

## RANCANG BANGUN ALAT PEMACU TUMBUH TANAMAN GUNA MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS HASIL PERTANIAN PADA INDUSTRI KECIL HERBAL

Imam Sodikin<sup>1</sup>, Joko Triyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND  
Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Yogyakarta 55222 Telp 0274 563029

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND  
Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Yogyakarta 55222 Telp 0274 563029  
Email:dikiam12@yahoo.com

### Abstrak

*Simplisia merupakan bahan dasar pembuat jamu yang dihasilkan dari aneka tanaman obat. Tanaman tersebut dibudidayakan oleh Kelompok Tani Sumber Makmur yang berada di dataran tinggi di wilayah Magelang. Masyarakat petani terkadang gagal panen karena tanamannya layu bahkan mati. Pertumbuhan atau persemaian tanaman menjadi sulit karena terganggu adanya mendung, dan hujan yang terus-menerus. Waktu pembibitan yang relatif lama, yaitu 30 hari, menyebabkan proses penanaman di lahan pertanian serta pemanfaatan hasilnya menjadi lama. Kondisi tersebut mengakibatkan hasil panen relatif rendah dan merugikan industri kecil herbal. Tujuan program ini adalah terciptanya alat pemercepat pertumbuhan tanaman yang mandiri, mempercepat waktu tumbuh tanaman pada masa pembibitan, meningkatkan produktivitas hasil, serta teratasinya permasalahan cuaca. Guna tercapainya tujuan tersebut diperlukan adanya alat pemacu tumbuh tanaman simplisia yang dapat beroperasi secara kontinu. Metode yang diterapkan adalah perancangan dan mengaplikasikan sistem radiasi menggunakan alat pemacu proses pertumbuhan tanaman, sehingga mampu mempercepat proses tumbuh dan menunjang pemenuhan bahan baku di industri kecil herbal. Hasil yang dicapai adalah alat pemacu tumbuh tanaman simplisia yang dapat menghasilkan proses percepatan tumbuh tanaman yang tidak terpengaruh cuaca. Alat pemacu ini mampu mempercepat tumbuh tanaman pada masa pembibitan. Waktu tumbuh tanaman pepaya untuk mencapai tinggi batang 10 cm, jumlah daun 7 buah dengan lebar daun 5 cm adalah 20 hari. Alat pemercepat tumbuh tanaman ini dapat mempersingkat waktu pembibitan sebesar 33,33% dari cara penyinaran dengan matahari. Percepatan tumbuh batang rata-rata perharinya meningkat 16,9%. Hal ini menunjukkan bahwa alat pemacu tumbuh tanaman bekerja efisien dan efektif sehingga mampu meningkatkan produktivitas industri kecil herbal.*

**Kata kunci:** herbal; pemacu; produktivitas; simplisia; tumbuhan

### Pendahuluan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2002 Tentang Ketahanan Pangan dan Undang-undang Nomor 7 Tahun 1996 tentang Pangan mengamanatkan bahwa pemerintah bersama masyarakat mewujudkan ketahanan pangan bagi seluruh rakyat Indonesia. Indonesia sebagai negara agraris dan maritim dengan sumber daya alam dan sosial budaya yang beragam membuka ruang kepada pemerintah propinsi, kabupaten/kota dan/atau desa melaksanakan kebijakan ketahanan pangan di wilayahnya masing-masing. Masyarakat mempunyai peran yang luas dalam mewujudkan ketahanan pangan melalui sektor pertanian yang merupakan suatu solusi utama dalam permasalahan ketahanan dan keamanan pangan.

Kabupaten Magelang secara topografi merupakan dataran tinggi yang berbentuk menyerupai cawan karena dikelilingi oleh lima gunung. Pegunungan Menoreh terletak di sisi selatan Kabupaten Magelang sepanjang perbatasan dengan Kabupaten Purworejo. Kabupaten Magelang secara geoeconomis merupakan daerah perlintasan jalur ekonomi Purworejo-Magelang, Wonosobo-Magelang, Yogyakarta-Magelang dan Semarang-Magelang. Kabupaten Magelang mempunyai iklim yang bersifat tropis dengan temperatur udara 20°C-27°C. Kabupaten Magelang mempunyai curah hujan yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan banyak kendala pada aktivitas yang membutuhkan cahaya matahari.

