

**LAPORAN AKHIR TAHUN PERTAMA**  
**Pendanaan Riset Inovatif-Produktif (Rispro) Invitasi**



**PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL CERDAS BERBASIS *INTERNET***  
***OF THINGS* UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN MUTU**  
**PURWOCENG SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI JAMU**

**KELOMPOK PERISET**

1. **Prof. Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, M.Sc. / Ketua Periset**
2. **Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si. / Anggota Periset 1**
3. **Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si. / Anggota Periset 2**
4. **Dr. Slamet Widodo, STP., M.Sc. / Anggota Periset 3**
5. **Dr. Eni Sumarni, STP., M.Si. / Anggota Periset 4**
6. **Dr. Eti Rohaeti, MS. / Anggota Periset 5**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**LEMBAGA PENGELOLA DANA PENDIDIKAN**  
**KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA**  
**TAHUN 2021**

FORMULIR MONITORING INTERNAL

TAHUN 1

Judul Riset : Pengembangan Sistem Kontrol Cerdas Berbasis Internet Of Things Untuk Peningkatan Produktivitas dan Mutu Puncoceng sebagai Bahan Baku Industri Jamu  
 Lokasi/Tempat Riset : Makung Indonesia 4.0, Malangan dan Mreman  
 Ketua Periset : Prof. Dr Ir Herry Subandono  
 Asst Instruktur : IPB  
 Mera Riset :  
 Total Usulan Waktu Pelaksanaan : 2 tahun

No	Indikator Kinerja Riset (IKR) Luaran	Progress Capaian IKR/Luaran				Keterangan	Kontribusi Mitra Rp	Kendala/Isu	Rencana Tahap Selanjutnya
		Deklarasi	%	Rp	Asygnan Tahap (20%) Maksimal Mula tahun %				
1	Sistem hidroponik terampil untuk budidaya tanaman puncoceng di greenhouse dataran tinggi dan plant factory berdasarkan hasil analisis produktivitas tanaman, analisis fitokimia, dan analisis keamanan pangan akar dan daun puncoceng yang dibudidayakan di dalam greenhouse di dataran tinggi dan plant factory.	D) greenhouse dataran tinggi, yaitu dilakukan: Pengujian 3 tipe hidroponik (leirig sirkular, drip non sirkular dan NFT) dengan masing-masing 3 taraf perlakuan EC (1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm) Pengambilan data meliputi: - Data pertumbuhan (jumlah daun, jumlah cabang, bobot basah, bobot kering) - Data mutu (fitokimia dan keamanan pangan)  Plant Factory : Budidaya awal harus dipanen lebih awal karena serangan penyakit, data pertumbuhan yang terinventarisir hingga sampai menjelang akhir masa vegetatif, sudah uji fitokimia, sedang melakukan pemodelan dan Analisa untuk menentukan kombinasi perlakuan terampil, sedang melakukan pengambilan ulang.	95	Rp 579.460.500	Rp 248.806.750	Rp 332.653.750	43%	Kendala : -  Solusi : -	Menyelenggarakan Analisa data dan merekomendasikan tipe hidroponik terampil yang akan digunakan pada budidaya takan keada.
2	Rancangan sistem pengendalian lingkungan untuk budidaya puncoceng di dalam greenhouse di dataran rendah telah terpasang dan siap digunakan untuk percobaan tahun kedua.	(1) Tersedianya hasil analisis keberman suhu dan kelembaban di dalam greenhouse dataran rendah yang merekomendasikan perencanaan dan pemasangan chiller agar mendapatkan kondisi iklim yang mendukung iklim yang lebih baik untuk tanaman puncoceng yang akan dibudidayakan di tahun kedua. (2) Melakukan uji sebaran suhu udara dan kelembapan relatif di dalam greenhouse dataran rendah yang melibatkan chiller terpasang	100	Rp 205.580.000	Rp 181.770.000	Rp 21.810.000	80%	Kendala : -	Mempertajakan lingkungan tanaman untuk budidayatanaman puncoceng di tahun ke 2
3	Model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman puncoceng di dalam greenhouse di dataran tinggi.	(1) Melakukan analisis fitokimia dan tingkat keamananan pangan, (2) membuat pemodelan dan optimasi terhadap parameter produktivitas dan mutu tanaman puncoceng, yang dibudidayakan di greenhouse dataran tinggi.	90	Rp 105.946.000	Rp 76.319.500	Rp 29.626.500	72%	Kendala : Pada proses uji fitokimia, ditemukan bahwa ada variasi data meliputi beberapa pada perlakuan yang sama (warna sampel yang tidak seragam).  Solusi : Perlu melakukan pengkajian dan penelitian lanjutan tentang varietas tanaman sehingga bibit yang ditanam menjadi seragam	Melakukan optimasi pertumbuhan dan mutu tanaman puncoceng yang dibudidayakan di greenhouse dataran tinggi.

No	Indikator Kinerja Riset (IKR) Luaran	Progress Capaian MR/Luaran		Anggaran Tahap I (70%)		Keterangan	Kontribusi Mitra	Kendala/solusi	Kemana Tahap Selanjutnya
		Daftar	Realisasi	Realisasi	sis lebih				
4	Model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman puringcoeng di dalam plant factory	Untuk penanaman awal : Promotifur data pertumbuhan dan lingkungan telah selesai, data analisa fitokimia sudah ada, melakukan pemodelan dan optimasi terhadap parameter produktivitas dan mutu tanaman puringcoeng yang dibudidayakan di plant factory. Untuk penanaman ulang : (a) Proses pengambilan data masih berlangsung, (b) Tanaman mencapai 5 BST	%	Rp	Rp	Rp	%	Kendala dan solusi (untuk penanaman awal) : Kendala : - Solusi penyelesaian : - Kendala dan solusi pada penanaman ulang (yang sedang berlangsung): Kendala : Budidaya yang kedua belum di panen Solusi penyelesaian : Harus menyiapkan drone dan menyelesaikan analisa produktivitas dan mutu.	Melakukan optimasi pertumbuhan dan mutu tanaman puringcoeng yang dibudidayakan di pf tahap pertama. Melakukan panen untuk budidaya tahap kedua. Mengukur bobot basah dan kering tanaman, uji fitokimia dan keamanan pangan, Melakukan pemodelan optimasi untuk budidaya tahap kedua
5	Penerapan sistem monitoring berbasis IOT untuk budidaya puringcoeng di greenhouse dan plant factory telah siap digunakan sebagai dasar pembuatan sistem kontrol berbasis pada tahun	Teknologi monitoring dan sistem informasi telah tersedia, telah diujicoba pada 2 lingkungan (greenhouse dan plant factory), kondisi lingkungan dapat dipantau setiap saat dan dari mana saja (melalui jaringan internet tersedia).	100					Kendala : - Solusi : -	Menyapkan sistem kontrol cerdas
6	Desain UI/UX awal untuk dashboard dan mobile apps (android)	Aplikasi berbasis WEB telah terada, aplikasi android versi 1 sementara sedang dikerjakan	100	Rp 161.659.500	Rp 97.944.800	Rp 65.714.700	60%	Kendala : Aplikasi android masih mengikuti tampilan berbasis web. Proses ke upload ke playstore masih dalam tahap pengujian. Solusi : Perlu perancangan aplikasi android (sah) full version agar lebih optimal di all type smartphone Kendala : Belum mendapatkan mitra yang tepat. Solusi : Mencari mitra	Kerjasama aplikasi android
7	Desain prototipe awal sistem yang secara fungsional berjalan	Desain prototipe awal telah selesai, tinggal perlu penyusutan dengan kebutuhan pengguna	100	Rp 1.106.910.000	Rp 651.146.250	Rp 453.783.750	59%	Kendala : Belum mendapatkan mitra yang tepat. Solusi : Mencari mitra	Mendapatkan mitra yang tepat. Memastikan keamanan paket teknologi di lingkungan terkecuali

Catatan Reviewer : Pelaksanaan penelitian telah berjalan dengan baik meskipun ada sedikit kendala terkait dengan kesengaman bibit yang digunakan, mengingat tanaman ini masih menggunakan bibit yang dihasilkan secara tradisional. Diutamakan agar untuk kebutuhan yang akan datang digunakan bibit yang diperoleh dari kultur jaringan, atau hasil budidaya yang berbasis klon, sehingga seragam dan kandungan kimia yang dihasilkan juga seragam.



Kepala BINA IPB  
Dr. Ir. Ernan Baktiadi, M. Agr  
NIP. 196510111990021002

Bogor, 6 Desember 2021  
Review  
Prof. Dr. Ir. Jamin, M.Si.  
NIP. 196503211990021001

## LEMBAR PENGESAHAN

### LAPORAN AKHIR TAHUN PERTAMA PENDANAAN RISPRO INVITASI

1. Judul Riset : Pengembangan Sistem Kontrol Cerdas Berbasis *Internet of Things* untuk Peningkatan Produktivitas dan Mutu Tanaman Purwoceng sebagai Bahan Baku Industri Jamu
2. Ketua Periset
- a. Nama Lengkap : Prof. Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, M.Sc.
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NIDN : 0010095910
  - d. Jabatan Struktural : -
  - e. Jabatan Fungsional : Guru Besar Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
  - f. Institusi Periset : LPPM IPB
  - g. Alamat : Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Jl. Raya Dramaga, Babakan, Kec. Dramaga, Bogor, Jawa Barat.
  - h. Nomor HP : 08111123579
  - i. Alamat Rumah : KPP-IPB Sindangbarang II, Blok J nomor 2, Bogor
  - j. Email : [herrysuhardiyanto59@gmail.com](mailto:herrysuhardiyanto59@gmail.com)
3. Mitra Riset : -  
Alamat Mitra Riset : -

4. Anggota Periset

No	Nama/NIDN	Asal Institusi
1.	Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si. NIDN. 0001017409	Pusat Studi Biofarmaka Tropika LPPM Departemen Kimia, FMIPA, IPB
2.	Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si. NIDN. 0015096504	Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
3.	Dr. Slamet Widodo, STP., M.Sc. NIDN. 0006098305	Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
4.	Dr. Eni Sumarni, STP., M.Si. NIDN. 0008087902	Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman
5.	Dr. Eti Rohaeti, MS. NIDN. 0007086008	Departemen Kimia, FMIPA, IPB

5. Pendanaan

Uraian	LPDP	Mitra	Total
Tahun Pertama	Rp. 1.410.200.000,-	-	Rp. 1.410.200.000,-

Menyetujui:



**Dr. Ir. Ernani Rustiadi, M.Agr.**  
NIDN. 0011106506

Bogor, 4 Januari 2022



**Prof. Dr. Ir. Herry Suhardiyanto, M.Sc.**  
NIDN. 0010095910

## DAFTAR ISI

Cover

Hasil evaluasi internal

Pengesahan

<b>Daftar Isi</b> .....	<b>i</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>ii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	9
1.3. Tujuan dan Manfaat .....	10
1.4. Luaran dan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan .....	11
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KEBARUAN RISET</b> .....	<b>12</b>
2.1. Tinjauan pustaka .....	12
2.2. Kebaruan Riset .....	31
<b>BAB III. PELAKSANAAN KEGIATAN RISET</b> .....	<b>33</b>
Indikator 1 .....	33
Indikator 2 .....	37
Indikator 3 .....	39
Indikator 4 .....	40
Indikator 5 .....	43
Indikator 6 .....	45
Indikator 7 .....	47
<b>BAB IV. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI</b> .....	<b>48</b>
Indikator 1 .....	48
Indikator 2 .....	52
Indikator 3 .....	58
Indikator 4 .....	62
Indikator 5 .....	67
Indikator 6 .....	71
Indikator 7 .....	76
<b>BAB V. PENUTUP</b> .....	<b>78</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## ABSTRAK

Sebelum riset dalam rangka pengembangan sistem kontrol berbasis *Internet of Things* untuk meningkatkan produktivitas dan mutu purwoceng ini dilakukan, sejak tahun 2017 sampai dengan 2019 telah dilakukan penelitian terkait, yaitu antara lain: 1) monitoring pertumbuhan guava menggunakan sistem kontrol berbasis IoT, 2) monitoring dan optimasi siklus hidup tanaman di *plant factory*, 3) kajian kandungan bahan kimia dan bobot panen purwoceng, kajian sensitivitas air dan pencahayaan *greenhouse* untuk budidaya purwoceng, 4) kajian teknologi *greenhouse* di wilayah tropika basah dan penerapan sistem *zone cooling*. Selanjutnya, mengingat potensinya sebagai bahan baku industri jamu dan adanya ancaman kepunahan tanaman purwoceng maka pengembangan sistem kontrol cerdas untuk peningkatan produktivitas dan mutu purwoceng yang dibudidayakan di dalam *greenhouse* dan *plant factory* perlu dilakukan. Hal ini merupakan bagian dari *road map* dari riset di bidang teknologi *greenhouse* dan hidroponik serta pengembangan sistem kontrol cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT).

Program Riset Inovatif-Produktif (Rispro) Invitasi ini bertujuan untuk mengintegrasikan beberapa kajian yang telah ada sebelumnya ke tahap pengembangan sistem kontrol cerdas berbasis IoT di lingkungan terkendali di luar Dieng untuk peningkatan produktivitas dan mutu tanaman purwoceng sebagai bahan baku industri jamu. Riset ini direncanakan untuk dilakukan selama dua tahun. Riset pada tahun pertama diarahkan pada pencapaian tujuh indikator, yaitu: 1) pemilihan sistem hidroponik terpilih untuk budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi dan *plant factory*, 2) perancangan sistem kendali lingkungan untuk *greenhouse* dataran rendah, 3) model dan optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi, 4) model dan optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng di *plant factory*, 5) perancangan sistem monitoring lingkungan terkendali yang membudidayakan tanaman purwoceng, 6) perancangan UI/UX dan 7) perancangan *prototype* teknologi monitoring perancangan *prototype* teknologi monitoring yang siap dikembangkan menjadi sistem kendali di tahun kedua pelaksanaan program. Riset pada tahun kedua diarahkan pada pengembangan sistem kontrol cerdas untuk budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran rendah dan *plant factory*, model dan optimasi pertumbuhan tanaman di *greenhouse* dataran rendah dan *plant factory*, evaluasi dan penyempurnaan *prototype* sistem kontrol cerdas agar sesuai kebutuhan pengguna.

Pemilihan sistem hidroponik untuk budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi dan *plant factory* dilakukan meliputi dua perlakuan dan tiga ulangan. Bibit tanaman purwoceng diperoleh dari dataran tinggi Dieng. Budidaya tanaman purwoceng dilakukan pada sistem hidroponik drip dan *Nutrient Film Technique* (NFT) di dalam *greenhouse* dan *plant factory*. Pengambilan data kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman dilakukan setiap tiga hari. Pengukuran parameter tanaman yang juga dilakukan setiap tiga hari adalah untuk mendapatkan gambaran pertumbuhan tanaman. Pengukuran bobot tanaman dilakukan pada saat panen. Analisis kandungan bahan aktif pada daun dan akar tanaman purwoceng serta analisis keamanan pangan dilakukan terhadap tanaman contoh. Walaupun *greenhouse* dataran rendah tempat riset tahun kedua sudah dilengkapi dengan *evaporative cooling system* tetapi suhu udara di dalamnya masih cukup tinggi. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi terhadap *evaporative cooling system* agar suhu udara di dalamnya masih berada dalam selang suhu optimal bagi pertumbuhan tanaman

purwoceng, yaitu berdasarkan hasil *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dan *thermal model* berdasarkan persamaan pindah panas. Selanjutnya, perancangan sistem monitoring dilakukan dalam empat tahapan, yaitu perancangan dan pembuatan paket teknologi monitoring perancangan dan pembuatan sistem informasi, integrasi dan pengujian sistem monitoring dan evaluasi penggunaan sistem monitoring.

Hasil pelaksanaan riset pada tahun pertama menunjukkan bahwa sistem hidroponik drip non sirkulasi dengan EC larutan nutrisi 1500 ppm memberikan pertumbuhan terbaik pada tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi, dengan bobot basah tanaman sebesar 211,81 gram, bobot basah tajuk 85,88 gram, bobot kering tajuk 10,64 gram bobot kering akar 7,31 gram, kadar fenolik 0,478 % pada daun dan 0,159% pada akar. Kadar flavonoid tertinggi juga ditemukan pada perlakuan EC1500 ppm pada tipe hidroponik drip non resirkulasi. Sistem irigasi ini juga menghasilkan kandungan kloroform yang lebih rendah di bawah batas acuan BPOM, dimana nilai ALT pada daun hanya mencapai  $1,2 \times 10^2$  koloni/gram pada akar  $5 \times 10^7$  koloni/gram pada akar (acuan BPOM  $5 \times 10^7$  koloni/gram), sehingga tetap aman untuk dikonsumsi.

Kadar steroid daun tanaman purwoceng hasil budidaya yang dilakukan dalam riset ini ternyata kurang lebih dua kali lipat dibandingkan kadar steroid daun purwoceng yang diperoleh dari pasar. Daun dan akar tanaman purwoceng hasil budidaya pada sistem ini memiliki kandungan antioksidan hingga 49.268 mg asam askorbat/L ekstrak, namun kurang berpotensi sebagai antibakteri. Berdasarkan pola kromatografi lapis tipis diketahui bahwa pola senyawa tiap individu tanaman per perlakuan beragam. Hal ini diperkirakan ada kaitannya dengan keragaman potensi genetik bibit tanaman yang berasal dari kebun milik petani. Budidaya tanaman purwoceng di *plant factory* dengan periode pencahayaan 14 jam dan 16 jam dengan EC larutan nutrisi 1000 ppm dan 1500 ppm menampilkan pertumbuhan luas daun dan tingkat kehijauan daun yang cukup tinggi, yaitu memiliki nilai R<sup>2</sup> 0,9 dan MAPE 3,6 %, terindikasi positif mengandung bahan aktif steroid dan aman dikonsumsi.

Modifikasi *evaporative cooling system* yang dilakukan dengan menambahkan *water chiller* berhasil menjaga suhu udara di dalam *greenhouse* dataran rendah pada rata-rata 27 °C yaitu lebih rendah dari suhu udara di luar *greenhouse*. Hal ini dapat dicapai pada tengah hari ketika cuaca cerah, air yang diteteskan ke *cooling pad* didinginkan lebih dahulu menggunakan *chiller* sampai suhunya mencapai sekitar 13 °C. Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) di *greenhouse* dataran tinggi dan *plant factory* berhasil dilakukan dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,983 dan MAPE 3,6% untuk *greenhouse* dataran tinggi serta dengan nilai R<sup>2</sup> 0,9633 dan MAPE 4,1% untuk *plant factory*. Hasil analisa optimasi dengan *Genetic Algorithm* (GA) memberi gambaran pertumbuhan optimal pada perlakuan EC larutan nutrisi 1500 ppm dan lama pencahayaan 14 jam di *plant factory*.

Dalam rangka perancangan sistem control cerdas, pada tahun pertama telah dibuat sistem monitoring berbasis LoRa ESP32 yang meliputi kelompok *node* pada tanaman serta *gateway* pada ruang tanam dan *server*. Parameter lingkungan pertumbuhan tanaman di *plant factory* telah dapat dipantau secara *realtime* dari jarak jauh menggunakan aplikasi *interface* berbasis *web* dan *android*. Dari segi fungsional, sistem monitoring yang dikembangkan telah diujicobakan untuk digunakan oleh pengguna dan mencapai tingkat kepuasan > 80%, sehingga dapat ditetapkan untuk menjadi *prototype* yang siap

disempurnakan. Hal menarik yang telah ditemukan dari pelaksanaan riset pada tahun pertama adalah bahwa kandungan bahan aktif stigmasterol pada contoh tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory* ternyata lebih tinggi dibandingkan kandungan bahan aktif sejenis pada tanaman purwoceng yang diperoleh dari pasaran.

Selanjutnya pada tahun kedua perlu dilakukan percobaan budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran rendah dan pengembangan sistem kontrol cerdas berbasis IoT berdasarkan hasil pengembangan sistem monitoring yang telah dilakukan pada tahun pertama. Sejumlah *node* sensor akan ditempatkan pada media tanam, sehingga data parameter iklim mikro pada media tanam akan dikumpulkan dan dimodelkan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Hasil pemodelan digunakan sebagai referensi pemberian pengendalian terhadap pengaturan irigasi. Benih untuk budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran rendah perlu diupayakan berasal dari sumber yang lebih beragam yaitu dari tanaman yang sekarang sedang dibudidayakan di *plant factory*. Diharapkan bahwa produktivitas dan mutu tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam sistem hidroponik di *greenhouse* dataran rendah yang lingkungan pertumbuhan tanamannya dikendalikan menggunakan sistem kontrol cerdas ini akan lebih baik dibandingkan di lahan terbuka. Selanjutnya, penggunaan sistem kontrol cerdas hasil riset ini secara luas diharapkan dapat meningkatkan kemampuan bangsa dalam menguasai teknologi dalam era *Fourth Industrial Revolution* untuk meningkatkan ketersediaan purwoceng sebagai bahan baku industri jamu, sekaligus ikut berperan mengurangi impor bahan baku industri jamu.

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia telah berkomitmen untuk mempercepat implementasi Fourth Industrial Revolution (4IR) dalam inisiatif Making Indonesia 4.0 untuk melipatgandakan produktivitas tenaga kerja, meningkatkan daya saing global, mengangkat pangsa pasar ekspor global, sehingga pada akhirnya Indonesia dapat menjadi salah satu negara dari 10 besar ekonomi dunia. Salah satu industri yang dibangun dalam implementasi 4IR adalah industri makanan dan minuman. Sektor hulu industri makanan dan minuman dalam hal ini pertanian memerlukan peningkatan produktivitas. Salah satu cara meningkatkan produktivitas ini adalah melalui pengembangan dan penerapan teknologi canggih seperti sistem monitoring otomatis. Sistem kontrol otomatis di bidang pertanian merupakan sistem kontrol umpan balik dengan acuan masukan atau keluaran yang dikehendaki meskipun terjadi gangguan (Triwiyatno, 2011). Sistem kontrol otomatis memiliki banyak keunggulan dari segi kecepatan, ketepatan dan mengurangi keterlibatan manusia. Ditunjang oleh perkembangan teknologi elektronika, mikrokontroler, pneumatika dan hidrolik maka kecepatan dan ketepatan operasi sistem kontrol otomatis tersebut dapat ditingkatkan terus menerus. Sistem kontrol otomatis diperlukan untuk menjamin proses produksi dapat berjalan dengan baik yaitu dengan menjaga agar nilai luaran tetap berada pada kondisi yang ditentukan (*setpoint*), dapat mereduksi/menghilangkan gangguan (*disturbance*), menjalankan setiap urutan proses secara benar, dan memberi efek positif dalam memonitoring jalannya sebuah proses produksi termasuk pertumbuhan tanaman.

Lingkungan terkendali seperti *greenhouse* dan *plant factory* sebetulnya merupakan industri dalam arti sebagai suatu sistem untuk memproduksi tanaman hortikultura. Paradigma lingkungan terkendali ini berkembang karena lahan pertanian semakin berkurang serta pembangunan perumahan, pabrik, dan pembangunan infrastruktur. Selain itu, karena pergeseran pola pikir masyarakat khususnya generasi muda yang lebih menginginkan terjadinya modernisasi pertanian. Hal ini penting untuk menjawab kebutuhan manusia terhadap produk hortikultura terus meningkat dari waktu ke waktu. Badan Dunia PBB telah memprediksi jumlah penduduk yang tinggal di perkotaan akan terus meningkat hingga mencapai 9,8 milyar jiwa pada tahun 2050 (United Nation, 2019).

Karena itu pengembangan lingkungan terkendali adalah alternatif ideal karena dapat dilakukan di lahan yang sempit atau pekarangan meskipun kondisi tanah tidak subur.

Budidaya tanaman di dalam lingkungan terkendali dengan media tanah ataupun hidroponik, membutuhkan keterlibatan teknologi yang terintegrasi agar monitoring terhadap pertumbuhan tanaman tersebut dapat dilakukan dengan baik sehingga tanaman dapat tumbuh secara optimal. Hal ini karena parameter-parameter lingkungan pertumbuhan sebagai syarat pertumbuhan tanaman dapat lebih mudah dikontrol. Sementara itu, gangguan hama dalam lingkungan terkendali tersebut dapat dicegah. Untuk mengembangkan sistem kontrol lingkungan terkendali diperlukan sensor-sensor untuk mendeteksi suhu, kelembaban, cahaya, kandungan unsur hara, pH media tanam, kadar CO<sub>2</sub>, mikrokontroler untuk mengolah data, komputer untuk mengolah dan menyimpan data, internet untuk proses transmisi data, dan aktuator untuk melakukan tindakan.

Mengembangkan dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis pada lingkungan terkendali juga membutuhkan perencanaan yang baik dan telaahan yang terukur, karena berbagai sistem kontrol telah banyak diterapkan dengan *platform* terbatas. Beberapa hasil penelitian tentang *greenhouse* dan *plant factory* memang dilengkapi dengan sistem kontrol terhadap parameter-parameter internal. Namun sistem tersebut hanya berlaku pada satu *framework*. Sementara kondisi lingkungan, iklim, bahan, struktur dan parameter pengganggu di setiap wilayah memiliki nilai yang berbeda, sehingga ketika ada penambahan *framework*, maka harus disiapkan lagi infrastruktur kontrol baru sesuai kondisi lingkungan. Semakin banyak *framework* yang dibangun maka semakin banyak sistem kontrol yang disediakan, sehingga berpengaruh pada efisiensi dan sumber daya.

Purwoceng (*Pimpinella pruatjan*) adalah salah satu jenis tanaman obat hortikultura Indonesia dari keluarga *Apiaceae* dan berakar tunggang (*Dicotyledoneae*), yang tumbuh pada habitat dataran tinggi berbentuk roset dengan tajuk tanaman menutupi permukaan tanah hampir membentuk lingkaran (Gambar 1) (Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, 2016). Tanaman ini terdaftar secara resmi di Kementerian Pertanian sebagai tanaman herba komersil yang hampir punah, namun sangat berkhasiat sebagai obat penambah stamina tubuh, merangsang pertumbuhan hormon testosteron pada pria dan estrogen pada wanita, mengatasi infeksi jamur, melancarkan peredaran darah, menjaga fungsi saluran kemih, sebagai vitamin E dan obat anti masuk angin (Keputusan Menteri

Pertanian No 511 Tahun 2006 Tentang Tanaman Binaan, 2006). Purwoceng juga merupakan salah satu dari lima tanaman potensial di Indonesia yang perlu diperhatikan yaitu selain kunyit, temulawak, kencur, dan jahe (BPOM, 2003).

Secara umum masyarakat Jawa mengenal purwoceng sebagai obat kuat karena memiliki unsur afrodisiak, diuretik dan tonik pada bagian akar (Gambar 2). Unsur-unsur tersebut, meliputi turunan kumarin, sterol, saponin, alkaloid, sitosterol, stigmasterol, kandungan vitamin E, lomonena, asam kafaet, skualena, dianethole, isoorientin, anisketon dan hidrokinon. Seluruh bagian dari tanaman purwoceng sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai obat, namun khasiat terbanyak terdapat di bagian akar (Djazuli, 2011; Satyaningtijas et al., 2016).



Gambar 1. Karakteristik purwoceng      Gambar 2. Akar purwoceng dan olahannya

Tanaman purwoceng dapat dijumpai di beberapa daerah di Indonesia meskipun dengan nama yang berbeda yaitu di Pegunungan Hyang sebagai tanaman suripandak abang, di Pegunungan Tengger sebagai tanaman gebangan dhepok, dan di Dataran Tinggi Dieng sebagai tanaman purwoceng. Namun keterbatasan budidaya di daerah-daerah tersebut dan bencana alam yang sering terjadi, menyebabkan tanaman ini terancam punah. Diantara daerah-daerah tersebut, daerah dimana tanaman masih dapat ditemukan adalah Dataran Tinggi Dieng. Karena itu, purwoceng telah masuk dalam kategori tanaman endemik atau species yang hampir punah (*endangered species*) (Rahardjo, 2003).

Purwoceng dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 1.800 - 3.300 meter di atas permukaan laut (mdpl). Purwoceng tumbuh subur pada tanah gembur dan kaya akan bahan organik dengan suhu udara antara 15 - 26 °C, kelembaban udara 60 - 70%, keasaman tanah (pH tanah) antara 5,7 - 6,0 dan intensitas curah hujan di atas 4.000 mm/tahun. Namun, hasil penelitian beberapa tahun terakhir juga menyatakan bahwa

purwoceng juga dapat tumbuh pada ketinggian 1.500 mdpl, dengan suhu udara 16 - 26 °C dan kelembaban udara 60 - 90 %. Purwoceng tidak dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang didominasi oleh tekstur liat atau iklim lingkungan yang berbeda dari karakteristiknya (Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, 2016; Ermiami & Rostiana, 2006; Rusmin, 2017b). Karena itu, untuk lingkungan atau tanah yang kurang subur atau memiliki karakteristik yang berbeda, diperlukan penanganan yang lebih ketat melalui monitoring dan perawatan secara terus-menerus dan terjadwal, terutama parameter-parameter suhu, kelembaban, ketersediaan air, volume dan pemberian nutrisi, kontrol pH, EC dan intensitas cahaya.

*Greenhouse* dan *plant factory* memungkinkan penerapan teknologi yang lebih maju untuk mengendalikan lingkungan pertumbuhan tanaman sehingga produktivitas dan mutu hasil panen dapat mencapai tingkat optimal. Di kawasan yang beriklim tropika basah seperti Indonesia, *greenhouse* digunakan terutama untuk melindungi tanaman dari hujan dan serangan hama (Suhardiyanto, 2009). Suhu udara yang terlalu tinggi dapat diturunkan menggunakan *evaporative cooling*. Selain itu, *zone cooling* yang merupakan metode pendinginan terbatas daerah perakaran telah dikembangkan sebagai *energy efficient cooling*. Hal ini dapat dilakukan pada budidaya tanaman secara hidroponik menggunakan pipa-pipa pendingin yang dilewatkan pada media tanam atau juga penggunaan *chiller* untuk mendinginkan larutan nutrisi (Kojima et al., 1991; Mongkon et al., 2013). *Plant factory* dikembangkan sebagai sistem produksi tanaman yang terisolasi penuh dari lingkungan luar, sehingga digunakan lampu sebagai sumber cahaya untuk memungkinkan fotosintesis tanaman (MAH et al., 2018). *Plant factory* bersifat sangat tertutup, sehingga seluruh monitoring terhadap pertumbuhan tanaman di dalamnya dilakukan secara otomatis dengan sistem kontrol (Widodo, 2019). Pemodelan dan perlakuan terhadap iklim internal *plant factory* memberi pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman termasuk kemampuan memperpendek siklus hidup tanaman melalui pengaturan *photoperiodicity*. Gambar 3 dan 4 menyajikan gambaran kondisi *greenhouse* dan *plant factory* yang ada di Kampus IPB.



Gambar 3. Salah satu *greenhouse* di IPB



Gambar 4. *Plant factory* di IPB

Gambar 3 menunjukkan *greenhouse* yang berada di Kampus IPB sebagai hasil kerjasama dengan Kementerian Pertanian untuk menunjang berbagai penelitian dan pengembangan tanaman hortikultura dan endemik di Indonesia. Gambar 4 menampilkan kondisi *plant factory* yang dikembangkan oleh para periset. *Plant factory* ini merupakan hasil riset yang dibiayai melalui DRPM dan kerjasama luar negeri, dipersiapkan untuk berbagai kebutuhan riset optimasi pertumbuhan tanaman dan kontrol otomatis.

Pada dasarnya *greenhouse* dan *plant factory* mirip dalam berbagai aspek, baik teknologi maupun cara penanaman tanaman di dalamnya. Perbedaan mendasar kedua rumah tanaman ini hanya terdapat pada sumber cahaya yang digunakan. *Greenhouse* mengalami sedikit kesulitan dalam menurunkan suhu udara internal ketika radiasi matahari tinggi (Fahmi et al., 2014; Rizky et al., 2017). Meskipun dapat diatasi dengan penggunaan mesin pendingin atau pengkabutan, namun tetap berimbas kepada beban energi yang digunakan. Bangunan *greenhouse* lebih murah dibandingkan *plant factory* sehingga dapat tersedia tempat budidaya tanaman yang lebih luas. Masalah pencahayaan di *plant factory* diselesaikan dengan penggunaan cahaya buatan yang membutuhkan energi listrik. Di sisi lain, suhu udara di *plant factory* lebih mudah dikendalikan. Pengendalian suhu udara pada *plant factory* lebih efisien sehingga beberapa optimalisasi budidaya tanaman di dalamnya dapat dilakukan (D. M. Maharani et al., 2018). *Greenhouse* dan *plant factory* sama-sama membutuhkan pengendalian parameter lingkungan mikro seperti suhu, kelembaban dan cahaya (Solahudin & Nurista, 2009), termasuk pH larutan nutrisi dan EC dalam menciptakan kondisi optimum untuk pertumbuhan suatu tanaman. Peluang purwoceng untuk dibudidayakan di lingkungan lain memberi gambaran bahwa *greenhouse* dan *plant factory* juga memenuhi syarat sebagai tempat membudidayakan purwoceng namun harus dilakukan dengan monitoring yang

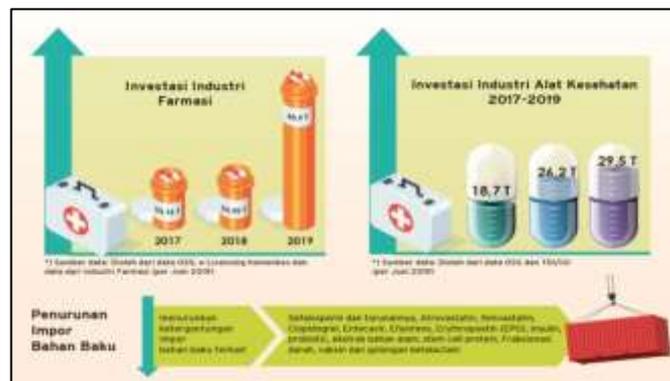
ketat agar kondisi lingkungan pertumbuhan sama atau mendekati habitat aslinya sejak masa tanam hingga menjelang panen (Musthafa et al., 2018; Shamshiri et al., 2018).

Monitoring pertumbuhan tanaman di lingkungan terkendali dapat melibatkan beberapa perangkat keras, misalnya mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data, sensor untuk membaca lingkungan dan aktuator untuk pemberian tindakan. Dari segi *software*, berbagai pemrograman komputer dapat diterapkan pada sistem kontrol tergantung kesesuaian mikrokontroler dan deskripsi protokol komunikasi data yang diinginkan. Beberapa sistem kontrol di lingkungan terkendali *greenhouse* dan *plant factory* telah dikembangkan dengan tanaman yang berbeda, diantaranya monitoring suhu dan kelembaban *greenhouse* berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) yang Mikrokontroler Atmega 328 sebagai MCU untuk monitoring perubahan suhu lingkungan *greenhouse* (Kochhar & Kumar, 2019; Liao et al., 2017; Mekki et al., 2016; Wu et al., 2019; Zagade & Kawitkar, 2014).

