

## **KAJIAN FISIS RADIASI PLASMA TERHADAP ORGAN DAUN PADA PERTUMBUHAN AWAL TANAMAN ANGGREK *Phalaenopsis amabilis***

*[Physics Observation of Plasma Radiation for Leaves to Initial Growth of Phalaenopsis amabilis]*

Muhammad Nur<sup>1</sup>, Nintya Setiari<sup>2</sup>, Much. Azam<sup>1</sup>, Ika Indah Selawanti<sup>1</sup>

1). Fisika, Undip Semarang ,

2). Biologi, Undip Semarang

### **ABSTRACT**

*The Phalaenopsis amabilis ("anggrek") has been irradiated by nitrogen ions for growth accelerating. Irradiation technique used corona plasma technology that its electrodes configuration was point-to-plan geometry to generate nitrogen ions in air. Corona glow discharge Plasma has been generated by DC Voltage of 3.50 kV and current was 0,23 mA. Nitrogen ions that were irradiated to Phalaenopsis amabilis ("anggrek") have been bombarded to leaf organ during 1 to 7 minutes. We used two types Phalaenopsis amabilis control: control with fertilizer and control without fertilizer. Growing of Phalaenopsis amabilis can be accelerated about 90 % compare with control without fertilizer and 30 % compare with control with fertilizer. The maximum growing of Phalaenopsis amabilis by using plasma technology for time irradiation of 1 or 2 minutes.*

*Key words : corona glow discharge plasma, Phalaenopsis amabilis (anggrek), nitrogen, ion electrons, free radicals.*

### **INTISARI**

*Telah dilakukan peradiasian dengan teknologi plasma lucutan pijar korona yang dibangkitkan oleh sistem pembangkit plasma berkonfigurasi geometri elektroda titik-bidang untuk meningkatkan pertumbuhan awal tanaman anggrek Phalaenopsis amabilis Plasma lucutan pijar korona dibangkitkan oleh sumber tegangan DC sebesar 3,50 kV dan arus 0,23 mA. Plasma yang diradiasikan pada tanaman anggrek Phalaenopsis amabilis dikenakan pada organ daun selama 1 hingga 7 menit. Perlakuan kontrol terbagi menjadi dua yaitu perlakuan normal dengan pemberian pupuk dan perlakuan normal tanpa pupuk. Plasma lucutan pijar menghasilkan ion, elektron dan radikal dari udara bebas yang 80% -nya merupakan unsur nitrogen. Unsur nitrogen pada fase plasma tersebut berguna untuk pertumbuhan awal tanaman. Radiasi plasma dapat meningkatkan pertumbuhan awal tanaman anggrek Phalaenopsis amabilis dengan waktu peradiasian efektif 1 hingga 2 menit.*

*Kata kunci : plasma lucutan pijar korona, anggrek Phalaenopsis amabilis, nitrogen, ion, elektron, radikal bebas*

### **Pendahuluan**

Keanekaragaman spesies anggrek di Indonesia sangat besar, diperkirakan sekitar 5000 jenis spesies yang tersebar di hutan-hutan di Indonesia. Keadaan ini merupakan potensi yang sangat berharga bagi pengembangan anggrek di Indonesia terkait dengan sumber daya genetik

anggrek yang diperlukan guna menghasilkan anggrek-anggrek silangan berkualitas [1].

Salah satu faktor yang dapat mengembangkan keanekaragaman anggrek secara efektif adalah melalui teknik mutasi. Pada anggrek, teknik ini dilakukan dengan cara memberikan perlakuan atau

rangsangan berupa bahan kimia, fisik atau lingkungan dan radiasi. Namun, secara alami peluang mutasi hanya terjadi pada kisaran 1 berbanding 100.000.000 [2]. Mutasi anggrek diharapkan akan memberi peluang munculnya sifat-sifat baru dari anggrek yang belum ada sebelumnya serta meningkatkan nilai komersial dari anggrek itu sendiri. Faktor fisik yang selama ini dilakukan untuk meningkatkan peluang mutasi adalah melalui panas, cahaya ultraviolet dan radiasi pengion.

