

IV. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Pupuk Granul Limbah Ikan Laut terhadap Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Luas daun

Dari hasil sidik ragam terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang berbeda nyata. Hasil Uji Jarak Ganda Duncan 5% disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Jarak Ganda Duncan (UJGD) 5% terhadap Tinggi Tanaman (cm), Jumlah Daun (helai), dan Luas Daun (cm²) 41 HST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Luas Daun (cm ²)
P1= 0,65 gram Urea/tanaman	42, 289 b	22, 222 b	2358, 5 b
P2= 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	49, 289 a	25, 222 a	3512, 2 a
P3= 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	43, 222 b	21, 889 b	2319, 9 bc
P4= 0,32 gram Urea/Tanaman + 1,05gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	42, 556 b	22, 778 b	1957, 2 c
P5= 0,48 gram Urea/tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	45, 289ab	24, 278 ab	2458, 2 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom masing masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata.

Hasil UJGD 5% tertinggi terhadap tinggi tanaman ditunjukkan pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman tetapi berbeda tidak nyata dengan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/ Tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut /tanaman. Namun pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/ tanaman nyata lebih tinggi daripada pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman, pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman +

1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman. Jadi hasil terbaik ada pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman.

Hasil UJGD 5% tertinggi terhadap jumlah daun ditunjukkan pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman tetapi berbeda tidak nyata dengan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/Tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut /tanaman. Namun pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/ tanaman nyata lebih tinggi daripada pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut, pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman, dan pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman. Hasil terbaik didapatkan pada pengaruh perlakuan P2 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman. pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/ Tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut /tanaman.

Hasil UJGD 5% tertinggi terhadap luas daun ditunjukkan pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman nyata lebih luas daripada pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut, pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman, dan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/Tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut /tanaman.

Hasil UJGD 5% pada pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman ternyata memiliki hasil tinggi tanaman, jumlah, daun dan luas daun yang lebih tinggi. Pupuk granul limbah ikan laut merupakan limbah perikanan laut yang berasal dari kulit, tulang, kepala, ekor, dan jeroan. Selain itu Pupuk Granul Limbah Ikan Laut merupakan tambahan bahan organik yang berfungsi sebagai (1) Mengubah struktur tanah, (2) meningkatkan daya serap dan daya simpan tanah terhadap air, dan (3) memperbaiki kehidupan mikroorganisme tanah Marsono (2001).

Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman kandungan Nitrogen sebesar 14,19% mampu menyuplai kebutuhan Nitrogen tanaman sawi. Nitrogen merupakan pembentuk protein, asam nukleat, klorofil dan secara umum untuk pertumbuhan tanaman (Adams *et al.* 1995 dalam Liferdi 2016). Menurut Tisdale (1965) dalam Fajar Arifin (2013) N merupakan unsur penting dalam pertumbuhan tanaman.

Peningkatan ketersediaan unsur N dengan meningkatnya dosis pupuk N berpengaruh baik terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman. Pada fase pertumbuhan vegetatif, tanaman membutuhkan banyak N terutama untuk pembentukan batang dan daun.

Hal ini didukung dengan hasil penelitian Budi, dkk. (2009) bahwa peningkatan serapan N tanaman akan diikuti oleh peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar, bobot kering tanaman dan kadar N tanaman. Adanya hubungan tersebut karena fungsi unsur N sangat bermanfaat pada fase vegetatif. Menurut Gardner dkk. (1985) nitrogen merupakan komponen struktural dari

sejumlah senyawa organik penting, seperti asam amino, protein, nucleoprotein, berbagai enzim, purin, dan primidin yang sangat dibutuhkan untuk pembesaran dan pembelahan sel, sehingga pemberian nitrogen optimum dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman.

Nitrogen merupakan unsur hara yang bersifat mudah bergerak (*mobile*) dan berubah bentuk menjadi gas dan unsur lain serta hilang melalui penguapan (*volatilisasi*) dan pencucian (*leaching*). Nitrogen hadir di lingkungan dalam berbagai bentuk kimia termasuk nitrogen organik, ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), dan gas nitrogen (N_2). Bentuk Nitrogen yang dapat digunakan oleh tanaman adalah ion nitrat (NO_3^-) dan ion ammonium (NH_4^+). Oleh karena itu diduga unsur Nitrogen yang terkandung didalam Pupuk Granul Limbah Ikan Laut diserap oleh akar tanaman sawi dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+). Hal ini disebabkan Pupuk Granul Limbah Ikan laut merupakan bahan organik yang berasal dari hewan mati.

Proses pembentukan amonifikasi menjadi ion (NH_4^+) dapat terjadi apabila bahan organik pembentuknya berasal dari tumbuhan dan hewan yang mati. Nitrogen organik dalam tumbuhan dan hewan mati diubah menjadi ion ammonium (NH_4^+) oleh bakteri dan jamur. Ion-ion ini kemudian membentuk material kompleks seperti asam-asam amino dan asam-asam nukleat yang dapat langsung diserap dan digunakan oleh tanaman. Menurut Mengel dan Kirby (1987) serta Rosmarkam dan Yuwono (2002) dalam Silvikultur (2016) pada pH tanah yang rendah ion nitrat lebih cepat diserap oleh tanaman dibandingkan ion ammonium, pada pH tanah yang tinggi ion ammonium diserap oleh tanaman lebih

cepat dibandingkan ion nitrat dan pada pH netral kemungkinan penyerapan keduanya berlangsung seimbang.