Simplisia merupakan bahan dasar pembuat jamu dan obat-obatan yang dihasilkan dari aneka tanaman obat yang dibudidayakan atau tumbuh liar yang telah melalui proses pengeringan. Hampir seluruh petani lahan kering mempunyai aktivitas rutin selain tanaman pokok juga tumpang sari dengan tanaman rempah-rempah. Beberapa kelompok tani yang tergabung dalam Assosiasi Tanaman Biofarmaka "Assyfa Farma", salah satunya Kelompok

Tani Sumber Makmur, secara serius membudidayakan tanaman bahan jamu atau obat-obatan. Hasil pertanian tersebut kemudian dijual ke industri kecil mitra kelompok tani yaitu Menoreh Herbal. Industri kecil ini mengolah simplisia menjadi jamu, yang kemudian didistribusikan ke konsumen langsung maupun ke outlet-outlet jamu di Indonesia, serta mengirimkan simplisia ke beberapa perusahaan jamu, baik di Jawa Tengah dan DIY bahkan sampai ke Jawa Barat dan beberapa kota di Indonesia. Industri ini juga menghasilkan jamu godhog yang belum dijadikan bubuk atau produk jamu rebus yang dikonsumsi masyarakat pedesaan maupun perkotaan di Daerah Magelang.

Letak geografis tanah pertanian yang dikelola Kelompok Tani Sumber Makmur ada di pedesaan dan dataran tinggi di wilayah Magelang Jateng yang memiliki curah hujan tinggi. Masyarakat petani terkadang gagal melakukan panen yang disebabkan oleh hama penyakit dan cuaca yang tidak menentu sehingga tanaman layu bahkan mati karena tidak dapat melakukan fotosintesis. Pertumbuhan tanaman bahan jamu yang menggunakan panas matahari tidak lancar, karena terganggu adanya mendung, dan hujan yang terus-menerus. Kondisi tersebut menyebabkan produksi hasil panen tidak optimal. Waktu tumbuh tanaman simplisia juga tidak optimal atau mengalami pertumbuhan yang kurang cepat. Daun berwarna hijau, dan batang kecambahnya kokoh serta berisi, namun pertumbuhan daunnya lambat. Pertumbuhannya lambat disebabkan cahaya matahari yang setiap saat berubah-ubah intensitas dan suhunya. Sering terjadinya hujan, cuaca berawan, musim panas dan penghujan tidak menentu sangat berpengaruh pada kebutuhan pangan.