Untuk menguji seberapa berkhasiatnya purwoceng bagi manusia, berbagai kajian telah dilakukan dan menunjukkan pengaruh yang signifikan. Misalnya ekstrak akar purwoceng yang berhasil mempengaruhi susunan syaraf mencit atau ramuan ekstrak purwoceng yang diberikan pada tikus jantan dan betina dan mendapatkan perkembangan embrio dan jumlah anak yang lebih baik ketika dibandingkan dengan pertumbuhan embrio tikus yang tidak diberi ekstrak purwoceng (AMNUR, 2015). Pengujian pada ikan juga dikaji oleh Priyalina (Priyalina, 2016) melalui penambahan 2,5 g/kg purwoceng pada pakan ikan dan efektif meningkatkan spermatokorit pada ikan mas koki (*caratius auracus*). Demikian juga Satyaningtijas AS (Satyaningtijas et al., 2016) yang menguji sifat ekstrogenik purwoceng melalui pemberian dosis 83,33 mg/kg BB ke tikus bunting yang telah melewati masa plasentasi dan berhasil meningkatkan kinerja reproduksi. Rostiana (Rostiana, 2014), juga menguji kinerja ekstrak purwoceng tikus jantan dan mendapatkan bahwa purwoceng yang mengandung senyawa metabolit mampu meningkatkan dan memulihkan potensi seksual.

Sebagai salah satu bahan baku pembuatan obat dan jamu, purwoceng menjadi incaran berbagai industri obat di Indonesia. Kebutuhan ini disebabkan karena semakin baiknya perkembangan industri obat herbal di dalam dan luar negeri dan akibat gaya hidup *back to nature* yang menjadi trend masyarakat modern. Hingga tahun 2019 Data Direktorat Jenderal Kefarmasian dan Alat Kesehatan Kementerian Kesehatan

mengungkapkan bahwa hampir 95 % produsen obat herbal di Indonesia masih mengimpor bahan baku dari luar negeri termasuk ginseng dari Korea Selatan. Data ini meningkat dari 75% di tahun 2017 (Rusmin, 2017c). Serapan purwoceng di industri farmasi tahun 2002 hanya mampu mencapai 0,002% dari 3,93 ton total kebutuhan domestik, sehingga menyebabkan impor bahan baku obat dan jamu, termasuk ginseng dari Korea Selatan mencapai 95 % dari total kebutuhan industri (Balitbang, 2007). Data statistik impor bahan baku obat di Indonesia tahun 2019 menunjukkan bahwa, pertumbuhan nilai impor bahan baku obat dalam tiga tahun terakhir, terus mengalami peningkatan yaitu dari nilai Rp 53,7 T pada tahun 2017 menjadi Rp 60,9 T pada tahun 2019 yang sebanding dengan pertumbuhan industri alat-alat kesehatan dari Rp 18,7 T pada tahun 2017 menjadi Rp 29,7 T pada tahun 2019 (BPOM, 2019) (Gambar 5).



Gambar 5. Perbandingan impor bahan baku obat terhadap pertumbuhan industri alat-alat kesehatan di Indonesia (BPOM, 2019)

Secara finansial usaha tani purwoceng tergolong menguntungkan jika serius untuk dikembangkan. Harga jual simplisia purwoceng kering per bulan Maret 2016 di tingkat petani saja diketahui sebesar Rp 65.000 per kg dan dalam bentuk bubuk dihargai sebesar Rp 75.000 per kg. Seiring dengan perkembangan industri obat tradisional, maka permintaan terhadap bahan baku semakin meningkat. Menurut Yuhono (Yuhono, 2003), permintaan rutin simplisia kering dari industri obat herbal mencapai 400–800 kg/bulan, padahal kemampuan petani hanya dapat memasok sekitar 40–50 kg/bulan. Penyediaan bahan baku tersebut masih terkendala oleh langkanya sumber bibit dan keterbatasan lahan yang sesuai untuk penanaman purwoceng. Budidaya purwoceng di Dataran Tinggi Dieng juga tidak terlalu banyak karena tanaman ini memiliki masa hidup yang lama (8 – 12 bulan) sejak disemaikan dalam bentuk biji hingga panen sehingga kurang menarik bagi

petani. Hal inilah yang menjadi salah satu pertimbangan petani untuk lebih memilih menanam kentang yang dapat dipanen tiga kali dalam setahun daripada menanam purwoceng yang hanya dapat dipanen sekali dalam setahun.

Beberapa ujicoba budidaya purwoceng di lingkungan berbeda selalu gagal. padahal Yuhono (Yuhono, 2003) dalam kajiannya telah merekomendasikan kemungkinan purwoceng dapat dibudidayakan di lingkungan lain asalkan dengan monitoring yang ketat. Budidaya purwoceng yang dilakukan di dalam *greenhouse* dengan irigasi tetes/drip dan *Nutrient Film Technique* (NFT) memiliki potensi sebagai metode hidroponik untuk produksi purwoceng. Melalui riset DRPM Dikti telah dihasilkan kesimpulan bahwa purwoceng yang ditanam di dalam *greenhouse* pada umur 70 HST dapat mencapai berat biomassa 511 gram, sedangkan di luar *greenhouse* mencapai 143 gram. Hasil dari produksi ini telah mendapatkan sertifikat bebas pestisida dari Sucofindo (Sumarni et al., 2017). Dalam sistem NFT, akar tanaman purwoceng tumbuh di dalam larutan nutrisi sangat dangkal yang membentuk lapisan tipis nutrisi (*nutrient film*) dan tersirkulasi. Metode ini juga memiliki potensi sebagai metode untuk produksi purwoceng di dalam *greenhouse*, tetapi dengan metode ini masih dijumpai banyaknya tanaman yang layu (Sumarni et al., 2018). Oleh karena itu, pemilihan sistem dan teknologi hidroponik, konsentrasi nutrisi (EC dan pH), kesesuaian varietas, iklim mikro tanaman seperti suhu daerah perakaran masih perlu untuk dikaji dalam rangka mencapai produktivitas dan mutu purwoceng yang baik serta dapat dikembangkan tidak hanya di dataran tinggi sehingga dapat membantu mengurangi erosi. Oleh karena itu, melalui riset skema RISPRO ini diharapkan diperoleh teknologi terpadu dan meningkatkan TKT sehingga siap diterapkan.

Penelitian ini akan mengintegrasikan pengalaman dan kepakaran dari masing-masing periset yang memiliki relevansi sangat kuat untuk pengembangan sistem kontrol cerdas berbasis IoT untuk peningkatan produksi dan mutu purwoceng sebagai bahan baku industri obat yang dibudidayakan di lingkungan terkendali (*greenhouse* dan *plant factory*), di luar Dataran Tinggi Dieng. Adapun riset-riset pendukung yang telah dilakukan oleh periset sehubungan dengan penelitian ini, adalah monitoring pertumbuhan guava berbasis IoT (Slamet et al., 2018a), pengembangan lingkungan tanam *plant factory* dengan teknologi kontrol otomatis dan penerapan optimasi budidaya tanaman (Solahudin & Nurista, 2009; Widodo, 2019), pengembangan teknologi

*greenhouse* pada wilayah iklim tropika basah dan penerapan *zone cooling* pada media tanam (Kojima et al., 1991; Romdhonah et al., 2015; Suhardiyanto, 2009), budidaya purwoceng di *greenhouse* dan pemodelan sistem irigasi tetes pada budidaya purwoceng (Sumarni et al., 2017b; Sumarni, Soesanto, Farid, & Baroroh, 2018), saponin akar kuning (*Archaengelisia flava* (L) Merr.) sebagai hepatoprotektor: ekstraksi, pemisahan, dan bioaktivitasnya (I Batubara, 2003), Senyawa penciri ekstrak daun jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) sebagai anti-kolesterol (Irmanida Batubara et al., 2017). Dengan pengalaman riset yang telah dilakukan oleh para pengusul maka integrasi dan kolaborasi sangat mungkin untuk dilakukan bagi keberhasilan riset yang diusulkan ini.

Berdasarkan uraian di atas dan dukungan riset sebelumnya maka penelitian ini telah didanai melalui program RISPRO-LPDP selama 2 tahun pelaksanaan. Topik penelitian adalah pengembangan sistem kontrol cerdas berbasis *Internet of Things* untuk peningkatan produktivitas dan mutu purwoceng sebagai bahan baku industri jamu. Purwoceng dengan khasiat dan bobot optimum tersebut diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan bahan baku purwoceng untuk industri obat dan sekaligus mengurangi impor bahan baku obat secara nasional.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Masalah yang dibahas di dalam pelaksanaan program penelitian ini adalah :

- 1) bagaimana mendapatkan tipe hidroponik terpilih yang memberikan produktivitas dan mutu tanaman purwoceng yang lebih baik,
- 2) bagaimana mengkondisikan lingkungan terkendali di luar dataran tinggi Dieng untuk budidaya tanaman purwoceng,
- 3) bagaimana mendapatkan model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di lingkungan terkendali di luar Dieng,
- 4) bagaimana meng-otomatisasi mekanisme pemantauan parameter lingkungan di lingkungan terkendali (media tanam dan ruangan) agar mendapatkan referensi pengembangan sistem kendali,
- 5) bagaimana mengembangkan sistem kontrol cerdas berbasis IoT pada lingkungan terkendali *multi framework* yang membudidayakan tanaman purwoceng,
- 6) bagaimana menentukan produktivitas dan mutu purwoceng yang optimal, yang dibudidayakan di lingkungan terkendali dengan sistem sistem kontrol cerdas berbasis

IoT, termasuk menentukan kandungan senyawa kimia yang paling dominan dibutuhkan oleh industri jamu, dan

- 7) bagaimana memastikan bahwa sistem kontrol cerdas berbasis IoT untuk budidaya purwoceng di lingkungan terkendali ini telah benar-benar siap dimanfaatkan secara luas di masyarakat.

### **1.3. Tujuan dan Manfaat Riset**

Tujuan pelaksanaan program penelitian ini adalah:

- 1) mendapatkan tipe hidroponik terpilih yang memberikan produktivitas dan mutu tanaman purwoceng yang lebih baik,
- 2) mengembangkan sistem pengendalian untuk lingkungan terkendali di dataran rendah agar siap membudidayakan tanaman Purwoceng,
- 3) mendapatkan referensi lingkungan terkendali di luar Dieng (pertumbuhan Purwoceng) yang memenuhi syarat untuk membudidayakan Purwoceng,
- 4) melakukan otomatisasi sistem monitoring lingkungan di berbagai lingkungan terkendali di luar Dieng (*multi framework*) yang membudidayakan tanaman purwoceng,
- 5) mengembangkan sistem kontrol cerdas berbasis IoT pada lingkungan terkendali yang berbeda (*multi framework*), yang membudidayakan tanaman purwoceng,
- 6) mendapatkan sistem lingkungan terkendali dengan sistem kontrol cerdas berbasis IoT (bobot panen optimum) yang menghasilkan produktivitas dan mutu purwoceng yang optimal termasuk kandungan senyawa kimia yang paling dominan dibutuhkan oleh industri jamu.

Manfaat dari riset ini adalah:

- 1) tersedianya purwarupa sistem kontrol cerdas berbasis IoT untuk peningkatan produktivitas dan mutu purwoceng sebagai bahan baku industri jamu yang memenuhi syarat untuk dimanfaatkan secara luas,
- 2) tersedianya referensi/rujukan kegiatan budidaya tanaman purwoceng di lingkungan terkendali di wilayah lain yang memiliki karakteristik iklim berbeda dengan dataran tinggi sehingga dapat membantu mengurangi erosi, dan

- 3) tersedianya sistem produksi purwoceng sebagai bahan baku obat dengan kandungan senyawa kimia dominan yang dibutuhkan oleh industri jamu.

#### **1.4. Luaran dan Kontribusi terhadap Ilmu Pengetahuan**

Beberapa luaran yang diharapkan dari pelaksanaan program penelitian ini, yaitu :

- 1) paket teknologi kontrol cerdas berbasis IoT untuk budidaya tanaman purwoceng di berbagai lingkungan terkendali, yang akan berkontribusi kepada tersedianya sebuah teknologi kontrol dengan ANN sebagai program pengendali lingkungan,
- 2) pedoman budidaya tanaman purwoceng yang dibudidayakan di lingkungan terkendali di dataran rendah,
- 3) tanaman purwoceng dengan produktivitas dan mutu yang optimum, dan
- 4) artikel ilmiah yang siap untuk dipublikasikan.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KEBARUAN RISET

### A. Tinjauan Pustaka

Purwoceng (*Pimpinella Pruatjan*) adalah keluarga *apiaceae* sebagai tanaman herbal tahunan aromatis yang tumbuh di dataran tinggi. Tanaman tersebut merupakan tanaman asli Indonesia yang hidup secara endemik di daerah pegunungan seperti dataran tinggi Dieng di Jawa Tengah, Gunung Pangrango di Jawa Barat dan area pegunungan di Jawa Timur. Dalam perkembangannya, erosi genetik yang besar-besaran menyebabkan populasi purwoceng akhirnya menjadi langka, bahkan populasi purwoceng di Gunung Pangrango Jawa Barat dan area pegunungan di Jawa Timur dilaporkan sudah musnah (Rusmin, 2017a). Rahardjo (Rahardjo, 2003) dan Syahid et al., (2005) dalam kajiannya mengungkapkan bahwa saat ini tanaman purwoceng masih dapat ditemui di dataran tinggi Dieng-Banjarnegara, Jawa Tengah, bukan di habitat asli tetapi di areal budidaya sempit di Desa Sekunang.

Purwoceng merupakan semak yang tumbuh menutupi tanah dengan ketinggian  $\pm 25$  cm. Batang dari purwoceng berwarna hijau pucat, Perbandingan bulat, lunak, tetapi merupakan batang semu. Daunnya berbentuk jantung dengan panjang  $\pm 3$  dan lebar  $\pm 2.5$  cm, tangkai  $\pm 5$  cm dimana tepi bergerigi tetapi ujung daun tumpul yang berwarna coklat kehijauan, hijau dengan pertulangan daun yang menyirip. Bunga dari purwoceng majemuk dengan panjang  $\pm 2$  cm dimana kelopaknya berbentuk tabung yang berwarna hijau, benang sari berwarna putih, putik bulat hijau dan mahkota yang berambut coklat. Buahnya berbentuk lonjong, kecil dan berwarna hijau sedangkan biji berwarna coklat. Akar dari purwoceng merupakan akar tunggang (Rahardjo, 2003 dalam Yuhono, 2004). Hasil penelitian Balitro dengan Pemda Kabupaten Banjarnegara tahun 2003 menunjukkan purwoceng dapat tumbuh diluar habitat aslinya meskipun tidak optimal. Dilaporkan juga penelitian kultur *invitro* purwoceng yang menjelaskan bahwa purwoceng relatif sulit diperbanyak secara *invitro* karena pengaruh faktor utama yaitu lingkungan habitatnya (Darwati and Roostika, 2006).



Gambar 6. Bagian tanaman purwoceng : (a) tanaman purwoceng, (b) bunga kuncup, (c) bunga mekar, (d) buah (e) akar purwoceng setelah 6 bst.

Karakteristik tanaman purwoceng yang bagian-bagiannya dideskripsikan pada Gambar 3 sebenarnya merupakan tanaman ternata yang membentuk roset dengan tangkai daun berada di atas permukaan tanah sehingga tajuk tanaman ini menutupi permukaan tanah hampir membentuk bulatan dengan diameter tajuk  $\pm 3.645$  cm. Purwoceng merupakan tanaman berumah satu dan dapat menyerbuk silang yang dapat berbunga pada umur 5 - 6 bulan setelah tanam, ditandai dengan keluarnya tangkai bunga pada bagian ujung tanaman. Setiap tandan bunga yang berbentuk payung terdapat bunga antara 8 - 15, yang selanjutnya membentuk biji. Dalam satu tanaman purwoceng diperkirakan menghasilkan 1.500 – 2.500 biji. Tanaman purwoceng termasuk dalam kelas *dicotyledoneae*, dengan ukuran akar bagian pangkal akan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur tanaman, sehingga terlihat seperti ginseng, tetapi ukurannya tidak sebesar ginseng. Akar-akar rambut keluar dari ujung-ujung akar tunggang (Rahardjo et al., 2006). Produksi herba tanaman purwoceng (masa panen) baru dapat dilakukan pada umur  $\pm 10$  bulan setelah tanam dengan kisaran massa antara 59,3 g herba basah/tanaman atau antara 6,0 g herba kering/tanaman.

Lokasi tumbuh dari tanaman purwoceng di daerah Dieng-Banjarnegara ditemui pada ketinggian 1.800-3.300 m di atas permukaan laut. Purwoceng tumbuh baik pada ketinggian 2.000 - 3.000 mdpl., tumbuh subur pada tempat dengan ketinggian  $\pm 2.000$  m dpl pada tanah yang subur dan gembur, suhu udara berkisar  $15^{\circ} - 26^{\circ}$  C, kelembaban udara berkisar 60 – 70%, dengan curah hujan di atas 4.000 mm/tahun. Namun dari hasil penelitian pada akhir-akhir ini

purwoceng juga dapat tumbuh baik di ex situ pada ketinggian tempat hingga 1.500 mdpl, dengan suhu udara berkisar  $16^{\circ} - 26^{\circ} \text{C}$ , dan kelembaban udara berkisar 60 – 90%. Untuk pertumbuhannya selain memerlukan tanah yang gembur dan subur, purwoceng juga memerlukan tanah yang kaya bahan organik, dan pH tanah dengan kisaran 5,7 – 6,0. Purwoceng tidak dapat tumbuh baik pada tanah yang bertekstur liat. Untuk tanah yang kurang subur perlu dilakukan pemupukan, terutama pupuk organik (Balitro, 2017). Karakteristik tumbuh tanaman purwoceng dideskripsikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter Agroekologi, Sifat Fisik, dan Kimia Tanah dari Tanaman Purwoceng.

Keterangan	Dieng	Gunung Putri
<b>Agroekologi :</b>		
Tinggi tempat (m dpl)	1990	1540
Suhu udara	15–21°C	15,5-25,8°C
Kelembaban udara	60 – 75%	60-95%
Curah hujan	> 4000 mm	> 4000 mm
<b>Fisik &amp; kimia tanah :</b>		
Tekstur		
Praksi pasir (%)	17,19	67,07
Praksi debu (%)	62,45	21,31
Praksi liat (%)	20,36	9,62
pH H <sub>2</sub> O	5,65	5,41
pH KCl	5,12	5,04
C organik	6,26	3,77
N total (%)	0,35	0,27
C/N ratio	17,89	13,96
P tersedia (ppm)	7,09	1,31
S (ppm)	24,70	20,11
Basa dd (me/100g) :		
Ca	7,89	6,43
Mg	1,16	0,71
K	1,08	0,35
Na	0,31	0,23
KTK	25,20	17,00

Sumber : (Rahardjo et al., 2006)

Purwoceng merupakan salah satu tanaman hortikultura yang menjadi fokus pembinaan Kementerian Pertanian sebagaimana tertuang dalam Keputusan Menteri Pertanian Nomor 511/Kpts/PD.310/9/2006 tahun 2006 yang bukan dihasilkan dari proses budidaya, namun dikategorikan sebagai tanaman obat asli Indonesia (Salim & Munadi, 2017). Sebagai tanaman obat yang hampir punah, purwoceng berkhasiat sebagai aprodisiak yang meningkatkan vitalitas seksualitas. Secara ilmiah tanaman ini telah terbukti mampu meningkatkan hormon testosteron pada pria dan juga estrogen pada wanita. Uji kandungan ekstrak purwoceng pada tikus telah mampu meningkatkan bobot badan tikus jantan sebesar 95, 8 % dan pada tikus

betina sebesar 90, 78 % selama 13 hari masa awal kehamilan (Sydik, 2015). Uji senyawa etanol pada ekstrak akar purwoceng juga telah mampu meningkatkan agresifitas pada tubuh mencit selama periode pacaran hingga persetubuhan dengan rata-rata latensi pacaran (F dan P) sebesar 1,241 dan  $P = 0,33$ , latensi pemasangan sebesar 0,518 (F) dan 0,68 (P), frekuensi pemasangan 1,237 dan 0,33 dan latensi persetubuhan 0,075 dan 0,97 (Kanedi et al., 2017). Pemberian ekstrak etanol akar purwoceng secara akut berbagai dosis juga berpengaruh terhadap kadar SGPT pada tikus putih jantan (*rattus norvegicus*) (Fitranto et al., 2017).

Porwoceng sebagai aprodisiak mengandung komponen kimia kelompok steroid, atsiri, furanokumarin, dan vitamin, yang terdapat di bagian tajuk maupun akar (Rahardjo et al., 2006). Kelompok steroid terdiri dari sitosterol, stigmasterol (stigmasta-7, 16 dien-3-ol), dan (stigmasta-7, 25 dien-3-ol). Steroid merupakan komponen kimia berkhasiat dalam sintesis hormon testosteron pada manusia. Komponen kimia tersebut yang menjadikan purwoceng sebagai obat tradisional untuk meningkatkan vitalitas dan kesuburan pria.

Penelitian purwoceng dilaporkan yang paling berkhasiat adalah bagian akar yang mengandung senyawa turunan *sterol*, *saponin* dan *alkaloida*. Akar purwoceng juga mengandung turunan senyawa kumarin yaitu senyawa *bergapten*, *isobergapten* dan *saponin* yang digunakan dalam industri obat modern sebagai obat analgetika, *antipiretika*, *sedativa*, obat cacing, anti fungi, anti bakteri dan anti kanker (Darwati & Roostika, 2006). Selain akar, bagian daun purwoceng juga mengandung zat aktif yang hampir sama dengan akarnya yaitu senyawa *alkaloid*, *kumarin* dan *saponin* (Roostika et al., 2013). Purwoceng juga mengandung metabolit sekunder lain yaitu *tanin*, *alkaloid*, *flavonoid*, *fenolik* dan beberapa macam senyawa gula atau *oligosakarida* (Ma'mun et al., 2006). Menurut Suzery et al., (2004) komponen aktif yang diduga mempunyai efek meningkatkan seksualitas pria yaitu stigmasterol.

Darwati & Roostika (2016) merangkum status penelitian purwoceng hingga tahun 2004 yang mencakup aspek budi daya, kultur in vitro, fitokimia dan farmakologi, serta prospek pengembangan purwoceng ke depan, di antaranya yaitu perolehan galur-galur purwoceng yang dapat dibudidayakan di dataran rendah. Perolehan galur purwoceng toleran dataran rendah berarti membuka peluang perluasan areal tanam yang berdampak ekonomi sekaligus pelestarian.

Purwoceng merupakan komoditas yang mahal dan banyak dicari oleh industri-industri jamu. Selain sediaan segar atau kering (bahan baku jamu), bibitnya juga banyak dicari karena

kelangkaannya di pasaran. Permintaan rutin dari suatu industri jamu mencapai 200-800 kg/bulan, padahal kemampuan petani memasok hanya sekitar 40-50 kg/bulan. Oleh karena itu peluang pengembangan purwoceng masih terbentang sangat luas. Hasil analisis ekonomi usaha tani purwoceng menunjukkan bahwa usaha tani purwoceng sangat layak dan menguntungkan. Penerapan teknologi budidaya sederhana untuk luasan sebesar 1,000 m<sup>2</sup> dapat menghasilkan pendapatan bersih lebih dari tiga puluh juta rupiah setiap tahun (Yuhono, 2003).

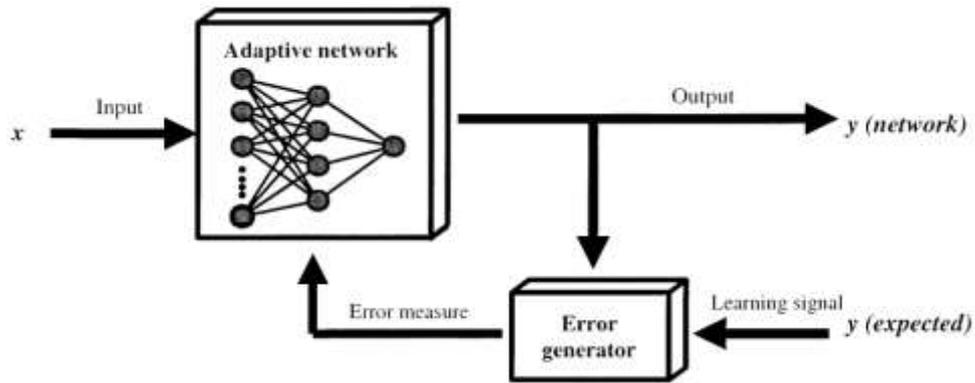
Tanaman purwoceng berkhasiat sebagai aprosidiak karena akarnya mengandung senyawa-senyawa turunan saponin, alkaloid, tanin dan senyawa-senyawa lain yang berkhasiat sebagai penguat tubuh serta memperlancar peredaran darah. Bahan aktif purwoceng paling banyak terdapat pada bagian akarnya yang menyerupai ginseng dan berwarna putih, panjangnya sekitar 10 cm. Akar purwoceng mengandung turunan senyawa kumarin yang sering digunakan dalam industri obat modern, tetapi bukan untuk aprosidiak melainkan untuk anti bakteri, anti fungi dan anti kanker (Hariana, 2013). Suhartina (2012) di dalam buku *Mitos Seputar Masalah Seksual dan Kesehatan Reproduksi* menyebutkan bahwa purwoceng merupakan obat kuat herbal yang dapat meningkatkan gairah seks, meningkatkan hormon testosteron dan meningkatkan jumlah spermatozoid. Namun untuk mendapatkan khasiat secara nyata, purwoceng harus diminum teratur selama 7-15 hari. Purwoceng juga berkhasiat menghangatkan tubuh, saraf dan otot, menghilangkan masuk angin dan pegal linu, melancarkan buang air kecil, obat analgetika atau penghilang rasa sakit, menurunkan panas, sebagai obat cacing, antibakteri serta anti kanker (Hayani & Sukmasari, 2013). Purwoceng yang asli memiliki rasa khas, yaitu pedas, yang dihasilkan oleh akar dan bijinya.

Salah satu usaha untuk mencegah purwoceng dari ancaman kepunahan, adalah melakukan pembudidayaan dalam skala luas pada daerah-daerah yang memiliki kondisi lingkungan yang hampir sama dengan habitat purwoceng asli. Menurut Rostiana (2014) yang dikutip oleh Rusmin (2017b), spesies endemik purwoceng dapat beradaptasi pada wilayah dengan ketinggian lokasi yang lebih rendah, seperti di Gunung Putri, Cipanas (1450 mdpl). Wahyu et al., (2013) yang dikutip oleh Rusmin (2017b) melaporkan bahwa terdapat beberapa kandidat purwoceng yang bisa dikembangkan di dataran rendah seperti di KP Cibadak (950 mdpl) dan KP. Cicurug (550 mdpl). Pada tahun 2012 Balitro juga telah melepas satu varietas unggul purwoceng yaitu Pruacan 1 yang dapat beradaptasi pada kondisi agroekologi Gunung Putri, dengan ketinggian tempat 1450 mdpl.

Budidaya purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi di Jawa Tengah menggunakan sistem irigasi tetes sebelumnya juga telah dikembangkan melalui perbandingan beberapa model irigasi (drip dan NFT), bahkan pengembangan irigasi drip telah mampu meningkatkan biomasa purwoceng 3 kali lebih tinggi dari budidaya yang menggunakan sistem hidroponik NFT (Sumarni et al., 2017a; Sumarni, Soesanto, Farid, Baroroh, et al., 2018). Namun pengembangan secara *greenhouse* di dataran rendah dan wilayah lain yang memungkinkan menggunakan lingkungan terkendali saat ini belum terlaksana dengan optimal karena terkendala dengan keterbatasan bahan tanaman dan penerapan teknologi budidaya (Rusmin, 2017a).

Jaringan saraf tiruan (JST) adalah program komputer yang terinspirasi secara biologis yang dirancang untuk mensimulasikan cara otak manusia memproses informasi (Agatonovic-Kustrin & Beresford, 2000). Menurut Kusumadewi (2003), JST merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. JST pada dasarnya tersusun dari beberapa lapisan noda, yaitu *input layer* (lapisan masukan), *hidden layer* (lapisan tersembunyi) dan *output layer* (lapisan keluaran). Noda atau unit yang terhubung dari *input layer* ke *hidden layer* atau dari *layer* satu ke *layer* yang lain dihubungkan dengan sinapsis yang direpresentasikan dengan nilai pembobot yang diperoleh pada proses pembelajaran.

Terdapat beberapa jenis JST, diantaranya JST dengan aturan pembelajaran *back propagation*, kohonen atau *self organizing map* dengan algoritma pembelajaran tanpa pengawasan, perceptron dan *learning vector quantization*. Ketika jaringan-jaringan saraf ini digunakan untuk menganalisis data, hal penting adalah membedakan antara model JST (pengaturan jaringan) dan algoritma JST (perhitungan yang pada akhirnya menghasilkan keluaran jaringan). Setelah jaringan disusun untuk aplikasi tertentu, jaringan tersebut siap untuk dilatih. Ada dua pendekatan untuk pelatihan, yaitu diawasi dan tidak diawasi. JST yang paling sering digunakan adalah jaringan yang sepenuhnya terhubung dan diawasi dengan aturan pembelajaran propagasi mundur (Gambar 7). Jenis JST ini sangat baik dalam tugas prediksi dan klasifikasi (Agatonovic-Kustrin & Beresford, 2000).

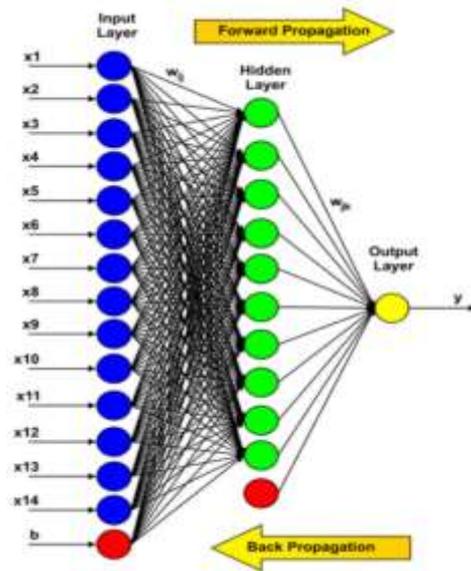


Gambar 7. Struktur Jaringan Saraf Tiruan (JST) *Backpropagation*.

Sumber : (Agatonovic-Kustrin & Beresford, 2000)

Menurut Kusumadewi (Kusumadewi, 2003), algoritma propagasi mundur (*backpropagation*) menggunakan *error output* untuk mengubah nilai pembobotnya dalam arah mundur. Untuk mendapatkan *error output*, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu.

Menurut Pamungkas (2016) yang dikutip dari Jong Sek Siang (Siang, 2005), Perancangan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan, umumnya dibagi menjadi dua proses utama yaitu pelatihan dan pengujian. Sebelum kedua proses ini dilakukan, perlu dipersiapkan pembagian data untuk data latih dan data uji. Persentase pembagian data latih dan data uji yang umum digunakan yaitu 80:20, 70:30, 60:40 dan 50:50. Proses pelatihan dilakukan menggunakan sekumpulan data latih yang memuat parameter ciri/*feature* yang digunakan untuk membedakan antara objek yang satu dengan objek lainnya (pengenalan pola). Data latih dirambatkan maju (*forward*) menuju target latih melalui sebuah arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Gambar 8) yang sebelumnya telah dirancang. Luaran dari proses pelatihan adalah sebuah jaringan yang terdiri dari arsitektur beserta bobot-bobot terbaik hasil pembaharuan. Dengan jaringan hasil pembaharuan tersebut, data latih kemudian dirambatkan maju (*forward*) sehingga diperoleh data luaran yang selanjutnya dibandingkan dengan target latih. Hasil perbandingan ini akan menunjukkan tingkat akurasi dari proses pelatihan. Selanjutnya pada proses pengujian, dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan hasil proses pelatihan, data uji dirambatkan maju (*forward*) sehingga diperoleh data luaran yang juga akan dibandingkan dengan target uji untuk mendapatkan tingkat akurasi dari proses pengujian.



Gambar 8. Contoh arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (JST).  
 Sumber : (Pamungkas, 2016)

Menurut Badieah et al., (2016), teori JST memiliki minimal 3 unit pengolah.

1. Input layer, lapisan unit ini menyatakan nilai sebuah pola yang digunakan untuk masukan pada jaringan.
2. Hidden layer, Lapisan ini merupakan lapisan penghubung antara *input layer* dan *output layer* dimana *output* yang dikeluarkan tidak secara langsung diamati. Pada kasus-kasus tertentu, pada jaringan memungkinkan memiliki *hidden layer* lebih dari satu.
3. Output layer, Merupakan lapisan terakhir pada JST yang berfungsi untuk tempat keluaran. Pada beberapa penerapan, unit keluaran digunakan untuk merepresentasikan sebuah pola.

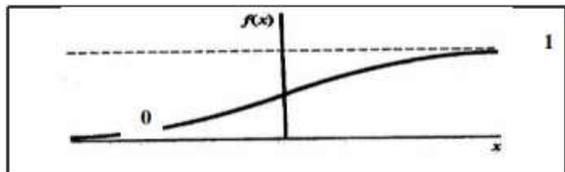
Model JST, memiliki beberapa fungsi aktivasi untuk diterapkan, diantaranya fungsi Sigmoid Biner, Sigmoid Bipolar dan Tangen Hiperbolik. Karakteristik yang harus dimiliki oleh fungsi aktivasi tersebut adalah *continue*, *diferensiabel* dan tidak menurun secara monoton (Puspitaningrum, 2006). Fungsi Sigmoid Biner merupakan fungsi aktivasi yang paling banyak digunakan karena yang paling mudah diferensiasinya. *Range* fungsi ini adalah 0 - 1 dan didefinisikan menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$f_1(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \dots\dots\dots (1)$$

dengan fungsi turunan :

$$f_1'(x) = f_1(x) \cdot (1 - f_1(x)) \dots\dots\dots (2)$$

Fungsi aktivasi ini dapat diilustrasikan pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Fungsi Sigmond Biner dengan Range (0, 1).  
Sumber : (Cynthia & Ismanto, 2017)

Fungsi Sigmond Biner akan dilatih menggunakan metode *Backpropagation*. Pelatihan jaringan dimaksudkan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa dengan pola yang dipakai selama pelatihan (Jumarwanto et al., 2009).