Penyerapan unsur hara (ion-ion NH_4^+) oleh akar melalui dua cara yakni aliran massa air dan difusi. Aliran massa merupakan air yang mengalir ke arah akar atau melalui akar itu sendiri. Air tanah yang mengalir ini mengandung unsur hara (ion amonium NH_4^+). Sedangkan difusi merupakan sebuah pergerakan partikel yang bukan disebabkan oleh pergerakan air, namun akibat adanya perbedaan konsentrasi dalam akar dan diluar akar tanaman, dimana zat akan bergerak dari tempat yang konsentrasinya tinggi ke tempat yang konsentrasinya rendah. Dalam hal ini, unsur hara bergerak masuk ke dalam akar tanaman karena konsentrasi dalam tanaman lebih tinggi dari konsentrasi tanah. Setelah itu air dan unsur hara (NH_4^+) diserap oleh akar dalam bentuk ion melalui proses aliran massa air dan difusi lalu di angkut oleh jaringan pembuluh xylem dan hasil fotosintesis dibagikan oleh pembuluh floem ke seluruh bagian tanaman berupa larutan organik. Sehingga N yang terkandung dalam Pupuk Granul Limbah Ikan laut diserap dan digunakan oleh tanaman proses pembentukan protein, asam nukleat, klorofil dan secara umum untuk pertumbuhan tanaman. Buckman dan Brady (1982) dalam Agni dkk. (2016) menambahkan bahwa unsur nitrogen bermanfaat untuk pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu pembentukan sel-sel baru seperti daun, cabang dan mengganti sel-sel yang rusak. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Noveritta (2016) perlakuan pemberian pupuk nitrogen berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dan jumlah anakan pada tanaman lidah buaya.

Bila pasokan N cukup, daun tanaman akan tumbuh besar dan memperluas permukaan yang tersedia untuk proses fotosintesis. Pasokan nitrogen yang tinggi akan mempercepat pengubahan karbohidrat menjadi protein dan dipergunakan menyusun dinding sel. Pada sisi lain, bila pasokan N terlalu besar, peningkatan ukuran sel dan penambahan ketebalan dinding menyebabkan daun dan batang tanaman lebih sukulen dan kurang keras (Marschner, 1986 dalam Fajar Arifin dkk., 2010). Berdasarkan penelitian Kadarwati (2006) dalam Ikrar Nusantara (2016) dapat diketahui bahwa nitrogen merupakan unsur hara makro yang paling banyak dibutuhkan tanaman dan unsur nitrogen sangat berperan dalam fase vegetatif tanaman. Sejalan dengan hasil penelitian (Humphries dan wheeler 1963) dalam Gardner dkk. (1985) bahwa pemupukan nitrogen mempunyai pengaruh nyata terhadap peluasan daun, terutama pada lebar dan luas daun. Tanaman akan meningkatkan laju pertumbuhan daunnya supaya bisa menangkap cahaya secara maksimal sehingga proses fotosintesis di dalam daun dapat berjalan dengan lancar (Setyanti,2013 dalam Putri Bella, 2016).

Selain itu dalam pupuk granul Limbah Ikan laut terdapat kandungan P sebesar 9,97% yang sangat berpengaruh bagi pertumbuhan tanaman sawi. Menurut, Hardjowigeno (2003) unsur-unsur P di dalam tanah berasal dari bahan organik (pupuk kandang dan sisa-sisa tanaman), pupuk buatan (TSP dan DS) dan mineral-mineral di dalam tanah (apatit). Peranan fosfat yang penting ialah dalam proses fotosintesis, perubahan-perubahan karbohidrat dan senyawa-senyawa yang berhubungan dengannya, glikolisis, metabolisme asam amino, metabolisme lemak, metabolisme sulfur, oksidasi biologis dan sejumlah reaksi

dalam proses hidup. Fosfor betul-betul merupakan unsur yang sangat penting dalam proses transfer energi, suatu proses vital dalam hidup dan pertumbuhan (Leiwakabessy dkk., 2003 dalam Nur Hikmah 2009). Hal ini didukung hasil penelitian Liferdi (2010) Fosfor memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit manggis, terutama untuk peubah tinggi tanaman, panjang cabang, jumlah cabang, dan jumlah daun.