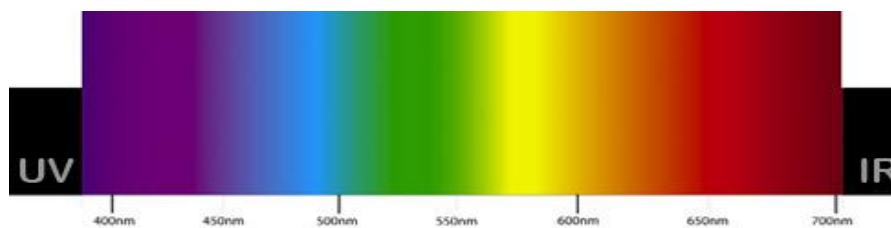
Curah hujan yang cukup tinggi menjadi penyebab hasil panen bahan baku jamu/simplisia masih berkualitas rendah karena proses pertumbuhan tanamannya terkendala cuaca. Saat ini, proses tumbuh tanaman simplisia dilakukan secara konvensional atau bergantung pada adanya sinar matahari, sehingga saat musim hujan jumlah produksinya menurun. Petani mengalami banyak kerugian, akibat tidak dapat memenuhi kebutuhan pasar. Kebutuhan masyarakat akan ketersediaan simplisia yang sangat banyak menyebabkan terjadi masalah serius akibat dari penurunan atau bahkan rusaknya simplisia. Terlebih saat ini terjadi *global warming* dimana musim panas dan penghujan tidak menentu yang sangat berpengaruh pada kebutuhan pangan, yang terjadi pada para petani adalah sulitnya persemaian yang disebabkan tidak stabilnya sinar matahari. Waktu pembibitan yang relatif lama, yaitu 30 hari, menyebabkan proses penanaman di lahan pertanian serta pemanfaatan hasilnya menjadi lama. Kondisi tersebut mengakibatkan hasil panen relatif rendah dan merugikan industri kecil simplisia dikarenakan kurang tercukupinya kebutuhan hasil tanaman. Salah satu solusi yang diharapkan dapat mengatasi persoalan itu adalah solusi yang memfokuskan pada upaya percepatan tumbuh tanaman bahan jamu yang lebih efektif dan efisien dengan menggunakan potensi teknologi yang berkembang saat ini. Teknologi yang diterapkan berupa Teknologi Tepat Guna yaitu Alat Pemacu Tumbuh Tanaman yang menggunakan lampu LED pemancar sinar ultra violet yang dapat dipergunakan oleh masyarakat dalam segala kondisi cuaca, sehingga dapat membantu industri kecil dalam memenuhi kebutuhan pasar serta meningkatkan produktivitas. Tujuan yang akan dicapai adalah terciptanya suatu alat radiasi pemercepat pertumbuhan tanaman yang aman dan mandiri, mempercepat waktu tumbuh tanaman pada masa pembibitan, meningkatkan kuantitas dan produktivitas hasil tanaman simplisia, serta teratasinya permasalahan cuaca yang mengganggu proses fotosintesis tanaman yang menggagalkan kualitas dan kuantitas panen petani. Guna tercapainya tujuan tersebut diperlukan ada alat pemacu tumbuh tanaman simplisia yang dapat beroperasi secara kontinu tanpa ada ketergantungan cuaca.

Pada tahap perancangan dan pembuatan alat ini dibutuhkan beberapa komponen pendukung yang sering dijumpai dalam rangkaian elektronika dan beberapa sumber yang menyangkut pemicu pembuatan alat ini. Teori komponen ini bertujuan untuk mempermudah agar para perancang dapat merancang suatu alat dengan baik. Ketepatan dan ketelitian dalam pemilihan berbagai nilai atau ukuran dari komponen merupakan langkah penting yang mempengaruhi kinerja hasil dan alat yang dirancang. Dalam perancangan alat ini tidak lepas dari referensi sebagai sumber wacana yaitu:

- a. Spora dapat berkecambah dalam kondisi cahaya terang biasa ataupun gelap dan perkecambahan spora akan terhambat jika diberi penyinaran UV lebih dari 2 jam dan pemberian sinar matahari langsung (Pawirosoemardjo dan Purwantara, 1987).
- b. Faktor cuaca seperti suhu, kelembaban, curah hujan, angin dan radiasi berpengaruh pada setiap tingkat siklus perkembangan tanaman (Friesland and Schodter, 1988).
- c. Radiasi matahari yang ditangkap klorofil pada tanaman yang mempunyai hijau daun merupakan energi dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis ini menjadi bahan utama dalam pertumbuhan dan produksi tanaman pangan. Selain meningkatkan laju fotosintesis, peningkatan cahaya matahari biasanya mempercepat pembungaan dan pematangan. Sebaliknya, penurunan intensitas radiasi matahari akan memperpanjang masa pertumbuhan tanaman. Jika air cukup maka pertumbuhan dan produksi padi hampir seluruhnya ditentukan oleh suhu dan oleh radiasi matahari (Tjasjono, 1995).
- d. Setiap tanaman atau jenis pohon mempunyai toleransi yang berlainan terhadap cahaya matahari. Ada tanaman yang tumbuh baik di tempat terbuka sebaliknya ada beberapa tanaman yang dapat tumbuh dengan baik pada tempat teduh/bernaungan. Ada pula tanaman yang memerlukan intensitas cahaya yang berbeda sepanjang periode hidupnya. Pada waktu masih muda memerlukan cahaya dengan intensitas rendah dan menjelang saphan mulai memerlukan cahaya dengan intensitas tinggi (Soekotjo, 1976 dalam Faridah, 1996).