Algoritma ini terdiri dari dua tahapan utama, yakni perambatan maju (*feedforward*) dan perambatan mundur (*backpropagation*). Pada perambatan mundur, bobot-bobot yang ada pada jaringan akan diperbaiki, dimulai dari bobot yang berada diantara *output layer* ke *hidden layer* kemudian bergerak mundur untuk memperbaiki bobot yang berada diantara *hidden layer* dan *input layer*. Setiap perubahan bobot yang didapatkan ditujukan untuk mengurangi besarnya kesalahan (*error*). Setelah bobot diperbaiki, maka bobot-bobot tersebut dialirkan kembali ke jaringan melalui tahapan perambatan maju (*feedforward*). Iterasi dari kedua proses tersebut terus-menerus akan dilakukan pada semua dataset pelatihan sampai kondisi berhenti terpenuhi.

Fase *feedforward* merupakan fase dimana input dialirkan ke dalam jaringan untuk kemudian diproses dan menghasilkan *output (input-process-output)*. Proses ini berjalan searah dimulai dari *input layer* kemudian melalui *hidden layer* dan kemudian diproses masuk ke *output layer* untuk dihitung hasil keluaran dari jaringan serta dihitung selisih *error*-nya. Pada awal fase ini, dilakukan penjumlahan bobot pada *hidden layer* dengan menggunakan persamaan 3.

$$Z_{net\ j} = w_{0j} + \sum_{i=1}^n w_{ij}x_{ij} \dots\dots\dots (3)$$

dimana i merupakan neuron ke-i (i=1,2,...,n) pada lapisan input dan j merupakan neuron ke-j (j=1,2,...,p) pada hidden layer.

$x_{ij}$  merupakan nilai input pada input neuron i ke hidden neuron j.

$w_{0j}$  merupakan bias pada lapisan input, sedangkan

$w_{ij}$  merupakan bobot pada input neuron i yang menuju ke hidden neuron j.

Setelah penjumlahan bobot pada hidden layer dilakukan, kemudian diterapkan fungsi aktivasi pada bobot tersebut menggunakan fungsi aktivasi Sigmoid. Hasil dari penerapan fungsi aktivasi ini menjadi nilai yang akan digunakan oleh neuron pada hidden layer untuk proses selanjutnya. Rumus penerapan fungsi aktivasi diberikan dalam persamaan 4.

$$Z_j = fZ_{net\ j} = \frac{1}{1+exp^{-z_{net\ j}}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana e merupakan bilangan natural yang memiliki nilai sama dengan 2.718281828.

Hasil perhitungan dari  $f(Z_{net\ j})$  merupakan nilai aktivasi pada *hidden neuron* j untuk kemudian dikirimkan ke seluruh *output neuron*.

Tahap selanjutnya setelah didapatkan nilai numerik tiap neuron pada *hidden layer* adalah mengalirkan sinyal numerik tersebut ke layer selanjutnya, yakni output layer. Untuk melakukannya, tahapan yang digunakan identik dengan tahap ketika nilai pada input layer dialirkan pada *hidden layer*, yaitu menjumlahkan tiap bobot pada hidden layer dengan menggunakan persamaan 5.

$$y_{net\ k} = v_{0k} + \sum_{j=1}^k z_j v_{jk} \dots\dots\dots (5)$$

Nilai  $v_{0k}$  merupakan nilai bias pada *hidden layer*,  $z_j$  merupakan hasil nilai fungsi aktivasi yang keluar dari *hidden layer* dan  $v_{jk}$  merupakan bobot pada *hidden neuron* j menuju ke *output neuron* k (k=1,2,...,m), sebagaimana pada persamaan 6.

$$y_k = f(y_{net\ k}) = \frac{1}{1+e^{-y_{net\ k}}} \dots\dots\dots (6)$$

Sedangkan  $f(y_{net\ k})$  merupakan hasil fungsi aktivasi akibat penjumlahan bobot antara hidden neuron dan output neuron. Hasil fungsi aktivasi pada output neuron ini merupakan nilai keluaran aktual yang kemudian dihitung selisihnya dengan nilai target *output*-nya. Pada tiap iterasi, kemudian dihitung *error* keseluruhan menggunakan rumus Mean Squared Error (MSE) pada persamaan 7 (Kardan et al., 2013).

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^n (T_m - O_m)^2 \dots\dots\dots (7)$$

dimana  $O_m$  merupakan nilai *output* dari jaringan syaraf sedangkan  $T_m$  merupakan nilai target yang diinginkan untuk setiap keluaran dari N yang merupakan banyaknya dataset *training*.

Jika nilai MSE yang dihasilkan masih belum sesuai dengan yang ditargetkan, maka proses akan dilanjutkan ke fase selanjutnya, yakni fase *backpropagation* dimana bobot-bobot pada jaringan diperbaiki untuk kemudian dialirkan kembali ke jaringan menggunakan proses *feedforward*. Proses ini akan berulang hingga nilai *error* mencapai *threshold* yang diharapkan atau sudah mencapai batas maksimal iterasi yang ditentukan.

Untuk melakukan fase *backpropagation*, setelah semua unit output  $y_k$  menerima pola target  $t_k$ , lalu informasi kesalahan ( $\delta_k$ ) *output* dihitung yang kemudian dikirimkan ke lapisan berikutnya dan digunakan untuk menghitung besar koreksi bobot dan bias antara *input layer* dan *hidden layer*. Untuk menghitung *error* antara *hidden layer* dan *output layer*, maka digunakan persamaan 8.

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net\ k}) \dots\dots\dots (8)$$

dimana :  $f'(y_{net\ k}) = (1 - f(y_{net\ k})) \cdot f(y_{net\ k})$

Kemudian setelah galat yang terdapat pada hidden layer dan output layer ditemukan, langkah selanjutnya adalah menghitung galat yang terdapat diantara input layer dan hidden layer menggunakan persamaan 9.

$$\delta_j = \delta_{net\ j} \cdot f'(z_{net\ j}) \dots\dots\dots (9)$$

dimana :  $\delta_{net\ j} = \sum_{k=1}^m \delta_k v_{jk}$  , dan

$$f'(z_{net\ k}) = (1 - f(z_{net\ k})) \cdot f(z_{net\ k})$$

Setelah galat pada masing-masing layer diketahui, besarnya perubahan yang akan ditambahkan pada bobot lama dihitung dengan menggunakan persamaan 10 dan 11.

$$\Delta w_j = \eta \delta_j \cdot x_i \dots\dots\dots (10)$$

$$\Delta v_{jk} = \eta \delta_k \cdot z_j \dots\dots\dots (11)$$

$\Delta w_{ij}$  dan  $\Delta v_{jk}$  masing-masing merupakan besarnya perubahan yang akan ditambahkan pada bobot lama yang akan diperbaharui. Dimana  $\eta$  adalah laju pembelajaran,  $\delta_j$  galat yang dibawa antara lapisan input dan *hidden layer*, dan  $\delta_k$  adalah *error* yang dibawa antara *hidden layer* dan *output layer*.  $x_i$  merupakan nilai masukan yang berasal dari neuron i ke neuron j sedangkan  $z_j$  merupakan hasil fungsi aktivasi yang keluar dari *hidden layer*.

Setelah mendapatkan  $\Delta w_{ij}$  dan  $\Delta v_{jk}$ , maka langkah selanjutnya adalah memperbaiki bobot lama menjadi bobot yang baru. Aturan perubahan bobot pada metode *backpropagation* dirumuskan menggunakan persamaan 12 dan 13.

$$w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \Delta w_{ij} \dots\dots\dots (12)$$

$$v_{jk}(\text{baru}) = v_{jk}(\text{lama}) + \Delta v_{jk} \dots\dots\dots (13)$$

$w_{ij}$  (baru) merupakan bobot baru antara input layer dan hidden layer yang akan dicari, sedangkan  $w_{ij}$  (lama) merupakan bobot lama yang diperbaharui.  $v_{jk}$  (baru) merupakan bobot baru antara hidden layer dan output layer yang akan dicari sedangkan  $v_{jk}$  (lama) merupakan bobot lama yang akan diperbaharui. Prosedur pembaharuan bobot pada JST dapat dimodifikasi dengan menggunakan momentum ( $\mu$ ).

Manfaat menambahkan momentum ke dalam rumus perubahan bobot adalah untuk mempercepat konvergensi bobot pada jaringan yang berakibat pula pada percepatan waktu pelatihan jaringan. Hal ini dikarenakan momentum memaksa proses perubahan bobot terus bergerak sehingga tidak terperangkap dalam minimum lokal. Untuk melakukannya, langkah pertama yang diperlukan adalah memodifikasi rumus (11) dan rumus (12). Pada kedua rumus tersebut, jika error tidak terjadi (output aktual sama dengan output target) maka nilai  $\delta_k = 0$  dan hal ini akan menyebabkan koreksi bobot  $\Delta W_{jk} = 0$ , atau dengan kata lain pembaharuan bobot akan berlanjut dalam arah yang sama dengan sebelumnya. Inilah yang akan menyebabkan

lamanya proses konvergensi bobot pada jaringan. Pada keadaan seperti inilah parameter momentum digunakan untuk memodifikasi perubahan bobot menggunakan persamaan 14 dan 15.

$$\Delta w_{ij}(t + 1) = \alpha \delta_j x_i + \mu \Delta w_{ij}(t) \dots\dots\dots (14)$$

$$\Delta w_{jk}(t + 1) = \alpha \delta_k z_j + \mu \Delta w_{jk}(t) \dots\dots\dots (15)$$

Bobot yang sudah diperbaiki kemudian dialirkan lagi ke jaringan dan dihitung nilai kesalahannya kembali (*error*). Jika besar *error* yang dihasilkan lebih kecil dari toleransi yang ditentukan atau jumlah iterasi (*epoch*) pada proses pelatihan sudah mencapai iterasi maksimum, maka proses pelatihan dihentikan.

Tahapan di atas kemudian dilanjutkan dengan menentukan arsitektur JST yang digunakan untuk proses optimasi. Secara teori, pada metode JST tidak ada aturan baku untuk menentukan arsitektur JST yang optimal untuk diterapkan ke dalam sistem. Sehingga pencarian arsitektur dan parameter pelatihan JST harus dilakukan secara *trial* dan *error*. Setelah arsitektur dan parameter JST ditentukan, proses pelatihan JST dilakukan. Proses yang terjadi selama proses pelatihan JST berlangsung adalah fase *feedforward*, fase *backpropagation* dan fase perubahan bobot. Pada fase *feedforward*, pola masukan dihitung mulai dari *input layer* hingga *output layer* menggunakan fungsi aktivasi. Pada fase *backpropagation* selisih antara *output* jaringan dengan target yang diinginkan merupakan besar kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dialirkan mundur dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan *output* neuron. Fase perubahan bobot adalah fase dimana bobot-bobot yang ada pada jaringan dimodifikasi untuk menurunkan nilai *error* yang terjadi (Siang, 2005) yang dikutip dalam (Gernowo & Surarso, 2016).

Untuk melihat apakah JST yang sudah melalui proses pelatihan mampu mengenali pola data baru (*unseen data*), maka proses validasi dilakukan. Pada tahap ini, proses yang berjalan hanyalah proses *feedforward* saja. Seperti pada proses pembelajaran, hasil dari proses *feedforward* ini kemudian diukur keakuratannya untuk mengontrol apakah jaringan sudah dapat mengenali pola dengan baik. Pengukuran keakuratan hasil prediksi pada penelitian ini dilihat dari nilai MSE yang dihitung dengan menggunakan rumus (10). Jika hasil validasi menunjukkan nilai MSE mendekati 0 (nol), maka sistem yang dibangun dianggap sudah dapat diimplementasikan ke dalam sistem. Selain itu, salah satu indikator yang digunakan untuk

mengukur kualitas dari JST yaitu menggunakan rumus koefisien korelasi (R) sebagaimana pada persamaan 16 (Kardan et al., 2013) yang dikutip dalam (Gernowo & Surarso, 2016). Nilai R akan menunjukkan hubungan antara nilai target dan nilai output yang dihasilkan oleh JST.

$$R = \frac{\sum_{m=1}^N (T_m - \mu_T)(O_m - \mu_O)}{\sqrt{\sum_{m=1}^N (T_m - \mu_T)^2} \sqrt{\sum_{m=1}^N (O_m - \mu_O)^2}} \dots\dots\dots (16)$$

Variabel  $\mu_T$  pada rumus menunjukkan rata-rata dari target dan  $\mu_O$  adalah nilai rata-rata dari output yang dikeluarkan oleh JST. Baik atau tidaknya nilai R dilihat dari range antara -1 dan 1. Jika hasil prediksi sempurna, maka nilai target dan nilai output akan memiliki nilai yang sama persis ( $R=1$ ). Dengan nilai tersebut artinya antara nilai target dan output memiliki korelasi yang sempurna. Namun korelasi semacam ini sangat jarang terjadi. Sebaliknya jika nilai R pada hasil prediksi mendekati -1, artinya nilai target dan output sama tidak berkorelasi (Kardan et al., 2013) yang dikutip dalam (Gernowo & Surarso, 2016).

Bagian terakhir adalah tahapan pemanfaatan model JST, dimana ketika model JST yang dihasilkan telah dianggap menghasilkan output yang diharapkan, maka pada tahap ini sistem cerdas/interface dari sisi pengguna dapat didesain dan dikembangkan untuk memudahkan pengguna dalam mengakses sistem.

Menurut Wang (2007) dan Cusnul Arif (2008) yang dikutip dari Fu (1994), proses pelatihan dengan *backpropagation* memiliki beberapa tahapan yaitu inisialisasi pembobot (*weight*), perhitungan nilai aktivasi, dimana setiap *node* pada *hidden layer* dihitung nilai *net input*-nya dengan cara menjumlahkan seluruh hasil perkalian antara *node input* ( $X_i$ ) dengan pembobot ( $V_{ij}$ ), perbaikan nilai pembobot, dimana nilai *output* dari setiap *node* pada *output layer* hasil perhitungan pada jaringan akan dibandingkan dengan nilai target yang diberikan dengan persamaan jumlah kuadrat *error*, pengulangan, yang diterapkan pada keseluruhan proses yang dilakukan pada setiap contoh dan pengulangan sampai sistem mencapai keadaan optimum. Pengulangan mencakup pemberian contoh pasangan *input* dan *output*, perhitungan nilai aktivasi dan perubahan nilai pembobot (*weight*). Setelah JST terlatih memecahkan suatu masalah, kemudian harus dilakukan validasi yang merupakan proses pengujian kinerja jaringan terhadap contoh yang belum diberikan selama proses pelatihan. Proses validasi dilakukan dengan memasukkan suatu set contoh *input-output* yang hampir sama dengan contoh set *input-output* yang diberikan selama proses pembelajaran.

Jaringan Syaraf Tiruan juga merupakan metode identifikasi yang tepat untuk diaplikasikan pada sistem yang kompleks seperti sistem dinamik hubungan antara lingkungan dan tanaman. Model JST telah dikembangkan untuk menduga fluks gas N<sub>2</sub>O dari lahan sawah oleh Nugraha dan Arif (2019) melalui model JST yang menunjukkan keakuratan melalui nilai R<sup>2</sup> setiap rezim air, sehingga model JST dapat digunakan untuk memprediksi fluks gas N<sub>2</sub>O. Dalam lingkungan terkendali, penerapan JST untuk identifikasi maupun prediksi telah dilakukan oleh Tamrin et al., (2005) mengembangkan model respon dinamik JST untuk memprediksi pertumbuhan tanaman timun mini pada fase vegetatif dan nutrisi yang hilang dan mendapatkan hasil pembelajaran rasio kanopi-diameter adalah 95% dan 1,3%, untuk limpasannya bernilai 99% dan 4,9%. Sedangkan hasil validasi diperoleh rasio kanopi-diameter 93% dan 0,62%, untuk limpasannya bernilai 96% dan 0,43%.

Masalah pengayaan parameter CO<sub>2</sub> sebagai bagian dari kebutuhan pertumbuhan tanaman juga dilakukan oleh Lenni et al. (2020) yang mengembangkan model JST untuk memperkirakan laju asimilasi CO<sub>2</sub> pada tanaman selada yang dibudidayakan pada sistem hidroponik rakit apung. Hasil identifikasi menggunakan JST menunjukkan regresi nilai R dengan akurasi baik pada nilai 0,8101 dan 0.8662. CO<sub>2</sub> merupakan salah satu greenhouse gas di bumi yang dikeluarkan oleh aktivitas manusia dan dibutuhkan oleh tanaman untuk proses fotosintesis (Brander, 2012).

Algoritma Genetika (AG) adalah metaheuristik yang terinspirasi oleh proses seleksi alam yang termasuk dalam kelas yang lebih besar dari algoritma evolusi (EA). Algoritma genetika biasanya digunakan untuk menghasilkan solusi berkualitas tinggi untuk masalah optimasi dan pencarian dengan mengandalkan operator yang terinspirasi secara biologis seperti mutasi, persilangan, dan seleksi (Wikipedia, 2020). Teknik pencarian dan optimisasi (melibatkan probabilitas) dalam algoritma genetika meniru proses evolusi dan perubahan genetik pada struktur kromosom makhluk hidup (Gen & Cheng, 1997) yang dikutip dalam Massalesse (2011).

Salah satu kelebihan AG adalah relatif sederhana karena mampu belajar dan beradaptasi, yaitu hanya memerlukan informasi tentang struktur kromosom (individu) dan bentuk fungsi fitness dari permasalahan yang dihadapi, lalu kemudian mencari sendiri solusi terbaik untuk permasalahan yang dihadapi (Yuliana, 2016). Goldberg (2005) menyebutkan terdapat 4 perbedaan AG dengan teknik pencarian dan optimasi konvensional sebagai berikut.

1. Algoritma genetika bekerja pada sekumpulan calon solusi yang telah dikodekan bukan pada solusi itu sendiri.
2. Algoritma genetika melakukan pencarian nilai optimum pada sekumpulan calon solusi secara paralel (bersifat *parallel search* atau *population-based search*).
3. Algoritma genetika secara langsung memanfaatkan fungsi tujuan atau fungsi *fitness*, bukan fungsi turunan.
4. Algoritma genetika menggunakan aturan transisi kemungkinan (probabilistik), bukan aturan pasti (deterministik).

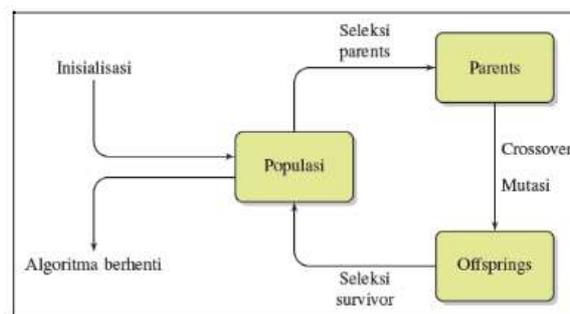
Sedangkan variabel dan parameter yang digunakan pada algoritma genetika menurut Goldberg (Sastry et al., 2005), yaitu 1) fungsi *fitness* (fungsi tujuan) yang dimiliki oleh masing-masing individu untuk menentukan tingkat kesesuaian individu tersebut dengan kriteria yang ingin dicapai, 2) populasi jumlah individu yang dilibatkan pada setiap generasi, 3) probabilitas terjadinya persilangan (*crossover*) pada suatu generasi, 4) probabilitas terjadinya mutasi pada setiap individu, dan 5) jumlah generasi yang akan dibentuk yang menentukan lama penerapan AG.

Ada 6 tahapan yang digunakan dalam proses algoritma genetika, yaitu 1) Pendefinisian Kromosom dan Populasi, 2) Fungsi *Fitness*, 3) Proses seleksi parents, 4) Proses *Crossover* dan Mutasi, 5) Proses Seleksi *Survivor* atau *Replacement*, dan 6) evaluasi pemberhentian. Kromosom terdiri atas beberapa gen. Kromosom digunakan untuk merepresentasikan suatu solusi yang mungkin dari permasalahan yang akan diselesaikan menggunakan algoritma genetika. Kromosom bisa dinyatakan dalam banyak cara, seperti kromosom biner, kromosom real, kromosom permutasi, dan lain sebagainya. Populasi dalam algoritma genetika adalah sekumpulan kromosom. Dalam satu populasi, akan terdapat N buah kromosom dengan nilai N adalah suatu parameter yang ditetapkan oleh user (Kholik et al., 2018). Menurut Yuliani (2010), Populasi awal dibangkitkan secara random sehingga didapatkan solusi awal.

Proses seleksi (*fitness*) merupakan proses untuk menentukan kromosom mana saja yang akan dipilih untuk dilakukan penyilangan (*crossover*) dan bagaimana keturunan terbentuk dari kromosom-kromosom terpilih tersebut. *Fitness* juga merupakan proses penyeleksian nilai kecocokan kromosom terhadap permasalahan. Semakin tinggi nilai *fitness*, seharusnya solusi tersebut semakin optimal, sedangkan untuk seleksi *parents* bertujuan untuk memilih dua

kromosom sebagai parent yang selanjutnya akan dilakukan proses *crossover* dan mutasi pada parent terpilih.

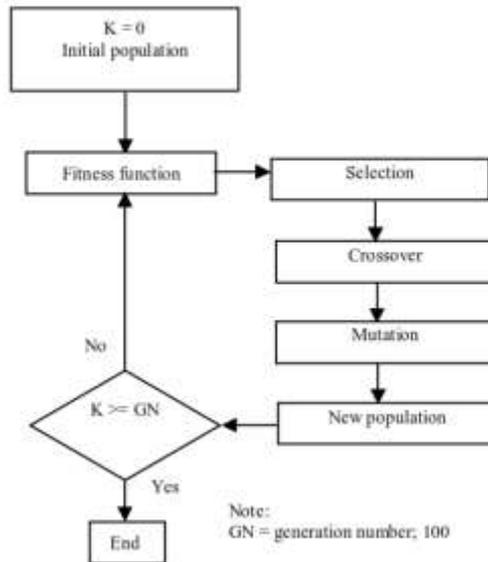
Proses *crossover* proses adalah proses menyilangkan dua kromosom sehingga membentuk kromosom baru yang harapannya lebih baik dari pada induknya. *Crossover* sebagai proses persilangan akan membentuk dua *offspring* (kromosom anak) baru dari dua parent. Hanya *offspring* yang memenuhi syarat pada permasalahan yang akan ditambahkan ke populasi yang ada. Proses mutasi yaitu mengganti suatu gen dengan gen yang baru. Proses *crossover* dan mutasi biasanya dilakukan secara acak. Sementara proses *replacement* bertujuan untuk memilih  $n$  kromosom dari gabungan antara populasi sebelumnya dan *offspring* yang dihasilkan, kemudian  $n$  kromosom terpilih akan digunakan sebagai populasi untuk perulangan atau iterasi berikutnya. Algoritma genetika berhenti (tahap evaluasi) jika ada kromosom atau solusi yang optimal secara global, nilai fitness-nya telah mencapai konvergensi atau iterasinya telah mencapai jumlah maksimum yang ditentukan (Kholik et al., 2018). Ilustrasi tahapan algoritma genetika diberikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tahapan optimasi menggunakan Algoritma Genetika (AG).

Sumber : (Kholik et al., 2018)

Menurut Kusumadewi (Kusumadewi, 2003), terdapat 6 konstruksi dasar dari Algoritma Genetika, yaitu 1) pendefinisian kromosom, 2) pendefinisian fungsi fitness, 3) membangkitkan sebuah populasi awal, 4) reproduksi, 5) crossover, dan 6) mutasi. Tahapan ini sebagaimana definisikan oleh Suhardiyanto et al., (Suhardiyanto et al., 2009) dan A. Arif et al., (2014) dalam Gambar 11.



Gambar 11. Kontruksi Algoritma Genetika.

Sumber : (Suhardiyo et al., 2009) dan (Arif et al., 2014).

Pendefinisian kromosom sebagai proses pemilihan beberapa kromosom untuk dijadikan kromosom induk bagi generasi berikutnya. Proses seleksi menggambarkan aspek yang sangat penting dalam GA, yaitu memperoleh kromosom-kromosom dengan tingkat kelayakan tinggi. Kromosom-kromosom ini memiliki kesempatan yang lebih besar untuk dipilih dan diproduksi di dalam populasi generasi berikutnya. Besarnya ukuran slot adalah sama antara rasio nilai fitness (kelayakan) suatu kromosom dengan total nilai fitness semua kromosom. Kromosom terdiri atas beberapa gen. Kromosom digunakan untuk merepresentasikan suatu solusi yang mungkin dari permasalahan yang akan diselesaikan menggunakan algoritma genetika. Kromosom bisa dinyatakan dalam banyak cara, seperti kromosom biner, kromosom real, kromosom permutasi, dan lain sebagainya. Populasi dalam algoritma genetika adalah sekumpulan kromosom. Dalam satu populasi, akan terdapat  $n$  buah kromosom dengan nilai  $n$  adalah suatu parameter yang ditetapkan.

Fungsi *fitness* dari suatu kromosom adalah nilai kecocokan kromosom terhadap permasalahan. Semakin tinggi nilai *fitness*, seharusnya solusi tersebut semakin optimal. Sedangkan reproduksi adalah suatu proses pembentukan individu baru melalui proses *crossover* dan mutasi. *Crossover* (penyilangan) adalah penyilangan antara individu-individu yang terpilih menjadi individu yang baru. Penyilangan ini bekerja pada sepasang kromosom

induk untuk menghasilkan dua kromosom anak dengan menukarkan beberapa gen yang dimiliki masing-masing kromosom induk. Tingkat penyilangan atau peluang penyilangan adalah rasio antara jumlah kromosom yang diharapkan mengalami penyilangan dalam setiap generasi dengan jumlah kromosom total dalam populasi. Tingkat penyilangan yang tinggi menyebabkan semakin besarnya kemungkinan AG mengeksplorasi ruang pencarian sekaligus mempercepat ditemukannya solusi optimum. Penentuan peluang penyilangan yang tepat sangat tergantung pada permasalahan yang dihadapi.

Beberapa metode penyilangan yang dapat dilakukan antara lain metode PMX (*partially mapped crossover*) dan metode CX (*cycle crossover*) yang memiliki perbedaan kualitas pemberian solusi dan kinerja (penggunaan waktu) dalam penerapannya (F. Maharani, 2010), (Widiartha et al., 2019) dan metode modifikasi yang merupakan modifikasi dari metode *crossover* umum. Proses mutasi merupakan proses bergantinya gen atau kromosom induk secara acak berdasarkan peluang mutasi. Proses ini penting dalam menentukan keragaman individu yang didapatkan sehingga terhindar dari maksimum atau minimum lokal.

Penerapan Algoritma Genetika dalam optimasi pertumbuhan tanaman di lingkungan terkendali telah banyak di kembangkan dalam berbagai penelitian, diantaranya oleh Suhadiyanto et al., (2009), yang melakukan optimasi nilai EC Nutrient Solution untuk kualitas Buah Tomat dalam Hidroponik yang menghasilkan bahwa optimasi pertumbuhan mutu tomat terjadi pada kondisi nilai EC berturut-turut 1,4 mS / cm, 10,2 mS / cm dan 9,7 mS / cm. Tamrin et al., (2005) melakukan optimasi pertumbuhan bobot ketimun mini pada fase vegetatif terhadap perbedaan nilai EC nutrisi dan mendapatkan bahwa fungsi kesesuaian pertama dapat digunakan untuk mengoptimalkan respon tanaman (rasio luas tajuk dan diameter batang) dan hilangnya larutan nutrisi secara efisien yang ditunjukkan dengan nilai kesesuaian maksimum ( $PC = 0.6$  dan  $Pm = 0.01$ ). Arid C. et al., (Arif et al., 2014) juga menerapkan GA dalam menentukan optimasi tingkat kelembaban tanah untuk budidaya Padi Sri dan mendapatkan peningkatan produksi sebesar 4.40 % dan produktifitas air sebesar 8.40 % dibandingkan data empirik dengan air yang dapat dihemat sebesar 12.28 %.

Untuk mendukung pelaksanaan penelitian tentang budidaya Purwoceng di lingkungan terkendali dengan penerapan monitoring cerdas berbasis IoT maka para periset telah melakukan berbagai riset yang memperoleh pendanaan hibah DRPM-DIKTI, Kerjasama Internasional, hibah Kementerian Pertanian, dan riset mandiri.

Pengelompokan riset pengusul terbagi dalam 5 bagian, yaitu: (1) riset tentang IoT dan berbagai kontrol otomatis, (2) riset tentang sistem cerdas dan optimasi pertumbuhan tanaman (3) riset tentang lingkungan *greenhouse*, *palnt factory*, dan hidroponik, (4) riset tentang berbagai uji zat kimia aktif pada tanaman dan (5) riset tentang karakteristik dan pertumbuhan purwoceng. Riset tentang IoT dan berbagai kontrol otomatis dilakukan pada budidaya guava dan bawang merah (Mustaqimah et al., 2019; Slamet et al., 2018b, 2018a; Widodo, 2019). Hasil kajian penelitian ini telah diseminasikan melalui seminar nasional dan internasional, dipublikasi pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional.

Riset tentang *greenhouse* dan budidaya tanaman di dalamnya termasuk penerapan *zone cooling* pada media tanam, yang meliputi teknologi rumah tanaman untuk iklim tropika basah, *zone cooling system*, permodelan *Artificial Neural Network*, dan optimasi *Genetic Algorithm*, (Kojima et al., 1991; Suhardiyanto et al., 2008, Romdhonah et al., 2015; Suhardiyanto et al., 2009). Hasil kajian penelitian ini telah dipublikasi dalam bentuk buku, jurnal internasional dan Jurnal Nasional Terakreditasi. Riset tentang budidaya tanaman obat purwoceng di lingkungan terkendali (Difa & Kunci, 2018; Sumarni et al., 2017b; Sumarni, Soesanto, Farid, & Baroroh, 2018). Hasil kajian penelitian ini telah disampaikan dalam seminar internasional dan publikasi di jurnal nasional terakreditasi.

Riset tentang sistem cerdas dan optimasi pertumbuhan tanaman dengan berbagai pendekatan (Fatikhunnada et al., 2018; Solahudin & Nurista, 2009; Suriansyah et al., 2016). Hasil kajian penelitian ini juga telah disampaikan dalam seminar internasional, dipublikasi pada jurnal internasional dan jurnal nasional terakreditasi.

## **B. Potensi Kebaruan Riset**

Riset yang diajukan akan mencakup beberapa kebaruan yang diharapkan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sebagai berikut.

### **1. Purwarupa Sistem Kontrol Cerdas berbasis IoT *Multi Framework* untuk Budidaya Purwoceng yang Optimum di Lingkungan Terkendali**

Perkembangan sistem kontrol berbasis IoT sudah banyak dilakukan, namun sistem kontrol cerdas yang dikembangkan untuk beragam lingkungan terkendali (*multi*

*framework*), masih merupakan hal yang baru. Riset yang diajukan ini juga akan menghasilkan kebaruan pada sistem kontrol berbasis ANN untuk budidaya tanaman purwoceng di berbagai lingkungan terkendali.

## 2. **Model Sistem Lingkungan Terkendali Berupa *Greenhouse* dan *Plant Factory* untuk Budidaya Purwoceng**

Beberapa pengujian budidaya Purwoceng yang dilakukan di luar Dieng yang menggunakan *greenhouse* mengalami kegagalan pada masa awal tanam ( $\pm 4$  BST) yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik iklim lingkungan dimana budidaya itu diadakan sedangkan untuk budidaya Purwoceng di *Plant Factory* sampai saat ini belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, riset ini akan menghasilkan kebaruan berupa sistem pengendalian lingkungan di dalam *greenhouse* dan *plant factory* untuk budidaya tanaman purwoceng.

## 3. **Optimasi Parameter Lingkungan Pertumbuhan Tanaman Purwoceng untuk Menghasilkan Kandungan Senyawa bagi Industri Jamu**

Penelitian tentang kandungan senyawa kimia pada akar purwoceng sudah dilakukan oleh periset sebelumnya, namun penelitian mengenai bagaimana lingkungan pertumbuhan selama budidaya purwoceng di dalam *greenhouse* dan *plant factory* mempengaruhi kandungan senyawa tersebut belum pernah dilakukan. Penelitian ini akan mengkaji hal tersebut dan merupakan suatu kebaruan yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan teknologi budidaya tanaman purwoceng.

### BAB III. PELAKSANAAN KEGIATAN RISET

Pelaksanaan program penelitian tahun pertama dimulai pada Bulan Oktober 2020 melalui penandatanganan kontrak pelaksanaan program penelitian. Selanjutnya berdasarkan dokumen tersebut, dilakukan konsolidasi tim periset dan tim lapangan dengan membagi tim ke dalam 2 kelompok, yaitu tim budidaya di *greenhouse* dataran tinggi dan tim budidaya di *plant factory*.

Pelaksanaan kegiatan tahun pertama dikelompokkan menjadi ke dalam 7 indikator, yaitu 1) sistem hidroponik terpilih untuk budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi dan *plant factory* berdasarkan hasil analisis produktivitas tanaman, analisis fitokimia, dan analisis keamanan pangan akar dan daun purwoceng yang dibudidayakan di dalam *greenhouse* di dataran tinggi dan *plant factory*, 2) rancangan sistem pengendalian lingkungan untuk budidaya purwoceng di dalam *greenhouse* di dataran rendah dan pemasangannya, 3) model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi, 4) model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory*, 5) rancangan sistem monitoring untuk budidaya purwoceng di dalam *greenhouse* dan *plant factory*, 6) UI/UX Dashboard dan Mobile Apps, dan 7) Design Prototipe Awal yang secara fungsional dapat digunakan.

Setiap indikator memiliki sejumlah aktifitas sesuai tujuan apa yang akan dicapai pada setiap indikator kegiatan, dan secara berkala dievaluasi sejak pelaksanaan program riset ini dimulai. Aktifitas-aktivitas yang dilakukan pada setiap indikator kegiatan diuraikan sebagai berikut.