Pupuk Granul Limbah Ikan Laut merupakan tambahan bahan organik bagi tanaman sawi. Bahan organik yang terkandung di dalam Pupuk Granul Limbah Ikan Laut merupakan salah satu asal unsur-unsur P yang di butuhkan oleh tanaman. Tanaman menyerap unsur hara Phospor dalam bentuk ion ortofosfat. Ion ortofosfat terbentuk melalui enzim fosfatase yang dihasilkan oleh berbagai mikroba yang berada dalam tanah. Ion ortofosfat diserap oleh akar melalui proses difusi yakni merupakan sebuah pergerakan partikel yang bukan disebabkan oleh pergerakan air, namun akibat adanya perbedaan konsentrasi dalam akar dan diluar akar tanaman, dimana zat akan bergerak dari tempat yang konsentrasinya tinggi ke tempat yang konsentrasinya rendah. Setelah itu air dan unsur hara diserap oleh akar dalam bentuk ion melalui proses difusi lalu diangkut oleh jaringan pembuluh xylem dan hasil fotosintesis dibagikan oleh pembuluh floem ke seluruh bagian tanaman berupa larutan organik. Ukuran dan kerapatan meristem perakaran sangat penting dalam proses penyerapan unsur hara P.

Selain kandungan N dan P dalam limbah ikan laut terdapat kandungan unsur K sebesar 0,43% yang bermanfaat bagi tanaman sawi. Menurut Gardner dkk. (1985) bahwa kalium berperanan penting dalam fotosintesis karena secara

langsung meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun, dan karenanya juga meningkatkan asimilasi CO₂ serta meningkatkan translokasi hasil fotosintesis keluar daun (Wolf dkk., 1976) dalam Gardner dkk., (1985). Produk fotosintesis digunakan untuk cadangan makanan, struktur, respirasi, dan pertumbuhan. Unsur hara K dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar, terbesar kedua setelah unsur hara N. Unsur K siap diserap oleh tanaman dalam bentuk ion K⁺.

Di dalam tubuh tanaman kalium bukanlah sebagai penyusun jaringan tanaman, tetapi lebih banyak berperan dalam proses metabolisme tanaman seperti mengaktifkan kerja enzim, membuka dan menutup stomata (dalam pengaturan penguapan dan pernapasan), transportasi hasil-hasil fotosintesis (karbohidrat), meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit tanaman. Sejalan dengan hasil penelitian Bambang dkk. (2016) bahwa perlakuan dosis pupuk kalium meningkatkan luas daun, dan berat brangkasan kering. Penyerapan unsur hara K oleh tanaman dalam bentuk ion K⁺ melalui proses aliran massa dan difusi. Setelah itu air dan unsur hara diserap oleh akar dalam bentuk ion melalui proses difusi lalu di angkut oleh jaringan pembuluh xylem dan hasil fotosintesis dibagikan oleh pembuluh floem ke seluruh bagian tanaman berupa larutan organik.

Tabel 2 juga memperlihatkan hasil tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun terendah ditunjukkan oleh pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman, pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, dan pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman.

Diduga hal ini dikarenakan sifat Urea yang tidak menguntungkan menurut Hardjowigeno (1995) dalam Nitha (2010) tingkat kehilangan N didalam tanah cukup tinggi akibat dari sifat nitrogen yang sangat *mobile*, hilangnya nitrogen dalam tanah disebabkan oleh (1) digunakan sendiri oleh tanaman dan juga sebagian digunakan mikroorganisme tanah untuk aktivitas metabolisme, (2) Nitrogen dalam bentuk NH_4^+ dapat diikat oleh mineral liat sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman, (3) Nitrogen dalam bentuk NO_3^- rendah karena mudah dicuci oleh bagian bawah perakaran dan masuk kedalam *ground water*.

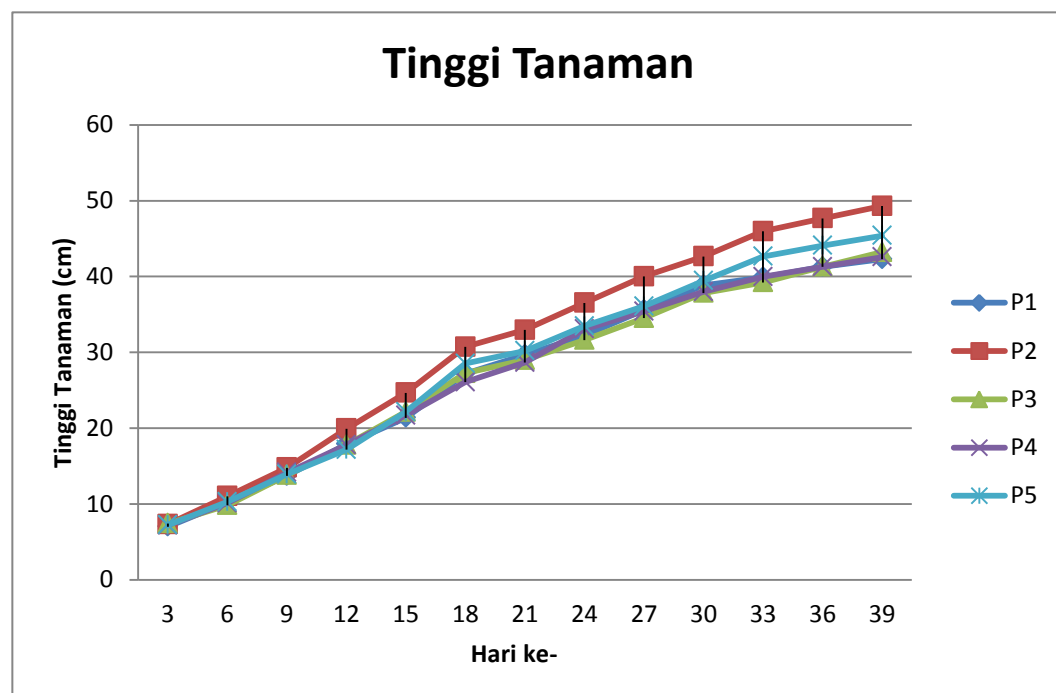
Hal ini menunjukkan bahwa jika unsur hara nitrogen dalam Urea tersedia dalam bentuk NH_4^+ maka akan diikat oleh mineral liat sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman. Namun jika unsur nitrogen dalam Urea tersedia dalam bentuk NO_3^- maka akan mengalami proses pencucian (*leaching*) dan juga karena sifat urea yang higroskopis mudah larut dalam air. Untuk dapat diserap tanaman Urea harus mengalami proses amonifikasi dan nitrifikasi terlebih dahulu. Cepat dan lambatnya perubahan bentuk amide dari Urea ke bentuk senyawa N yang dapat diserap tanaman sangat tergantung pada beberapa faktor antara lain populasi, aktifitas mikroorganisme, kadar air dari tanah, temperatur tanah dan banyaknya pupuk Urea yang diberikan.