Penelitian tentang pemanfaatan plasma lucutan pijar korona dalam usaha pemuliaan benih telah dilakukan oleh Nurbuwati [3], yakni tentang radiasi plasma lucutan pijar korona terhadap perkecambahan biji sawi pada tekanan atmosfer diperoleh hasil penelitian adalah bahwa biji sawi yang diradiasi dengan menggunakan plasma lucutan pijar korona perkecambahannya lebih baik dibanding perkecambahan biji tanpa radiasi plasma. Pemberian plasma lucutan pijar korona mampu mempercepat perkecambahan pada sawi, meningkatkan pertambahan panjang hipokotil serta menghasilkan prosentase perkecambahan yang cukup tinggi. Pemberian plasma dilakukan selama 5 hingga 50 menit dengan selang waktu 5 menit.

Plasma lucutan pijar korona merupakan bentuk lucutan pijar yang khusus karena elektrodanya mempunyai geometri yang berbeda ( titik–bidang ). Plasma lucutan pijar tidak hanya terbentuk dalam suatu reaktor saja tetapi juga dapat terbentuk di ruang bebas yang mempunyai tekanan kamar dan gas yang digunakan adalah udara bebas dengan kandungan nitrogen 80%. Penyinaran berkas ion nitrogen ke dalam suatu bahan dapat merubah struktur mikro bahan sehingga merubah sifat–sifat fisik dan kimia bahan tersebut [4].

Unsur nitrogen diperlukan semua organisme dalam hidupnya. Sebagian besar organisme hanya dapat menggunakan nitrogen dalam bentuk senyawa, nitrogen

berikatan dengan atom unsur lain membentuk ion seperti  $\text{NH}_4^+$  atau  $\text{NO}_3^-$ . Konsentrasi terbesar dari nitrogen diperoleh di atmosfer bumi yang berupa gas dinitrogen ( $\text{N}_2$ ). Gas tersebut stabil dan hampir 80 % terdapat di atmosfer bumi. Hal tersebut merupakan suplai yang besar bagi makhluk hidup di bumi[5]. Pada tanaman, nitrogen merupakan elemen yang paling lazim ditemukan dan terdapat pada senyawa esensial tanaman seperti protein, asam nukleat, penyusun DNA dan banyak kandungan vitamin[6].

Usaha pengembangan tanaman anggrek ke arah yang lebih baik perlu dilakukan dengan pemberian radiasi lucutan pijar korona terhadap bibit anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*) di dalam reaktor plasma yang berkonfigurasi titik–bidang. Penelitian ini dititikberatkan pada pengaruh pemberian radiasi plasma terhadap pertumbuhan awal tanaman anggrek jenis *Phalaenopsis amabilis* khususnya pada organ daun.

## Metode

Sistem pembangkit plasma yang digunakan berkonfigurasi geometri titik–bidang (*point-to-plane geometry*). dengan arus pada pembangkit sebesar 0,23 mA dan tegangan 3,50 kV. Jarak antar elektroda titik dan bidang 3 cm.

Anggrek yang digunakan pada penelitian adalah anggrek hasil kultur jaringan yang dikembangbiakkan di dalam botol. Pada saat dikeluarkan dari dalam botol, tanaman anggrek harus dikondisikan hampir sama dengan kondisi di dalam botol yakni terhindar dari cahaya matahari langsung dan berada dalam ruangan dengan kelembaban yang tinggi sekitar 80 %. Ada tiga perlakuan pada anggrek yaitu perlakuan dengan radiasi plasma dan perlakuan tanpa radiasi plasma dengan kontrol yaitu dengan pemberian pupuk dan tanpa pupuk. Pupuk yang diberikan juga disesuaikan dengan kebutuhan tanaman pada saat pertumbuhan awal, yaitu pupuk dengan kadar nitrogen yang tinggi.

Data yang diamati selama penelitian berupa data kasar yang meliputi panjang dan lebar daun, panjang akar, tinggi tanaman serta massa tanaman. Setiap perlakuan masing-masing terdiri dari lima sampel dan untuk perlakuan dengan radiasi plasma berdurasi waktu 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit, 5 menit, 6 menit, dan 7 menit. Pengukuran dilakukan setiap minggu.