1. Indikator 1 bertujuan untuk menemukan sistem hidroponik terpilih di *greenhouse* dataran tinggi yang menghasilkan pertumbuhan dan mutu tanaman purwoceng yang terbaik, dan perlakuan pencahayaan terpilih di *plant factory* yang menghasilkan pertumbuhan dan mutu tanaman purwoceng terbaik. Upaya pencapaian tujuan ini dilakukan melalui kegiatan sebagai berikut.
  - a. Penelusuran dan koordinasi antara anggota peneliti 4 dengan kelompok tani yang memiliki dan membudidayakan tanaman purwoceng di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah
  - b. Rapat koordinasi bersama antara tim peneliti dengan PT Nudira, membahas tentang

- kebutuhan lingkungan greenhouse yang diharapkan oleh tim peneliti.
- c. Mempersiapkan lingkungan greenhouse dataran tinggi dan plant factory sesuai rancangan percobaan untuk budidaya tanaman hidroponik.
  - d. Pengadaan bibit tanaman purwoceng dari dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah, untuk dibudidayakan pada sistem hidroponik yang telah dipersiapkan di *greenhouse* dataran tinggi (Pangalengan) dan di *plant factory* (IPB-Bogor).
  - e. Melakukan pindah tanam bibit purwoceng ke polibag besar dan ditempatkan pada seluruh rak tanam sesuai sistem hidroponik yang telah disediakan. *Greenhouse* dataran tinggi menampung 400 bibit yang tersebar ke dalam 3 tipe hidroponik, dan *plant factory* menampung sebanyak 100 bibit. Pindah tanam dilakukan secara bersamaan, setelah 5 hari dilakukan aklimatisasi terhadap bibit dari Dieng.
  - f. Mengukur volume air di media tanam (polibag) pada seluruh sistem hidroponik untuk mendapatkan keseragaman volume air di setiap rak tanam.
  - g. Melakukan pengukuran/pengambilan data pertumbuhan tanaman purwoceng pada semua sistem hidroponik yang diterapkan, sebagai bahan yang akan dianalisa untuk mendapatkan pertumbuhan di sistem mana yang paling optimal.
  - h. Pemasangan stasiun cuaca di *greenhouse* dataran tinggi.
  - i. Kalibrasi dan pemasangan thermokopel di *plant factory*.
  - j. Monitoring data, penanganan gangguan penyakit, dan persiapan analisis pertumbuhan tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi.
  - k. Monitoring data, penanganan gangguan penyakit, dan persiapan analisis pertumbuhan tanaman purwoceng di *plant factory*.
  - l. Analisis statistik pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi dan mini *plant factory*.
  - m. Analisis fitokimia dan keamanan pangan.

Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Realisasi setiap kegiatan pada Indikator Kinerja 1**

Sistem hidropnik terpilih untuk budidaya tanaman purwoceng di greenhouse dataran tinggi dan plant factory berdasarkan hasil analisis produktivitas tanaman, analisis fitokimia, dan analisis keamanan pangan akar dan daun purwoceng yang dibudidayakan di dalam greenhouse di dataran tinggi dan plant factory

No.	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Penelusuran dan koordinasi antara anggota peneliti 4 dengan kelompok tani yang memiliki dan membudidayakan tanaman purwoceng di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah.															
2	Rapat koordinasi bersama antara tim peneliti dengan PT Nudira, membahas tentang kebutuhan lingkungan <i>greenhouse</i> yang diharapkan oleh tim peneliti															
3	Mempersiapkan lingkungan <i>greenhouse</i> dataran tinggi dan <i>plant factory</i> sesuai rancangan percobaan untuk budidaya tanaman hidropnik.															
4	Pengadaan bibit tanaman purwoceng dari dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah, untuk dibudidayakan pada sistem hidropnik yang telah dipersiapkan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi (Pangalengan) dan di <i>plant factory</i> (IPP-Bogor).															
5	Melakukan pindah tanam bibit purwoceng ke <i>polybag</i> besar dan ditempatkan pada seluruh rak tanam sesuai sistem hidropnik yang telah disediakan.															
6	Mengukur volume air di media tanam ( <i>polybag</i> ) pada seluruh sistem hidropnik untuk mendapatkan keseragaman volume air di setiap rak tanam.															
7	Melakukan pengukuran/pengambilan data pertumbuhan tanaman purwoceng pada semua sistem hidropnik yang diterapkan, sebagai bahan yang akan dianalisa untuk mendapatkan pertumbuhan di sistem mana yang paling optimal.															
8	Pemasangan stasiun cuaca di <i>greenhouse</i> dataran tinggi.															



2. Indikator 2 dirancang sebagai upaya memperkuat kompatibilitas sistem kontrol dan monitoring yang dikembangkan yaitu meliputi kemungkinan penerapannya pada budidaya tanaman purwoceng di dalam *greenhouse* di dataran rendah. Sejumlah aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah sebagai berikut.
  - a. Pemodelan suhu dan kelembaban udara di dalam *greenhouse* menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN).
  - b. Pemodelan suhu udara di dalam *greenhouse* menggunakan persamaan-persamaan pindah Panas.
  - c. Prediksi distribusi suhu udara di dalam *greenhouse* menggunakan *Computational Fluid Dynamic*.
  - d. Evaluasi hasil kajian.
  - e. Perancangan *chiller* untuk pendinginan *greenhouse* .
  - f. Perakitan *chiller* untuk pendinginan *greenhouse* .
  - g. Simulasi kerja *chiller* untuk mendinginkan air, sebelum dialirkan ke *cooling pad*.
  - h. Kalibrasi *thermocouple* untuk mengukur suhu air dan udara yang ada pada sistem pendingin evaporatif yang menggunakan air yang didinginkan dari *chiller*.
  - i. Pengambilan data suhu untuk mengetahui kinerja mesin *chiller*.
  - j. Model sebaran suhu dan kelembaban relatif udara di dalam *smart greenhouse*.
  - k. Uji coba *chiller*.

Secara keseluruhan terdapat 11 aktivitiatas kegiatan pada indikator 2, dimulai dengan memodelkan parameter iklim pada *greenhouse* dataran rendah yang dipersiapkan untuk budidaya tanaman purwoceng di tahun kedua, perancangan dan pembuatan water chiller, pemasangan *chiller* dan ujicoba. *Chiller* memberi pengaruh terhadap perubahan iklim internal di dalam *greenhouse* dataran rendah yang memungkinkan dijadikan sebagai tempat budidaya tanaman purwoceng. Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Realisasi setiap kegiatan pada Indikator Kinerja 2**

Rancangan sistem pengendalian lingkungan untuk budidaya purwoceng di dalam *greenhouse* di dataran rendah dan pemasangannya

No.	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Pemodelan suhu dan kelembaban udara di dalam <i>greenhouse</i> menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)															
2	Pemodelan suhu udara di dalam <i>greenhouse</i> menggunakan persamaan-persamaan pindah panas															
3	Prediksi distribusi suhu udara di dalam <i>greenhouse</i> menggunakan <i>Computational Fluid Dynamic</i>															
4	Evaluasi hasil kajian															
5	Perancangan <i>chiller</i> untuk pendinginan <i>greenhouse</i>															
6	Perakitan <i>chiller</i> untuk pendinginan <i>greenhouse</i>															
7	Simulasi <i>chiller</i> untuk mendinginkan suhu air yang dialirkan melalui <i>cooling pad</i> .															
8	Kalibrasi <i>thermocouple</i> untuk mengukur suhu air dan udara yang ada pada sistem pendingin evaporatif yang menggunakan air yang didinginkan															
9	Pengambilan data suhu air dan udara untuk mengetahui kinerja mesin <i>chiller</i>															
10	Model sebaran suhu dan kelembapan relatif udara di dalam <i>smart greenhouse</i>															
11	Uji coba <i>chiller</i>															

3. Indikator 3 adalah luaran dari proses menganalisa pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi, berdasarkan indikator perlakuan yang diberikan dalam rancangan percobaan penelitian. Pemodelan dan optimasi sebagai metode untuk menemukan parameter perlakuan apa yang paling optimum memberikan pertumbuhan tanaman purwoceng lebih maksimal. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka sejumlah aktivitas yang dilakukan pada indikator ini adalah sebagai berikut.
  - a. Studi kepustakaan tentang pemodelan kondisi optimum budidaya tanaman dalam rumah tanaman (*greenhouse*)
  - b. Mengukur pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi.
  - c. Mengukur ketersediaan bahan aktif dan keamanan pangan.
  - d. Inventarisasi data lingkungan dan pertumbuhan tanaman.
  - e. Pembuatan model pertumbuhan (prediksi) tanaman purwoceng berbasis ANN menggunakan perangkat komputer.
  - f. Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi
  - g. Membuat rancangan optimasi menggunakan Algoritma Genetika (GA)
  - h. Optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi

Secara keseluruhan aktivitas pemodelan dan optimasi pada indikator ini diawali dengan penelusuran beberapa kajian kepustakaan tentang berbagai implementasi pemodelan pada budidaya tanaman yang menggunakan sistem hidroponik di dalam *greenhouse*. Kajian ini berguna sebagai referensi dalam membangun rancangan pemodelan, termasuk pembuatan program pemodelan menggunakan aplikasi komputer. Selain itu pemodelan yang dibangun menggunakan *set* data yang harus disusun dari sebaran berbagai data ukur yang telah dibuat, yang meliputi data iklim lingkungan, data pertumbuhan dan data perlakuan. Adanya penambahan waktu pada pelaksanaan indikator ini menyesuaikan dengan aktivitas laboratorium yang terbatas sebagaimana dijelaskan pada indikator 1. Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Realisasi Kegiatan pada Indikator Kinerja 3**

Indikator Kinerja 3 : Model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman purwoceng di dalam *greenhouse* di dataran tinggi.

No	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Studi kepustakaan tentang pemodelan kondisi optimum budidaya tanaman dalam rumah tanaman ( <i>greenhouse</i> )															
2	Mengukur pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi.															
3	Mengukur ketersediaan bahan aktif dan keamanan pangan.															
4	Inventarisasi data lingkungan dan pertumbuhan tanaman.															
5	Pembuatan model pertumbuhan (prediksi) tanaman purwoceng berbasis ANN menggunakan perangkat komputer.															
6	Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi															
7	Membuat rancangan optimasi menggunakan Algoritma Genetika (GA)															
8	Optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi															

4. Indikator 4 adalah luaran dari proses menganalisa pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory*, berdasarkan indikator perlakuan yang diberikan dalam rancangan percobaan penelitian. Pemodelan dan optimasi sebagai metode untuk menemukan parameter perlakuan apa yang paling optimum memberikan pertumbuhan tanaman purwoceng lebih maksimal. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka sejumlah aktivitas yang dilakukan pada indikator ini adalah sebagai berikut.
  - a. Studi kepustakaan tentang pemodelan kondisi optimum budidaya tanaman dalam *plant factory*.
  - b. Mengukur pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory*.
  - c. Mengukur ketersediaan bahan aktif dan keamanan pangan.
  - d. Pemeriksaan kesehatan tanaman di klinik tanaman.
  - e. Melakukan panen lebih awal dan mempersiapkan penanaman baru
  - f. Mengukur bobot basah dan bobot kering tanaman.
  - g. Inventarisasi data lingkungan dan pertumbuhan tanaman.
  - h. Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam *plant factory*.
  - i. Optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam *plant factory*.

Secara keseluruhan aktivitas pemodelan dan optimasi pada indikator ini sama dengan aktivitas yang dilakukan pada indikator sebelumnya (3), namun adanya gangguan penyakit pada tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory* menyebabkan aktivitas panen dan pengujian dilakukan lebih awal, kecuali yang berhubungan dengan aktivitas di laboratorium yang disesuaikan dengan keterbatasan personil dalam beraktivitas. Kajian kepustakaan berguna sebagai referensi dalam membangun pembuatan pemodelan dan optimasi. Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Realisasi Kegiatan pada Indikator Kinerja 4**

Indikator Kinerja 4 : Model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman purwoceng di dalam *plant factory*

No.	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Studi kepustakaan tentang pemodelan kondisi optimum budidaya tanaman di dalam <i>plant factory</i>	■	■													
2	Mengukur pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>plant factory</i> .			■	■	■										
3	Mengukur ketersediaan bahan aktif dan keamanan pangan.						■									
4	Pemeriksaan kesehatan tanaman di klinik tanaman					■										
5	Melakukan panen lebih awal dan mempersiapkan penanaman baru						■									
6	Mengukur bobot basah dan bobot kering tanaman.							■								
7	Inventarisasi data lingkungan dan pertumbuhan tanaman.								■							
8	Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam <i>plant factory</i>											■				
9	Optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam <i>plant factory</i>													■		

5. Indikator 5 merupakan bagian penting dalam pengembangan budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dan *plant factory*, karena aktivitas *monitoring* dan pengendalian lingkungan internal di kedua lingkungan tersebut akan dilakukan secara realtime dan otomatis. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka pada tahun pertama pembuatan sistem diarahkan pada pengembangan sistem monitoring lingkungan dengan sejumlah aktivitas sebagai berikut.
  - a. Kajian kepustakaan tentang aplikasi teknologi kontrol di lingkungan terkendali.
  - b. Perancangan sistem monitoring suhu dan kelembaban udara pada berbagai lingkungan terkendali untuk budidaya tanaman purwoceng.
  - c. Pemrograman.
  - d. Simulasi kinerja hasil rancangan sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT.
  - e. *Design board* paket teknologi monitoring.
  - f. Pencetakan rangkaian & *assembly* komponen ke *board* yang telah dicetak.
  - g. Desain kemasan.
  - h. Uji monitoring di lingkungan terkendali.
  - i. Implementasi sistem monitoring pada lingkungan terkendali dan pengujian monitoring dari jarak jauh.

Indikator ini menjadi bagian penting dalam program penelitian karena menjadi dasar pengembangan ke sistem kendali cerdas. Keberhasilan monitoring lingkungan berbasis sensor akan lebih memudahkan dalam membangun mekanisme pengendalian di tahap selanjutnya dengan hanya menambahkan aktivitas pengolahan data dan pengambilan keputusan kendali dan pengaturan peralatan yang berhubungan dengan perubahan parameter iklim di dalam *greenhouse*. Terdapat 9 aktivitas kegiatan pada indikator ini yang pada umumnya meliputi perancangan hardware (teknologi monitoring berbasis LoRa, dan perancangan sistem informasi berbasis WEB). Aktivitas indikator ini mulai diujicoba dan diimplementasikan pada bulan ke-11 pelaksanaan program. Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Realisasi Kegiatan pada Indikator Kinerja 5**

Indikator Kinerja 5 : Rancangan sistem kontrol berbasis IoT untuk budidaya purwoceng di greenhouse dan plant factory telah siap digunakan sebagai dasar pembuatan sistem kontrol tersebut pada tahun kedua

No	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Kajian kepustakaan tentang aplikasi teknologi kontrol di lingkungan terkendali															
2	Perancangan sistem monitoring suhu dan kelembaban udara pada berbagai lingkungan terkendali untuk budidaya tanaman purwoceng															
3	Pemrograman															
4	Simulasi kinerja hasil rancangan sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT															
5	Design board paket teknologi monitoring															
6	Pencetakan rangkaian & assembly komponen ke board yang telah dicetak															
7	Desain kemasan															
8	Uji monitoring di lingkungan terkendali															
9	Implementasi sistem monitoring pada lingkungan terkendali dan pengujian monitoring dari jarak jauh															

6. Indikator 6 sebenarnya terbagi kedalam 2 bagian rancangan aplikasi perangkat lunak, yaitu GUI berbasis *dashboard* sebagai *interface* antara sistem monitoring dan kontrol melalui perangkat komputer/laptop dan berbasis web, dan GUI berbasis android sebagai *interface* melalui perangkat *smartphone*. Untuk mencapai target tersedianya kedua aplikasi tersebut, maka sejumlah aktivitas yang dilakukan adalah sebagai berikut.
  - a. Desain *interface* sistem monitoring dan kontrol internal lingkungan terkendali.
  - b. Desain algoritma.
  - c. Pemograman aplikasi *interface* (UI).
  - d. Ujicoba dan perbaikan *error* dan *bugs*.
  - e. Merapikan aplikasi *interface* berbasis *web* pada sistem monitoring pemantauan parameter iklim mikro di lingkungan terkendali.
  - f. Instalasi dan konfigurasi *server*, interkoneksi sistem ke *server*.
  - g. Perancangan dan pembuatan aplikasi *Android*.
  - h. Evaluasi sistem kerja UI/UX.

Aktivitas ini menggambarkan sebagian aktivitas yang dilakukan pada indikator 5, karena pembuatan user *interface* pada sistem informasi menjadi bagian tersendiri yang dibahas di indikator ini. Namun pada indikator ini ditambahkan dengan pembuatan *user interface* berbasis *android* sebagai aplikasi yang dapat dijalankan melalui perangkat *handphone/smartphone*. Pembuatan ke-2 aplikasi UI/UX ini menggunakan *platform* yang berbeda, yaitu berbasis *web* dan *android*. Aktivitas dimulai dari perancangan interface, melakukan pemograman, ujicoba, perbaikan dan evaluasi penggunaan. Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Realisasi Kegiatan pada Indikator Kinerja 6**

Indikator Kinerja 6 : Design UI/UX awal untuk dashboard dan *mobile apps (android)*

No.	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Desain interface sistem monitoring dan kontrol internal lingkungan terkendali.															
2	Desain algoritma															
3	Pemrograman aplikasi <i>interface (UI)</i>															
4	Ujicoba dan perbaikan <i>error</i> dan <i>bugs</i>															
5	Merapikan aplikasi interface berbasis web pada sistem monitoring pemantauan parameter iklim mikro di lingkungan terkendali.															
6	Instalasi dan konfigurasi <i>server</i> , interkoneksi sistem ke <i>server</i>															
7	Perancangan dan pembuatan aplikasi Android															
8	Evaluasi sistem kerja UI/UX															

7. Indikator 7 dirancang dengan tujuan agar desain sistem monitoring yang dibuat, secara fungsional dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat disiapkan menjadi paket teknologi yang benar-benar dibutuhkan masyarakat dan mampu mengatasi permasalahan penerapan teknologi. Untuk mencapai tujuan tersebut, amak sejumlah aktivitas yang dilakukan adalah sebagai berikut.
- Menganalisa kebutuhan user sebagai calon pengguna
  - Desain prototype*
  - Prototype* sistem siap disempurnakan
  - Evaluasi penggunaan sistem.

Aktivitas kegiatan pada indikator ini melanjutkan dari aktivitas di indikator 5, karena berhubungan dengan penanganan perangkat keras (paket teknologi monitoring) yang dibuat. Terdapat 4 aktivitas utama di indikator ini yaitu analisa kebutuhan user, perancangan *prototype*, pengujian, evaluasi penggunaan sistem.

Realisasi setiap kegiatan pada indikator ini sebagaimana diberikan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Realisasi Kegiatan pada Indikator Kinerja 7**

Indikator Kinerja 7 : Design *prototype* awal sistem yang secara fungsional berjalan

No.	Kegiatan	Bulan ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Menganalisa kebutuhan user sebagai calon pengguna															
2	Perancangan <i>prototype</i>															
3	Rancangan <i>prototype</i> sistem yang siap disempurnakan															
4	Evaluasi penggunaan sistem															

## BAB IV. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Berdasarkan aktivitas kegiatan yang telah dilakukan untuk mencapai tujuh indikator kinerja maka tingkat ketercapaian pada akhir pelaksanaan riset tahun pertama adalah sebagaimana diberikan pada tabel masing-masing indikator kinerja di bawah ini.

### **1. Indikator 1. Identifikasi sistem hidroponik terpilih yang menghasilkan pertumbuhan dan mutu tanaman purwoceng terbaik, sebagai referensi yang akan diterapkan pada budidaya pada tahun kedua**

Berdasarkan hasil analisis pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi, dan hasil analisis varian pada karakter bobot basah, bobot kering tanaman purwoceng, maka dapat disimpulkan beberapa parameter penting sebagai berikut.

- Perlakuan tipe hidroponik tidak berpengaruh pada karakter yang diamati (bobot basah dan bobot kering tanaman purwoceng), namun perlakuan EC larutan nutrisi yang berbeda, berpengaruh dan sangat berpengaruh pada bobot basah dan kering.
- Interaksi pada semua karakter bobot basah dan bobot kering, menunjukkan adanya keterkaitan antara perlakuan tipe hidroponik yang diterapkan dengan EC nutrisi yang dipakai. Atau dikatakan bahwa kombinasi perlakuan menentukan besar kecilnya nilai yang diamati.
- Setelah panen, daun yang telah dikeringkan ditentukan kadar air yang tersisa. Kadar air serbuk daun kering masih cukup tinggi yaitu berkisar antara 6.73 – 38.09% (data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1). Menurut Peraturan BPOM No 32 tahun 2019 tentang persyaratan keamanan dan mutu obat tradisional, kadar air obat tradisional tidak lebih dari 10%. Hanya sekitar 12% sampel daun purwoceng yang memenuhi persyaratan dari Peraturan BPOM tersebut. Berbeda dengan daun purwoceng kering, hasil panen akar purwoceng yang telah kering memiliki kisaran kadar air yang lebih sempit yaitu dari 6.73 – 17.28%. Sementara kadar air yang memenuhi syarat simplisia akar lebih banyak yaitu sekitar 50%. Walaupun kadar air

beragam, namun hasil organoleptiknya yaitu bau dan rasa simplisia tersebut masih normal, hal ini mungkin terjadi karena analisis dilakukan sebelum penyimpanan. Setelah disimpan dalam waktu tertentu, dimungkinkan terjadi perubahan organoleptik.

- Untuk memastikan keberadaan logam berbahaya, ditentukan kadar logam Pb, Cd maupun As. Kadar Pb pada sampel berada di kisaran 0,24 hingga 13,93 ppm, sementara Cd pada kisaran tidak terdeteksi hingga 0,04ppm, sedangkan As pada kisaran tak terdeteksi hingga 0,8 ppm. Berdasarkan data dan acuan persyaratan aman adalah kurang dari 2 ppm untuk logam Pb dan Cd sedangkan untuk logam As kurang dari 1 ppm maka sampel aman dari sisi kandungan Pb nya (Lampiran 2). Kandungan Cd semua sampel tidak ada yang melebihi batas, karenanya simplisia aman dari kandungan Cd nya. Kadar arsen seluruh sampel menunjukkan di bawah batas yang diperbolehkan sehingga juga simplisia aman dari sisi kandungan logam arsenya.
- Kadar sari larut air dan etanol ditentukan pada akar dan daun purwoceng. Penentuan kadar ini bertujuan untuk memperkirakan banyaknya kandungan bahan yang larut dalam air yang bersifat sangat polar dan bersifat polar – non polar yaitu kadar sari larut etanol. Rentang kadar sari larut air untuk daun purwoceng adalah sebesar 5.19 – 21.88% sedangkan untuk akar purwoceng lebih kecil yaitu antara 2.49 – 8.99% (Lampiran 3). Rentang kadar sari larut etanol lebih kecil dibandingkan kadar sari larut air yaitu 1.79 – 9.69% untuk daun dan 0.20 – 4.39% untuk akar purwoceng. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa senyawa dari purwoceng baik daun maupun akar lebih banyak larut dalam air dibanding etanol. Hal ini menunjukkan senyawa polar yang terkandung dalam purwoceng lebih banyak dibandingkan dengan senyawa non polar. Bila dibandingkan kadar sari akar dengan daun menunjukkan bahwa daun lebih memiliki banyak senyawa yang dapat larut dalam air maupun etanol. Oleh karena itu, untuk pengembangan purwoceng sebagai bahan pangan ataupun obat tradisional akan lebih baik menggunakan daun dibandingkan akar purwoceng.
- Kadar flavonoid dan fenolik daun dan akar purwoceng ditentukan untuk mendapatkan berapa banyak golongan senyawa metabolit sekunder yang dilaporkan aktif dapat ditemukan. Tipe hidroponik irigasi tetes berpengaruh terhadap kadar

fenolik dan kadar flavonoid daun dan akar tanaman purwoceng. Kadar total fenolik beragam yaitu mulai dari 0.07 – 0.95% untuk daun, sedangkan 0.04 – 0.85% untuk akar (Lampiran 4). Berdasarkan rerata kadar per perlakuan, tipe hidroponik dengan drip irigasi non sirkulasi menunjukkan kadar fenolik paling tinggi, yaitu 0,478 % pada daun dan 0,159% pada akar. Kadar fenolik tertinggi di daun diperoleh pada konsentrasi nutrisi 1500 ppm dan 2000 ppm, sedangkan di akar pada konsentrasi nutrisi 2000 ppm.

- Flavonoid merupakan salah satu golongan senyawa dalam kelompok fenolik. Golongan senyawa ini dilaporkan bertanggung jawab terhadap beragam aktivitas. Kadar flavonoid pun beragam yaitu antara 0.033 – 0.437% untuk daun dan 0.027 – 0.149% untuk akar purwoceng (Lampiran 5). Berdasarkan rerata kadar per perlakuan, tipe hidroponik dengan drip irigasi non sirkulasi menunjukkan kadar flavonoid paling tinggi pada purwoceng yang ditanam menggunakan konsentrasi nutrisi 1500 ppm.
- Terdapat interaksi antara tipe hidroponik yang digunakan dan konsentrasi nutrisi yang diberikan terhadap kadar fenolik di daun dan flavonoid di daun serta akar tanaman purwoceng, dan tidak ada interaksi untuk kadar fenolik di akar. Kadar fenolik tertinggi pada daun diperoleh dari perlakuan tipe irigasi drip non sirkulasi dengan dosis (EC) 1500 ppm. Kadar flavonoid tertinggi pada bagian daun diperoleh dari tipe irigasi drip non sirkulasi 1500 ppm. Hasil tersebut didasarkan pada bobot kering tajuk/daun yang tertinggi diantara perlakuan lainnya. Kadar flavonoid tertinggi di bagian akar diperoleh pada tipe hidroponik sirkulasi 1000 ppm.

Dari seluruh data disimpulkan bahwa tipe hidroponik yang baik adalah drip non sirkulasi dengan EC larutan nutrisi 1500 ppm. Oleh karena itu pada tahun kedua akan dilanjutkan penanaman di *plant factory* dan *greenhouse* dataran rendah dengan tipe hidroponik drip non sirkulasi dengan EC larutan nutrisi 1500ppm. Secara rinci, presentasi capaian indikator 1 diberikan pada Tabel 9.

**Tabel 9. Capaian kegiatan pada Indikator Kinerja 1**

Sistem hidroponik terpilih untuk budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi dan *plant factory* berdasarkan hasil analisis produktivitas tanaman, analisis fitokimia, dan analisis keamanan pangan akar dan daun purwoceng yang dibudidayakan di dalam *greenhouse* di dataran tinggi dan *plant factory*

No.	Kegiatan	Capaian (%) Bulan ke															Total Capaian (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Penelusuran dan koordinasi antara anggota peneliti 4 dengan kelompok tani yang memiliki dan membudidayakan tanaman purwoceng di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah.	5															5
2	Rapat koordinasi bersama antara tim peneliti dengan PT Nudira, membahas tentang kebutuhan lingkungan <i>greenhouse</i> yang diharapkan oleh tim peneliti	5															5
3	Memperiapkan lingkungan <i>greenhouse</i> dataran tinggi dan plant factory sesuai rancangan percobaan untuk budidaya tanaman hidroponik.	15															15
4	Pengadaan bibit tanaman purwoceng dari dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah, untuk dibudidayakan pada sistem hidroponik yang telah dipersiapkan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi (Pangalengan) dan di <i>plant factory</i> (IPB-Bogor).	5															5
5	Melakukan pindah tanam bibit purwoceng ke <i>polybag</i> besar dan ditempatkan pada seluruh rak tanam sesuai sistem hidroponik yang telah disediakan.	5															5
6	Mengukur volume air di media tanam ( <i>polybag</i> ) pada seluruh sistem hidroponik untuk mendapatkan keseragaman volume air di setiap rak tanam.	5															5

7	Melakukan pengukuran/pengambilan data pertumbuhan tanaman purwoceng pada semua sistem hidropnik yang diterapkan, sebagai bahan yang akan dianalisa untuk mendapatkan pertumbuhan di sistem mana yang paling optimal.							2.5	10					12.5		
8	Pemasangan stasiun cuaca di <i>greenhouse</i> dataran tinggi.							2.5						2.5		
9	Kalibrasi dan pemasangan <i>thermocouple</i> di <i>plant factory</i> .															
10	Monitoring data, penanganan gangguan penyakit, dan persiapan analisis pertumbuhan tanaman purwoceng di <i>greenhouse</i> dataran tinggi.							2.5						2.5		
11	Monitoring data, penanganan gangguan penyakit, dan persiapan analisis pertumbuhan tanaman purwoceng di <i>plant factory</i> .															
12	Melakukan panen, uji bobot, uji fitokimia & uji ketersediaan zat berbahaya pada sampel tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>plant factory</i>							2.5						2.5		
13	Analisis statistik pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>plant factory</i>								5					5		
14	Melakukan panen, uji bobot, uji fitokimia & uji ketersediaan zat berbahaya pada sampel tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi								10					10		
15	Analisis statistik pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi.								5					5		
16	Analisis fitokimia (ketersediaan bahan aktif) dan analisis keamanan pangan pada sampel tanaman yang dibudidayakan pada <i>greenhouse</i> dataran tinggi												20	20		
<b>Total Capaian (%)</b>												40	10	30	20	100

**2. Indikator 2. Perancangan sistem pengendalian lingkungan *greenhouse* dataran rendah sehingga mendekati kebutuhan tanaman purwoceng ketika dibudidayakan di dataran rendah**

*Greenhouse* di dataran rendah yang akan menjadi lokasi budidaya tanaman purwoceng pada tahun kedua terletak di Laboratorium Lapangan Siswadhi Soepardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor pada elevasi sekitar 182 m di atas permukaan laut. *Greenhouse* tersebut memiliki panjang 24 m, lebar 8 m, tipe *arch*, dan dilengkapi dengan sistem pendingin *evaporative cooling* menggunakan *cooling pad* dan *exhaust fan*.

Perancangan sistem pengendalian lingkungan di dalam *greenhouse* tersebut dilakukan berdasarkan hasil pemodelan untuk mengetahui hubungan antara suhu udara di dalam *greenhouse* dengan faktor-faktor penentunya. Pemodelan tersebut meliputi pemodelan stokastik yaitu menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) dan deterministik yaitu berdasarkan persamaan-persamaan pindah panas. Persamaan-persamaan pindah panas menyatakan kesetimbangan panas yang menyertai pertukaran udara melalui ventilasi, panas yang berasal dari radiasi matahari, panas yang berasal dari material penutup *greenhouse* melalui pindah panas konveksi, dan panas yang berasal dari permukaan lantai dalam *greenhouse*. Model matematika yang berhasil dibangun tersebut kemudian divalidasi antara lain dengan membandingkan data suhu udara di dalam *greenhouse* hasil prediksi dengan hasil pengukuran.

Selanjutnya, distribusi suhu udara di dalam *greenhouse* juga dikaji menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Prediksi menggunakan CFD merupakan analisis tiga dimensi terhadap aliran fluida dan termal untuk menggambarkan distribusi suhu udara di dalam *greenhouse* pada kondisi tunak (*3-dimensional steady state analysis*). Analisis tiga dimensi menggunakan CFD memiliki tiga tahapan yaitu *preprocessor*, *solver*, dan *postprocessor*. Hal ini dilakukan untuk memastikan penurunan suhu udara di dalam *greenhouse* dengan pendinginan air yang diteteskan ke *cooling pad*. Selain itu, CFD membantu menentukan penempatan *cooling pad* dan *exhaust fan* dapat membantu meningkatkan keseragaman suhu udara di dalam *greenhouse*. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut maka telah dilakukan modifikasi sistem pengendalian lingkungan

berupa *water chiller* untuk mendinginkan air yang diteteskan ke *cooling pad*. Setelah modifikasi dilakukan dan sistem pengendalian lingkungan di dalam *greenhouse* hasil modifikasi sudah terpasang kemudian dilakukan pengujian kinerja pendinginan dari *evaporative cooling system* tersebut.

Kinerja *water chiller* ternyata sangat baik yaitu dapat digunakan untuk mendinginkan suhu air yang diteteskan di *cooling pad* sampai 13°C. Selanjutnya, suhu udara yang melewati *cooling pad* tersebut dapat diturunkan sehingga suhu udara rata-rata di dalam *greenhouse* dapat dipertahankan berkisar antara 26 sampai 27 °C, pada kecepatan *bigfan* 20, 30, 40, dan 50 hertz. *Water chiller* mendinginkan air sampai dengan suhu yang sesuai dengan *set point* yaitu 13°C, dengan suhu awal air sebelum didinginkan adalah 27°C. Proses pendinginan air dari suhu awal sampai dengan mencapai suhu *setpoint* tersebut memerlukan waktu kurang lebih satu setengah jam. Setelah suhu air mencapai suhu *set point* yaitu 13°C, kemudian air yang telah didinginkan menggunakan *water chiller* tersebut ditetskan ke *cooling pad* sebagai bagian dari *evaporative cooling system* dengan empat kecepatan *big exhaust fan* yaitu 20, 30, 40, dan 50 hertz. Perbandingan suhu udara di dalam *greenhouse* dan suhu udara di luar *greenhouse* pada empat tingkat kecepatan putaran *big exhaust fan* disajikan pada Gambar 12, 13, 14, dan 15.



Gambar 12. Perbandingan suhu udara di dalam *greenhouse* dan suhu udara di luar *greenhouse* pada kecepatan exhaust fan 20 hertz.



Gambar 13. Perbandingan suhu udara di dalam *greenhouse* dan suhu udara di luar *greenhouse* pada kecepatan exhaust fan 30 hertz.



Gambar 14. Perbandingan suhu udara di dalam *greenhouse* dan suhu udara di luar *greenhouse* pada kecepatan exhaust fan 40 hertz.



Gambar 15. Perbandingan suhu udara di dalam *greenhouse* dan suhu udara di luar *greenhouse* pada kecepatan exhaust fan 50 hertz.

Dari gambaran perbandingan suhu di dalam dan di luar *greenhouse*, terlihat bahwa suhu udara di dalam *greenhouse* pada saat *water chiller* bekerja mendinginkan air yang ditetaskan ke *cooling pad* mencapai 13 °C dan cuaca cerah ternyata lebih rendah dari pada suhu udara di luar *greenhouse*. Suhu udara rata-rata pada setiap kecepatan putaran motor *big exhaust fan*, adalah 27 °C, dengan suhu terendah dapat mencapai 23 °C dan suhu tertinggi di angka 30 °C. *Evaporative cooling* juga mengakibatkan kenaikan kelembapan udara, namun hasil pengukuran memperlihatkan bahwa kelembapan udara masih berada di bawah 100 %. Dengan demikian pengendalian lingkungan *greenhouse* dataran rendah dengan penambahan *water chiller* yang mampu mendinginkan air hingga 13 °C, memberikan lingkungan tanam yang diperkirakan dapat mendukung budidaya tanaman purwoceng. Secara rinci presentasi capaian kegiatan pada indikator ini diberikan pada Tabel 10.

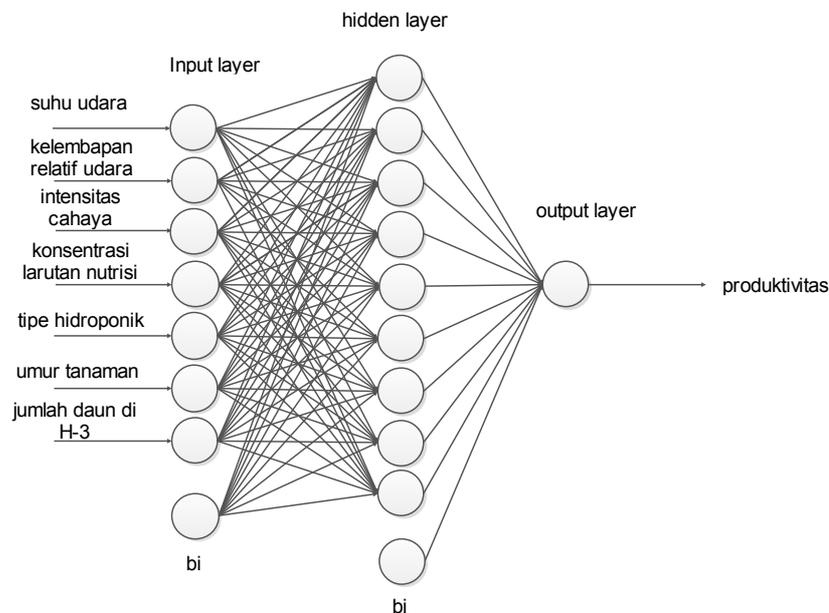
**Tabel 10. Capaian Kegiatan pada Indikator Kinerja 2**

Indikator Kinerja 2 : Rancangan sistem pengendalian lingkungan untuk budidaya purwocong di dalam *greenhouse* di dataran rendah telah terpasang dan siap digunakan untuk percobaan tahun kedua.