Pupuk Granul Limbah Ikan Laut merupakan tambahan bahan organik bagi tanaman. Bentuk granul dalam limbah ikan laut memiliki kelebihan dibandingkan pupuk Urea yaitu memiliki kepadatan tertentu sehingga tidak mudah diterbangkan angin, terbawa air dan proses pelepasan bahan aktif lebih lambat (*slow release*). Hal ini diduga bahwa kandungan Nitrogen Pupuk Granul Limbah Ikan Laut yang

tersedia dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+) ataupun ion nitrat (NO_3^-) belum mampu mencukupi kebutuhan unsur hara Nitrogen Sawi.

Hasil ini sejalan dengan Engelstad (1997) mengatakan bahwa pemberian optimal dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan sintesis protein, pembentukan klorofil yang menyebabkan warna daun menjadi hijau, dan meningkatkan laju pertumbuhan tanaman. Diduga juga bahwa unsur hara P dan K pada tanaman sawi sudah mencukupi. Hal ini dikarenakan semua perlakuan penelitian diberikan unsur hara P dan K sesuai dengan kebutuhan tanaman sawi. Sedangkan kandungan unsur hara P dan K yang terkandung didalam Pupuk Granul Limbah Ikan laut merupakan tambahan nutrisi bagi tanaman sawi

Pola pertumbuhan tinggi tanaman sawi dari hari ke 3 sampai ke 39 dapat dilihat pada gambar 2.