- e. Jumlah daun tanaman lebih banyak di tempat ternaung daripada di tempat terbuka. Di tempat terbuka mempunyai kandungan klorofil lebih rendah dari pada tempat ternaung. Naungan memberikan efek yang nyata terhadap luas daun. Daun mempunyai permukaan yang lebih besar di dalam naungan daripada di tempat terbuka (Marjenah, 2001).
- f. Radiasi (sinar UV) dan cahaya mempunyai peranan bagi perkembangan epidemiologi dan biologi patogen. Siklus hidup patogen dapat berubah dengan berubahnya periode cahaya terang dan gelap. Sinar ultraviolet (UV) dapat menekan perkembangan patogen dalam waktu tertentu dan dapat mengakibatkan tertekannya pembentukan spora patogen. Epidemio penyakit gugur daun *Corynespora* biasanya terjadi dalam kondisi cuaca mendung (intensitas cahaya rendah akibat terhalang awan) dalam jangka waktu sedikitnya satu bulan secara terus-menerus (Situmorang dan Budiman, 2004).
- g. Fotosintesa memerlukan intensitas radiasi yang lebih besar dari fotoperiodisme, pada umumnya kecepatan fotosintesis tanaman bertambah tinggi dengan naiknya intensitas cahaya. Pada nilai-nilai intensitas cahaya tertentu, kecepatan fotosintesa tidak dipengaruhi oleh intensitas cahaya karena daun telah jenuh dengan cahaya (Guslim, 2007).

Cahaya memberikan energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman/pohon secara langsung melalui tumbuhan hijau atau melalui organisme lain. Hal ini tergantung kepada zat-zat organik yang disintesa oleh tumbuhan hijau. Kualitas cahaya berkaitan erat dengan panjang gelombang, dimana panjang gelombang ungu dan biru mempunyai foton yang lebih berenergi bila dibanding dengan panjang gelombang jingga dan merah.



Gambar 1. Perbedaan Kualitas Cahaya Berdasarkan Panjang Gelombang

Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa panjang gelombang 750-626 nm adalah warna merah, panjang gelombang 626-595 nm adalah warna orange/jingga, panjang gelombang 595-574 nm adalah warna kuning, panjang gelombang 574-490 nm adalah warna hijau, panjang gelombang 490-435 nm adalah warna biru, dan panjang gelombang 435-400 nm adalah warna ungu. Semua warna-warni dari panjang gelombang ini berpengaruh terhadap fotosintesis, pertumbuhan, dan perkembangan pohon baik secara generatif maupun vegetatif. Warna kuning dan hijau dimanfaatkan oleh tanaman sangat sedikit, panjang gelombang yang paling banyak diabsorpsi berada di wilayah violet sampai biru dan orange sampai merah.

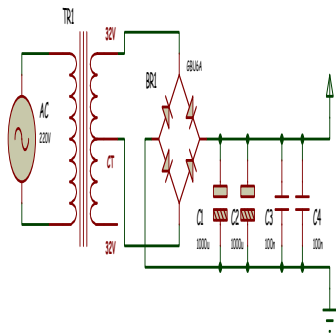
Cahaya spektrum warna yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman adalah cahaya tampak yang memiliki gelombang terpendek dan terpanjang. Cahaya tampak dengan gelombang terpendek memberi warna ungu dan gelombang terpanjang memberi warna merah. Hal ini karena fotosintesis akan berjalan lebih efektif pada spektrum warna merah dan ungu. Pigmen klorofil menyerap lebih banyak cahaya terlihat pada warna ungu (400-450 nanometer) dan merah (650-700 nanometer).