No.	Kegiatan	Capaian (%) Bulan ke															Total Capaian (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Pemodelan suhu dan kelembaban udara di dalam greenhouse menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)																12	
2	Pemodelan suhu udara di dalam <i>greenhouse</i> menggunakan persamaan-persamaan pindah panas																13	
3	Prediksi distribusi suhu udara di dalam greenhouse menggunakan <i>Computational Fluid Dynamic</i>																10	
4	Evaluasi hasil kajian					5											5	
5	Perancangan <i>chiller</i> untuk pendinginan <i>greenhouse</i>						5										5	
6	Perakitan <i>chiller</i> untuk pendinginan <i>greenhouse</i>								30								30	
7	Simulasi <i>chiller</i> pada kondisi operasional <i>greenhouse</i>																5	
8	Kalibrasi <i>thermocouple</i> untuk mengukur suhu air dan udara pada <i>evaporative cooling system</i>																5	
9	Pengambilan data suhu air dan udara untuk mengetahui kinerja <i>chiller</i>																5	
10	Model sebaran suhu dan kelembapan udara di dalam <i>greenhouse</i>																5	
11	Uji coba <i>chiller</i>																5	
<b>Total Capaian (%)</b>							35		10		30					20	5	100

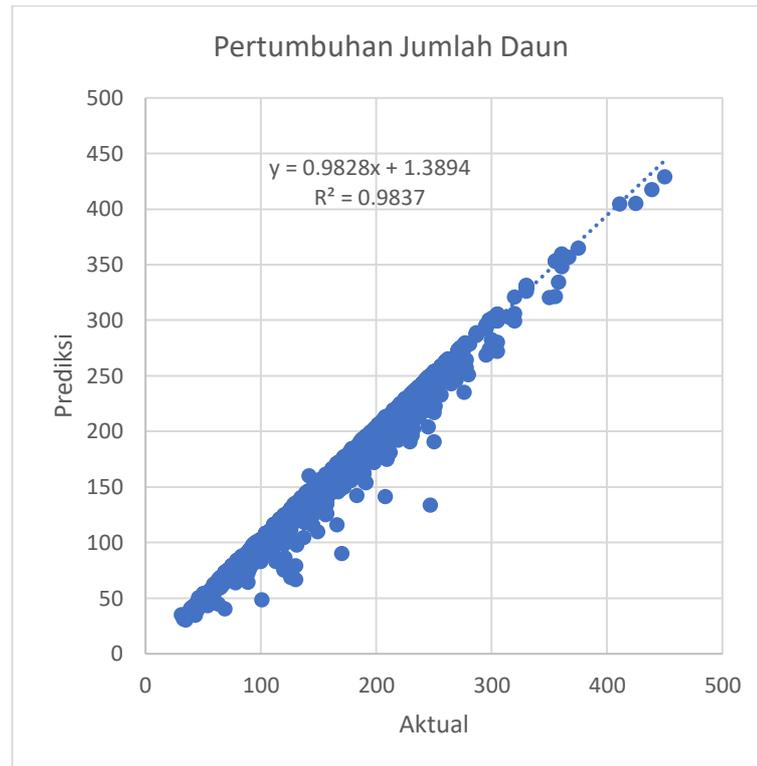
### 3. Indikator 3. Pemodelan dan optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi

Pemodelan didahului dengan pembentukan *set* data yang meliputi data iklim lingkungan *greenhouse* yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman purwoceng, data pertumbuhan tanaman purwoceng dan parameter lain yang memungkinkan dibentuk menjadi set data selama periode budidaya. Dari 6 bulan budidaya (6 BST) yang dilakukan di *greenhouse* dataran tinggi, diperoleh sejumlah 2580 set data, yang masing-masing terdiri dari suhu udara, kelembapan relatif udara, intensitas cahaya, konsentrasi larutan nutrisi, tipe hidroponik, umur tanaman, dan jumlah daun di 3 hari sebelumnya. Sedangkan luaran yang dimodelkan adalah pertumbuhan tanaman. Rancangan model yang dipakai sebagaimana diberikan pada Gambar 16.



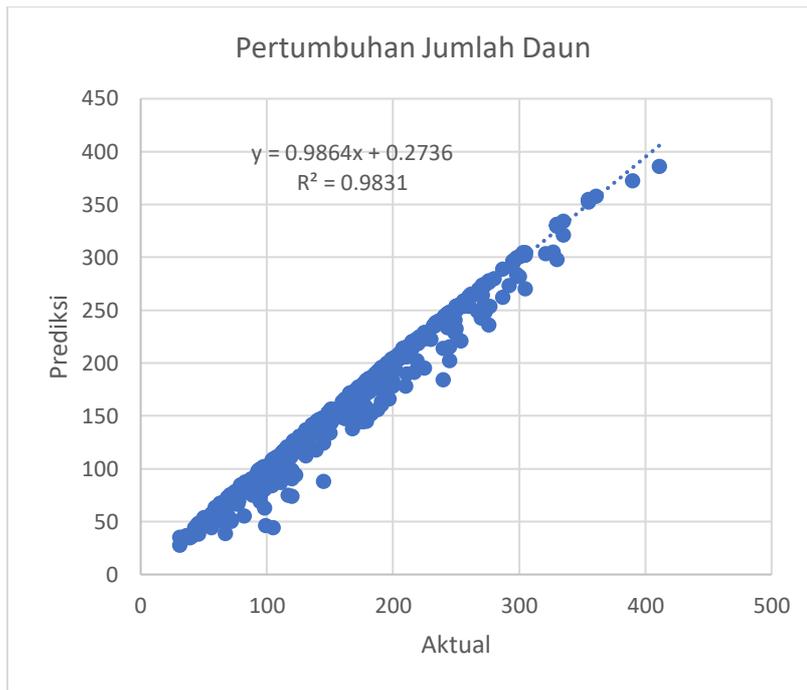
Gambar 16. Rancangan model ANN yang digunakan.

Beberapa parameter yang disertakan dalam membangun model pertumbuhan adalah 9 *hidden layer*, *learning rate* 0.1, momentum 0.1 dan iterasi maximum 10000. Dengan parameter ini selanjutnya dilakukan *training* dan menghasilkan hasil sebagaimana Gambar 17.



Gambar 17. Hasil *training*

Hasil *training* menunjukkan hasil prediksi yang tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran dimana dengan nilai *error* sebesar 0,9. Proses yang selanjutnya dilakukan adalah pengujian terhadap *data set* yang dapat dikumpulkan dan menemukan kondisi sebagaimana diberikan pada Gambar 18. Hasil uji memberikan nilai *error* sebesar 0,9. Jika ditabelkan hasil *training* dan pengujian, maka gambaran model pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi disajikan pada Tabel 11. Optimasi dilakukan dengan menggunakan Algoritma Genetika (GA), sebagaimana telah disebutkan di bagian awal dari tahapan ini. Tujuan akhir adalah menemukan kondisi sistem mana yang paling optimum mmeberikan pertumbuhan tanaman purwoceng. Sebelum melakukan programming GA, dilakukan terlebih dahulu pencarian terhadap fungsi tujuan yang akan digunakan. Fungsi ini diperoleh dengan data-data yang telah diperoleh dari proses ANN terdahulu. Berdasarkan data hasil pemodelan menggunakan ANN, diidentifikasi fungsi tujuan sebagaimana disajikan dalam Tabel 12. Secara rinci presentasi capaian pelaksanaan indikator kinerja 3 diberikan pada Tabel 13.



Gambar 18. Hasil uji (*testing*)

Tabel 11. Hasil training dan pengujian dalam pemodelan prediksi jumlah daun tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi menggunakan ANN

Prediksi Pertumbuhan Jumlah Daun Purwoceng		
	Training	Testing
RMSE	8.883258321	9.383420202
MAPE (%)	3.128477636	3.610615422
R2	0.9837	0.9831

Tabel 12. Fungsi tujuan dalam pemodelan prediksi jumlah daun tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran tinggi menggunakan ANN

Suhu	Kelembaban	Intensitas Cahaya Matahari	Konsentrasi Larutan Nutrisi	Sistem Hidroponik			Umur Tanaman (HST)	Jumlah Daun 3 Hari Sebelumnya
				Drip Non Resirkulasi	Drip Resirkulasi	NFT		
T	RH	R	S	X	Y	Z	H	L3
$f(S,X,Y,Z) = HL1+HL2+...+HL8+HL9+bias \text{ hidden layer}$								
$HLk = Wjk / (1 + e^{-(T*Vij+RH*Vij+R*Vij+S*Vij+X*Vij+Y*Vij+Z*Vij+H*Vij+L3*Vij+bias \text{ Input layer})})$								

**Tabel 13. Presentasi capaian kegiatan pada Indikator Kinerja 3**

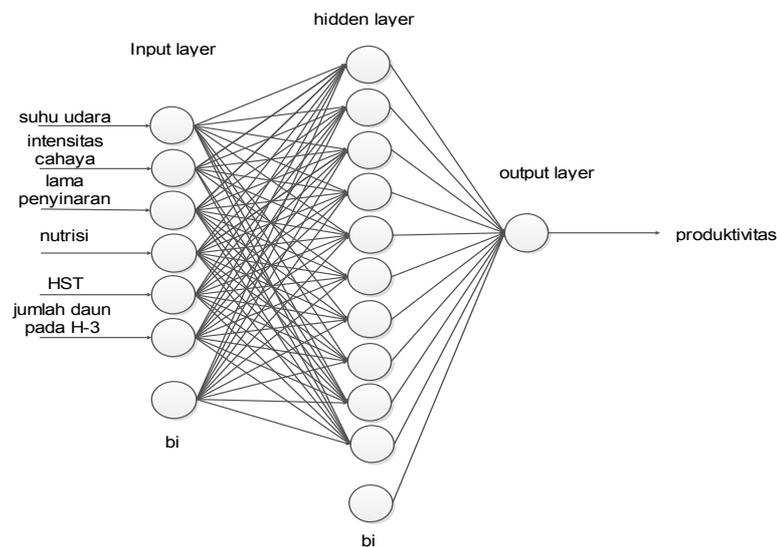
Indikator Kinerja 3 : Model dan kondisi optimum pertumbuhan tanaman purwoceng di dalam *greenhouse* di dataran tinggi.

No.	Kegiatan	Capaian (%) Bulan ke															Total Capaian (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Studi kepastakaan tentang pemodelan kondisi optimum budidaya tanaman di dalam <i>greenhouse</i>	2															7
2	Mengukur pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi.	5	40	5													50
3	Mengukur ketersediaan bahan aktif dan keamanan pangan.							5									5
4	Inventarisasi data lingkungan dan pertumbuhan tanaman.							5									5
5	Pembuatan model pertumbuhan (prediksi) tanaman purwoceng berbasis ANN menggunakan perangkat komputer.							5									5
6	Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi												7				7
7	Membuat rancangan optimasi menggunakan Algoritma Genetika (GA)												10				10
8	Optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>greenhouse</i> dataran tinggi												16				16
<b>Total Capaian (%)</b>		7	40	20									32				100

#### 4. Pemodelan dan optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory*

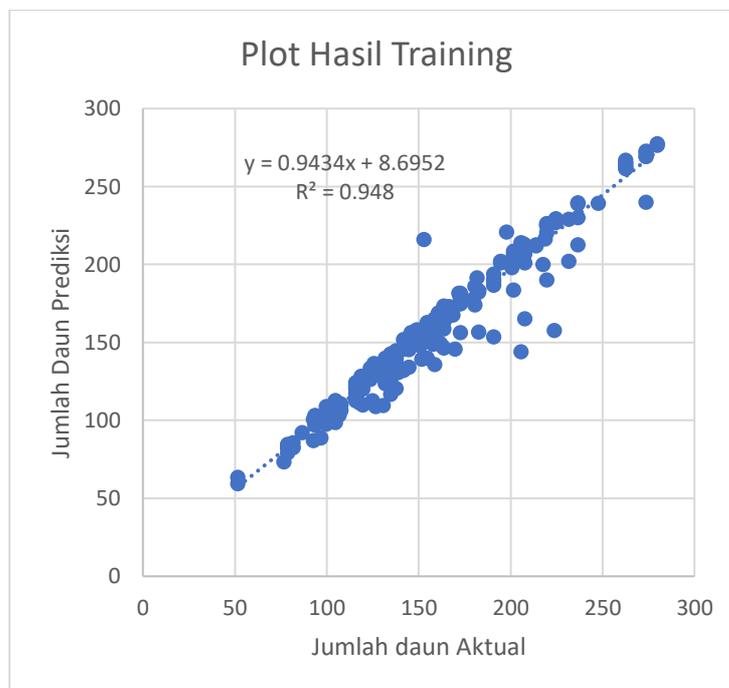
Model kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman purwoceng dilakukan terhadap produktivitas dan mutu dari tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam *plant factory*. Parameter-parameter yang digunakan dalam membangun model pertumbuhan optimum meliputi parameter parameter suhu udara, intensitas cahaya, EC, lama penyinaran (fotoperiodisitas), HST, jumlah daun pada HST-3 dan jumlah daun.

Pemodelan didahului dengan pembentukan set data yang meliputi data iklim lingkungan *plant factory* yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman purwoceng, data pertumbuhan tanaman purwoceng dan parameter lain yang memungkinkan dibentuk menjadi set data selama 4 bulan pertama periode budidaya (4 BST) . Dari 4 bulan budidaya di dalam *plant factory*. Meskipun tanaman mengalami penyakit dan harus dipanen lebih awal, namun data iklim dan pertumbuhan yang diperoleh berhasil diinventarisir dan dikelompokkan kedalam set data. Hasil inventarisir yang dilakukan telah memperoleh 318 set data, yang masing-masing terdiri dari suhu udara, intensitas cahaya, EC, lama penyinaran (fotoperiodisitas), HST, jumlah daun pada HST-3 dan jumlah daun. Rancangan model yang dipakai sebagaimana diberikan pada Gambar 19.



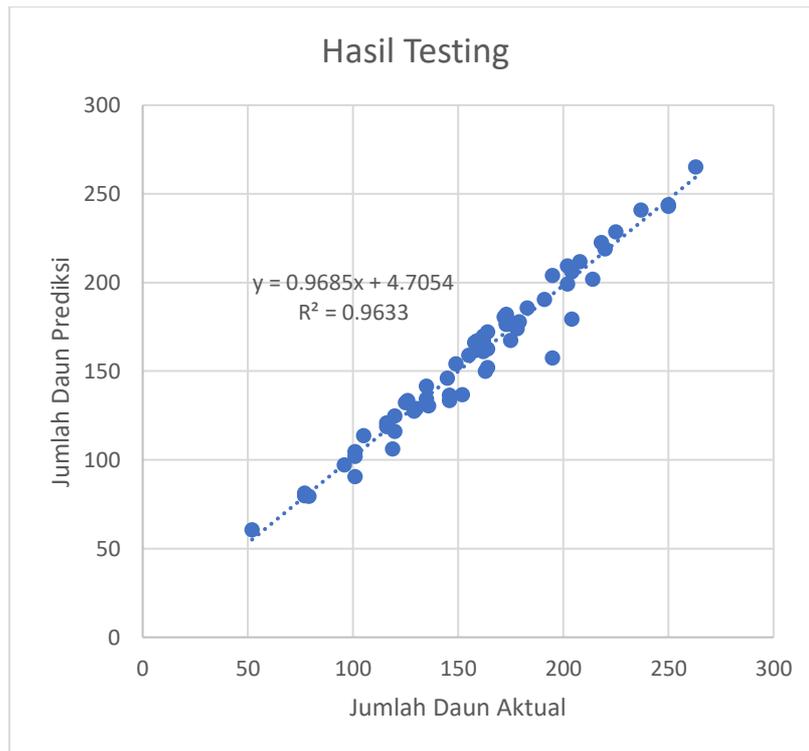
Gambar 19. Rancangan model ANN yang digunakan.

Beberapa parameter yang disertakan dalam membangun model pertumbuhan adalah 10 *hidden layer*, *learning rate* 0.1, *momentum* 0.1 dan iterasi maximum 3000. Dengan parameter ini selanjutnya dilakukan *training* dan menghasilkan hasil sebagaimana Gambar 20.



Gambar 20. Hasil *training* tentang jumlah daun

Hasil *training* menunjukkan hasil prediksi yang tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran dimana dengan nilai *error* sebesar 0,948. Proses selanjutnya dilakukan dengan melakukan uji terhadap *set* data yang disediakan, dan menemukan kondisi sebagaimana diberikan pada Gambar 21.



Gambar 21. Hasil uji (*testing*) jumlah daun

Hasil uji memberikan nilai *error* sebesar 0,9633. Jika ditabelkan hasil *training* dan pengujian, maka gambaran model pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory* sebagaimana diberikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 14. Hasil training dan pengujian dalam pemodelan prediksi jumlah daun tanaman purwoceng di *plant factory* menggunakan ANN

<b>Prediksi Pertumbuhan Jumlah Daun Purwoceng</b>		
	Training (80%)	Testing (20%)
RMSE	11.00324776	8.561773563
MAPE (%)	4.310701683	4.130538072
R2	0.948	0.9633

Optimasi dilakukan dengan menggunakan Algoritma Genetika (AG), sebagaimana telah disebutkan di bagian awal dari tahapan ini. Tujuan akhir adalah menemukan perlakuan EC dan fotoperiodisitas yang paling optimum memberikan pertumbuhan tanaman purwoceng di dalam *plant factory*. Sebelum melakukan pemrograman AG,

dilakukan terlebih dahulu pencarian fungsi tujuan. Fungsi tujuan ini diperoleh dengan data yang telah ada di proses ANN terdahulu. Berdasarkan data pemodelan ANN, diidentifikasi fungsi tujuan dari proses pemodelan adalah sebagai berikut :

$$f(X,Y) = HL1+HL2+\dots+HL9+HL10+bias \text{ hidden layer}$$

$$HLj = Wjk / (1 + e^{-(T*Vij + R*Vij + X*Vij + Y*Vij + H*Vij + L3*Vij + bias \text{ Input layer})})$$

Tabel 15. Fungsi tujuan dalam pemodelan prediksi jumlah daun tanaman purwoceng di *plant factory* menggunakan ANN

HST	Nilai Fitness	Nutrisi (PPM)	Lama Penyinaran (Jam)	Jumlah Daun	Pertumbuhan Jumlah Daun
90	-	-	-	139	-
93	0.567312286	1015	14	181	42
96	0.546584845	1015	14	176	-5
99	0.548925431	1015	14	177	1
102	0.548661462	1015	14	177	0
105	0.548661462	1015	14	177	0
108	0.548661462	1015	14	177	0
111	0.548661462	1015	14	177	0

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan AG, yang menggunakan model prediksi ANN sebagai fungsi tujuan di algoritma AG, diperoleh bahwa hasil optimasi budidaya tanaman purwoceng di *plant factory* memberi gambaran taraf optimum larutan nutrisi adalah 1015 ppm dan lama penyinaran 14 jam/hari. Kombinasi perlakuan ini diperkirakan dapat menghasilkan pertambahan jumlah daun 3 hari berikutnya hingga 42 daun. Secara rinci presentasi capaian pada indikator 4 digambarkan pada Tabel 16.

**Tabel 16. Presentasi capaian kegiatan pada Indikator Kinerja 4**

Indikator Kinerja 4 : Model dan Kondisi Optimum Pertumbuhan Tanaman Purwoceng di dalam *Plant Factory*

No.	Kegiatan	Capaian (%) Bulan ke															Total Capaian (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Studi kepustakaan tentang pemodelan kondisi optimum budidaya tanaman dalam <i>plant factory</i>	2	5													7	
2	Mengukur pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di <i>plant factory</i> .	3	15													18	
3	Mengukur ketersediaan bahan aktif dan keamanan pangan.	2		5												7	
4	Pemeriksaan kesehatan tanaman di klinik tanaman					5										5	
5	Melakukan panen lebih awal dan mempersiapkan penanaman baru					5										5	
6	Mengukur bobot basah dan bobot kering tanaman.					15										15	
7	Inventarisasi data lingkungan dan pertumbuhan tanaman.					5										5	
8	Pemodelan pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam <i>plant factory</i>					5										17	
9	Optimasi pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di dalam <i>plant factory</i>															16	
<b>Total Capaian (%)</b>		7	20	40											33	100	

**5. Rancangan sistem kontrol berbasis IoT untuk budidaya purwoceng di *greenhouse* dan *plant factory* telah siap digunakan sebagai dasar pembuatan sistem kontrol tersebut pada tahun kedua**

Berdasarkan aktivitas yang telah dilakukan pada indikator ini, maka secara keseluruhan indikator ini telah selesai pada bulan ke-12 pelaksanaan penelitian, dimana sistem monitoring lingkungan *greenhouse* dan *plant factory* yang dikembangkan telah dapat dipasang pada kedua lingkungan tersebut dan hasil pemantauan dapat dilihat oleh pengguna dengan menggunakan komputer/handphone secara *realtime* dari jarak jauh.

Adapun sistem monitoring yang dikembangkan terdiri dari paket teknologi monitoring (*hardware*) dan sistem informasi (*software*). Paket teknologi meliputi *node*, *gateway* dan *server*. *Node* terdiri dari sensor, microcontroller ESP32 dan LoRa SX1276 sebagai media komunikasi ke *gateway*. *Gateway* terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor dan LoRa SX1278. Pada peralatan ini dikembangkan kemampuan untuk menyimpan data dan mengirimkan data ke layer di atasnya (*server*).

Adapun parameter lingkungan yang dapat dipantau adalah suhu udara dan kelembapan relatif udara di dalam lingkungan terkendali, intensitas cahaya di permukaan tanaman, suhu perakaran dan kelembapan media tanam. Di dalam setiap lingkungan ditempatkan 2-3 *node* dengan masing-masing *node* memiliki sensor suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Komunikasi data dari *node* ke *gateway* telah berhasil dikembangkan menggunakan LoRa SX1276 yang mampu berkomunikasi antar *node* hingga jarak > 100 meter.

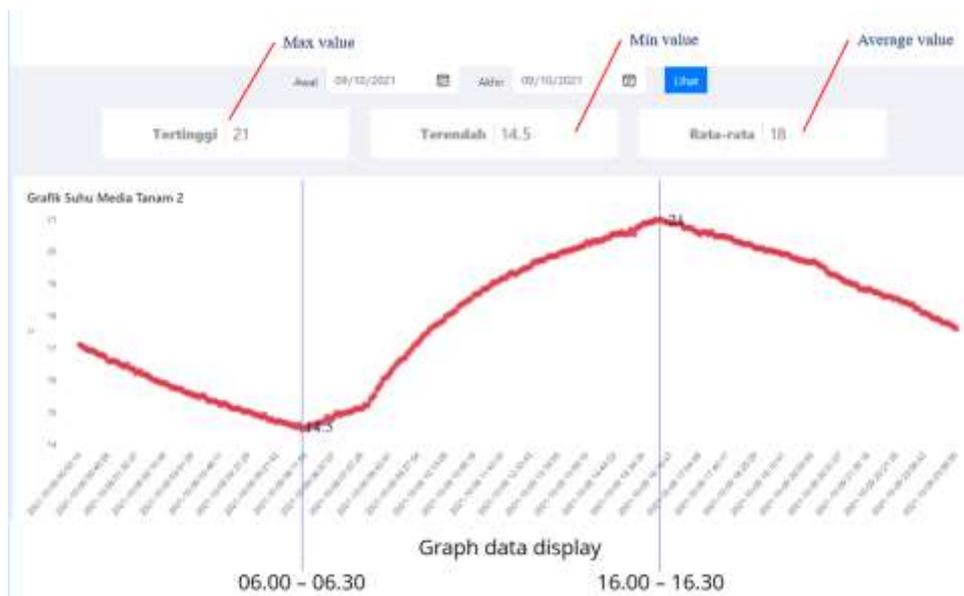
Sistem informasi yang dihasilkan terdiri dari sistem database yang menolah aliran keluar masuk data ke media penyimpanan, dan interface sebagai media yang menampilkan data hasil pemantauan lingkungan kepada user (pengguna). Beberapa tampilan sistem yang terdiri dari perangkat keras dan sistem informasi, sebagaimana diberikan pada Gambar 22, 23, 24, dan 25.



Gambar 22. Instalasi *node* dan *gateway* di dalam *greenhouse*



Gambar 23. Instalasi *node* dan *gateway* di dalam *plant factory*



Gambar 24. Hasil monitoring parameter suhu pada salah satu media tanam.



Gambar 25. Hasil monitoring parameter kelembapan relatif ruangan.

Secara rinci presentasi hasil capaian kegiatan indikator 5 diberikan pada Tabel 17.

**Tabel 17. Presentasi hasil capaian kegiatan pada Indikator Kinerja 5**

Rancangan sistem monitoring berbasis IoT untuk budidaya purwoceng di *greenhouse* dan *plant factory* telah siap digunakan sebagai dasar pembuatan sistem kontrol tersebut pada tahun kedua

No.	Kegiatan	Capaian (%) Bulan ke															Total Capaian (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Kajian kepustakaan tentang aplikasi teknologi kontrol di lingkungan terkendali	5															5
2	Perancangan sistem monitoring suhu dan kelembaban udara pada berbagai lingkungan terkendali untuk budidaya tanaman purwoceng	15															15
3	Pemrograman	5															5
4	Simulasi kinerja hasil rancangan sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT				20												20
5	Design board paket teknologi monitoring				5												5
6	Pencetakan rangkaian & <i>assembly</i> komponen ke <i>board</i> yang telah dicetak						20										20
7	Desain Kemasan						5										5
8	Uji Monitoring di Lingkungan Terkendali						5										5
9	Implementasi sistem monitoring pada lingkungan terkendali dan pengujian monitoring dari jarak jauh														20		20
<b>Total Capaian (%)</b>																	100

## 6. Design UI/UX awal untuk dashboard dan mobile apps (android).

Secara keseluruhan desain *UI/UX* telah dibuat dan terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu *user interface admin*, *user interface user*, dan *user interface*. Pembuatan sistem basis data untuk manajemen data lingkungan seperti suhu lingkungan, suhu media tanam, kelembaban media tanam, kelembaban udara dan intensitas cahaya serta data *user* seperti autentikasi *user*, lokasi budidaya, dan data *user* telah dibuat. Program *UI/UX* sudah dapat menampilkan data dari paket teknologi monitoring yang terpasang di lingkungan terkendali, meskipun masih memerlukan penyempurnaan dan pengembangan agar sistem dapat berjalan dengan lebih baik.

### - Rancangan *Interface*

Pembuatan tampilan *user interface user* dibuat sederhana dan lebih ramah. Rancangan *layout* dibuat dengan menggunakan gambaran *mockup* sederhana. Desain *user interface* yang telah dikembangkan terdapat beberapa bagian utama. Desain *interface* untuk sistem secara umum yaitu terdiri dari *main header*, *main side bar*, *content page* dan *main footer* sedangkan untuk *monitoring* lingkungan parameter *mikro climate* terdiri dari *main header*, *content page* yang berupa tampilan data *microclimate* yang dibuat *slider*, serta *main footer*.

### - Rancangan Basis Data

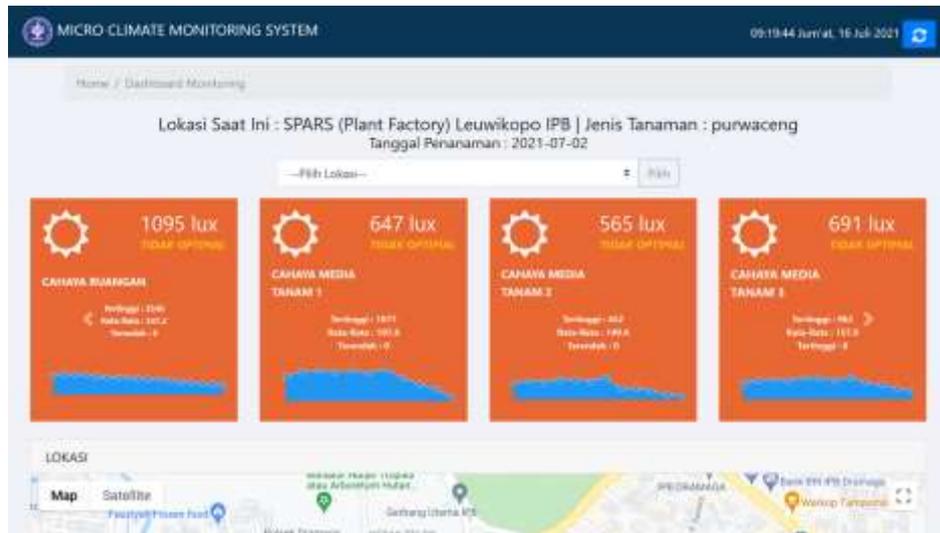
Rancangan basis data dibuat menggunakan diagram hubungan *relationship* antar tabel dengan relasi *one to many*, *many to many* atau *one to one*. Hubungan antara tabel ini dibuat sebagai dasar pembuatan struktur basis data yang diimplementasikan pada tahapan implementasi basis data. Satu *user* dapat memiliki banyak lokasi budidaya. Satu lokasi budidaya dapat memiliki satu sensor saja atau banyak sensor. Satu sensor dapat memiliki banyak data lokasi budidaya. Satu lokasi budidaya dapat memiliki banyak data tanaman. Satu data tanaman dapat digunakan oleh banyak lokasi budidaya. Satu data tanaman hanya memiliki satu *set point* kondisi lingkungan optimal. Kebutuhan data ditunjukkan pada Tabel 18, tabel kebutuhan data menjadi dasar dalam melakukan pembuatan ERD basis data sistem. Dari ERD tersebut dapat dikelompokkan lagi menjadi 3 kelompok basis data yaitu data sensor *monitoring* berupa tabel *room1*, *room2*, dan *room3*, kelompok tabel autentikasi *user*, dan kelompok tabel data informasi budidaya.

Tabel 18. Kelompok data untuk perancangan basis data.

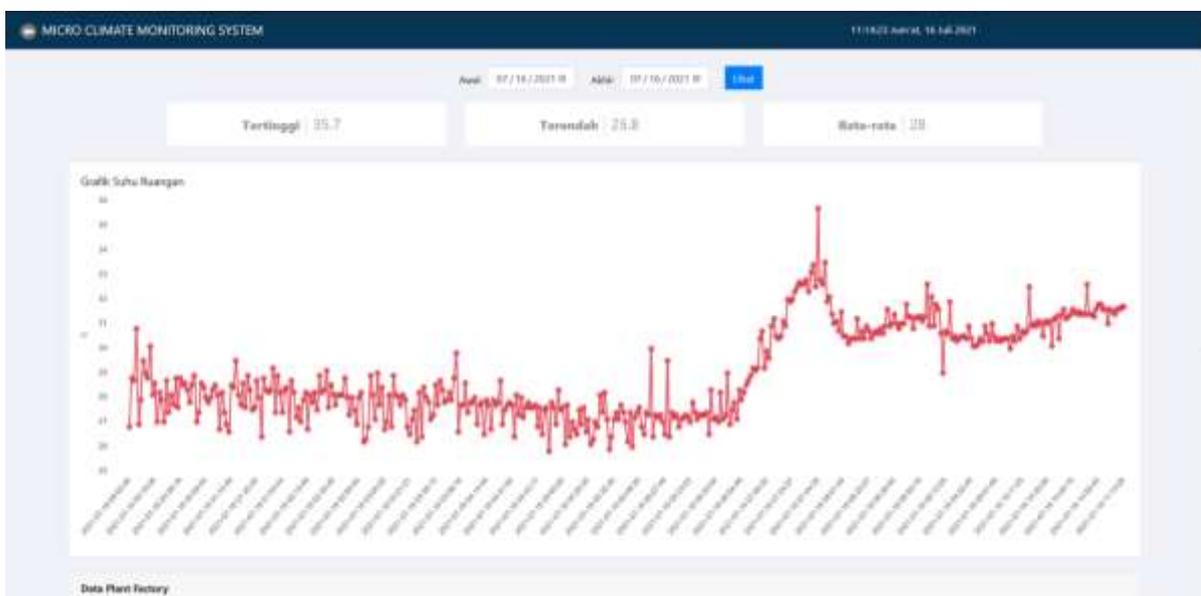
Kelompok data	Data
<i>User</i>	Nama <i>Username</i> <i>Email</i> <i>Password login</i>
<i>Role (user grup)</i>	Admin <i>User</i>
Lokasi Budidaya	Nama lokasi Luasan lokasi Jenis Lokasi Budidaya Jenis Tanaman Budidaya Tanggal penanaman Estimasi tanggal pemanenan
Tanaman Budidaya	Nama tanaman Genus tanaman Family tanaman Estimasi panen Deskripsi tanaman
<i>Set Poin optimal tanaman</i>	Suhu udara Kelembaban udara Kelembaban media tanam Intensitas cahaya Suhu media tanam
Room1/Room2/Room3	Room polibag intensitas cahaya Kelembaban media tanam Suhu media tanam Suhu udara Kelembaban udara Data kordinat <i>gps longitudinal</i> Data kordinat <i>gps latitude</i>

Pembuatan basis data untuk *monitoring* berupa *room* sesuai dengan jumlah pengguna dan jumlah sensor yang dipakai yaitu sebanyak 3 sensor dengan 3 pengguna tetapi sistem dapat diimplementasikan untuk banyak pengguna. Satu *user* pengguna sistem akan disediakan 1 tabel *room* pada basis data. *Room* basis data tersebut dapat diisi oleh lebih dari sensor dengan melakukan pengaturan data yang masuk pada *code getsensor.php*. *Controller* akan mengatur data yang dapat diakses oleh *user*. Basis data berupa tabel *room* diakses melalui *model* sesuai dengan konsep pemograman MVC yang digunakan dalam pembangunan sistem informasi budidaya. Sensor akan mengirimkan data berupa json yang akan ditangkap oleh kode *getsensor.php* yang kemudian akan mengarahkan data sesuai dengan id sensor yang dimiliki setiap sensor.

