahaya matahari akan lebih tinggi sehingga fotosintat dan energi yang dihasilkan lebih tinggi pula. Fotosintat dan energi yang dihasilkan digunakan untuk membentuk dan menjaga kualitas daun.

Uji dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% (Lampiran 4), maka dapat diketahui bahwa kombinasi terbaik dari penggunaan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan untuk mendukung pertumbuhan luas daun tanaman sawi adalah konsentrasi 1 % dan frekuensi pemberian 10 kali.

4. Berat Basah Tanaman

Bahan atau biomassa tanaman dapat digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Biomassa tanaman relatif mudah diukur dan merupakan indikator pertumbuhan tanaman. Berat basah tanaman dapat menunjukkan aktivitas metabolisme tanaman dan nilai berat basah tanaman dipengaruhi oleh kandungan air jaringan, unsur hara dan hasil metabolisme (Sitompul dan Guritno, 1995).

Hasil pengukuran berat basah dapat dilihat pada Tabel 10. Berat basah tertinggi diperoleh dari perlakuan P3 (konsentrasi 1% dan frekuensi 10 kali), yaitu 4,835 gram, sedangkan berat basah terendah diperoleh dari perlakuan P5 (konsentrasi 2% dan frekuensi 7 kali), yaitu 1,360 gram. Berat tanaman mencerminkan bertambahnya protoplasma, hal ini terjadi akibat ukuran dan jumlah selnya bertambah. Pertumbuhan *protoplasma* berlangsung melalui peristiwa metabolisme dimana air, karbon dioksida dan garam-garam anorganik diubah menjadi cadangan makanan dengan adanya proses fotosintesis (Sumarsono, 2007), dimana cadangan makanan tersebut akan digunakan tanaman dalam proses metabolisme yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan tanaman.

Tabel 10. Berat basah tanaman sawi pada umur 56 hari setelah tanam (gram).

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	I	II	III	
P0	3,535	1,627	4,256	3,139
P1	4,046	6,415	3,366	4,609
P2	1,065	1,346	2,188	1,533
P3	5,422	4,995	4,088	4,835
P4	4,47	4,432	3,52	4,141
P5	2,02	1,052	1,009	1,360
P6	6,414	5,665	2,887	4,989
P7	4,122	5,562	3,09	4,258
P8	2,675	4,624	4,84	4,046
P9	1,612	5,346	3,034	3,331

Keterangan: P0 = kontrol

P1 = konsentrasi 1 % ; P4 = 2% ; P7 = 3 % (frekuensi 4 kali)

P2 = konsentrasi 1 % ; P5 = 2 % ; P8 = 3 % (frekuensi 7 kali)

P3 = konsentrasi 1 % ; P6 = 2 % ; P9 = 3 % (frekuensi 10 kali).

Dari hasil analisis Anava (Lampiran 5), diketahui bahwa perlakuan pemberian pupuk organik cair berpengaruh secara nyata terhadap berat basah yang dihasilkan. Pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anerob dapat meningkatkan tinggi, jumlah maupun luas daun tanaman sawi, sehingga mempengaruhi berat basah tanaman. Peningkatan berat basah tanaman sawi dapat terjadi karena tanaman dengan jumlah luas daun yang tinggi dapat membentuk dan menyimpan zat hara lebih banyak, sehingga dapat menumbuhkan tunas baru lebih kuat dengan daya tumbuh yang lebih lama (Ratna, 2002).

Uji dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% (Lampiran 5), maka dapat diketahui bahwa kombinasi terbaik dari penggunaan pupuk organik cair hasil

perombakan anaerob limbah makanan untuk mendukung pertumbuhan berat basah tanaman sawi adalah konsentrasi 1 % dan frekuensi pemberian 10 kali.