Pengamatan dilakukan selama dua bulan. Waktu dua bulan tersebut merupakan waktu pertumbuhan anakan anggrek atau waktu pertumbuhan awal di dalam media tanam. Setelah lebih dari waktu tersebut anggrek akan tumbuh menjadi anggrek muda.

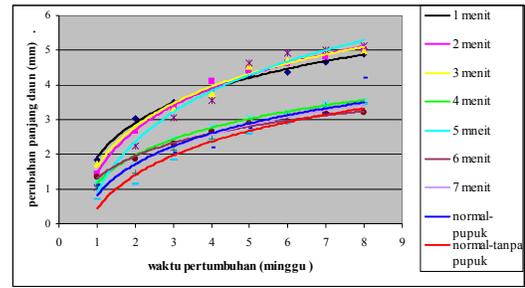
**Hasil**

Pendeposisian ion dan radikal bebas nitrogen yang dihasilkan oleh plasma lucutan pijar korona pada organ daun tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis* secara fisik tidak merusak organ tubuh yang diradiasi atau organ lain pada tanaman. Kerusakan tanaman seperti rontok atau layunya daun, rontok atau berkerutnya akar bukan merupakan akibat dari pemberian plasma melainkan karena kondisi lingkungan yang kurang cocok. Akar atau daun anggrek dapat berkerut atau membusuk akibat suhu, kelembaban atau tempat tumbuh yang kurang sesuai[7].

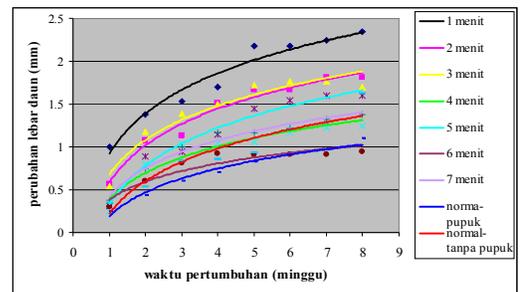
Pada tanaman, pertumbuhan ditandai dengan perubahan ukuran tanaman yang semakin membesar, semakin tinggi atau dari perubahan massa tanaman. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah perubahan ukuran tanaman anggrek yang meliputi perubahan panjang dan lebar daun, perubahan panjang akar, perubahan tinggi tanaman dan massa tanaman.

Perbandingan antara tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis* yang diradiasi dan yang tidak diradiasi plasma dapat dilihat pada grafik-grafik hubungan perubahan parameter pertumbuhan tanaman anggrek dengan waktu pemberian radiasi plasma. Setiap grafik memberikan

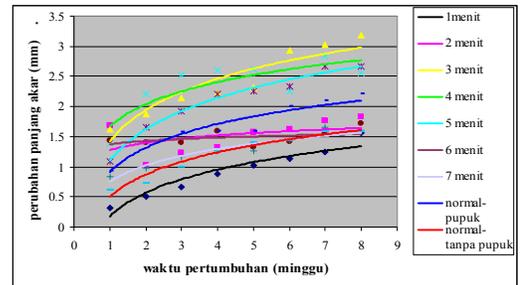
gambaran yang berbeda mengenai pengaruh plasma pada organ akar dan daun



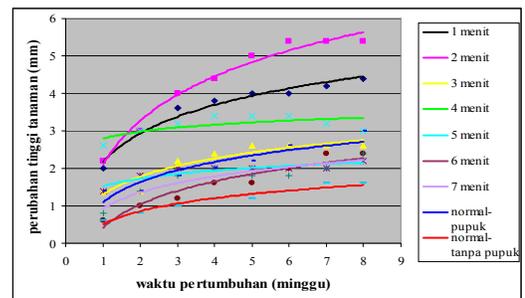
Gambar 4.1 Grafik perubahan panjang daun untuk beberapa waktu peradiasian plasma dan tanpa radiasi plasma sebagai fungsi waktu pertumbuhan