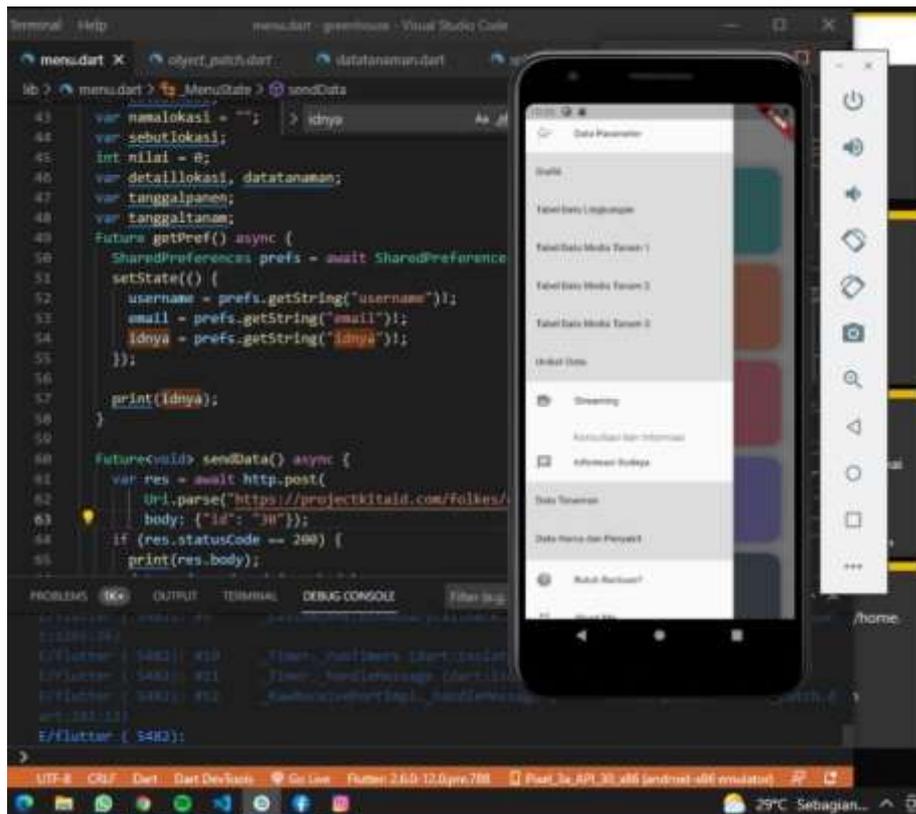
Pada saat ini aplikasi berbasis android sedang diproses untuk masuk ke *playstore*, meskipun secara fungsional sudah dapat diinstal secara *localhost*. Beberapa penelusuran *bugs* pada script program sedang dilakukan dengan tujuan aplikasi yang berjalan tidak mudah terganggu (*hang*). Beberapa tampilan dari aplikasi UI/UX yang berbasis web dan android sebagaimana diberikan pada Gambar 26, 27, 28, dan 29.



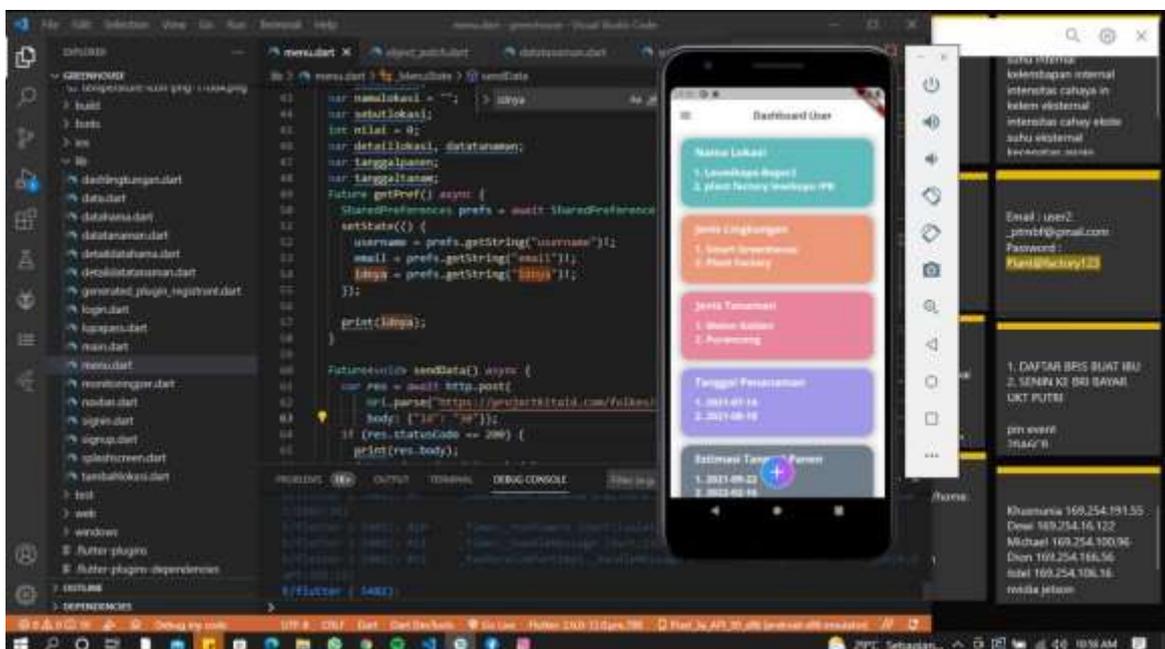
Gambar 26. Tampilan iklim lingkungan pada *user interface* pada aplikasi berbasis *web*.



Gambar 27. *User Interface* bagian data dan grafik pada tampilan aplikasi berbasis *web*.



Gambar 28. Simulasi tampilan lingkungan pada *user interface* berbasis *android*.



Gambar 29. Simulasi tampilan *User Interface* pada aplikasi berbasis *web*.

Secara rinci presentasi hasil capaian kegiatan indikator 6 diberikan pada Tabel 19.

**Tabel 19. Presentasi capaian kegiatan pada Indikator Kinerja 6**

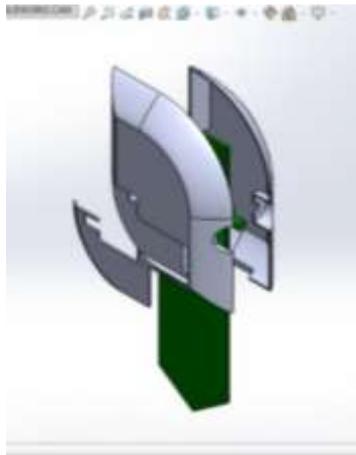
Indikator Kinerja 6 : Design UI/UX awal untuk *dashboard* dan *mobile apps (android)*

No.	Kegiatan	Capaian (%) Bulan ke															Total Capaian (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Desain <i>interface</i> sistem monitoring dan kontrol internal lingkungan terkendali.	5				10											15
2	Desain algoritma	5															5
3	Pemrograman aplikasi <i>interface</i> (UI)	5															5
4	Ujicoba, perbaikan error dan bugs																
5	Merapikan desain aplikasi <i>interface</i> berbasis <i>web</i> pada sistem monitoring pemantauan parameter iklim mikro di lingkungan terkendali.									55							55
5	Instalasi dan konfigurasi <i>server</i> , interkoneksi sistem ke <i>server</i>																
6	Perancangan dan pembuatan aplikasi <i>Android</i>																
7	Evaluasi sistem kerja UI/UX															20	20
<b>Total Capaian (%)</b>		15				10				55						20	100

## 7. Design prototipe awal sistem yang secara fungsional berjalan

Berdasarkan aktivitas yang telah dilakukan pada indikator ini, maka dihasilkan sebuah *prototype* teknologi monitoring yang secara fungsional dapat diterapkan di lingkungan terkendali (*greenhouse* dan *plant factory*). *Prototype* ini nantinya akan dikembangkan menjadi sistem kendali cerdas dengan menambahkan beberapa device yang berhubungan dengan pengendalian dan pemrograman cerdas melalui penambahan pemodelan ANN di dalam sistem. Secara keseluruhan *prototype* teknologi monitoring telah mencapai 100 % selesai, tinggal beberapa penyempurnaan sensor yang masih dilakukan karena interaksi dengan air/nutrisi. Selain itu pengembangan menjadi teknologi kontrol cerdas akan dilakukan pada tahun kedua pelaksanaan program ini.

Beberapa tampilan *prototype* dari teknologi monitoring yang dihasilkan sebagaimana diberikan pada Gambar 30, 31, 32, dan 33.



Gambar 30. Prototipe awal perangkat *node*.



Gambar 31. Prototipe awal perangkat *gateway*.



Gambar 32. Perangkat *gateway*, pada saat diujicobakan di *greenhouse*.



Gambar 33. Perangkat *node*, pada saat diujicobakan di *greenhouse*.

Secara rinci presentasi hasil capaian kegiatan indikator 7 diberikan pada Tabel 20.

**Tabel 20. Presentasi capaian kegiatan pada Indikator Kinerja 7**

Indikator Kinerja 7: Design prototipe awal sistem yang secara fungsional berjalan

No	KEGIATAN	BULAN															Total Capaian (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Menganalisa kebutuhan user sebagai calon pengguna		1				2			20								23
2	Perancangan <i>prototype</i>		1				3			50								54
3	Rancangan <i>prototype</i> sistem yang siap disempurnakan																13	13
4	Evaluasi penggunaan sistem																10	10
<b>Total Capaian (%)</b>			2				5			70							23	100

## BAB V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dihasilkan dari pelaksanaan program riset yahun pertama, yaitu :

1. Tipe hidroponik drip non sirkulasi dengan EC larutan nutrisi 1500 ppm, merupakan tipe hidroponik yang direkomendasikan untuk digunakan pada budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran rendah (pelaksanaan rispro tahun kedua), karena memberikan pertumbuhan dan mutu yang lebih baik, yaitu bobot basah tanaman 211,81 gram, bobot basah tajuk 85,88 gram, bobot kering tajuk 10,64 gram, bobot kering akar 7,31 gram, kadar fenolik 0,478 % pada daun dan 0,159% pada akar, menghasilkan kadar flavonoid tertinggi, kandungan kloroform rendah di bawah batas acuan BPOM, sehingga aman dikonsumsi. Kadar steroidnya kurang lebih dua kali lipat dibandingkan kadar steroid tanaman purwoceng yang diperoleh dari pasar.
2. Hasil pemodelan sebaran suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* dataran rendah, dengan ANN, persamaan pindah panas dan CFD, telah merekomendasikan penambahan sistem pendingin untuk mendukung kinerja sistem evaporatif yang terpasang. Modifikasi sistem pendingin evaporatif telah dilakukan dengan menambahkan *chiller* untuk menjaga suhu udara di dalam *greenhouse* dataran rendah pada rata-rata 27 °C, lebih rendah dari suhu udara di luar *greenhouse*. Rata-rata suhu tersebut dicapai pada tengah hari ketika cuaca cerah, dengan air yang diteteskan ke *cooling pad* didinginkan lebih dahulu menggunakan *chiller* hingga suhu mencapai sekitar 13 °C.
3. Model pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *greenhouse* dataran tinggi, dapat dimodelkan dengan parameter 6 *input layer*, 10 *hidden layer*, 1 *output layer*, *learning rate* 0.1, momentum 0.1 dan iterasi maximum 3000, dengan 318 set data, dan menghasilkan prediksi pertumbuhan jumlah daun hasil *training* sesuai dengan hasil perhitungan, dimana *error* yang dihasilkan ( $R^2$ ) adalah sebesar 0.948 dan RMSE 11,003 dan MAPE 4.311 %, sedangkan hasil *testing* menghasilkan *error* ( $R^2$ ) sebesar 0,963, RMSE 8,562 dan MAPE 4,130 %. Model ini selanjutnya dioptimasi untuk menentukan tipe hidroponik dan taraf nutrisi optimum.
4. Model pertumbuhan tanaman purwoceng yang dibudidayakan di *plant factory* dapat dimodelkan dengan parameter 7 *input layer*, 9 *hidden layer*, 1 *output layer*, *learning rate* 0.1, momentum 0.1 dan iterasi maximum 10000, dengan 2580 set data, dan menghasilkan

prediksi pertumbuhan jumlah daun hasil *training* sesuai dengan hasil perhitungan, dimana *error* yang dihasilkan ( $R^2$ ) adalah sebesar 0.9837 dan RMSE 8,883 dan MAPE 3.128 %, sedangkan hasil *testing* menghasilkan *error* ( $R^2$ ) sebesar 0,983, RMSE 3,61 dan MAPE 9,38%. Model ini selanjutnya menghasilkan optimasi budidaya tanaman purwoceng di *plant factory* pada taraf nutrisi 1015 ppm dan lama penyinaran sebesar 14 jam/hari, dimana kombinasi perlakuan diperkirakan menghasilkan pertambahan jumlah daun 3 hari berikutnya hingga 42 lembar.

5. Sistem informasi budidaya tanaman purwoceng yang dilakukan di lingkungan terkendali dapat dipantau (*monitoring*) secara *realtime* menggunakan sistem teknologi jarak jauh yang dikembangkan dan dipasang pada kedua lingkungan terkendali. Sistem monitoring tersebut terdiri dari paket teknologi monitoring berbasis LoRa yang mampu melakukan transmisi data > 100 meter, menangkap parameter iklim mikro di lingkungan terkendali dan mengirimkan ke gateway menggunakan jaringan LoRa dan meneruskan ke *server* menggunakan jaringan *wifi*. Sebuah manajemen *database* juga dikembangkan menggunakan PHP MySQL di *server* sehingga data *node* sensor dapat disimpan.
6. Untuk membantu *user* dalam melihat kondisi parameter lingkungan yang terpasang dengan sistem monitoring, maka telah dikembangkan juga aplikasi *interface* (UI/IX) yang berbasis *web* dan *android*, sehingga aktivitas pemantauan dapat dilakukan baik menggunakan perangkat komputer/laptop dan perangkat *smartphone* dari mana saja selama jaringan internet tersedia.
7. Secara fungsional paket teknologi monitoring dengan sistem informasi dapat digunakan oleh *user* dengan tingkat kepuasan penggunaan > 80%. Oleh karena itu *prototype* ini akan disempurnakan dan dikembangkan (termasuk *cashing* dan tampilan), sehingga lebih menarik untuk disusulkan ke tingkat komersialisasi.

## **B. Saran**

Beberapa saran yang perlu diperbaiki di dari pelaksanaan budidaya tanaman purwoceng di tahun pertama dan pengembangan sistem monitoring lingkungan terkendali, yaitu :

1. Faktor keragaman tanaman purwoceng telah ditemukan pada pelaksanaan budidaya tahun pertama, sehingga perlu ada kajian mengenai perbanyak tanaman yang seragam.
2. Perlu menyempurnakan paket teknologi monitoring yang telah dibuat melalui perbaikan *cashing* sehingga komponen di dalam teknologi tersebut terhindar dari rembesan air atau nutrisi yang diberikan kepada tanaman, mengingat *node* berada di media tanam yang rentan terkena air.

3. Perlu ada mitra yang terlibat pada pengembangan teknologi kontrol sehingga dapat dikembangkan ketika proses penelitian telah selesai dikerjakan.

### **C. Rencana Lanjutan**

Adapun rencana di tahun kedua, adalah :

1. Budidaya tanaman purwoceng di *greenhouse* dataran rendah dengan mengimplementasikan sistem pengendalian lingkungan yang telah terpasang.
2. Penyempurnaan dan pengembangan paket teknologi yang telah ada sehingga secara fungsional, tampilan dan kualitas produk dapat memenuhi keinginan pengguna.
3. Analisa lanjutan tentang tanaman purwoceng yang memiliki khasiat bagi kesehatan manusia namun keberadaannya masih sangat sedikit.
4. Pengembangan teknologi cerdas untuk mendukung budidaya tanaman di dataran rendah sehingga tanaman endemik yang sangat berguna bagi kesehatan manusia, tidak punah dan dapat dilestarikan dan dikembangkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agatonovic-Kustrin, S., & Beresford, R. (2000). Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 22(5), 717–727.  
[https://doi.org/10.1016/S0731-7085\(99\)00272-1](https://doi.org/10.1016/S0731-7085(99)00272-1)
- AMNUR, M. A. (2015). *EFEKTIVITAS EKSTRAK ETANOL AKAR PURWOCENG (Pimpinella alpina KDS) PADA INDUK TIKUS SELAMA 1-13 HARI KEBUNTINGAN TERHADAP SIKLUS ESTRUS ANAK BETINANYA*.
- Arif, C. (2008). *Optimisasi Nilai Konduktivitas Listrik Larutan Nutrisi Pada Sistem Hidroponik Tanaman Tomat*. IPB (Bogor Agricultural University).
- Arif, C., Setiawan, B. I., & Mizoguchi, M. (2014). Penentuan Kelembaban Tanah Optimum Untuk Budidaya Padi Sawah SRI (System Of Rice Intensification) Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Irigasi*, 9(1), 29. <https://doi.org/10.31028/ji.v9.i1.29-40>
- Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, B. (2016). *STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR (SOP) BUDIDAYA PURWOCENG (Pimpinella pruatjan Molkenb.)* (1st ed.).
- Balitbang, K. (2007). Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Tanaman Obat. In *Agro Inovasi*.
- Balitro, B. P. dan P. P. (2017). *STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR (SOP) BUDIDAYA PURWOCENG (Pimpinella pruatjan Molkenb.)*.
- Batubara, I. (2003). Saponin akar kuning (*Archaengelisia flava* (L) Merr.) sebagai hepatoprotektor: ekstraksi, pemisahan, dan bioaktivitasnya. *Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor*.
- Batubara, Irmanida, Husnawati, ., Darusman, L. K., & Mitsunaga, T. (2017). Marker Compound of Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) Extract as Anti-Cholesterol. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(2), 87–91. <https://doi.org/10.18343/jipi.22.2.87>
- BPOM, slide player. (2019). *Investasi Industri Alkes dan Farmasi Naik Signifikan*. Slide Presentasi BPOM.
- Brander, M. (2012). Greenhouse Gases , CO<sub>2</sub> , CO<sub>2</sub>e , and Carbon : What Do All These Terms Mean? *Ecometrica*, August, 3.
- Cynthia, E. P., & Ismanto, E. (2017). *MEMREDIKSI KETERSEDIAAN KOMODITI PANGAN PROVINSI RIAU*. 2(2), 196–209.
- Darwati, I., & Roostika, I. (2006). Status Penelitian Purwoceng (*Pimpinella alpina* Molk.) di Indonesia. *Buletin Plasma Nutfah*, 12(1), 9.  
<https://doi.org/10.21082/blpn.v12n1.2006.p9-15>
- Darwati, I., & Roostika, I. (2016). Status Penelitian Purwoceng (*Pimpinella alpina* Molk.) di Indonesia. *Buletin Plasma Nutfah*, 12(1), 9.  
<https://doi.org/10.21082/blpn.v12n1.2006.p9-15>
- Difa, P. B., & Kunci, K. (2018). *PENGARUH JARAK LAMPU PADA PENAMBAHAN PENCAHAYAAN DI DATARAN TINGGI TROPIKA BASAH* Fakultas Pertanian , Universitas Jenderal Soedirman Fakultas Teknik , Universitas Jenderal Soedirman *PENDAHULUAN* Kentang merupakan salah satu komoditas hortikultura yang pent. November, 153–160.
- Djazuli, M. (2011). *PENGARUH PUPUK P DAN MIKORIZA TERHADAP PRODUKSI DAN MUTU SIMPLISIA PURWOCENG* Muhamad Djazuli *Effect of P fertilizer and mycorrhiza application on biomass production and quality of Pruatjan tjan Molk. ) merupakan tanaman obat asli Indonesia berkhasiat afro*. 22(2), 147–156.
- Ermiami, C. I., & Rostiana, O. (2006). Kelayakan usahatani purwoceng sebagai tanaman

- pekarangan dan kontribusinya terhadap pendapatan petani. *Prosiding Seminar Nasional Tumbuhan Obat Indonesia XXVIII. Bogor. P*, 91–100.
- Fahmi, M. N., Yohana, E., & Sugiyanto. (2014). Simulasi Distribusi Suhu Dan Kelembapan Relatif. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), 41–48.
- Fatikhunnada, A., Seminar, K., Liyantono, L., Solahudin, M., & Buono, A. (2018). Optimization of Parallel K-means for Java Paddy Mapping Using Time-series Satellite Imagery. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16, 1409–1415. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v16i3.6876>
- Fitranto, A., Kurniawan, D. W., Nugraha, T., Febrina, F. R., Salman, E., & Wyangsari, N. P. (2017). PURWOCENG ( Pimpinella pruatjan Molk .) SECARA AKUT TERHADAP FUNGSI HEPAR TIKUS PUTIH ( RATTUS NORVEGICUS ) JANTAN : UJI TOKSISITAS AKUT. *Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan*, 3(November), 422–433.
- Gen, M., & Cheng, R. (1997). *Genetic Algorithms And Engineering Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Gernowo, R., & Surarso, B. (2016). *Metode Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Prediksi Performa Mahasiswa Pada Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning ( PBL )*. 01, 46–58. <https://doi.org/10.21456/vol6iss1pp46-58>
- Hariana, H. A. (2013). *262 tumbuhan obat dan khasiatnya*. Penebar Swadaya Grup.
- Hayani, E., & Sukmasari, M. (2013). *Khasiat Purwoceng (Pimpinella Alpina)*.
- Indrianingsih, Y. (2010). *Algoritma Genetik untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi Fungsi Berkendala dengan Pengkodean Bilangan Bulat*. 2(April), 67–76.
- Jumarwanto, A., Hartanto, R., & Prastiyanto, D. (2009). APLIKASI JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK MEMREDIKSI PENYAKIT THT DI RUMAH SAKIT MARDI RAHAYU KUDUS. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 11–21.
- Kanedi, M., Sutyarso, Busman, H., Nurcahyani, N., & Nurkhasanah, W. (2017). Root extract of purwoceng (Pimpinella pruatjan) enhances aggressiveness, but not Libido, in Male Mice. *Annual Research and Review in Biology*, 20(2), 1–6. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/36975>
- Kardan, A. A., Sadeghi, H., Ghidary, S. S., & Sani, M. R. F. (2013). Prediction of student course selection in online higher education institutes using neural network. *Computers and Education*, 65, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.01.015>
- Keputusan Menteri Pertanian No 511 Tahun 2006 tentang Tanaman Binaan, Database Kementerian Pertanian (2006).
- Kholik, A., Wahyudi, E. E., Devianto, K., & Sholihah, N. (2018). Sistem Rekomendasi Berbasis Genetic Algorithm : Studi Kasus Pembelian Komponen Komputer dan Aksesorisnya. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2018*, 30–34.
- Kochhar, A., & Kumar, N. (2019). Wireless sensor networks for greenhouses: An end-to-end review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163(June). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104877>
- Kojima, K., Matsuoka, T., & Suhardiyanto, H. (1991). Performance of zone cooling system in greenhouse: an evaluation of experimental factors. *IFAC Proceedings Volumes*, 24(11), 51–56. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-041273-3.50014-8>
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Technique and its application)*. Yogyakarta: Graha Science.
- Lenni, Suhardiyanto, H., Seminar, K. B., & Setiawan, R. P. A. (2020). Photosynthetic rate of lettuce cultivated on floating raft hydroponic with controlled nutrient solution. *HAYATI Journal of Biosciences*, 27(1), 31–36. <https://doi.org/10.4308/hjb.27.1.31>
- Liao, M. S., Chen, S. F., Chou, C. Y., Chen, H. Y., Yeh, S. H., Chang, Y. C., & Jiang, J. A. (2017). On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse

- environmental factors by using an IoT-based monitoring system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.003>
- LiMin Fu. (1994). Rule generation from neural networks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 24(8), 1114–1124. <https://doi.org/10.1109/21.299696>
- Ma'mun, S. S., Manoi, F., Sembiring, B. S., Tritianingsih, M. S., Gani, A., Tjitjah, F., & Kustiwa, D. (2006). Teknik pembuatan simplisia dan ekstrak purwoceng. *Laporan Pelaksanaan Penelitian Tanaman Obat Dan Aromatik. Hal*, 314–324.
- MAH, Q., Fauzi, A., & Mubarak, S. (2018). Review: Utilization of Technology in Plant factory for Vegetable Crops Cultivation in Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 44–48. [https://doi.org/10.1299/jsmemag.90.823\\_766](https://doi.org/10.1299/jsmemag.90.823_766)
- Maharani, D. M., Sutan, S. M., & Arimurti, P. (2018). *Pengontrolan Suhu Dan Kelembaban ( Rh ) Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Cabai Merah ( Capsicum Annuum L . ) Pada Plant factory Controlling Temperature and Moisture ( RH ) against Vegetative Growth of Red Chili ( Capsicum Annuum L . ) at Plant factory . 6(2)*, 120–134.
- Maharani, F. (2010). Penerapan Metode Pindah Silang Order Crossover (OX) dan Partial Mapped Crossover (PMX) dalam Algoritma Genetika pada Permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP). *SKRIPSI Jurusan Matematika-Fakultas MIPA UM*.
- Massalesse, J. (2011). *Pendekatan Algoritma Genetika pada Peminimalan Fungsi Ackley menggunakan Representasi Biner. 7(2)*, 108–117.
- Mekki, M., Abdallah, O., Amin, M. B. M., Eltayeb, M., Abdalfatah, T., & Babiker, A. (2016). Greenhouse monitoring and control system based on wireless Sensor Network. *Proceedings - 2015 International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering, ICCNEEE 2015*, 384–387. <https://doi.org/10.1109/ICCNEEE.2015.7381396>
- Mongkon, S., Thepa, S., Namprakai, P., & Pratinthong, N. (2013). Cooling performance and condensation evaluation of horizontal earth tube system for the tropical greenhouse. *Energy and Buildings*, 66, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.009>
- Mustaqimah, M., Safrisal, A., Putera, B., & Widodo, S. (2019). Simulasi Kecepatan Udara dan Pengaruhnya Terhadap Suhu dan Kelembaban Relatif pada Mini Plant Factory. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 7(9), 107–112. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Musthafa, A., Utama, S. N., & Harmini, T. (2018). Sistem Kontrol Suhu Ruang dan Penyiraman Tanaman Bawang Merah pada Greenhouse dengan Smartphone. *Multitek Indonesia*, 12(2), 95. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v12i2.1254>
- Nugraha, M. D., & Arif, C. (2019). Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menduga Fluks Gas N2O dari Lahan Sawah. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(3), 233–242. <https://doi.org/10.29244/jsil.4.3.233-242>
- Pamungkas, A. (2016). *Jaringan Syaraf Tiruan*. <https://Pemrogramanmatlab.Com/>.
- Priyalina, W. (2016). *Pemberian Ekstrak Purwoceng ( Pimpinella alphina Molk.) Melalui Pakan Untuk Pematangan Gonad Ikan Jantan Mas koki ( Carassius auratus ) WANNA PRIYALINA*.
- Rahardjo, M. (2003). Purwoceng tanaman obat aprodisiak yang langka. *Warta Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Industri*, 9(2), 4–7.
- Rahardjo, M., Rosita, & Darwati, I. (2006). *Pengaruh pemupukan terhadap Pertumbuhan, Produksi dan mutu Simplisia Purwoceng (Pimpinella pruatjan Molkenb). 12(2)*, 73–79. <https://doi.org/10.21082/littri.v12n2.2006.%p>
- Rizky, M., Muntini, M. S., & Fatimah, I. (2017). Pemodelan Profile Greenhouse Berbasis Neural Network. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.26819>
- Romdhonah, Y., Suhardiyanto, H., Erizal, & Saptomo, S. K. (2015). Analisis Ventilasi

- Alamiah Pada Greenhouse Tipe Standard Peak Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 3(2), 170–178.
- Roostika, I., Darwati, I., & Yudiati. (2013). Peningkatan Keragaman Genetik Purwoceng Melalui Iradiasi Sinar Gamma Dan Seleksi in Vitro. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 19(2), 88. <https://doi.org/10.21082/jlittri.v19n2.2013.88-98>
- Rostiana, O. (2014). Pruatjan (*Pimpinella pruatjan* Molk.): The rooted herbal medicine of Indonesia for aphrodisiac properties. *2nd International Conference and Exhibition on Pharmacognosy, Phytochemistry & Natural Products*.
- Rusmin, D. (2017a). PENGEMBANGAN BUDIDAYA PURWOCENG (*Pimpinella pruatjan* Molk.) SEBAGAI TANAMAN OBAT The Development of Pruatjan (*Pimpinella pruatjan* Molk.) cultivation as A Medicinal Crop. 16(2), 80–93.
- Rusmin, D. (2017b). Pengembangan Budidaya Purwoceng (*Pimpinella pruatjan* Molk.) sebagai tanaman obat/The Development of Pruatjan (*Pimpinella pruatjan* Molk.) Cultivation as A Medicinal Crops. *Perspektif*, 16(2), 80. <https://doi.org/10.21082/psp.v16n2.2017.80-93>
- Rusmin, D. (2017c). Pengembangan Budidaya Purwoceng (*Pimpinella pruatjan* Molk.) sebagai tanaman obat. *Perspektif*, 16(2), 80–90. <https://doi.org/10.21082/psp.v16n2.2017>
- Salim, Z., & Munadi, E. (2017). Info Komoditi Tanaman Obat. In *Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan, Kementerian Perdagangan Republik Indonesia* (Vol. 5, Issue 4). <https://doi.org/10.7748/ldp.5.4.28.s16>
- Sastry, K., Goldberg, D., & Kendall, G. (2005). Genetic Algorithms. In *Search Methodologies*.
- Satyaningtias, A. S., Maheswari, H., Achmadi, P., Bustaman, I., Kiranadi, B., Julianto, J., & Kurnia, M. L. (2016). Pemberian Ekstrak Etanol Purwoceng pada Masa Pascaplasentasi Meningkatkan Kinerja Reproduksi Tikus Bunting (SUPPLEMENTATION ETHANOLIC EXTRACT OF PIMPINELLA ALPINA AT POSTPLASENTATION ON PREGNANT RAT IMPROVE REPRODUCTIVE PERFORMANCE). *Jurnal Veteriner*, 17(1), 51–56. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2016.17.1.51>
- Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1), 1–22. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181101.3210>
- Siang, J. J. (2005). Jaringan syaraf tiruan dan pemrogramannya menggunakan Matlab. *Penerbit Andi, Yogyakarta*, 11.
- Slamet, W., Irham, N. M., & Sutan, M. S. A. (2018a). IoT based Growth Monitoring System of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruits. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 147(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/147/1/012048>
- Slamet, W., Irham, N. M., & Sutan, M. S. A. (2018b). IoT based Growth Monitoring System of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruits. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 147(1), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/147/1/012048>
- Solahudin, M., & Nurista, R. (2009). Pengembangan Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Parameter Lingkungan Mikro dalam Rumah Kaca berdasarkan Pendekatan Logika Fuzzy berbasis Teknologi Short Message Services (SMS). *Journal Keteknik Pertanian*, 23. <https://doi.org/10.19082/jtep.23.2.99-104>
- Suhardiyanto, H. (2009). *Teknologi Rumah Tanaman untuk Iklim Tropika Basah, Pemodelan dan Pengendalian Lingkungan*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/13325>
- Suhardiyanto, H., Arif, C., & Setiawan, B. I. (2009). Optimization of EC values of nutrient solution for tomato fruits quality in hydroponics system using artificial neural network

- and genetic algorithms. *ITB Journal of Science*, 41(1), 38–49.  
<https://doi.org/10.5614/itbj.sci.2009.41.1.3>
- Sumarni, E., Soesanto, L., Farid, N., & Baroroh, H. N. (2018). Potensi Pertumbuhan Vegetatif Purwoceng pada budidaya menggunakan irigasi tetes dan Nutrient Film Tecnique (NFT) dalam rangka mempertahankan bahan baku obat khas daerah. *Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VIII*”.
- Sumarni, E., Soesanto, L., Farid, N., Baroroh, H. N., Pertanian, J. T., Soedirman, U. J., Farmasi, J., & Soedirman, U. J. (2017a). *PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN PURWOCENG PADA BUDIDAYA SECARA HIDROPONIK NUTRIENT FILM TECHNIQUE ( NFT ) GROWTH AND DEVELOPMENT OF PURWOCENG PLANTS IN HYDROPONIC CULTIVATION NUTRIENT FILM TECHNIQUE ( NFT ) PENDAHULUAN* *Konsumsi masyarakat terhadap pr. July*, 145–151.
- Sumarni, E., Soesanto, L., Farid, N., Baroroh, H. N., Pertanian, J. T., Soedirman, U. J., Farmasi, J., & Soedirman, U. J. (2017b). *Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Purwoceng pada Budidaya secara Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)*. *July*, 145–151.
- Sumarni, E., Soesanto, L., Farid, N., Baroroh, H. N., Pertanian, J. T., Soedirman, U. J., Farmasi, J., & Soedirman, U. J. (2018). *POTENSI PERTUMBUHAN PURWOCENG DENGAN TEKNIK IRIGASI TETES, NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT) DAN PENANAMAN DI LAHAN TERBUKA*. 175–182.
- Suriansyah, M. I., Sukoco, H., & Solahudin, M. (2016). Weed detection using fractal-based low cost commodity hardware Raspberry Pi. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 2(2), 426–430.  
<https://doi.org/10.11591/ijeecs.v2.i2.pp426-430>
- Suzery, M., Cahyono, B., & Taufiqqurahman. (2004). Produksi senyawa Afrodisiak dari Purwoceng (*pimpinella alpina* molk): Pengembangan Potensi Natural Resources khas Jawa Tengah. In *Laporan penelitian hibah bersaing*.
- Syahid, S. F., Rostiana, O., & Miftakhurohma, M. (2005). *Pengaruh Naa Dan Iba Terhadap Perakaran Purwoceng (Pimpinella Pruatjan Molk.)*.
- Sydik, M. (2015). *Bobot badan anak tikus dari induk tikus yang diberi ekstrak akar purwoceng pada usia kebuntingan 1 – 13 dan 13 – 21 hari*. INSTITUT PERTANIAN BOGOR.
- Tamrin, Seminar, K. B., Suhardiyanto, H., & Hardjoamidjodjo, S. (2005). Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pertumbuhan Tanaman Ketimun mini (*cucumis sativus* L. var. Marla) pada Fase Vegetatif. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 19(1), 1–10.
- Tarmin, Suhardiyanto, H., & S., H. (2005). OPTIMASI PERTUMBUHAN TANAMAN KETIMUN MINI (*Cucumis sativus* L. Var. Marla) PADA FASE VEGETATIF DENGAN ALGORITMA GENETIKA. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 19(3).
- Triwiyatno, A. (2011). Konsep Umum Sistem Kontrol. In *Buku Ajar Sistem Kontrol Analog* (p. 2).
- United Nation, D. P. (2019). *World Population Prospects 2019 - Highlights*.
- Wang, L., & Fu, K. (2007). Artificial neural networks. *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*, 181–188.
- Widiartha, I. M., Sanjaya ER, N. A., & Santiyasa, I. W. (2019). Penerapan Crossover Pada Perilaku Lebah Scout Dalam Algoritma Artificial Bee Colony Untuk Optimasi Vehicle Routing Problem. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komputer*, 5(1), 50–57.  
<https://doi.org/10.36002/jutik.v5i1.637>
- Widodo, S. (2019). Simulation of Air Velocity and Its Effects on Mini Plant Factory Temperature and Relative Humidity. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 07(1), 107–114.  
<https://doi.org/10.19028/jtep.07.1.107-114>