5. Berat Kering

Berat kering merupakan parameter pertumbuhan yang dapat digunakan sebagai ukuran global pertumbuhan tanaman dengan segala peristiwa yang dialaminya. Berat kering diperoleh dengan cara pengeringan menggunakan Oven pada suhu 60-70°C, hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air dan menghentikan aktivitas metabolisme dalam bahan hingga diperoleh berat yang konstan. Menurut Sitompul dan Guritno (1995), bahan kering tanaman dipandang sebagai manifestasi dari semua proses dan peristiwa yang terjadi dalam pertumbuhan tanaman. Produksi tanaman biasanya lebih akurat dinyatakan dengan ukuran berat kering dari pada dengan berat basah, karena berat basah sangat dipengaruhi oleh kondisi kelembapan.

Hasil pengamatan berat kering dapat dilihat pada Tabel 11. Nilai berat kering tertinggi diperoleh dari perlakuan P3 (konsentrasi 1% dan frekuensi 10 kali), yaitu 0,383 gram, sedangkan berat kering terendah diperoleh dari perlakuan P5 (konsentrasi 2% dan frekuensi 7 kali), yaitu 0,109 gram. Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa pemberian konsentrasi dan frekuensi yang tepat dapat menunjang pertumbuhan berat kering tanaman sawi, dan pemberian konsentrasi yang berlebihan dapat memperlambat pertumbuhan tanaman. Menurut Humadi (2007), tanaman mempunyai batas tertentu terhadap konsentrasi unsur hara. Konsentrasi unsur hara kurang, maka akan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat karena tanaman kurang mendapat unsur yang dibutuhkan untuk proses

metabolime. Konsentrasi unsur hara terlalu tinggi, akan menyebabkan gangguan pada daun karena unsur hara yang diserap daun menyebabkan daun mengalami layu. Kelayuan daun disebabkan oleh penyerapan air daun oleh unsur hara yang tertimbun di daun, hal ini bisa terjadi karena unsur hara bersifat hipertonik.

Tabel 11. Berat kering tanaman sawi pada umur 56 hari setelah tanam (gram).

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	I	II	III	
P0	0,26	0,128	0,282	0,223
P1	0,298	0,549	0,241	0,363
P2	0,095	0,118	0,156	0,123
P3	0,406	0,415	0,303	0,383
P4	0,392	0,319	0,257	0,322
P5	0,14	0,097	0,091	0,109
P6	0,527	0,402	0,219	0,373
P7	0,316	0,421	0,219	0,319
P8	0,192	0,359	0,387	0,313
P9	0,13	0,378	0,22	0,242

Keterangan: P0 = kontrol

P1 = konsentrasi 1 % ; P4 = 2% ; P7 = 3 % (frekuensi 4 kali)

P2 = konsentrasi 1 % ; P5 = 2 % ; P8 = 3 % (frekuensi 7 kali)

P3 = konsentrasi 1 % ; P6 = 2 % ; P9 = 3 % (frekuensi 10 kali).

Dari hasil analisis Anava (Lampiran 6) diketahui bahwa perlakuan pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan berpengaruh secara nyata terhadap pertambahan berat kering tanaman sawi. Pupuk organik cair yang diberikan memacu perkembangan luas daun. Meningkatnya luas daun berarti kemampuan daun untuk menerima dan menyerap cahaya matahari akan lebih tinggi sehingga fotosintat dan akumulasi bahan kering akan lebih tinggi pula. Menurut Fisher dan Goldsworthy (1985), bahwa penambahan luas daun merupakan efisiensi tiap satuan luas daun melakukan fotosintesis untuk menambah bobot kering tanaman. Selanjutnya dikemukakan bahwa paling sedikit 90% bahan kering adalah hasil fotosintesis. Faktor lain yang

mempengaruhi diantaranya ketersediaan unsur hara bagi tanaman selama pertumbuhan memiliki hubungan erat dengan bobot kering tanaman. Ratna (2002), mengemukakan bahwa apabila unsur hara tersedia dalam keadaan seimbang dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan bobot kering tanaman, akan tetapi apabila keadaan unsur hara dalam kondisi yang kurang atau tinggi akan menghasilkan bobot kering yang rendah. Menurut Sumarsono (2007), berat kering mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik (air, CO₂ dan unsur hara) melalui fotosintesis.