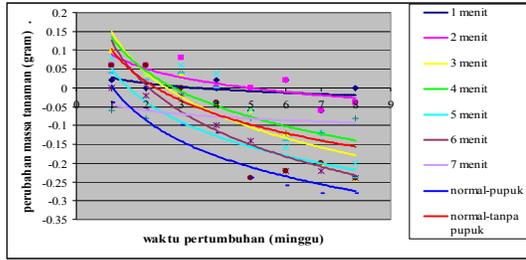
Gambar 4.2 Grafik perubahan lebar daun untuk beberapa waktu peradiasian plasma dan tanpa radiasi plasma sebagai fungsi waktu pertumbuhan



Gambar 4.3 Grafik perubahan panjang akar untuk beberapa waktu peradiasian plasma dan tanpa radiasi plasma sebagai fungsi waktu pertumbuhan

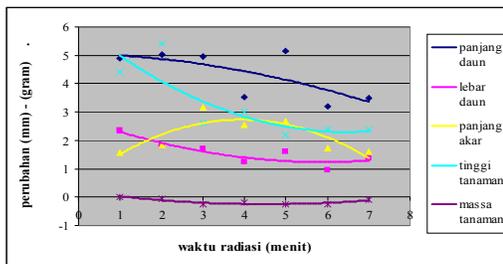


Gambar 4.4 Grafik perubahan tinggi tanaman untuk beberapa waktu peradiasian plasma dan tanpa plasma sebagai fungsi waktu pertumbuhan



Gambar 4.5 Grafik perubahan massa tanaman untuk beberapa waktu peradiasian plasma dan tanpa radiasi sebagai fungsi waktu pertumbuhan

Pada hasil pengamatan yang diperoleh, rata-rata perubahan panjang dan lebar daun, perubahan panjang akar, perubahan tinggi tanaman, serta perubahan massa tanaman anggrek yang diradiasi plasma relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanaman anggrek yang tidak diberi radiasi plasma. Perbedaan antara tanaman yang tak diradiasi dengan yang diradiasi tampak jelas. Sehingga dapat dikatakan tanaman anggrek yang diradiasi relatif lebih cepat pertumbuhannya dari pada tanaman anggrek yang tidak diradiasi. Namun laju pertumbuhan pada tanaman yang diradiasi plasma tergantung pada waktu pemberian radiasi plasma.



Gambar 4.6 Grafik pertumbuhan dari beberapa parameter perubahan sebagai fungsi waktu radiasi plasma

Pada Gambar 4.6, grafik pemberian plasma selama 1 hingga 7 menit menunjukkan penurunan terhadap perubahan panjang daun, lebar daun, dan tinggi tanaman. Pemberian plasma yang semakin lama tidak akan meningkatkan laju pertumbuhannya. Hasil tertinggi dicapai ketika pemberian plasma 1 menit.

Tabel 4.1 Laju Pertumbuhan Rata-rata Tanaman Anggrek *Phalaenopsis*

waktu radiasi (menit)	perubahan rata-rata (mm/minggu)
1	0,41±0,10
2	0,44±0,12
3	0,39±0,09
4	0,33±0,06
5	0,36±0,10
6	0,26±0,06
7	0,28±0,06
Normal-pupuk	0,33±0,08
Normal-tanpa pupuk	0,26±0,06

Dari hasil perhitungan seluruh laju rata-rata pertumbuhan tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis*, pada Tabel 4.1, waktu yang efektif untuk memberikan hasil pertumbuhan yang paling cepat adalah pada pemberian radiasi 2 menit. Hasil tersebut sedikit berbeda dengan hasil yang diperoleh dari grafik. Laju pertumbuhan rata-rata tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis* pada pemberian radiasi plasma 2 menit dari hasil perhitungan adalah 0,44 mm per minggu. Hasil tersebut berbeda sedikit dengan laju pertumbuhan rata-rata pertumbuhan dengan radiasi 1 dan 3 menit, yaitu 0,41 mm per minggu dan 0,39 mm per minggu.