### Bahan Dan Metode Penelitian

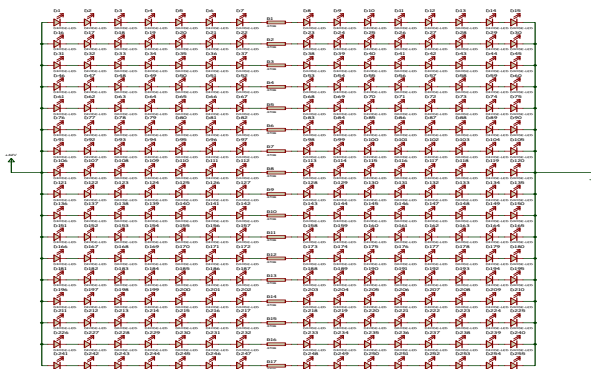
Bahan yang diuji adalah bibit pepaya yang ditanam pada polybag ukuran 8 x 12 cm dengan media campuran tanah dan pupuk kandang. Radiasi penyinaran dilakukan dengan menggunakan alat pemacu tumbuh tanaman. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan alat pemacu pertumbuhan tanaman secara elektronik ke sumber tegangan PLN 220V AC. Cahaya yang dihasilkan akan menyinari tanaman pada polybag tersebut dengan jarak  $\pm 100$  cm pada pukul 18.00-06.00 selama 12 jam. Pertumbuhan tanaman diukur setiap hari menggunakan pengaris. Adapun yang diukur pada tanaman pepaya adalah tinggi (batang) tanaman, panjang lebar, dan banyaknya daun.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui perancangan dengan mengaplikasikan radiator sebagai sistem pemacu proses pertumbuhan tanaman simplisia untuk diterapkan pada masyarakat petani atau lahan pertanian, sehingga mempercepat proses tumbuh saat pembibitan dan menunjang pemenuhan bahan baku produksi di industri kecil herbal. Alat pemacu ini dapat dipakai pada musim panas maupun hujan, di samping itu juga dapat dipakai siang dan malam hari. Adanya alat pemacu tumbuh tanaman simplisia ini akan membantu masyarakat agar tidak terhambat dalam proses tumbuh saat pembibitan tanaman simplisia.

Konsep pembuatan alat pemacu pertumbuhan tanaman secara elektronik ini seperti terlihat pada gambar 2 dan 3 di bawah ini.



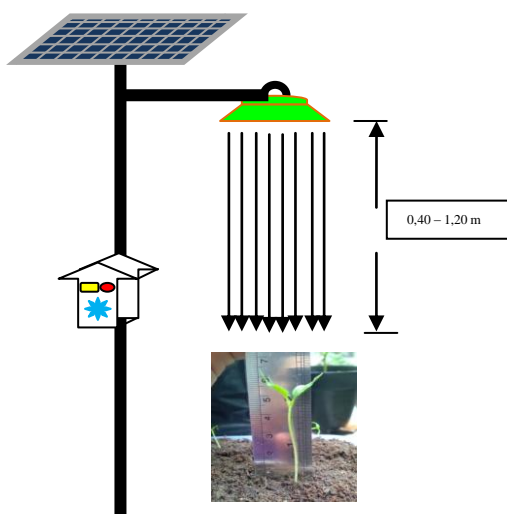
Gambar 2. Rangkaian Catu Daya



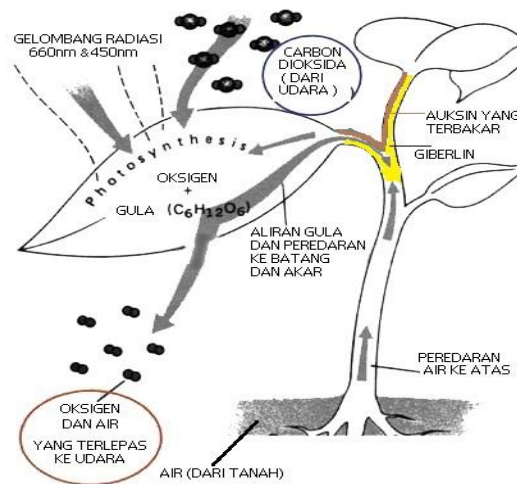
Gambar 3. Rangkaian Beban

Ketika rangkaian dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik (*Alternating Current/AC*) 220 volt, maka tegangan tersebut akan diubah oleh rangkaian *Power Supply* menjadi tegangan searah (*Direct Current*) sebesar 43,5 volt. Tegangan ini untuk mensuplai blok lampu LED 13,5 Watt, dan LED tersebut memancarkan sinar pada media tumbuhan dengan jarak ± 100 cm. Rangkain ini adalah rangkain utama dalam alat ini, karena rangkaian inilah yang menyinari tanaman sebagai pemacu pertumbuhan.