Uji dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% (Lampiran 6), maka dapat diketahui bahwa kombinasi terbaik dari penggunaan pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan untuk mendukung pertambahan berat kering tanaman sawi adalah konsentrasi 1 % dan frekuensi pemberian 10 kali.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi, meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah, dan berat basah.
2. Kombinasi pemberian pupuk organik cair hasil perombakan anaerob limbah makanan untuk mendukung pertumbuhan tanaman sawi adalah konsentrasi 1% dengan frekuensi 10 kali.

B. Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan substrat limbah makanan yang telah dikelompokkan sehingga kandungan pupuk yang ada dapat dibuat konstan dan aplikasi pemupukan lewat tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto A., T. Setiadi, M. Syafilla dan O.B., Liang. 2001. Studi kinetika reaksi hidrolisis senyawa kompleks organik dalam proses biodegradasi Anaerob. *Jurnal Biosains* 6(1): 1-9.
- Anggarwulan, E. dan Solichatun. 2001. Fisiologi Tumbuhan. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNS, Surakarta.
- Astuti, A. 2002. *Aktivitas Proses Dekomposisi Berbagai Bahan Organik Dengan Aktivator Alami dan Buatan*. Makalah Seminar Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Bastari, T. 1996. *Penerapan Anjuran Teknologi Untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Pupuk*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian Deptan. hal. 7 - 36.
- Bitton, G. 1999. *Wastewater Microbiology*. 2nd ed. Wiley Liss Inc., New York.
- Budianta, E. 2004. Organik Terpadu. *Majalah Trubus* 413: 144. Yayasan Sosial Tani Membangun, Jakarta.
- Bunyamin, H.R. 2008. Potensi Kompos dan Pupuk Kandang untuk Produksi Padi Organik di Tanah Inceptisol. *Akta Agrosia* 11(1): 13 – 18.
- Darhamsyah, A. 1994. *Mikroba Patogen pada Makanan dan Sumber Pencemarnya*. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara.
- Devlin, R. 1975. *Plant Physiology*. Van Nostrand Company, New York.
- Eaton, Andrew D., Lenore S.C., Eugene W. R., Arnold E. G. 2005. *Standard Methods for The Examination of Water & Waste Water*. American Public Health Association, Washington DC.
- Fisher, N.M., dan Goldsworthy. 1985. *Fisiologi Budidaya Tanaman tropic*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1991. *Physiology of Crop Plants (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa oleh Herawati Susilo)*. University of Indonesia Press, Jakarta.
- Ginting, N. 2007. *Petunjuk Praktikum Teknologi Pengolahan Limbah Peternakan*. Departemen Peternakan. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Hanolo, W. 1997. Tanggapan tanaman selada dan sawi terhadap dosis dan cara pemberian pupuk cair stimulan. *Jurnal Agrotropika* 1(1): 25-29.
- Hardjowigeno, S. 1997. *Ilmu Tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Harjadi, S. S. 1983. *Pengantar Agronomi*. Gramedia, Jakarta.
- Hartono. 2008. *SPSS 16.0 Analisis Data Statistika dan Penelitian*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Haryanto, T. Suhartini dan E.Rahayu. 2002. *Tanaman Sawi dan Selada*. Penebar Swadaya, Depok.
- Humadi, F.M. and H.A. Abdulhadi. 2007. Effect of different sources and rates of nitrogen and phosphorus fertilizer on the yield and quality of *Brassica juncea* L. *Journal Agriculture Resources* 7(2): 249-259.
- Jenie, B.S.L. dan P.R. Winiati. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Kusarpoko, B. 1994. *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Anaerob Perombak Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit*. [Tesis]. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Loveless, A. R. 1991. *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik 1*. Diterjemahkan oleh: Kartawinata, K., Danimiharja, S., dan Soetisna, U. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Lingga, P. dan Marsono. 2000. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Mahajoeno, E., W.B. Lay, H.S. Sutjahjo, dan Siswanto. 2008. Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas. *Biodiversitas* 9: 48 – 52.
- Margiyanto, E. 2007. *Hortikultura*. Cahaya Tani, Bantul
- [NAS] National Academy of Sciences. 1981. *Methane generation from human, animal, and agricultural wastes*. 2nd Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Noggle, G. A. and G. J. Fritz. 1983. *Introduction Plant Physiology*. Prentice Hall of India, New Delhi.
- Notohadiprawiro, T., S. Soeprpto, dan E. Susilowati. 2006. *Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan*. Ilmu Tanah UGM, Yogyakarta.
- Pranata, A.S. 2004. *Pupuk Organik Cair Aplikasi dan Manfaatnya*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Ratna, D.I. 2002. Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Pupuk Hayati Dengan Pupuk Organik Cair Terhadap Kualitas Dan Kuantitas Hasil Tanaman Teh (*Camellia Sinensis* (L.) O.Kuntze) Klon Gambung 4. *Ilmu Pertanian* 10 (2): 17-25
- Rizqiani, N. F., E. Ambarwati dan, N. W. Yuwono. 2007. Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Dataran Rendah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 7 (1): 43-53.
- Rukmana, R. 1994. *Bertanam Petsai dan Sawi*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sahirman, S. 1994. Kajian Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit untuk Memproduksi Gasbio. *Tesis*. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. (diterjemahkan oleh Diah R. Lukman dan Sumaryono). 1995. *Fisiologi Tumbuhan jilid 3*. ITB, Bandung.