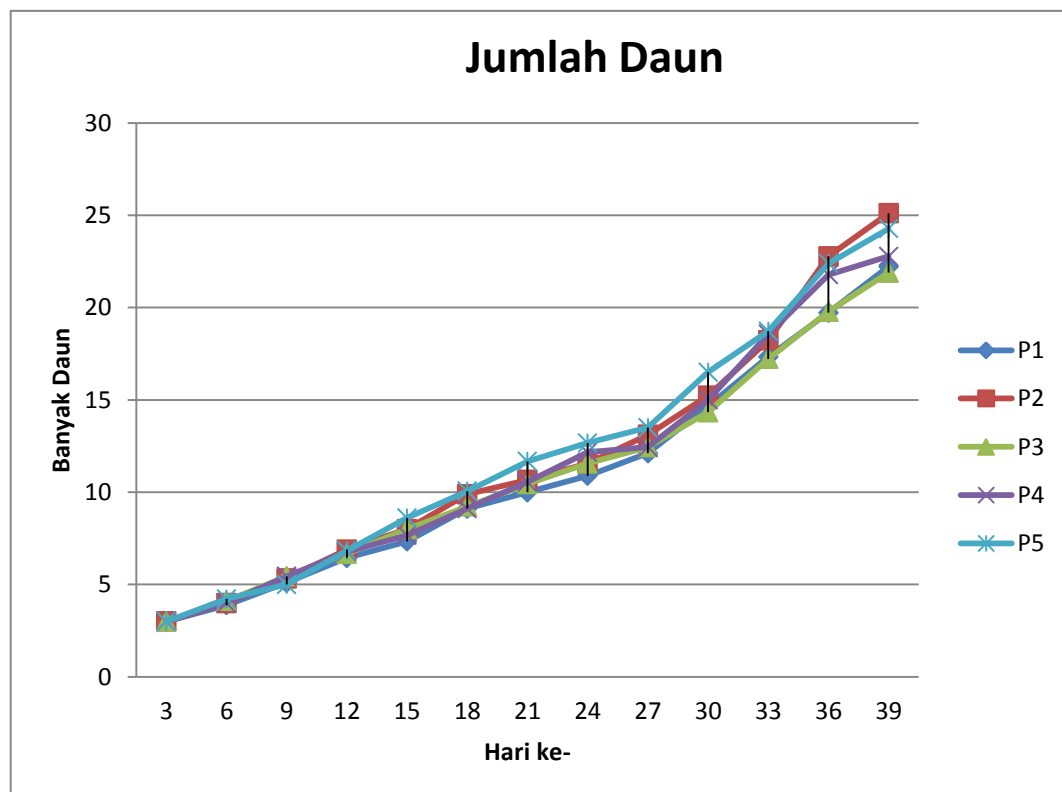
Gambar 2. Grafik Tinggi Tanaman

Berdasarkan gambar 2, pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/ tanaman dan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/ Tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut /tanaman memiliki laju pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Pengaruh perlakuan P2 sudah terjadi pada hari ke 6 hingga hari ke 39 sedangkan pengaruh perlakuan P5 mulai terjadi pada hari ke 18 hingga ke 39. Pada pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut, pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, dan , pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman cenderung memiliki laju pertumbuhan yang hampir sama dari hari ke 18 hingga hari ke 39. Penambahan tinggi tanaman yang cukup signifikan diduga dikarenakan semua perlakuan tanaman sudah mampu beradaptasi dengan lingkungan. Selain itu tanaman sudah mampu menyerap hara yang terkandung di dalam perlakuan pupuk urea maupun pupuk granul limbah ikan laut.

Berdasarkan Gambar 3, pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/ tanaman dan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/ Tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut /tanaman memiliki laju pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Pengaruh perlakuan P2 sudah terlihat pada hari ke 33 hingga 39 sedangkan pada pengaruh perlakuan P5 sudah terlihat pada hari ke 15 hingga hari ke 36. Pada pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut, pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, dan pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman cenderung

memiliki laju pertumbuhan yang hampir sama dari hari ke 18 hingga hari ke 39. Penambahan jumlah daun diduga karena kandungan unsur hara nitrogen yang mampu memacu pertumbuhan dan penambahan daun pada tanaman sawi. Peningkatan ketersediaan unsur N dengan meningkatnya dosis pupuk N berpengaruh baik terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman. Pada fase pertumbuhan vegetatif, tanaman membutuhkan banyak N terutama untuk pembentukan batang dan daun.

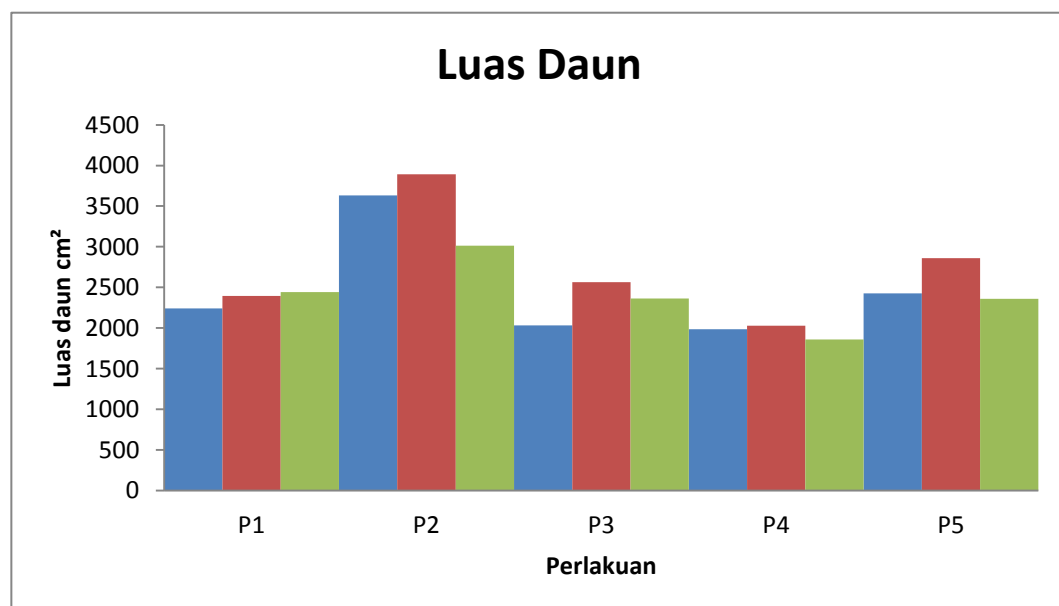
Pola pertumbuhan jumlah daun pada tanaman sawi dari hari ke 3 sampai hari ke 39 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Jumlah Daun

Berdasarkan grafik 4 pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/ tanaman memiliki luas daun tertinggi dari setiap ulangnya. Sedangkan luas daun terendah pada pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,5 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman.