### Pembahasan

Radiasi plasma yang diberikan pada tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis* dibangkitkan oleh suatu sistem pembangkit plasma yang berkonfigurasi geometri titik-bidang. Plasma yang dihasilkan merupakan lucutan pijar korona dari sistem pembangkit plasma. Peradiasian dilakukan dalam ruang bebas yang terdiri dari partikel-partikel gas pembentuk udara seperti N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Ar, dan lain-lain. Tegangan dan arus yang diberikan untuk membangkitkan plasma sebesar 3,50 kV dan 0,23 mA. Pada saat beda potensial diberikan antara dua elektroda maka terdapat medan listrik yang tinggi di ruang antar elektroda dan menghasilkan elektron. Elektron yang dihasilkan akan menumbuk atom atau molekul yang ada

didepannya sehingga terjadilah ionisasi yang akan menghasilkan ion positif dan elektron baru. Proses ini berlangsung terus sehingga terjadi pelipatgandaan elektron. Pelipatgandaan tersebut menyebabkan partikel-partikel gas udara bebas menjadi terionisasi secara berantai. Ionisasi berantai ini menyebabkan terdisosiasinya gas-gas dari udara bebas yang salah satunya adalah gas nitrogen (80% dari udara bebas).

Proses tumbukan elektron dengan molekul-molekul pembentuk udara dan tumbukan dengan partikel lain memungkinkan di dalam plasma terbentuk  $N_2^+$ ,  $N^+$ , dan  $N^*$ . Plasma tersebut diberikan dengan menggunakan tegangan tinggi pada organ daun tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis*. Proses ini akan menambah kandungan unsur nitrogen pada tanaman dan akan membantu proses metabolisme pada saat pertumbuhan.

Setiap tanaman memerlukan suplai nutrisi makanan yang cukup. Suplai tersebut selain dari unsur hara pada media tanamnya juga berasal dari pupuk. Pada masa awal pertumbuhan unsur yang lebih banyak diperlukan oleh tanaman pada umumnya adalah unsur nitrogen. Nitrogen merupakan bahan pembentuk senyawa protein yang diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan oleh karena itu ion dan radikal bebas nitrogen dari plasma lucutan pijar korona memberi manfaat lebih bagi tanaman yang pada saat pertumbuhan awal sangat memerlukan unsur nitrogen dalam jumlah yang cukup banyak.

Pada Gambar 4.1 menunjukkan hubungan perubahan panjang daun setiap minggu selama 8 minggu. Pemberian plasma 1 menit, 2 menit, 3 menit dan 5 menit peradiasian cenderung lebih besar perubahannya dari pada yang disinari 4 menit, 6 menit, 7 menit dan pada tanaman yang tidak diradiasi. Namun pada pemberian radiasi 4 menit masih lebih cepat dibanding yang diradiasi lebih dari 5 menit dan yang tanpa diradiasi. Hal ini karena pada pemberian plasma 1 hingga 5

menit, unsur nitrogen yang dihasilkan oleh plasma lucutan pijar korona lebih efektif terserap oleh bagian daun tanaman anggrek sehingga dapat meningkatkan laju pertumbuhannya. Sedangkan pada pemberian plasma yang lebih lama durasinya justru pertumbuhannya kurang cepat, hal ini karena selain membutuhkan unsur nitrogen yang banyak, tanaman anggrek juga mempunyai batas kandungan nitrogen dalam tubuhnya sehingga terlalu banyak unsur nitrogen menyebabkan kejenuhan terhadap unsur tersebut pada tanaman sehingga laju pertumbuhannya justru tidak akan optimal. Laju pertumbuhan rata-rata tanaman yang diradiasi plasma dengan waktu radiasi lebih dari 5 menit hanya sedikit di atas laju pertumbuhan rata-rata tanaman yang tidak diradiasi plasma.