Pemercepat pertumbuhan tanaman ini adalah merupakan hasil pengembangan dari berbagai aplikasi elektronika, yaitu photovoltaik sebagai konverter energi matahari, baterai sebagai penyimpan arus dan tegangan, inverter sebagai konverter arus, timer sebagai sistem pewaktuan dan travo elektrik sebagai pembangkit radiator. Alat pemacu tumbuh tanaman ini bekerja dengan cara memancarkan gelombang radiasi 660 nm dan 450 nm yang diterima oleh klorofil, auksin, dan giberelin. Klorofil akan menyerap gelombang tersebut secara sempurna untuk melakukan fotosintesis. Auksin yang terpapar gelombang radiasi akan terbakar dan memicu pertumbuhan tanaman ke arah sumber radiasi. Fungsi auksin adalah sebagai pengatur pembesaran sel dan memacu pemanjangan sel di daerah belakang maristem ujung. Pengaruh auksin yang lain adalah merangsang pembelahan sel-sel kambium, meningkatkan perkembangan bunga dan buah, merangsang perkembangan akar lateral dan menyebabkan pembengkokan batang. Auksin ini ditemukan di ujung batang dan akar serta di tempat pembentukan bunga, buah dan daun. Giberelin yang terpapar gelombang radiasi akan teransang untuk memaksimalkan fungsinya. Giberelin tidak mengakibatkan pucuk membengkok seperti pada auksin. Fungsinya merangsang pemanjangan batang, merangsang aktivitas enzim amilase dan proteinase yang berperan dalam mencerna cadangan makanan, merangsang pertumbuhan tunas, meghilangkan dormasi biji untuk memacu perkecambahan serta merangsang perbungaan dan pertumbuhan buah secara partenogenesis. Giberelin ditemukan pada semua bagian tumbuhan, misalnya pucuk batang, ujung akar, bunga, buah dan terutama pada biji. Alat pemacu tumbuh tanaman yang dihasilkan dan dampak pemaparan radiasinya dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 berikut ini.