Hal ini diduga karena pengaruh dari kandungan nitrogen yang berada di limbah ikan laut sebesar 14,19 % yang mampu memacu pertumbuhan luas daun tanaman sawi. Bila pasokan N cukup, daun tanaman akan tumbuh besar dan memperluas permukaan yang tersedia untuk proses fotosintesis. Pasokan nitrogen yang tinggi akan mempercepat perubahan karbohidrat menjadi protein dan dipergunakan menyusun dinding sel. Sejalan dengan hasil penelitian (Humphries dan wheeler 1963) dalam Gardner dkk. (1985) bahwa pemupukan nitrogen mempunyai pengaruh nyata terhadap peluasan daun, terutama pada lebar dan luas daun. Pola pertumbuhan luas daun pada tanaman sawi pada setiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Luas Daun

B. Pengaruh Pupuk Granul Limbah Ikan Laut terhadap Berat Segar Tanaman

Dari hasil sidik ragam terhadap berat segar tanaman menunjukkan bahwa semua perlakuan menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda nyata. Hasil uji Jarak Ganda Duncan 5 % disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 3. Hasil Uji Jarak Ganda Duncan 1 (UJGD) 5% Terhadap Berat Segar per Tanaman

Perlakuan	Rata-rata (gram)
P1 = 0,65 gram Urea/tanaman	269,35 b
P2 = 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	395,02 a
P3 = 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	269,08 b
P4 = 0,32 gram Urea/tanaman + 1,05 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	268,91 b
P5 = 0,48 gram Urea/tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	297,78 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom masing masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata.

Hasil tertinggi pada UJGD 5% terhadap berat segar tanaman ditunjukkan pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman nyata lebih berat daripada pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,05 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, pengaruh perlakuan (P1) 0,65 gram Urea/tanaman, dan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman.

Hasil terbaik pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut. Hal ini diduga pada pengaruh perlakuan 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut Kandungan Nitrogen sebesar 14,19% mampu menyuplai kebutuhan Nitrogen tanaman sawi. Menurut Gardner dkk. (1985) nitrogen merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa organik penting, seperti asam amino, protein, nucleoprotein, berbagai enzim, purin, dan primidin yang sangat dibutuhkan untuk pembesaran dan pembelahan sel, sehingga pemberian nitrogen optimum dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Defisiensi N membatasi pembesaran sel dan pembelahan sel yang terbantu (kerdil) dan kuning terutama di bagian-bagian tanaman yang lebih tua.

Selain itu kandungan lain dari pupuk granul limbah ikan laut juga berpengaruh yakni kandungan phosphor sebesar 9,97%. Menurut Hardjowigeno (2003) unsur-unsur P di dalam tanah berasal dari bahan organik (pupuk kandang dan sisa-sisa tanaman), pupuk buatan (TSP dan DS) dan mineral-mineral di dalam tanah (apatit). Peranan fosfat yang penting ialah dalam proses fotosintesa, perubahan-perubahan karbohidrat dan senyawa-senyawa yang berhubungan dengannya, glikolisis, metabolisme asam amino, metabolisme lemak, metabolisme sulfur, oksidasi biologis dan sejumlah reaksi dalam proses hidup. Menurut Gardner dkk. (1985) P umumnya ada dalam konsentrasi rendah dalam larutan tanah. P merupakan komponen penting menyusun senyawa energi, untuk sistem informasi genetik, untuk membrane sel dan fosfor protein. Fosfor bergerak dan diretribusi dari jaringan tua ke jaringan muda. Sehingga gejala defisiensi pertama kali ditunjukkan oleh daun-daun tua.

Selain kandungan N dan P di dalam pupuk granul limbah ikan laut juga terdapat kandungan K sebesar 0,43% yang juga berperan penting terhadap pertumbuhan tanaman sawi. Kalium berperan penting dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun, dan karenanya juga meningkatkan asimilasi CO₂ serta meningkatkan translokasi hasil fotosintesis keluar daun (Wolf dkk., 1976) dalam Gardner dkk., 1985). Kalium juga membantu memelihara potensial osmotis dan pengambilan air (Epstein, 1972). Tanaman yang cukup K hanya kehilangan sedikit air karena, K meningkatkan potensial osmotik dan mempunyai pengaruh positif juga terhadap penutupan stomata (Humble dan Hsiao, 1969). Defisiensi K yang parah menyebabkan bintik nekrotik kecil antara urat daun, dengan pucuk dan tepi daun yang terbakar pada daun-daun yang lebih tua pada banyak spesies.

Dalam pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman memiliki hasil yang baik dan juga berbeda nyata. Hal ini tentu saja juga sangat berpengaruh terhadap berat segar tanaman. Unsur hara makro N, P, dan K yang terdapat di dalam pupuk granul limbah ikan laut mampu mencukupi kebutuhan unsur hara tanaman sawi.