- Schouten, S., March, J.E.C. Van Der Maarel, Robert, H. and Jaap, S.S.D. 1997. 2,6,10,15,19-Pentamethylcosenes in *Methanolobus bombayensis*, a marine methanogenic archaeon, and in *Methanosarcina mazei*. *Organic Geochemistry* 26 (5): 409 – 414.
- Sitompul, S. M. dan Guritno, B. 1995. *Analisa Pertumbuhan Tanaman*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Spangler, D.J. and G.H. Emert. 1986. Simultaneous saccharification/fermentation with *Zymomonas mobilis*. *Biotechnology* 28: 115 - 118.
- Sumarsono. 2007. *Analisis Kuantitatif Pertumbuhan Tanaman Kedelai (Soy Beans)*. Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI -Press, Jakarta.
- Supriyadi, Sajidan dan Sudadi. 2003. Pengaruh Pengkayaan Pupuk Organik Sampah Kota dengan Bakteri Penambat N Bebas, Bakteri Pelarut Fosfat, dan EM 4 Terhadap Kualitas Pupuk Organik. *Laporan Penelitian Kelompok Dalam Bidang Pertanian*. Puslitbang Bioteknologi & Biodiversitas Lembaga Penelitian UNS, Surakarta.
- Susanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sutejo, M.M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Suwandi dan N, Nurtika, 1997. Pengaruh pupuk cair biokimia “Sari Humus” pada tanaman kubis. *Buletin Penelitian Hortikultura* 15(20): 213-218.
- Suzuki, S., Y. Shirai and M.A. Hasan. 2001. *Research for the reduction of Methane Release from Malaysian Palm Oil Mill Lagoon and It's Countermeasures*. CDM Feasibility Study 2001. Ministry of the Environment, Japan.
- Syefani dan A. Lilia. 2003. *Pelatihan Pertanian Organik*. Fakultas Pertanian Unibraw, Malang.
- Tjonger, M. 2006. *Pentingnya Menjaga Keseimbangan Unsur Hara Makro dan Mikro untuk Tanaman*, Makasar.

van Steenis, C. G. G. J. 1987. *Flora untuk Sekolah di Indonesia*. Diterjemahkan oleh: Moesa Suryowinoto. Pradnya Paramita, Jakarta.

Wikipedia. 2008. *Sawi hijau*. http://id.wikipedia.org/wiki/Sawi_hijau/ [12 Oktober 2008].

Wright, J.D., C.E Wyman and K. Grohmann. 1988. Simultaneous saccharification and fermentation of lignocelluloses. *Appl. Biochem. Biotechnology* 18: 75-81.

Yasari, E., Esmaili, A.M.A., Saedeh, M.,and Mahsa, R.A. 2009. Enhancement of Growth and Nutrient Uptake of Rapeseed (*Brassica napus* L.) by Applying Mineral Nutrients and Biofertilizers. *Pakistan J. of Biological Sciences* 12(2):127-133