- Wikipedia. (2020). *Genetic algorithm*. <https://en.wikipedia.org/wiki/>
- Wu, Y., Li, M., Zhang, M., Sun, H., Sygrimis, N., & Lai, W. (2019). *Remote-Control System for Greenhouse Based on Open Remote-Control Greenhouse Open Remote-Control Greenhouse Open*. 178–183.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.518>
- Yuhono, J. (2003). *USAHATANI PURWOCENG (Pimpinella pruatjan Molkenb)*, . 25–32.
- Yuliana. (2016). *Algoritma Genetik*. Pens.
- Zagade, S., & Kawitkar, R. (2014). Wireless Sensor Network for Greenhouse Automation. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 3(7), 10647–10653.  
<https://doi.org/10.15662/ijareeie.2014.0307052>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan No 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan No 32 Tahun 2019 tentang Persyaratan Keamanan dan Mutu Obat Tradisional.
- Bonato, J.A., Headridge, J.B. dan Morrison, R.J., 1987, *Chemistry Serves The South Pacific*, University Of The South Pacific, Suva, Fiji.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2000, *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia
- Jomova, K., Jenisova, Z., Feszterova, M., Baros, S., Liska, J., Hudecova, D., Rhodes, C.J., Valko, M. Arsenic. 2011 Toxicity, oxidative stress and human disease. *J. Appl. Toxicol.* 2011, 31, 95–107

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Kadar air, kadar abu, dan kadar abu tak larut asam

#### 1.a. Daun

Kadar air, kadar abu, dan kadar abu tak larut asam daun adalah sebagai berikut

No	Kode	Kadar air (%)	K.Abu (%)	Kadar abu tdk larut asam (%)
1	1A 08 D	10.27	21.75	1.73
2	1A 40 D	11.68	21.92	1.22
3	1A 46 D	10.13	20.65	2.29
4	1A 61 D	9.73	23.37	1.07
5	1A 67 D	10.74	22.11	1.39
6	4A 02 D	9.60	23.61	1.22
7	4A 08 D	14.99	24.68	1.88
8	4A 10 D	12.98	23.38	1.25
9	4A 11 D	10.81	20.56	1.76
10	4A 12 D	9.91	22.26	2.04
11	4A 16 D	11.58	16.15	0.97
12	4A 19 D	13.39	24.26	1.26
13	4A 23 D	8.21	22.82	9.91
14	4B 03 D	10.29	24.45	1.74
15	4B 04 D	12.76	16.35	2.32
16	4B 06 D	10.93	19.96	1.43
17	4B 08 D	10.54	13.81	1.17
18	4B 13 D	12.87	22.58	1.29
19	4B 15 D	13.24	27.47	1.61
20	4B 19 D	11.82	21.07	1.59
21	4B 20 D	11.99	16.19	1.06
22	4B 25 D	11.93	23.98	1.66
23	4C 01 D	12.97	22.71	2.63
24	4C 04 D	10.05	16.82	1.27
25	4C 07 D	11.77	19.71	2.69
26	4C 08 D	11.06	16.41	1.23
27	4C 10 D	11.67	21.53	2.54
28	4C 14 D	10.76	18.34	1.58
29	4C 15 D	11.57	17.93	1.99
30	4C 18 D	10.74	17.76	1.05
31	4C 20 D	11.29	19.76	1.75
32	4C 23 D	11.00	23.75	1.68
33	5A 13 D	9.47	13.83	1.14
34	5A 19 D	12.07	23.57	3.04
35	5A 21 D	10.50	16.95	1.17
36	5B 19 D	10.75	13.89	1.42
37	5B 20 D	10.82	13.69	0.75
38	5B 27 D	11.69	11.08	0.54
39	5B 31 D	11.91	12.40	0.20
40	5B 33 D	13.74	11.70	0.89
41	5C 05 D	14.79	10.65	0.53
42	5C 18 D	10.36	11.29	0.78
43	5C 24 D	10.72	10.17	0.70

kode	Kadar Air	kadar abu	kadar abu tak larut asam
2B 72 D	11.81927	18.11290644	1.526032316
2B 32 D	10.78921	17.79220779	1.188811189
2B 22 D	10.23748	18.47934544	1.027738974
2B 01 D	12.54241	17.95050888	1.117541409
2B 35 D	11.31285	18.06664006	1.237031125
2B 31 D	11.70245	19.50074888	1.158262606
2B 61 D	12.38143	19.36095856	1.048427359
2B 62 D	11.86102	18.74001597	1.667332268
2B 10 D	11.818	20.07168459	1.144962166
2B 68 D	10.9176	20.35230892	0.975318471
2B 47 D	13.26226	20.2471104	1.315265046
2B 69 D	12.07137	21.21212121	1.68460925
2B 56 D	13.77394	19.33115014	1.200754193
2B 20 D	12.33366	18.3714002	2.343594836
2B 39 D	12.73199	17.90061864	1.566553582
3C 06 D	20.18984	13.92129721	1.05793949
3C 72 D	25.41392	19.17015759	1.476161979
3C 61 D	13.90427	19.29390823	1.522943038
3C 26 D	21.37298	15.68549192	0.81819996
3C 67 D	22.44857	17.13600959	1.757539445
3C 66 D	15.0819	16.88973232	1.308429884
3C 59 D	23.87199	18.46551381	1.530510833
3C 09 D	14.82882	20.58121019	1.671974522
3C 35 D	13.65089	17.18593968	1.707609347
3C 43 D	17.33147	20.65217391	1.994415636
3C 34 D	17.04263	18.1456822	1.659544867
3C 37 D	21.86287	19.47457458	1.811125485
3C 01 D	14.6909	16.53849995	1.328273245
3C 12 D	20.23833	14.23038729	1.271102284
3C 42 D	36.67662	12.47761194	1.024875622
3C 13 D	38.08906	10.75279553	1.098242812

1.b. Akar

Kadar air, kadar abu, dan kadar abu tak larut asam akar adalah sebagai berikut

No	Kode	Kadar air (%)	K.Abu (%)	Kadar abu tdk larut asam (%)
1	1A 08 A	10.25	13.88	1.63
2	1A 67 A	9.29	23.03	7.59
3	2B 10 A	11.85	11.93	3.35
4	2B 20 A	12.94	16.71	6.38
5	2B 22 A	11.78	16.36	5.65
6	2B 31 A	13.44	17.18	5.88
7	2B 35 A	10.87	41.26	29.14
8	2B 56 A	13.39	19.45	9.45
9	2B 61 A	9.25	16.20	6.08
10	2B 62 A	11.53	15.43	5.17
11	2B 68 A	13.12	15.28	5.69
12	2B 69 A	12.78	23.37	10.63
13	4A 02 A	7.41	16.92	5.83
14	4A 08 A	10.05	21.96	4.32
15	4A 10 A	9.44	20.85	8.22
16	4A 11 A	11.06	13.90	4.39
17	4A 13 A	10.75	21.38	7.11
18	4A 15 A	9.63	19.59	6.63
19	4A 16 A	8.12	19.73	11.00
20	4A 17 A	10.30	19.47	7.82
21	4A 18 A	8.09	32.16	17.00
22	4A 19 A	10.42	20.60	7.18
23	4A 23 A	9.60	17.12	5.98
24	4B 02 A	11.69	20.88	8.08
25	4B 03 A	8.98	21.55	11.84
26	4B 04 A	12.81	20.47	4.62
27	4B 06 A	10.34	25.47	12.68
28	4B 13 A	9.02	42.92	27.50
29	4B 15 A	9.77	37.17	22.27
30	4B 19 A	9.71	14.63	3.62
31	4B 21 A	8.41	29.03	16.16
32	4B 25 A	8.72	25.88	17.46
33	4B 27 A	9.80	27.08	18.43
34	4C 01 A	9.27	29.47	15.49
35	4C 04 A	7.50	32.41	18.11
36	4C 07 A	17.28	24.15	12.93
37	4C 10 A	8.95	18.64	9.34
38	4C 14 A	8.49	20.75	1.52
39	4C 15 A	8.88	21.50	10.21
40	4C 18 A	8.83	27.70	17.01
41	4C 23 A	10.09	21.28	11.23
42	5A 13 A	6.73	24.76	7.04
43	5A 19 A	10.33	30.18	12.43
44	5A 21 A	8.67	15.40	3.01
45	5B 19 A	10.80	14.91	3.72
46	5B 20 A	9.70	16.50	3.65
47	5B 27 A	8.02	24.59	7.71
48	5B 31 A	9.87	22.30	7.89
49	5B 33 A	9.32	26.05	9.78
50	5C 05 A	10.71	11.47	1.10
51	5C 09 A	10.60	16.13	3.66
52	5C 18 A	8.10	20.89	4.46
53	5C 24 A	11.08	18.58	1.11

kode	Kadar Air	kadar abu	kadar abu tak larut asam
2B 01 A	10.74496	11.62372678	4.19412822
2B 39 A	9.810945	27.2039801	13.5721393
2B 47 A	11.4877	13.13737253	4.189162168
2B 72 A	10.01996	12.01596806	2.175648703

## Lampiran 2. Keamanan logam berat

Berikut merupakan data kadar logam berat sampel. Logam berat yang ditentukan kadarnya adalah Pb, Cd, dan As.

No.	Sampel	Pb (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	As (mg/Kg)
1	4C Akar Purwoceng	1.37	ttd	ttd
2	4A Daun Purwoceng	0.71	0.01	0.72
3	3C Daun Purwoceng	0.24	0.02	0.65
4	5B Akar Purwoceng	13.93	0.12	ttd
5	4C Daun Purwoceng	0.17	0.01	0.65
6	2B Daun Purwoceng	0.24	ttd	0.30
7	4A Akar Purwoceng	0.25	ttd	ttd
8	2B Akar Purwoceng	1.25	ttd	ttd
9	4B Daun Purwoceng	0.96	0.02	0.48
10	5B Daun Purwoceng	0.73	0.04	0.84

keterangan:

LOD As            0.008

LOD Cd            0.00011

Metode ICP-OES

### Lampiran 3. Kadar sari larut etanol dan air

Berikut kadar sari larut etanol dan kadar sari larut air sampel daun terpilih

Kode	Kadar sari larut etanol (%)	Kadar sari larut air (%)
2B 01 D	8.57	15.26
2B 10 D	2.30	13.56
2B 20 D	3.99	5.19
2B 22 D	6.39	10.29
2B 31 D	8.18	17.83
2B 32 D	7.30	11.90
2B 35 D	7.70	12.99
2B 39 D	5.48	10.00
2B 47 D	7.87	14.64
2B 56 D	7.70	19.72
2B 61 D	9.69	21.88
2B 62 D	6.48	12.07
2B 68 D	6.39	12.55
2B 69 D	7.20	19.09
2B 72 D	6.88	20.41
3C 01 D	4.40	14.88
3C 06 D	7.83	7.08
3C 09 D	2.19	11.88
3C 12 D	7.19	16.34
3C 13 D	6.80	17.53
3C 26 D	4.89	6.17
3C 34 D	4.29	12.37
3C 35 D	6.10	12.59
3C 37 D	4.89	9.98
3C 42 D	3.69	17.67
3C 43 D	3.87	13.48
3C 59 D	1.79	16.48
3C 61 D	7.47	15.68
3C 66 D	7.70	16.38
3C 67 D	5.89	16.98
3C 72 D	3.49	9.40

Hasil analisa sampel akar adalah sebagai berikut:

<b>Kode</b>	<b>Kadar sari larut etanol (%)</b>	<b>Kadar sari larut air (%)</b>
2B 01 A	2.00	4.78
2B 10 A	0.50	5.90
2B 20 A	1.00	3.70
2B 22 A	0.60	6.57
2B 31 A	1.10	4.88
2B 35 A	0.50	3.69
2B 39 A	0.00	5.38
2B 47 A	1.40	2.60
2B 56 A	0.40	5.79
2B 61 A	1.80	4.38
2B 62 A	2.20	5.98
2B 68 A	0.40	3.50
2B 69 A	2.00	2.49
2B 72 A	0.60	2.59
3C 01 A	2.99	3.50
3C 06 A	5.70	6.22
3C 09 A	3.99	6.39
3C 13 A	2.58	9.90
3C 24 A	2.98	5.40
3C 26 A	3.19	5.40
3C 34 A	2.77	3.29
3C 35 A	2.39	4.17
3C 37 A	1.87	5.10
3C 42 A	0.20	4.59
3C 43 A	2.08	3.99
3C 59 A	2.47	3.28
3C 61 A	0.30	4.70
3C 66 A	1.80	5.70
3C 67 A	4.39	5.38
3C 72 A	3.19	8.99

#### Lampiran 4. Total Fenolik

Kadar total fenolik ditentukan pada tiap individu tanaman dengan hasil sebagai berikut:

##### 4.a. Daun

Kadar total fenolik daun adalah sebagai berikut:

kode sampel	% fenolik (b/b)						
1AD 46	0.56	3CD 09	0.20	4CD 07	0.14	5AD 13	0.95
1AD 40	0.40	3CD 34	0.41	4CD 01	0.07	5AD 19	0.09
1AD 61	0.55	3CD 35	0.41	4CD 04	0.07	5AD 21	0.22
1AD 08	0.40	3CD 37	0.21	4CD 08	0.17		
		3CD 01	0.35	4CD 10	0.07	5BD 19	0.77
		3CD 26	0.58	4CD 14	0.07	5BD 20	0.62
2BD 61	0.55	3CD 42	0.59	4CD 15	0.08	5BD 27	0.75
2BD 68	0.45	3CD 61	0.53	4CD 18	0.11	5BD 31	0.63
2BD 62	0.48	3CD 66	0.57	4CD 20	0.09	5BD 33	0.60
2BD 69	0.44	3CD 43	0.36	4CD 23	0.38		
2BD 56	0.65	3CD 13	0.57			5CD 18	0.87
2BD 31	0.48	3CD 06	0.59	4BD 19	0.50	5CD 24	0.92
2BD 72	0.56	3CD 67	0.31	4BD 03	0.40		
2BD 39	0.56	3CD 72	0.43	4BD 13	0.55		
2BD 20	0.28	3CD 12	0.77	4BD 04	0.22		
2BD 22	0.41	3CD 59	0.32	4BD 06	0.43		
2BD 32	0.50			4BD 15	0.19		
2BD 35	0.73	4AD 08	0.36	4BD 20	0.59		
2BD 47	0.38	4AD 10	0.47	4BD 25	0.62		
2BD 01	0.32	4AD 19	0.18	4BD 08	0.47		
2BD 10	0.42	4AD 11	0.44				
		4AD 16	0.46				

#### 4.b. Akar

Kadar total fenolik akar adalah sebagai berikut

kode sampel	% fenolik (b/b)						
1AA 46	0.18	3CA 09	0.15	4AA 08	0.13	4BA 19	0.07
1AA 40	0.23	3CA 34	0.18	4AA 10	0.10	4BA 03	0.08
1AA 67	0.28	3CA 35	0.21	4AA 18	0.18	4BA 13	0.04
1AA 08	0.23	3CA 37	0.10	4AA 19	0.27	4BA 04	0.22
1AA 70	0.12	3CA 01	0.27	4AA 23	0.14	4BA 21	0.11
		3CA 26	0.16	4AA 15	0.17	4BA 06	0.17
2BA 61	0.07	3CA 42	0.19	4AA 12	0.08	4BA 15	0.08
2BA 68	0.08	3CA 61	0.10	4AA 11	0.09	4BA 20	0.03
2BA 62	0.10	3CA 66	0.11	4AA 16	0.04	4BA 25	0.09
2BA 69	0.08	3CA 43	0.09	4AA 17	0.08	4BA 08	0.16
2BA 56	0.07	3CA 13	0.13	4AA 13	0.08	4BA 02	0.17
2BA 31	0.09	3CA 06	0.07	4AA 02	0.20		
2BA 72	0.23	3CA 67	0.10				
2BA 39	0.19	3CA 72	0.12	4CA 07	0.04	5AA 19	0.04
2BA 20	0.14	3CA 24	0.08	4CA 01	0.08	5AA 21	0.03
2BA 22	0.18	3CA 59	0.08	4CA 04	0.06		
2BA 35	0.09			4CA 10	0.04	5BA 19	0.10
2BA 47	0.05			4CA 14	0.02	5BA 20	0.06
2BA 01	0.07			4CA 15	0.04	5BA 27	0.02
2BA 10	0.11			4CA 23	0.04	5BA 31	0.16
				4CA 18	0.02	5BA 33	0.04
						5CA 09	0.11
						5CA 18	0.25
						5CA 24	0.10

## Lampiran 5. Total Flavonoid

Kadar total flavonoid ditentukan pada tiap individu tanaman dengan hasil sebagai berikut:

### 5.a. Daun

Kadar total flavonoid daun adalah sebagai berikut

Kode Sample	Kadar Flavonoid (%b/b)	Kode Sample	Kadar Flavonoid (%b/b)	Kode Sample	Kadar Flavonoid (%b/b)
1A46D	0.132	4A08D	0.171	5A13D	0.108
1A40D	0.081	4A10D	0.040	5A19D	0.108
1A61D	0.084	4A19D	0.122	5A21D	0.136
1A67D	0.138	4A23D	0.180		
1A08D	0.079	4A12D	0.197		
		4A11D	0.323		
		4A16D	0.398	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>
		4A02D	0.113	5B19D	0.166
				5B20D	0.116
<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>			5B27D	0.128
2B61D	0.380	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>	5B31D	0.107
2B68D	0.276	4B19D	0.091	5B23D	0.150
2B62D	0.263	4B13D	0.172		
2B69D	0.241	4B04D	0.146	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>
2B56D	0.437	4B09D	0.185	5C05D	0.104
2B31D	0.436	4B06D	0.122	5C18D	0.098
2B72D	0.235	4B15D	0.203	5C24D	0.115
2B39D	0.187	4B20D	0.195		
2B20D	0.102	4B25D	0.180		
2B22D	0.210	4B08D	0.081		
2B32D	0.234				
2B35D	0.324	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>		
2B47D	0.370	4C07D	0.161		
2B01D	0.480	4C01D	0.037		
2B10D	0.294	4C04D	0.117		
		4C08D	0.169		
<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>	4C10D	0.188		
3C09D	0.157	4C14D	0.083		
3C34D	0.305	4C15D	0.042		
3C35D	0.296	4C18D	0.065		
3C37D	0.215	4C20D	0.033		
3C01D	0.235	4C23D	0.066		
3C26D	0.222				
3C42D	0.180				
3C61D	0.345				
3C66D	0.265				
3C43D	0.111				
3C13D	0.582				
3C06D	0.337				
3C67D	0.232				
3C72D	0.308				
3C12D	0.294				
3C59D	0.109				

## 5.b. Akar

Kadar total flavonoid akar adalah sebagai berikut

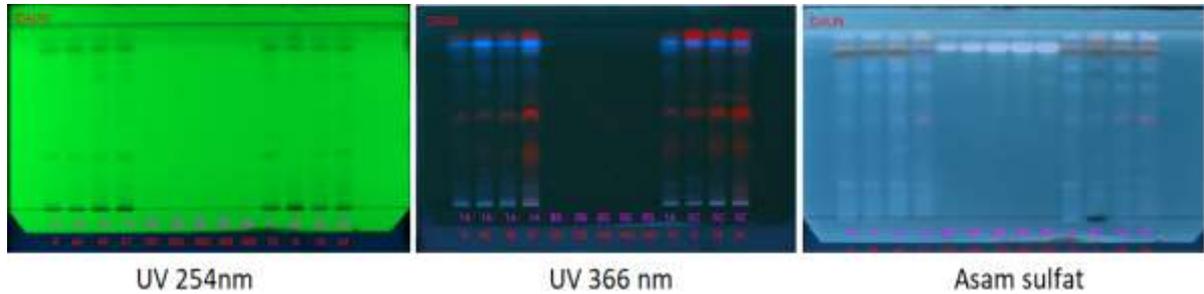
Kode Sample	Kadar Flavonoid (%b/b)	Kode Sample	Kadar Flavonoid (%b/b)	Kode Sample	Kadar Flavonoid (%b/b)
1A46A	0.061	4A08A	0.129	5A19A	0.062
1A40A	0.053	4A10A	0.078	5A21A	0.101
1A61A	0.074	4A18A	0.042		
1A67A	0.042	4A19A	0.091		
1A70A	0.061	4A23A	0.118		
1A08A	0.046	4A15A	0.083	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>
		4A12A	0.046	5B19A	0.085
		4A11A	0.027	5B20A	0.149
<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>	4A16A	0.076	5B09A	0.084
2B68A	0.124	4A17A	0.068	5B18A	0.139
2B62A	0.114	4A13A	0.042	5B24A	0.113
2B69A	0.089	4A02A	0.080		
2B56A	0.072			<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>
2B31A	0.192			5C09A	0.165
2B72A	0.095	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>	5C18A	0.056
2B39A	0.123	4B19A	0.052	5C24A	0.029
2B20A	0.124	4B03A	0.054		
2B22A	0.080	4B13A	0.064		
2B35A	0.064	4B04A	0.089		
2B47A	0.100	4B21A	0.042		
2B01A	0.153	4B06A	0.070		
2B10A	0.067	4B15A	0.038		
		4B20A	0.079		
		4B25A	0.060		
<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>	4B08A	0.051		
3C09A	0.078	4B02A	0.049		
3C34A	0.096				
3C35A	0.137				
3C37A	0.099	<b>Kode Sample</b>	<b>Kadar Flavonoid (%b/b)</b>		
3C01A	0.098	4C07A	0.083		
3C26A	0.103	4C01A	0.043		
3C42A	0.093	4C04A	0.058		
3C61A	0.091	4C18A	0.046		
3C66A	0.092	4C10A	0.018		
3C43A	0.080	4C14A	0.031		
3C13A	0.084	4C15A	0.046		
3C06A	0.085	4C23A	0.074		
3C67A	0.128				
3C72A	0.103				
3C24A	0.106				
3C59A	0.092				

## Lampiran 6. Pola Kromatografi Lapis Tipis

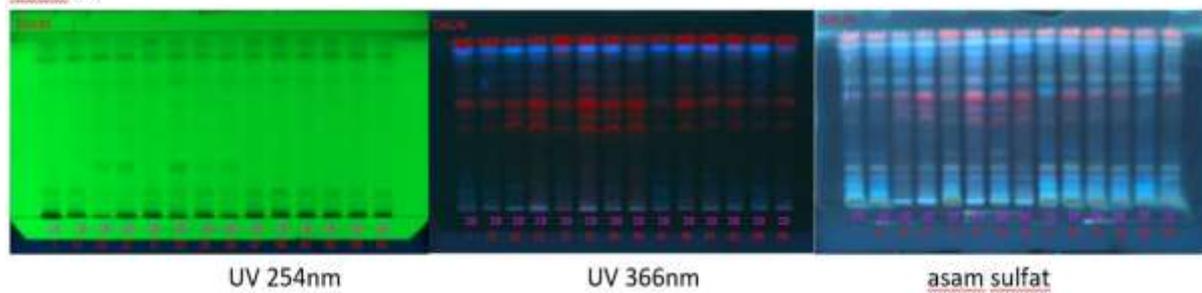
Pola kromatografi lapis tipis (KLT) ditentukan pada tiap individu tanaman dengan hasil sebagai berikut:

### 6.a. Daun

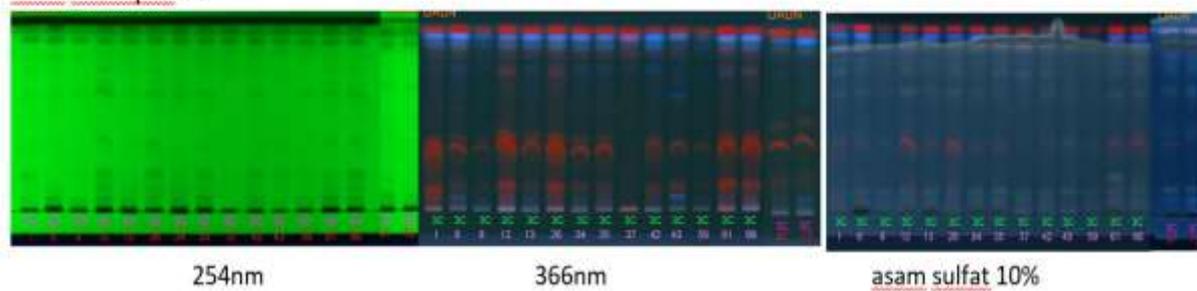
Pola KLT daun adalah sebagai berikut



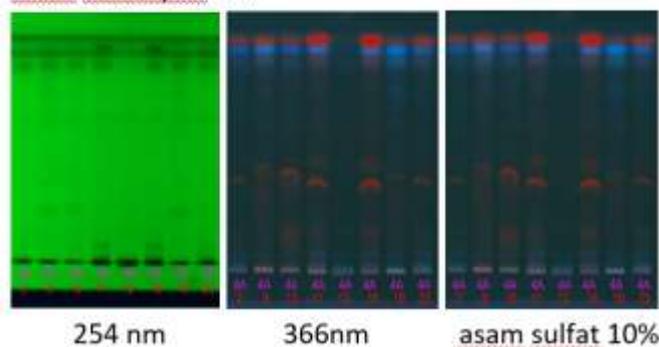
### Daun 2B



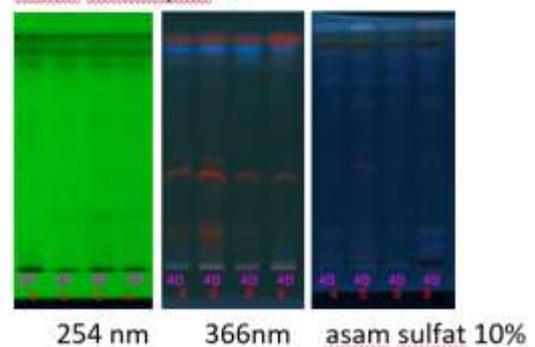
### Daun kelompok 3C



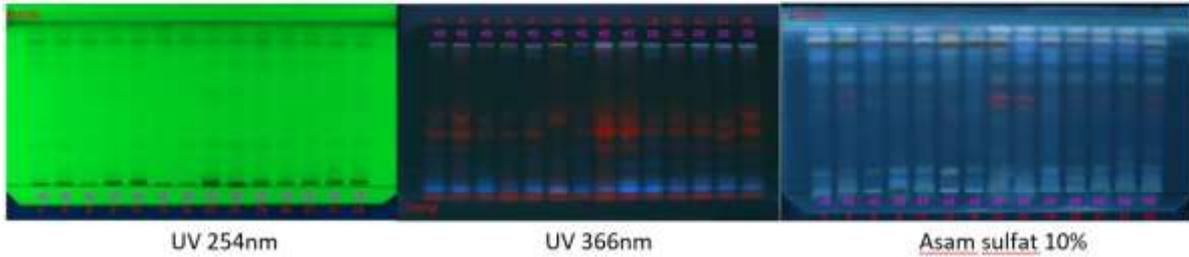
### Daun Kelompok 4A



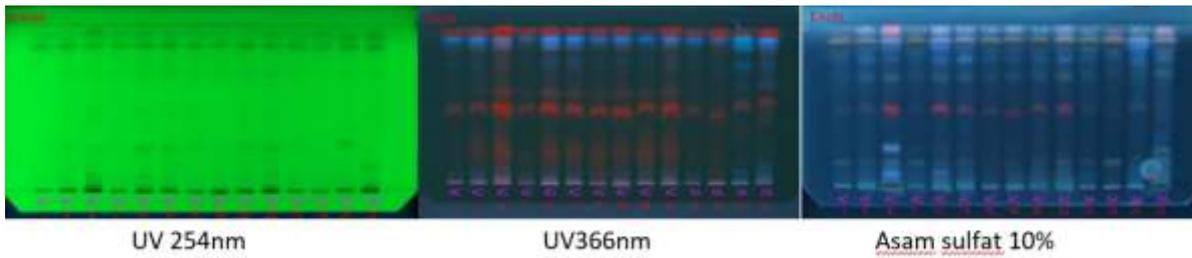
### Daun Kelompok 4B



Daun 4B dan 5B



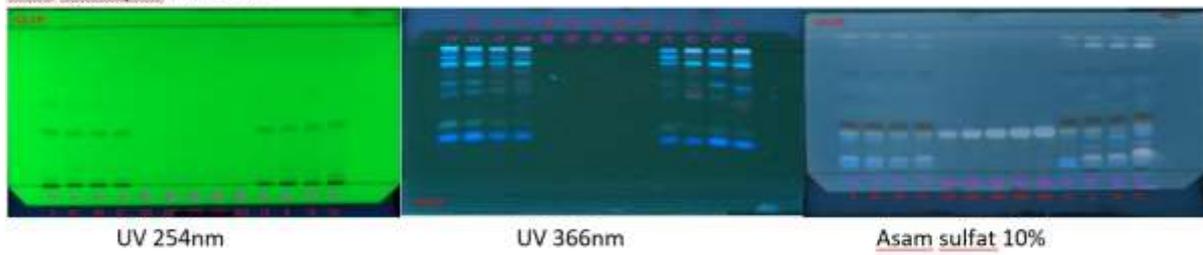
Daun 4C, 5A, 2B



6.b. Akar

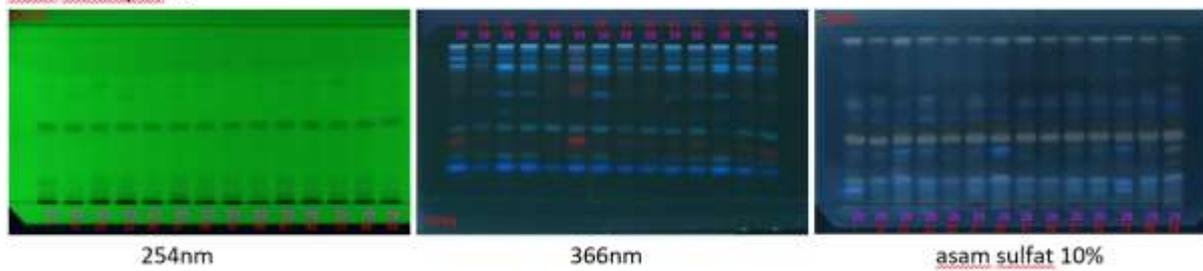
Pola KLT akar adalah sebagai berikut

Akar kelompok 1A dan 5C

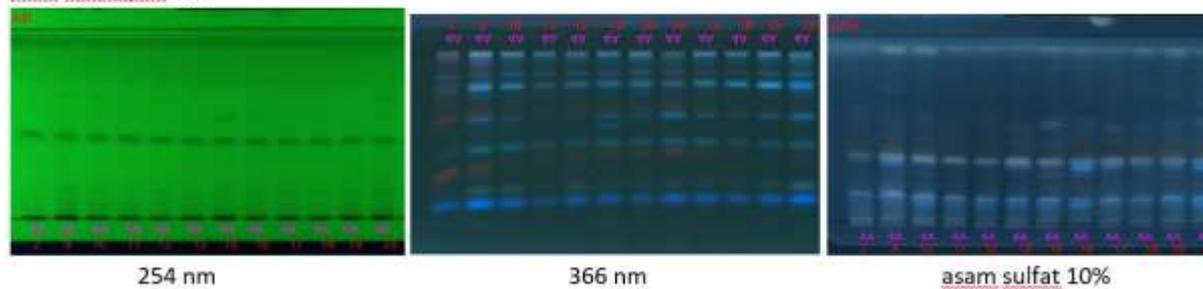


BS: beta sitosterol

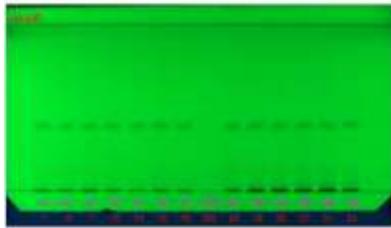
Akar kelompok 2B



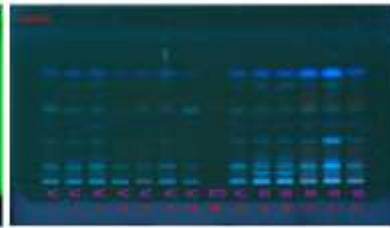
Akar kelompok 4A



Akar 4C dan 5B



254 nm

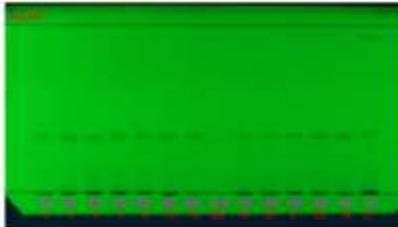


366nm

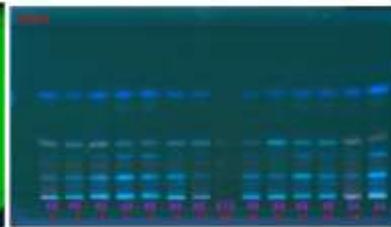


Asam sulfat 10%

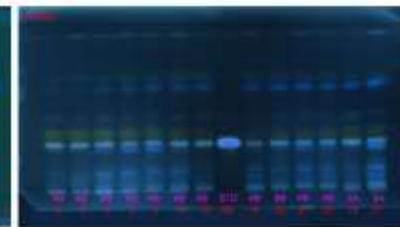
Akar 4B dan 5A



254nm



366nm



Asam sulfat 10%

**Lampiran 7. Senyawa terkandung dalam sampel deteksi menggunakan LC-MS/MS Daun:**

38	Choline	3.266	13.321	10.934	3.681	9.731
39	Columbinetin	0.057	0.030	0.029	0.002	0.085
40	Crocin	0.006	0.000	0.000	0.000	0.119
41	Crocin	0.203	0.170	0.096	0.125	0.000
42	Curcumene	1.514	0.591	1.293	0.923	0.402
43	D-(+)-Proline	2.953	7.621	3.532	3.791	9.080
44	D-(+)-Pyroglutamic Acid	0.420	0.934	0.583	0.627	2.333
45	delta-guaidimowalic acid	0.080	0.073	0.056	0.089	0.017
46	Dibutylphthalate	0.387	0.179	0.009	0.135	0.003
47	Diethylphthalate	4.985	0.330	6.271	4.936	3.156
48	Dibutanol	0.303	0.352	0.162	0.378	0.001
49	Dihydropterocic acid	0.001	0.001	0.000	0.001	0.014
50	DL-Stachydrine	3.849	2.927	2.100	7.335	1.681
51	DL-Tryptophan	0.014	1.023	0.519	0.405	0.262
52	Docosahexaenoic acid	0.386	0.331	0.225	0.152	0.001
53	Fructamide	0.002	3.480	2.408	2.265	0.002
54	Flavokawain A	0.091	0.000	0.089	0.075	0.000
55	gamma-Aminobutyric acid	0.232	0.672	1.080	0.382	1.249
56	Guaiacol	0.534	0.301	0.177	0.187	0.349
57	Hexadecanamide	0.819	1.055	0.931	0.831	0.758
58	Hexyl 2-furoate	0.277	0.323	0.433	0.054	0.113
59	Hydrocromone	5.573	0.294	5.557	4.262	3.336
60	Hypoxanthine	0.220	0.367	0.396	0.478	0.263
61	inagibalin	0.033	0.047	0.017	0.069	0.062
62	indene	0.075	0.092	0.004	0.024	0.001
63	Kynuronic acid	1.498	0.033	1.539	0.880	0.001
64	L-(+)-Aggrinine	0.302	1.085	0.542	0.045	0.174
65	L-tryptidine	0.024	0.619	0.247	0.201	0.297
66	L-Glutamic acid	0.176	0.227	0.155	0.662	0.576
67	Linoleamide	0.377	0.000	0.232	0.548	0.001
68	Linoleoyl Ethanolamide	0.097	0.001	0.117	0.127	0.000
69	L-Isoleucine	4.837	4.938	5.530	7.810	6.026
70	L-Phenylalanine	0.107	3.771	3.043	2.419	2.295
71	L-Tyrosine	0.394	0.357	0.350	0.373	0.463
72	monoxidine	0.086	0.269	0.198	0.029	0.089
73	Naproxen	0.111	0.002	0.136	0.121	0.001
74	N-Hepitridenoylglycine	0.102	0.006	0.000	0.374	0.001
75	N-Hydroxydec anamide	0.082	0.035	0.011	0.085	0.090
76	Nicotinic acid	0.461	0.712	0.525	0.520	0.530
77	N-Undecanoylglycine	0.122	0.060	0.058	0.027	0.044
78	Oleamide	0.325	0.004	0.002	1.096	0.186
79	O-ureido-D-serine	0.086	0.730	0.291	0.175	0.075
80	Palmitic Acid	0.471	0.004	0.307	0.468	0.000
81	Palmitoleic Acid	0.464	0.291	0.400	0.557	0.353
82	Palmitoyl ethanolamide	0.062	0.000	0.073	0.074	0.000
83	Parbutolol	0.056	0.000	0.000	0.092	0.137
84	Piracetam	0.079	0.377	0.913	1.449	0.089
85	p-isopropyl-α-methylstyrene	0.047	0.052	0.036	0.016	0.113
86	Prothylucine	0.089	0.075	0.058	0.059	0.092
87	Propamocarb	0.004	0.060	0.023	0.850	0.656
88	Safrole	0.208	0.195	0.118	0.148	0.499
89	sphinganine	0.148	0.137	0.000	0.141	0.000
90	TBHQ	0.140	0.133	0.089	0.090	0.266
91	trans-3-indoleacrylic acid	0.002	0.522	0.265	0.108	0.135
92	tinctorinal	0.041	0.044	0.039	0.024	0.123
93	Triethylene glycol monobutyl ether	0.154	0.025	0.180	0.024	0.093
94	tinne thadene	0.077	0.005	0.113	0.077	0.205
95	Tricosalen	3.502	0.043	3.089	2.312	2.902
96	Vanillin	17.540	7.996	6.535	6.219	9.816
97	Vigabatrin	1.013	1.341	0.876	0.503	0.418
98	xanthine	0.076	0.072	0.047	0.191	0.055
99	α-Thioctic acid	1.876	1.926	1.129	1.426	0.820
100	α-Linolenic acid	0.070	0.139	0.102	0.076	0.002