Hal lain yang menjadi faktor pengaruh perlakuan 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut paling baik adalah pupuk granul limbah ikan laut merupakan bahan organik. Limbah ikan laut sebagai sumber tambahan bahan organik sangat berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Fungsi bahan organik sebagai pembentuk kesuburan fisik tanah sangat penting dan tidak dapat digantikan oleh

komponen lain yang tersedia di alam. Bahan organik dalam tanah memperbaiki struktur tanah, drainase, aerasi, daya simpan air, stabilisasi suhu tanah, kegemburan tanah, daya serap air, penghambatan erosi permukaan, dan pengikat partikel tanah (Tisdale *et al.*, 1993 dalam Sumarno dkk., 2009). Bahan organik tanah selain mampu mempertahankan kesuburan tanah untuk jangka panjang, juga berfungsi sebagai cadangan hara tanaman, menjaga integritas fisik, kimia, dan biologi tanah.

Hal ini dapat di simpulkan bahwa Pupuk Granul Limbah Ikan laut memiliki serapan air yang sangat baik dan berguna bagi tanaman. Air berperan penting dalam beberapa proses pertumbuhan tanaman menurut Ariyanto (2010) dalam Huno (2014) sebagai penyusun tubuh tanaman sekitar 70-100%, pelarut dari medium reaksi bio kimia, medium transport senyawa, memberikan tekanan turgor bagi sel, bahan baku fotosintesis dan menjaga suhu tanaman supaya konstan. Sedangkan menurut Murtiningrum (2010) dalam Huno (2014), air diperlukan tanaman untuk pencernaan, fotosintesis, transport mineral dan hasil fotosintesis, penunjang tubuh, dan pertumbuhan dan transpirasi sebanyak 99%.

Tabel 3 juga memperlihatkan hasil terendah pada pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,05 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman Hal ini diduga pada perlakuan pupuk urea + pupuk granul limbah ikan laut, Nitrogen yang terkandung di dalam pupuk urea mempunyai sifat yang tidak menguntungkan adalah Urea tersedia dalam bentuk NO_3^- maka akan mengalami proses pencucian (*leaching*) dan juga karena sifat urea yang higroskopis mudah larut dalam air karena tidak dapat terjerap oleh koloid tanah.

Nitrogen yang terkandung dalam pupuk granul limbah ikan laut berperan sebagai penyusun protein sedangkan fosfor berperan dalam memacu pembelahan jaringan meristem dan merangsang pertumbuhan akar dan perkembangan daun yang akibatnya tingkat absorpsi unsur hara dan air oleh tanaman sampai batas optimumnya yang akan digunakan untuk pembelahan, perpanjangan dan diferensiasi sel. Kalium mengatur kegiatan membuka dan menutupnya stomata. Pengaturan stomata yang optimal akan mengendalikan transpirasi tanaman dan meningkatkan reduksi karbondioksida yang akan diubah menjadi karbohidrat. Unsur hara nitrogen, fosfor dan kalium yang terkandung dalam pupuk granul limbah ikan akan meningkatkan aktivitas fotosintesis tanaman sawi sehingga meningkatkan karbohidrat yang dihasilkan sebagai cadangan makanan. Berat basah tanaman merupakan berat tanaman pada saat tanaman masih hidup dan ditimbang secara langsung setelah panen, sebelum tanaman menjadi layu akibat kehilangan air (Benyamin Lakitan 1996).

C. Pengaruh Pupuk Granul Limbah Ikan Laut terhadap Berat Kering Tanaman

Dari hasil sidik ragam terhadap berat kering tanaman menunjukkan bahwa semua perlakuan menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda nyata. Hasil uji Jarak Ganda Duncan 5% disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Jarak Ganda Duncan (UJGD) 5% Terhadap Berat Kering Tanaman

Perlakuan	Rata-rata (gram)
P1 = 0,65 gram Urea/tanaman	23,166 b
P2 = 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	34,408 a
P3 = 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	22,823 b
P4 = 0,32 gram Urea/tanaman + 1,05 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	22,716 b
P5 = 0,48 gram Urea/tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman	26,692 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom masing-masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata.

Hasil tertinggi pada uji UJGD 5% terhadap berat kering tanaman ditunjukkan pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman nyata lebih berat daripada pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,05 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman, pengaruh perlakuan (P3) 0,16 gram Urea/tanaman + 1,58 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut, (P1) 0,65 gram Urea/tanaman, dan pengaruh perlakuan (P5) 0,48 gram Urea/tanaman + 0,52 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman.

Hasil terbaik pada pengaruh perlakuan (P2) 14,7 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen Pupuk Granul Limbah Ikan Laut mampu mencukupi kebutuhan unsur hara tanaman sawi. Engelstad (1997) menyatakan bahwa pemberian nitrogen yang optimal dapat meningkatkan sintesis protein, pembentukan klorofil yang menyebabkan warna daun menjadi lebih hijau dan meningkatkan ratio pucuk akar. Oleh karena itu pemberian nitrogen yang optimal dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman. Menurut Benyamin Lakitan (1996) pemberian nitrogen pada dosis yang tepat akan meningkatkan pertumbuhan tanaman, maka meningkat pula metabolisme tanaman. Sehingga pembentukan protein, karbohidrat dan pati tidak terhambat, akibatnya pertumbuhan dan produksi tanaman meningkat. Peningkatan bobot kering akar, batang, dan daun menunjukkan transportasi fotosintat ke daerah tersebut. Menurut Schuzle dan Cadwell (1995) dalam Jippi Andaluasia (2005), ketersediaan hara terutama unsur N akan meningkatkan alokasi biomassa tanaman terutama pada daun dan batang. Semakin meningkat bobot kering menunjukkan bahwa proses fotosintesis berjalan dengan baik dan berarti pertumbuhan berjalan baik pula.