Walaupun perubahan lebar daun tak secepat perubahan panjang daun namun perubahan tersebut menunjukkan perbedaan pada tanaman yang diradiasi plasma dengan yang tidak diradiasi. Pada Gambar 4.2 tampak bahwa perubahan lebar daun pada tanaman yang diradiasi relatif lebih cepat dari yang tidak diradiasi. Perubahan yang besar terjadi pada tanaman yang diradiasi dengan durasi waktu 1 hingga 5 menit. Hasil ini hampir sama seperti halnya perubahan panjang daun. Sedangkan pada waktu radiasi 6 menit, dan 7 menit hampir sama dengan perlakuan kontrol dengan pemberian pupuk dan tanpa pupuk. Perubahan lebar daun berkaitan dengan perubahan panjang daun karena menurut pertumbuhan pada tanaman juga diindikasikan oleh luas daun yaitu berkaitan dengan fungsi daun sebagai tempat terjadinya fotosintesis. Oleh karena itu pengamatan dilakukan dengan pengukuran panjang dan lebar daun.

Walaupun organ yang diradiasi oleh plasma adalah daun, namun pertumbuhan juga dilihat dari perubahan panjang akarnya. Akar memiliki fungsi yang penting. Pada tanaman, akar menyerap air dan zat hara dari media

tanamnya. Namun pada tanaman anggrek akar dapat berperan ganda yakni selain untuk menyerap air juga digunakan untuk mengokohkan posisi tubuh berkaitan dengan tempat hidupnya yang lebih banyak hidup secara menempel. Semakin besar dan kuatnya akar maka pertumbuhannya akan semakin baik. Pengaruh radiasi plasma terhadap perubahan panjang akar tampak seperti Gambar 4.3

Laju pertumbuhan akar ternyata tidak sepenuhnya sama dengan laju pertumbuhan daun. Pada grafik perubahan panjang dan lebar daun, pertumbuhan paling cepat terlihat dari hasil radiasi plasma dengan durasi waktu yang relatif singkat, namun pada pertumbuhan akar ternyata hasilnya berbeda. Hasil yang cukup baik dicapai oleh grafik tanaman dengan pemberian radiasi plasma 3 hingga 5 menit sedangkan radiasi plasma dengan durasi waktu selain waktu tersebut menunjukkan peningkatan yang tidak terlalu signifikan bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol dengan pemberian pupuk. Akar pada tanaman anggrek mengalami perubahan terbesar pada pemberian radiasi plasma sebesar 3 menit. Bagian akar tidak secara langsung terkena radiasi plasma sehingga pengaruh plasma tidak begitu tampak. Nitrogen yang terdeposisi dan terserap oleh bagian daun akan lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan daun sehingga pada akarnya tidak mendapat suplai nitrogen yang cukup pada radiasi yang berdurasi singkat. Oleh karena itu diperlukan waktu radiasi yang lebih lama agar pengaruh pemberian radiasi plasma pada daun dapat memberikan suplai nitrogen yang cukup pada bagian akar. Namun pada waktu pemberian radiasi yang lebih lama dari 5 menit, laju pertumbuhan akar ternyata juga tidak memberikan hasil yang signifikan sehingga untuk pertumbuhan akar waktu optimalnya adalah 3 hingga 5 menit.

Sebagai dampak dari perubahan yang terjadi pada daun, tinggi tanaman

juga akan berubah. Munculnya daun baru juga merupakan salah satu penyebab perubahan tinggi tanaman. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.4, perubahan tinggi tanaman tidak jauh berbeda dengan perubahan panjang atau lebar daun. Perubahan yang terjadi pada tanaman yang diradiasi plasma dengan durasi 1 hingga 4 menit menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diradiasi lebih dari 4 menit atau pun tanaman yang tanpa diradiasi.

Pada tanaman yang tidak diradiasi, jelas menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Pertumbuhan tanaman yang tidak diradiasi dan tidak diberi pupuk menunjukkan hasil yang paling buruk, sedangkan untuk tanaman yang tidak diradiasi namun tetap diberi pupuk menunjukkan hasil yang hampir sama dengan tanaman yang diradiasi plasma dengan durasi waktu 5 hingga 7 menit.