No	Name	Kadar (%)				
		1A Daun	4A Daun	4B Daun	5A Daun	5B Daun
1	(-)-Caryophyllene oxide	0.085	0.087	0.065	0.067	0.001
2	(+/-)-Camphor	0.460	0.046	0.054	0.146	0.104
3	(+/-)-Metanephrine	0.009	0.361	0.222	0.154	0.198
4	(12Z)-9,10,11-trihydroxyoctadec-12-enoic acid	0.132	0.118	0.440	0.538	0.293
5	(2S)-2-Piperazinecarboxamide	0.129	0.459	0.191	0.090	0.142
6	(2S)-4-Methyl-2-(((3S,4S,5R)-2,3,4-trihydroxy-5-(hydroxymethyl)tetrahydro-2-furanyl)methylamino)pentanoic acid (non-preferred name)	0.195	0.645	0.346	0.126	0.715
7	(3beta,24R,24'R)-fucosterol epoxide	0.002	0.009	1.053	0.427	0.003
8	(8E)-2-Amino-8-octadecene-1,3,4-triol	1.379	2.770	0.209	1.842	0.001
9	[2-(hydroxymethyl)-5,5,8a-trimethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydronaphthalen-1-yl]methanol	0.033	0.126	0.098	0.045	0.763
10	10-Nitrolinoleate	0.266	0.068	0.053	0.221	0.093
11	12-oxo-Phytodienoic Acid	0.004	0.013	0.027	0.009	0.077
12	13(S)-HOTrE	0.006	0.002	0.002	0.004	0.269
13	1-Heptanethiol	0.273	0.346	0.333	0.391	0.291
14	1H-indene-3-carboxamide	0.205	0.659	0.339	1.703	0.176
15	2-(2-Carboxyethyl)-2,5,7,8-tetramethyl-3,4-dihydro-2H-chromen-6-yl hexopyranosiduronic acid	1.120	1.639	1.036	0.060	0.009
16	2-[1-(2H-1,3-benzodioxol-5-yl)propan-2-yl]-6-methoxy-4-(prop-2-en-1-yl)phenol	0.001	0.001	0.001	0.001	0.148
17	2-Amino-1,3,4-octadecanetriol	0.001	0.037	0.000	0.000	0.309
18	2-Aminooctanedioic acid	0.123	0.095	0.202	0.169	0.239
19	3,4-Dihydrocadalene	0.114	0.143	0.066	0.003	0.012
20	3-BHA	0.007	0.382	0.454	0.207	0.417
21	4-(2,3-dihydro-1,4-benzodioxin-6-yl)butanoic acid	0.284	0.020	0.497	0.229	0.181
22	4-Acetamidobutanoic acid	0.016	0.254	0.095	0.088	0.012
23	4-Aminophenol	0.055	0.090	0.070	0.462	0.238
24	4-Guanidinobutyric acid	0.683	1.180	0.738	0.714	0.616
25	4-Indolecarbaldehyde	0.302	0.172	0.084	0.063	0.201
26	4'-Methoxy-3-morpholino-propiophenone	0.047	0.035	0.011	0.029	0.060
27	4-Methoxycinnamaldehyde	0.002	0.003	0.002	0.002	0.017
28	6-Hydroxypicolinic acid	0.151	0.415	0.142	0.668	0.364
29	9-Oxo-10(E),12(E)-octadecadienoic acid	1.017	0.068	2.434	1.558	0.007
30	ACETYL PROLINE	0.004	0.411	0.149	0.120	0.138
31	Acetyladaverine	0.002	0.031	0.010	0.057	0.006
32	Adenine	0.865	0.861	0.746	0.368	1.179
33	Adenosine	0.054	0.560	0.177	0.049	0.077
34	Avobenzene	0.259	0.216	0.101	0.107	0.001
35	Bergapten	0.000	1.567	0.003	2.153	1.776
36	Betaine	5.825	4.616	4.458	8.478	2.894
37	Cafestol	0.279	0.240	0.284	0.096	0.275
38	Choline	3.266	13.321	10.914	3.681	9.731
39	Columbianetin	0.057	0.039	0.029	0.012	0.085
40	Crocin	0.006	0.000	0.000	0.000	0.119
41	Crocin	0.203	0.170	0.096	0.125	0.000
42	Curcumene	1.514	0.591	1.293	0.923	0.402
43	D-(+)-Proline	2.953	7.621	3.532	3.791	9.080
44	D-(+)-Pyroglutamic Acid	0.420	0.934	0.583	0.627	2.333
45	delta-guanidinovaleic acid	0.030	0.073	0.056	0.039	0.017
46	Dibutyl phthalate	0.387	0.179	0.009	0.135	0.003
47	Diethyl phthalate	4.985	0.339	6.271	4.936	3.156
48	Dieugenol	0.303	0.352	0.162	0.378	0.001
49	Dihydropteroic acid	0.001	0.001	0.000	0.001	0.094
50	DL-Stachydrine	3.849	2.927	2.100	7.335	1.681
51	DL-Tryptophan	0.014	1.023	0.519	0.405	0.262
52	Docosahexaenoic acid	0.386	0.331	0.225	0.152	0.001
53	Erucamide	0.002	3.480	2.408	2.265	0.002
54	Flavokawain A	0.091	0.000	0.089	0.075	0.000
55	gamma-Aminobutyric acid	0.232	0.672	1.080	0.382	1.249
56	Guaiacol	0.534	0.301	0.177	0.187	0.349
57	Hexadecanamide	0.819	1.055	0.931	0.831	0.758
58	Hexyl 2-furoate	0.277	0.323	0.433	0.054	0.113
59	hymecromone	5.573	0.294	5.557	4.262	3.336
60	Hypoxanthine	0.220	0.367	0.396	0.478	0.263
61	Imagabalin	0.033	0.047	0.017	0.069	0.062
62	Indane	0.075	0.092	0.004	0.024	0.001
63	Kynurenic acid	1.498	0.033	1.539	0.880	0.001
64	L-(+)-Arginine	0.302	1.085	0.542	0.045	0.174
65	Leucylproline	0.024	0.619	0.247	0.201	0.297
66	L-Glutamic acid	0.176	0.227	0.155	0.662	0.576
67	Linoleamide	0.377	0.000	0.232	0.548	0.001
68	Linoleoyl Ethanolamide	0.097	0.001	0.117	0.127	0.000
69	L-Isoleucine	4.837	4.993	5.530	7.610	6.026
70	L-Phenylalanine	0.107	3.771	3.043	2.419	2.295
71	L-Tyrosine	0.394	0.357	0.350	0.373	0.463
72	moroxydine	0.086	0.269	0.198	0.029	0.039
73	Naproxen	0.111	0.002	0.136	0.121	0.001
74	N-Heptadecanoylglycine	0.102	0.006	0.000	0.374	0.001
75	N-Hydroxydecanamide	0.032	0.035	0.011	0.035	0.090
76	Nicotinic acid	0.461	0.712	0.525	0.520	0.530
77	N-Undecanoylglycine	0.122	0.060	0.058	0.027	0.044
78	Oleamide	0.325	0.004	0.002	1.096	0.186
79	O-ureido-D-serine	0.086	0.730	0.291	0.175	0.075
80	Palmitic Acid	0.471	0.004	0.307	0.468	0.000
81	Palmitoleic Acid	0.464	0.291	0.400	0.557	0.353
82	Palmitoyl ethanolamide	0.062	0.000	0.073	0.074	0.000
83	Penbutolol	0.056	0.000	0.000	0.092	0.137
84	Piracetam	0.079	0.377	0.913	1.449	0.099
85	p-Isopropyl-α-methylstyrene	0.047	0.052	0.016	0.016	0.113
86	Prolylleucine	0.039	0.075	0.058	0.059	0.092
87	Propamocarb	0.004	0.060	0.023	0.850	0.656
88	Safrole	0.208	0.195	0.118	0.148	0.499
89	sphinganine	0.148	0.137	0.000	0.141	0.000
90	TBHQ	0.140	0.133	0.089	0.090	0.266
91	trans-3-Indoleacrylic acid	0.002	0.522	0.265	0.198	0.135
92	tretinoquinol	0.041	0.044	0.019	0.024	0.123
93	Triethylene glycol monobutyl ether	0.154	0.025	0.180	0.024	0.093
94	trimethadione	0.077	0.005	0.113	0.077	0.205
95	Trioxsalen	3.502	0.043	3.089	2.312	2.902
96	Vanillin	17.540	7.996	6.535	6.219	9.616
97	Vigabatrin	1.013	1.341	0.876	0.503	0.418
98	Xanthine	0.076	0.072	0.047	0.191	0.055
99	α-Eleostearic acid	1.876	1.926	1.129	1.426	0.820
100	α-Linolenic acid	0.070	0.139	0.102	0.076	0.002

No	Senyawa	kadar (%)				
		1A Akar	4A Akar	4B Akar	5A Akar	5B Akar
1	(-)-Caryophyllene oxide	0.001	0.126	0.002	0.094	0.001
2	(+/-)-Camphor	0.248	0.117	0.251	0.226	0.171
3	(+/-)-Metanephrene	0.816	0.013	0.277	0.016	0.693
4	(±)13-HpODE	0.697	0.904	1.414	1.032	1.863
5	(12Z)-9,10,11-trihydroxyoctadec-12-enoic acid	0.199	0.005	0.347	0.015	0.409
6	(2S)-2-Piperazinecarboxamide	0.245	0.293	0.177	0.086	0.204
7	(8E)-2-Amino-8-octadecene-1,3,4-triol	0.002	2.121	0.002	0.032	0.001
8	[2-(hydroxymethyl)-5,5,8a-trimethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydronaphthalen-1-yl]methanol	0.073	0.044	0.103	0.007	0.061
9	10-Nitrolinoleate	0.118	0.123	0.119	0.614	0.393
10	12-oxo Phytodienoic Acid	0.104	0.011	0.178	0.011	0.210
11	1-Heptanethiol	0.189	0.083	0.107	0.334	0.428
12	1H-indene-3-carboxamide	0.224	0.279	0.220	0.522	0.103
13	2-[1-(2H-1,3-benzodioxol-5-yl)propan-2-yl]-6-methoxy-4-(prop-2-en-1-yl)phenol	0.248	0.005	0.297	0.003	0.166
14	2-Aminooctanedioic acid	0.073	0.062	0.058	0.107	0.106
15	3,4-Dihydrocadalene	0.010	0.035	0.012	0.002	0.005
16	3-BHA	0.282	0.512	0.421	0.242	0.304
17	4-(2,3-dihydro-1,4-benzodioxin-6-yl)butanoic acid	0.227	0.380	0.407	0.296	0.004
18	4-Acetamidobutanoic acid	0.076	0.341	0.155	0.116	0.101
19	4-Aminophenol	0.112	0.016	0.096	0.101	0.143
20	4-Guanidinobutyric acid	1.581	0.883	0.836	0.696	0.722
21	4-Indolecarbaldehyde	0.221	0.148	0.230	0.086	0.324
22	4'-Methoxy-3-morpholino-propiofenone	0.163	0.250	0.126	0.059	0.377
23	4-Methoxycinnamaldehyde	0.154	0.052	0.083	0.005	0.141
24	6-Hydroxypicolinic acid	0.612	0.113	0.111	0.545	0.356
25	9-Oxo-10(E),12(E)-octadecadienoic acid	0.720	1.331	1.418	2.744	1.758
26	ACETYL PROLINE	0.043	0.094	0.042	0.105	0.061
27	Adenine	0.834	0.300	0.459	0.205	0.674
28	Adenosine	0.050	0.123	0.160	0.044	0.013
29	Avobenzene	0.002	0.183	0.003	0.009	0.001
30	Bergapten	4.012	5.119	2.057	2.040	1.707
31	Betaine	6.745	4.456	3.694	5.126	4.043
32	Cafestol	0.204	0.000	0.465	0.004	0.486
33	Choline	4.025	5.749	6.206	2.196	4.637
34	Columbianetin	0.108	0.008	0.094	0.010	0.155
35	Croctetin	0.152	0.743	0.238	0.343	0.122
36	Curcumene	0.325	1.585	0.963	1.765	0.350
37	D-(+)-Proline	0.670	1.260	0.790	1.020	1.703
38	D-(+)-Pyroglutamic Acid	0.548	0.154	0.612	0.515	1.617
39	delta-guanidinovaleric acid	0.144	0.177	0.070	0.042	0.085
40	Dihydroptericoic acid	0.123	0.001	0.150	0.018	0.087
41	DL-Stachydrine	4.337	2.310	1.070	2.369	2.517
42	DL-Tryptophan	1.130	0.279	0.431	0.146	0.583
43	Erucamide	0.004	0.006	0.003	2.523	0.002
44	gamma-Aminobutyric acid	0.322	0.540	0.494	0.704	1.124
45	Guaiacol	0.391	0.356	0.584	0.272	0.383
46	Hexadecanamide	0.469	1.062	0.513	5.006	1.697
47	hymecromone	5.621	7.016	7.202	5.619	3.377
48	Hypoxanthine	0.176	0.125	0.202	0.308	0.545
49	Imagabalin	0.507	0.283	0.217	0.273	0.553
50	Kynurenic acid	0.014	1.361	0.021	1.469	0.013
51	L-(+)-Arginine	2.783	0.575	0.664	0.039	1.061
52	Leucylproline	0.220	0.015	0.125	0.052	0.264
53	L-Glutamic acid	0.775	0.125	0.202	0.479	1.366
54	Linoleamide	0.001	0.417	0.000	1.137	0.007
55	L-Isoleucine	3.495	0.336	2.030	1.351	8.228
56	L-Phenylalanine	2.501	0.871	1.105	2.917	3.130
57	L-Tyrosine	0.566	0.137	0.274	0.366	0.666
58	moroxydine	0.374	0.155	0.079	0.023	0.083
59	Naproxen	0.001	0.293	0.001	0.285	0.001
60	N-Heptadecanoylglycine	0.002	0.748	0.003	0.438	0.002
61	N-Hydroxydecanamide	0.354	0.122	0.153	0.155	0.499
62	Nicotinic acid	0.521	0.402	0.467	0.343	0.577
63	N-methylethanolamine phosphate	0.457	0.608	0.932	1.071	0.170
64	N-Undecanoylglycine	0.097	0.150	0.103	0.090	0.107
65	Oleamide	0.219	2.419	0.663	4.403	0.759
66	Oryzalin metabolite	0.125	0.508	0.025	0.273	0.232
67	O-ureido-D-serine	0.074	0.354	0.093	0.125	0.072
68	Palmitic Acid	0.000	0.000	0.000	0.723	0.000
69	Palmitoleic Acid	0.240	0.381	0.503	0.139	0.643
70	Palmitoyl ethanolamide	0.072	0.079	0.084	0.186	0.058
71	Penbutolol	0.042	0.024	0.015	0.176	0.294
72	Piracetam	0.508	0.754	0.614	0.570	0.236
73	p-Isopropyl-α-methylstyrene	0.176	0.055	0.185	0.054	0.166
74	Prolylleucine	0.088	0.046	0.054	0.035	0.125
75	Propamocarab	0.037	0.047	0.060	0.563	0.191
76	Propylparaben	1.780	0.317	0.844	0.339	1.406
77	Safrole	1.206	0.065	0.453	0.124	0.987
78	trans-3-Indoleacrylic acid	0.616	0.167	0.236	0.066	0.319
79	Triethylene glycol monobutyl ether	0.148	0.057	0.144	0.038	0.272
80	Trioxsalen	1.720	1.744	1.473	1.381	2.249
81	Valpromide	0.071	0.058	0.118	0.129	0.299
82	Vanillin	12.107	11.021	18.526	8.484	10.779
83	Vigabatrin	1.244	1.112	0.589	0.313	1.018
84	Xanthine	0.133	0.077	0.118	0.103	0.387
85	α-Eleostearic acid	0.097	1.491	0.248	1.454	0.222

## Lampiran 8. Kandungan senyawa pada ekstrak etil asetat

### a. Daun

NO	Senyawa	4C daun	2B daun	4A daun	4B daun	3C daun	5B Daun	daun dari pasar
1	Propanoic acid, ethyl ester	0.3	0.66	0.41	0.25	0.29	0	0
2	Propanoic acid, 2-methyl-	0	0	1.54	0	0.78	0	0
3	Butanoic acid	0	0	0.57	0	0	0	0
4	Butanoic acid, 3-methyl-	0	0	0.55	0	0	0	0
5	2,3-Butanediol, [S-(R*,R*)]-	1.1	0	0	0.95	1.08	0	0
6	camphene	0	0	0	0.74	0.93	0	0
7	.beta.-Phellandrene	0	0	0		0.63	0	0
8	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	0	0	0	0.69		0	0
9	1,4-Dithiane-1-oxide	0	0	0.3			0	0
10	Eucalyptol	0.33	0	0	0.73	0.69	0	0
11	Heptanoic acid, 1-methylethyl ester	0	0	0		0.71	0	0
12	neral	1.22	0	0	1.78	3.11	0	0
13	citral	1.97	0	0	2.89	5.92	0	0
14	1-Dodecanol	0	0	0.99	0.62		0	0
15	1,7-Octadien-3-ol, 2,6-dimethyl-	0.78	0	1.52	0	1.5	0	0
16	1,3-Cyclohexadiene, 5-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-2-methyl-,	0	0	0	0	1.53	0	0
17	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene,	0	0	0	0	1.04	0	0
18	(1S,5S)-2-Methyl-5-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl)bicyclo[3.1.0]hex-2-ene	0	0	0	0.66	0	0	0
19	beta bisabolene	0.81	0	1.1	1	1.11	0.79	0
20	phenol,4-(aminomethyl)-2-methoxy	0.76	0	0	0	0	1.39	1.72
21	Neophytadiene	1.64	1.88	0	1.15	1.28	0.51	2.98
22	n-Hexadecanoic acid	20.87	20.8	27.36	21.44	17.4	23.97	23.68
23	(S,Z)-Heptadeca-1,9-dien-4,6-diyn-3-ol	1.21	9.56	1.57	1.07	0	4.14	4.03
24	2H,8H-Benzo[1,2-b:3,4-b']dipyran-2-one, 8,8-dimethyl-	2.65	2.98	2.17	1.22	2.32	1.77	0
25	phytol	3.01	0	2.85	3.26	3.13	1.92	0
26	10(E),12(Z)-Conjugated linoleic acid	17.04	17.43	13.91	17.39	14.69	20.4	28.46
27	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	11.46	7.75	7.14	11.36	6.64	11.6	18.21
28	Tetratetracontane	1.42	3.32	3.28	0.4	2.12	0	0
29	Triacontane, 1-iodo-	1	1.85	0	2.21	1.02	0	0
30	Tetracontane	0.74	0	1.53	1.42	0	0.3	0
31	.alpha.-Tocopherolquinone	1.25	0.89	0	1.12	1.09	0.56	0
32	Stigmasterol	17.36	32.02	26.03	19.11	21.99	18.6	14.44
33	Chondrillasterol	6.83	0	7.18	4.62	0	2.47	0
34	Stigmast-7-en-3-ol, (3.beta.,5.alpha.,24S)-	1.18	0	0	0	0	0	0
35	.gamma.-Sitosterol	0	0	0	1.74	0	1.37	0
36	Stigmasta-7,25-dien-3-ol, (3.beta.,5.alpha.)-	0	0	0	0	6.3	0	0
37	4-t-Butyl-6-dimethylaminomethyl-2-[4-dimethylaminophenyl]phenol	0	0	0	0	0.93	0	0

### b. Akar

No	Senyawa	3C akar	2B Akar	4C akar	4B akar	4A akar
1	Propanoic acid, ethyl ester	0	0.8	0.46	0	0.49
2	Propanoic acid, 2-methyl-	0	0	0	0	0.52
3	5-Cyano-6-ethylsulfanyl-2-methyl-4-phenyl-1,4-dihydro-pyridine-3-carboxylic	0	0	0.44	0	0
4	Silane, trimethyl[4-(trimethylstannyl)phenyl]-	0	0	0.52	0	0
5	n-Hexadecanoic acid	13.84	13.05	11.39	10.13	9.17
6	(S,Z)-Heptadeca-1,9-dien-4,6-diyn-3-ol	0	0	0	0	1.3
7	10(E),12(Z)-Conjugated linoleic acid	25.99	29.37	33.39	11.51	20.67
8	oleic acid	3.53	0	8.53	0	0
9	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl	0	0	0	0	1.9
10	9-Eicosenoic acid, (Z)-	0	3.43	0	0	0
11	Campesterol	0	0	0	0	1.18
12	6-Tridecene, (Z)-	0	0	1.71	0	0
13	Stigmasterol	48.89	47.05	36.2	66.66	53.39
14	.gamma.-Sitosterol	7.76	6.3	7.36	10.11	10.05

## Lampiran 9. Hasil pemeriksaan tanaman



**KLINIK TANAMAN**  
DEPARTEMEN PROTEKSI TANAMAN  
FAKULTAS PERTANIAN – INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
Jl. Korpri Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680, Telp/Fax: (0251) 8423048, Email: kliniktanaman\_dpt@yahoo.com



---

**HASIL IDENTIFIKASI**

Nomor : 02 / R / KT-IPB / IV / 2020  
Perihal : Identifikasi Tanaman Bergejala

Kepada Yth.  
Bapak Folkes  
Di tempat

Dengan hormat,  
Berikut kami sampaikan hasil identifikasi tanaman purwocong

**Hasil Pemeriksaan Sampel Tanaman**

Sampel tanaman purwocong yang dikiratkan dengan gejala tanaman layu dan kering mulai dari daun kemudian ke pangkal batang.

Hasil dari identifikasi sampel tersebut mengalami gejala kekurangan magnesium. Ciri - cirinya gejala dimulai dari daun yang berwarna hijau kekuningan mulai dari pinggir daun. Kemudian daun tersebut kering dan mati

Penyebab tanaman kekurangan magnesium adalah pada tanah dengan unsur hara dan kapasitas penyimpanan air yang rendah. Pada jenis tanah tersebut, unsur hara dapat dengan mudah hilang. Magnesium berperan dalam transportasi gula dan merupakan bagian penting dari molekul klorofil. Intensitas cahaya juga mempengaruhi perkembangan gejala ini. Tingkat pencabayaan yang tinggi dapat memperburuk efek kekurangan magnesium.

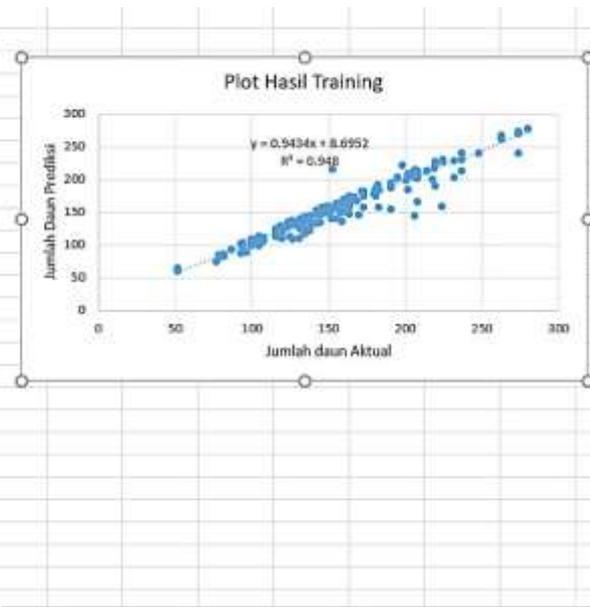
Pemeriksa : Andika Septiana Suryaningih, SP, M.Si  
Verifikator: Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc. Agr

Bogor, 26 April 2021  
Klinik Tanaman,  
  
Andika Septiana Suryaningih, SP, M.Si

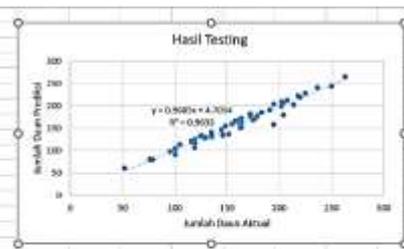
Lampiran 10 Beberapa *screenshot* dataset, data training, data uji, *weight* dan bias

No.	Suhu	Intensitas C	Nutrisi	Lama Penyinaran	HST	Jumlah Daun HST -3	Jumlah Daun
1	22.00	177.50	1000	14	93	122	135
8	22.00	123.00	1000	14	93	225	198
15	21.00	233.00	1000	16	93	102	125
22	21.00	147.00	1000	16	93	79	79
29	21.00	148.00	1000	18	93	91	96
36	20.50	179.00	1000	18	93	224	237
43	21.00	159.50	1500	14	93	87	87
50	21.00	207.00	1500	14	93	123	139
57	21.00	153.00	1500	16	93	162	162
64	21.00	211.00	1500	16	93	263	263
71	21.00	210.00	1500	18	93	139	158
78	21.00	227.00	2000	14	93	280	280
80	23.00	247.50	2000	16	93	130	152
87	22.50	253.50	2000	16	93	116	116
94	21.00	144.00	2000	18	93	161	161
101	21.00	240.00	2000	18	93	92	107
108	22.00	127.50	1000	14	93	102	105
115	21.50	235.50	1000	14	93	100	100
122	20.50	235.00	1000	16	93	77	97
129	21.00	160.00	1000	18	93	80	93
136	21.50	223.00	1000	18	93	172	172
143	20.50	138.00	1500	14	93	106	106
150	20.50	219.00	1500	14	93	119	119
157	21.00	189.00	1500	16	93	195	195
164	21.00	160.00	1500	16	93	94	94
171	21.50	225.50	1500	18	93	136	170

HST	Jumlah Daun HST -3	Jumlah Daun			
		Aktual	Prediksi	$(y_a - y_p)^2 / 2$	$ y_a - y_p  / y_a$
96	135	135	142.2102	0.204673	0.053409
105	155	155	162.5805	0.226234	0.048906
93	100	100	108.5186	0.285696	0.085186
99	220	220	226.1367	0.148262	0.027894
99	93	105	98.31196	0.176102	0.063696
105	225	225	227.5241	0.025083	0.011218
102	151	183	156.5159	2.761457	0.144722
108	100	100	100.5646	0.001255	0.005646
111	136	136	139.5007	0.048247	0.02574
111	161	161	162.6835	0.011158	0.010457
111	132	132	132.2256	0.0002	0.001709
111	163	169	167.3345	0.010921	0.009855
105	138	138	140.1921	0.018918	0.015885
108	167	181	173.8441	0.201603	0.039535
111	94	94	99.21401	0.107031	0.055468
102	126	126	136.2075	0.410208	0.081012
99	145	148	148.6648	0.00174	0.004492
108	132	132	128.8105	0.040051	0.024163
102	155	155	158.8447	0.058196	0.024805
99	149	149	153.4053	0.076406	0.029566
96	161	161	168.8909	0.245142	0.049012
96	119	121	127.0323	0.143264	0.049854
99	195	195	201.8568	0.1851	0.035163
105	173	173	179.6549	0.174361	0.038468
102	149	150	155.5901	0.123028	0.037267



No.	Sales	Intensitas Cahaya	Mudrik	Lama Peminjaman	HST	Jumlah Daun HST-3	Jumlah Daun		y <sub>a</sub> -y <sub>p</sub>  /y <sub>a</sub>	y <sub>a</sub> -y <sub>p</sub>  /y <sub>a</sub>
							Actual	Prediksi		
1	20.5	210	1500	14	205	289	285	285.4884	0.997551	0.013632
2	20	134.5	1000	16	328	79	79	79.24258	0.921384	0.003717
3	20	140	1500	16	111	135	135	134.3712	0.998159	0.004651
4	23	239.67	2000	16	202	116	116	118.4438	0.979111	0.022791
5	22	160	1500	14	111	120	120	115.8513	0.968809	0.014539
6	21	190	1000	14	302	101	101	104.5009	0.991471	0.034659
7	21.33	159	1500	18	96	247	247	246.3653	0.997742	0.010444
8	20.77	184.5	1500	14	305	119	119	126.0169	0.931783	0.109932
9	20.5	214	1000	16	93	291	291	289.5318	0.937737	0.014668
10	21	157	1000	18	111	250	250	243.7805	0.975349	0.014599
11	21	210	1000	14	308	224	218	222.4676	0.911871	0.020444
12	23	299.67	2000	16	202	191	191	190.3754	0.995095	0.003127
13	20.9	165	1000	16	305	146	146	149.8974	0.882571	0.080183
14	20	218	2000	14	111	173	173	175.1893	0.958905	0.018415
15	20	232	2000	14	93	173	173	182.076	1.287087	0.052482
16	23.5	204.5	1000	14	309	101	101	101.854	0.910404	0.088699
17	20	209	1000	16	308	147	175	147.3711	0.929386	0.041544
18	23	147.5	2000	16	93	130	152	136.5572	0.726249	0.101587
19	20.33	173.67	1000	18	96	237	237	240.7706	0.222152	0.015181
20	21	153	1500	16	93	167	163	166.9576	0.988030	0.003602
21	21.5	221	1500	18	205	173	171	176.6637	0.209725	0.021177
22	20	187.33	1500	14	96	138	145	145.853	0.011369	0.056883
23	21	214	1000	18	308	204	204	206.047	0.965471	0.010834
24	20	184.33	2000	14	96	149	149	154.3712	0.417825	0.034708
25	21	199	1500	18	111	174	176	174.1484	0.282190	0.010481



Weight Input to Hidden Layer						Weight Hidden Layer to Output Layer		
No	V <sub>ij</sub>		No	V <sub>ij</sub>		No	W <sub>jk</sub>	
1	V.1.1	-0.00055	31	V.4.1	0.213347	1	W.1.1	0.219042205
2	V.1.2	0.231034	32	V.4.2	0.139061	2	W.1.2	0.485765052
3	V.1.3	-0.0316	33	V.4.3	-0.34285	3	W.1.3	1.117382711
4	V.1.4	-0.18435	34	V.4.4	0.059306	4	W.1.4	0.361713558
5	V.1.5	-0.04821	35	V.4.5	-0.21976	5	W.1.5	-0.877016549
6	V.1.6	0.169003	36	V.4.6	-0.273	6	W.1.6	-0.434290256
7	V.1.7	-0.09569	37	V.4.7	0.265596	7	W.1.7	-0.794987163
8	V.1.8	-0.00765	38	V.4.8	-0.02776	8	W.1.8	-0.327433136
9	V.1.9	0.158627	39	V.4.9	-0.21921	9	W.1.9	-0.699503552
10	V.1.10	-0.17238	40	V.4.10	0.02672	10	W.1.10	0.513243378
11	V.2.1	-0.34439	41	V.5.1	0.027976			
12	V.2.2	0.302018	42	V.5.2	0.097197			
13	V.2.3	0.264086	43	V.5.3	-0.16087			
14	V.2.4	-0.10996	44	V.5.4	-0.01271			
15	V.2.5	0.027759	45	V.5.5	-0.0473			
16	V.2.6	0.314503	46	V.5.6	-0.11157			
17	V.2.7	0.208214	47	V.5.7	0.166251			
18	V.2.8	-0.33994	48	V.5.8	-0.00797			
19	V.2.9	-0.19478	49	V.5.9	0.097032			
20	V.2.10	-0.1096	50	V.5.10	0.209662			
21	V.3.1	0.217541	51	V.6.1	0.33624			
22	V.3.2	0.192965	52	V.6.2	0.462993			
23	V.3.3	-0.14989	53	V.6.3	1.062962			