Selain itu di dalam kandungan pupuk granul limbah ikan laut terdapat kandungan unsur hara P yang mempunyai pengaruh bagi pertumbuhan tanaman. Fosfor betul-betul merupakan unsur yang sangat penting dalam proses transfer energi, suatu proses vital dalam hidup dan pertumbuhan (Leiwakabessy *et al.*, 2003 dalam Nur Hikmah 2009).

Hal lain yang berpengaruh adalah unsur K dalam pupuk granul limbah ikan laut yang juga dapat berpengaruh dalam pertumbuhan tanaman. Menurut Gardner dkk. (1985) bahwa kalium berperan penting dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun, dan karenanya juga meningkatkan asimilasi CO₂ serta meningkatkan translokasi hasil fotosintesis keluar daun (Wolf dkk., 1976) dalam Gardner dkk., (1985). Menurut Bambang, dkk. (2016) perlakuan dosis pupuk kalium meningkatkan luas daun, dan berat brangkasan kering.

Pupuk granul limbah ikan laut merupakan tambahan bahan organik. Bahan organik sendiri memiliki beberapa kelebihan menurut Marsono (2001) (1) Mengubah struktur tanah, (2) meningkatkan daya serap dan daya simpan tanah terhadap air, dan (3) memperbaiki kehidupan mikroorganisme tanah. Menurut Salisbury dkk, (1995) pupuk dan tumbuhan yang mati, mikroorganisme, serta hewan, merupakan sumber protein penting nitrogen yang dikembalikan ke tanah, tapi sebagian besar nitrogen tersebut tidak larut dan tersedia bagi tumbuhan. Hampir semua tanah mengandung sedikit asam amino, yang dihasilkan terutama dari perombakan bahan organik oleh mikroba, tapi juga dari pengeluaran akar. Walaupun asam amino itu dapat diserap dan di metabolismekan oleh tumbuhan, senyawa ini dan senyawa nitrogen kompleks lainnya hanya menyumbang sedikit bagi hara nitrogen tumbuhan secara langsung. Walaupun demikian mereka merupakan cadangan nitrogen yang sangat penting, nyatanya 90% nitrogen total di tanah terdapat dalam bentuk bahan organik.

Tabel 4 memperlihatkan hasil terendah pada pengaruh perlakuan (P4) 0,32 gram Urea/tanaman + 1,05 gram Pupuk Granul Limbah Ikan Laut/tanaman. Hal ini terjadi karena sebagian besar pertumbuhan tanaman sangat di pengaruhi oleh nitrogen. Nitrogen yang terkandung di dalam pupuk urea mempunyai sifat yang tidak menguntungkan adalah Urea tersedia dalam bentuk NO_3^- maka akan mengalami proses pencucian (*leaching*) dan juga karena sifat urea yang higroskopis mudah larut dalam air karena tidak dapat terjerap oleh koloid tanah. Selain itu pada perlakuan Pupuk Urea + Pupuk Granul limbah ikan laut belum mampu mencukupi kebutuhan unsur hara pada tanaman sawi. Jika pemberian unsur hara optimal maka pertumbuhan tanaman tidak terganggu. Tisdale *et al.*, (1985) dalam Rifka (2010) menyatakan bahwa tersedianya unsur hara dalam jumlah yang cukup dalam tanaman ditunjukkan oleh aktivitas fotosintesa yang tinggi, pertumbuhan vegetatif yang vigor, dan warna daun yang lebih hijau.

Hal ini menunjukkan bahwa proses fotosintesis yang terjadi berlangsung lebih baik/efesien karena meningkatnya bobot kering tanaman, berkaitan dengan adanya kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih baik bagi berlangsungnya aktifitas metabolisme tanaman seperti fotosintesis. Hal ini sejalan dengan pendapat Prayudyaningsih dan Tikupadang (2008) dalam Priastiningsih dkk. (2015), bobot kering merupakan indikasi keberhasilan pertumbuhan tanaman, karena bobot kering merupakan petunjuk adanya hasil fotosintesis bersih yang dapat diendapkan setelah kadar airnya dikeringkan.

Meningkatnya bobot kering tanaman berkaitan dengan metabolisme tanaman atau adanya kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih baik bagi berlangsungnya aktifitas metabolisme tanaman seperti fotosintesis. Dengan demikian semakin besar berat kering menunjukkan proses fotosintesis berlangsung lebih efisien. Semakin besar berat kering semakin efisien proses fotosintesis yang terjadi dan produktifitas serta perkembangan sel-sel jaringan semakin tinggi dan cepat, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Hasil berat kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis mengakibatkan peningkatan berat kering tanaman karena pengambilan CO₂ sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO₂ (Gardner dkk.,1991)