Bertambahnya panjang atau lebar daun, panjang akar atau tinggi tanaman secara langsung akan meningkatkan perubahan massa tanaman. Namun dari hasil yang diperoleh ternyata tidak demikian, tanaman anggrek baik yang diradiasi maupun yang tidak diradiasi sebagian tidak menunjukkan perubahan massa yang signifikan. Hanya sedikit tanaman yang massanya bertambah dan sebagian yang lain menunjukkan massa yang tetap. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut antara lain rontoknya daun atau akar bawaan, daun yang layu, akar yang menyusut, dan berkurangnya kadar air dalam tubuh tanaman karena penguapan yang cukup tinggi. Pertambahan panjang atau lebar, panjang akar atau munculnya daun dan akar baru belum dapat mengimbangi massa daun atau akar yang rontok, layu atau menyusut.

Dari hasil yang diperoleh, waktu efektif yang harus diberikan pada tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis*, tidak dapat ditentukan hanya dari salah satu parameter pertumbuhan saja. Pada

Gambar 4.6 tampak bahwa waktu efektif pemberian plasma pada grafik perubahan panjang daun, lebar daun, panjang akar, tinggi tanaman serta massa tanaman tidak sama. Pada pemberian radiasi plasma dengan durasi waktu yang singkat, terdosisnya unsur nitrogen pada kondisi plasma pada organ daun tanaman anggrek akan lebih efektif bila dibandingkan dengan pemberian plasma dengan durasi yang lama. Nitrogen dalam bentuk ion dan radikal bebas akan semakin banyak bila durasi waktu pemberian plasma lebih lama sehingga pada daun akan kelebihan unsur nitrogen dan menghambat masuknya unsur lain yang dibutuhkan oleh tanaman. Hal tersebut justru menyebabkan organ yang diradiasi yakni organ daun pertumbuhannya menjadi kurang baik.

Berbeda dengan organ daun, akar tidak dikenai langsung oleh radiasi plasma. Grafik perubahan panjang akar menunjukkan nilai maksimum pada radiasi 4 menit. Penyerapan organ akar terhadap unsur hara di luar tubuh tanaman anggrek kurang efektif bila dibandingkan dengan organ daun. Oleh karena itu pada saat organ daun diradiasi plasma dengan durasi waktu yang singkat, akar sedikit menyerap unsur nitrogen. Tetapi ketika diradiasi plasma dengan durasi yang lama, unsur nitrogen di luar tubuh anggrek akan lebih banyak sehingga akar akan menyerap lebih banyak unsur nitrogen.

### Kesimpulan

1. Tanaman anggrek *Phalaenopsis* yang diradiasi plasma menunjukkan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan tanaman anggrek yang tidak diradiasi plasma.

2. Waktu efektif pemberian plasma untuk pertumbuhan yang optimal tanaman anggrek *Phalaenopsis* dari grafik adalah 1 menit, sedangkan dari hasil perhitungan laju pertumbuhan rata – rata, hasil terbesar ditunjukkan pada pemberian plasma 2 menit.
3. Dapat disimpulkan sebagai hipotesa baru bahwa peradiasian plasma pada anggrek telah memperkaya unsur hara ( $N_2^+$ ,  $N^+$ ,  $N^*$ ) untuk pertumbuhan.

### Daftar Pustaka

- [1] Sandra, E. 2003, “Kultur Jaringan Anggrek”, Jakarta, Penerbit Gramedia Pustaka
- [2] Arditti, J., 1983, “Orchid Biology”, London, Cornell University Press
- [3] Nurbuwati, 2005, *Pengaruh Radiasi Plasma Lucutan Pijar terhadap Perkecambahan Biji Sawi pada Tekanan Atmosfer*, Skripsi Fisika UNDIP, Semarang
- [4] Komariyah, 2003, *Dekontaminasi Bakteri Escherichia coli dengan Plasma Lucutan Pijar Korona pada Tekanan Atmosfer*, Skripsi Fisika UNDIP, Semarang
- [5] Giller, K.E. dan K.J. Wilson, 1991, *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*, London, Redwood Press
- [6] Delvin, R.M., dan F.H. Witham, , 1983, “Plant Physiology”, fourth edition, Boston Willard Grant Press
- [7] Iswanto, H., 2001, *Merawat dan membungakan Anggrek Phalaenopsis*, Jakarta, Penerbit Agromedia Pustaka