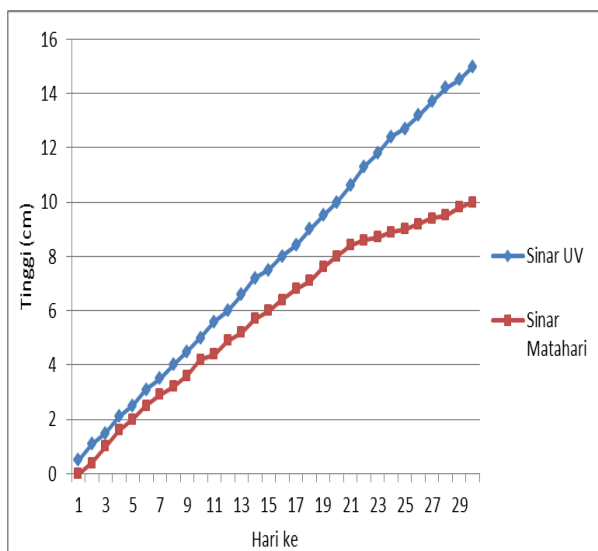
Gambar 4. Alat Pemacu Tumbuh Tanaman



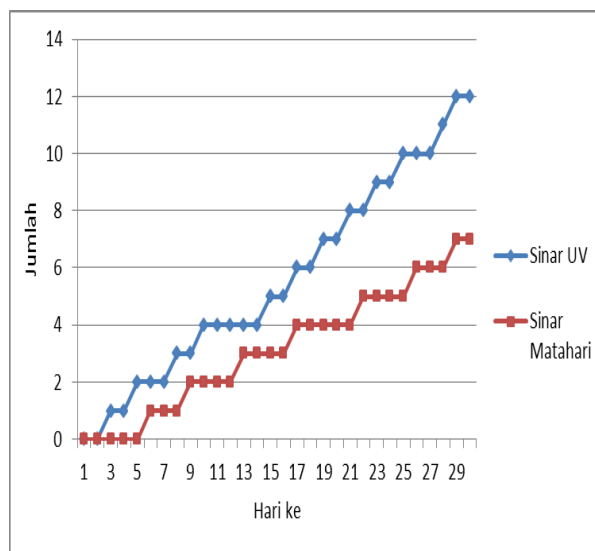
Gambar 5. Pemaparan Radiasi dari Alat Pemacu

**Hasil Dan Pembahasan**

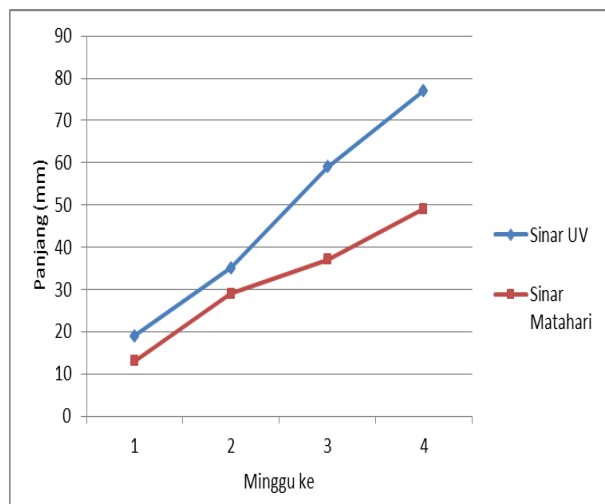
Hasil yang dicapai pada program ini adalah alat pemacu tumbuh tanaman simplisia yang ramah lingkungan, mudah pemeliharaannya, dan dapat bekerja terus menerus. Alat ini dapat menghasilkan proses percepatan tumbuh tanaman secara efektif, dan efisien karena dapat dioperasikan setiap saat. Alat pemacu ini mampu mempercepat tumbuh tanaman pada masa pembibitan. Waktu tumbuh tanaman pepaya untuk mencapai tinggi batang 10 cm, jumlah daun 7 buah dengan lebar daun 5 cm adalah 20 hari. Pada gambar 6,7,8, dan 9 berikut ini disajikan perbandingan tinggi batang, jumlah, panjang, dan lebar daun pepaya hasil penyinaran dengan menggunakan sinar UV dan matahari.



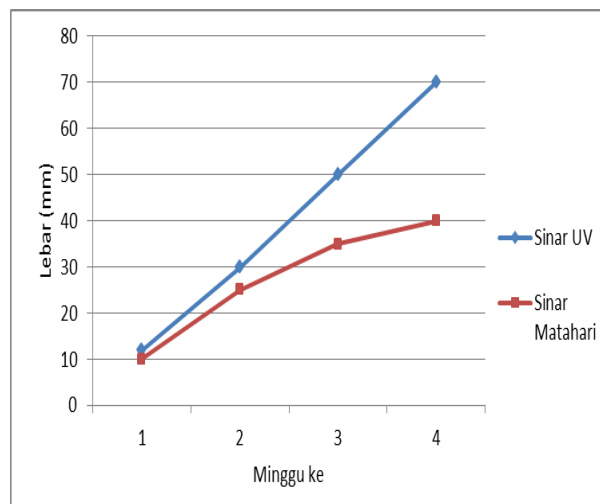
Gambar 6. Perbandingan Tinggi Batang Pepaya



Gambar 7. Perbandingan Jumlah Daun Pepaya



Gambar 8. Perbandingan Panjang Daun Pepaya



Gambar 9. Perbandingan Lebar Daun Pepaya

Pada gambar 6,7,8, dan 9 tersebut menunjukkan bahwa penyinaran dengan sinar UV pada alat pemacu tumbuh tanaman pepaya telah berhasil mempercepat proses pertumbuhan pada saat pembibitan. Rata-rata pertumbuhan tinggi batang perharinya adalah 0,50 cm. Rata-rata pertumbuhan panjang daun perharinya adalah 0,26 cm. Rata-rata pertumbuhan lebar daun perharinya adalah 0,23 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa rasio rata-rata pertumbuhan batang perharinya meningkat 1,5 kali, rasio rata-rata pertumbuhan panjang daun perharinya meningkat 1,57 kali, dan rasio rata-rata pertumbuhan lebar daun perharinya meningkat 1,75 kali dari metode penyinaran dengan memanfaatkan sinar matahari. Percepatan tumbuh tanaman dengan menggunakan alat pemacu dapat mempersingkat waktu pembibitan sebesar 33,33%, dan percepatan tumbuh batang rata-rata perharinya meningkat 16,9% dari cara penyinaran dengan sinar matahari (cara konvensional). Waktu proses pembibitan yang semakin singkat tersebut berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan ketersediaan bahan baku untuk industri kecil herbal.

### Kesimpulan

1. Tanaman pepaya yang disinari sinar UV dari alat pemacu tumbuh tanaman mengalami pertumbuhan tinggi yang cepat dan jumlah daunnya bertambah lebih cepat, berwarna hijau lebar dan tebal, serta batangnya tegak. Pertumbuhan yang cepat ini disebabkan oleh penyinaran yang cukup dan media tanam yang baik, sehingga proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik.
2. Panjang gelombang radiasi 660 nm dan 450 nm yang dipancarkan alat pemacu tumbuh tanaman dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman pada saat pembibitan. Waktu tumbuh tanaman pepaya untuk mencapai tinggi batang 10 cm, jumlah daun 7 buah dengan lebar daun 5 cm adalah 20 hari.
3. Percepatan tumbuh tanaman dengan menggunakan alat pemacu dapat mempersingkat waktu pembibitan sebesar 33,33%, dan percepatan tumbuh batang rata-rata perharinya meningkat 16,9% dari cara penyinaran matahari.
4. Alat pemacu tumbuh tanaman ini sangat menguntungkan para petani dan pengusaha industri kecil herbal, sehingga kelompok tani maupun industri kecil herbal akan dapat meningkatkan produktivitasnya.

### Daftar Pustaka

- Faridah, E., (1996), "Pengaruh Intensitas Cahaya, Mikoriza dan Serbuk Arang pada Pertumbuhan Alam *Dryobalanops sp*", Buletin penelitian Nomor 29, Fakultas Kehutanan, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Friesland, H. and Schodter, H., (1988), "*The Analysis of Weather Factors in Epidemiology in Kranz, J and Rotem, J (ed) Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*", Springer-verlag. P., 115-134.
- Guslim, (2007), "Dasar-Dasar Klimatologi", PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Marjenah, (2001), "Pengaruh Perbedaan Naungan di Persemaian Terhadap Pertumbuhan dan Respon Morfologi Dua Jenis Semai Meranti", Jurnal Ilmiah Kehutanan "*Rimba Kalimantan*" Vol. 6. Nomor 2, Samarinda, Kalimantan Timur.
- Pawirosoemardjo, S., Purwantara, A., (1987), "Sporulation and Spore Germination of *Corynespora Cassiicola*", Proceeding of IRRDB Symposium Pathology of *Hevea brasiliensis*, November 2-3, 1987, Chiang mai Thailand, P. 24-33.
- Situmorang dan Budiman, (2004), "Penyakit Tanaman Karet dan Pengendaliannya", Balai penelitian Sumbawa.
- Soekotjo, (1976), Silvika, "Proyek Peningkatan/Pengembangan Perguruan Tinggi IPB", Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor.
- Tjasjono, (1995), "Klimatologi Umum", ITB, Bandung.