

## PENGEMBANGAN SMART GREENHOUSE UNTUK BUDIDAYA HORTIKULTURA

Andi Nur Alam Syah<sup>(1)</sup>, Titin Nuryawati<sup>(1)</sup>, Wahyu Satria Litananda<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Tangerang,  
Banten, Indonesia.

E- mail: [bbpmektan@litbang.pertanian.go.id](mailto:bbpmektan@litbang.pertanian.go.id)

Greenhouse merupakan suatu lingkungan tumbuh tanaman yang bersifat terkendali. Pengembangan greenhouse untuk budidaya hortikultura sangat penting sebagai penjamin keberhasilan tumbuh dari pengaruh lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, intensitas matahari, dan hama penyakit. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk merekayasa prototipe smart greenhouse terkendali untuk budidaya hortikultura beserta perangkat lunak sistem kontrol iklim mikro secara otomatis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tahapan desain, pabrikasi serta pengujian kinerja greenhouse. Greenhouse yang dibangun adalah tipe *modified arch greenhouse* yang dilengkapi dengan bukaan atas. Dimensi keseluruhan adalah 12 x 8 x 5.7 meter, dengan tinggi ruang tanam adalah 3 meter. Konstruksi utama menggunakan besi galvanis, atap menggunakan UV plastik film setebal 0.5 mm, dan dinding menggunakan *screen net* berukuran 35 mesh. Greenhouse dilengkapi dengan *exhaust fan*, *blower*, *misting* dan *shading net* yang dikontrol secara otomatis berdasarkan suhu, dan kelembaban udara yang terukur. Pengujian kinerja greenhouse dilakukan saat tanpa tanaman dan dengan tanaman, dengan mengikuti prosedur pengujian greenhouse sesuai SNI 7605: 2010. Hasil pengujian kinerja greenhouse menunjukkan bahwa penggunaan greenhouse baik saat tanpa tanaman atau dengan tanaman, suhu didalam greenhouse lebih rendah dari pada diluar greenhouse dan dengan penggunaan kontrol otomatis dapat menurunkan suhu didalam greenhouse hingga 6 °C.

**Kata kunci:** *smart greenhouse*, hortikultura, kontrol otomatis

### 1. PENDAHULUAN

Nawa Cita atau agenda prioritas Kabinet Kerja 2015 – 2019 mengarahkan pembangunan pertanian ke depan untuk mewujudkan kedaulatan pangan, agar Indonesia sebagai bangsa dapat mengatur dan memenuhi kebutuhan pangan rakyatnya secara berdaulat (Renstra Kementan 2015-2019). Langkah awal tahun 2015 – 2019 adalah usaha pencapaian swasembada 7 komoditi pangan utama nasional, yaitu: (i) beras; (ii) jagung; (iii) kedelai; (iv) bawang merah/putih; (v) cabai; (vi) gula; (vii) daging sapi/kerbau. Swasembada beras dan jagung telah dicapai dalam tahun 2016, sedangkan komoditas lainnya ditargetkan tercapai pada tahun 2018. Hal ini penting karena kenaikan harga komoditas utama tersebut sering menimbulkan gejolak inflasi nasional.

Sejak Tahun 2016, Program Peningkatan

Produksi dan Nilai Tambah Hortikultura digalakkan dan merupakan pelaksanaan Rencana Pengembangan Jangka Menengah Bidang Hortikultura untuk mewujudkan kemandirian pangan dan kesejahteraan petani. Upaya untuk meningkatkan nilai tambah produk hortikultura antara lain di lakukan melalui standarisasi produk hortikultura, penanganan pasca panen pengolahan produk horti dan pemasaran hasil.

Produk yang baik dan terstandar memerlukan lingkungan pertumbuhan yang baik. Lingkungan terbuka sangat rentan menurunkan hasil produksi hortikultura, sehingga penggunaan greenhouse terkendali sangat diperlukan. Penelitian yang pernah dilakukan mengenai otomatisasi

Greenhouse dan otomatisasi naungan antara lain dilakukan oleh Isnaen (2010) yaitu tentang penerapan desain otomatisasi suhu dan kelembaban

untuk peningkatan produktivitas jamur merang.

Sensor yang digunakan adalah sensor kelembaban lingkungan dan sensor suhu lingkungan. Penelitian lainnya dilakukan oleh Suhardiyanto, dkk. (2012) tentang aplikasi PLC (*Programmable Logic Controller*) untuk budidaya krisan sistem hidroponik. Penelitian ini menggunakan sensor suhu, RH, dan nutrisi. Penelitian tentang pengaturan suhu, kelembaban, serta waktu pemberian dan pembuangan nutrisi dalam hidroponik dilakukan oleh Diansari (2009).

Penelitian ini menggunakan prototipe dengan sensor suhu dan RH. Aktuator yang digunakan adalah kipas untuk mengontrol suhu dan sprinkler untuk mengontrol kelembaban. Penelitian tentang penggunaan aktuator untuk pengendali iklim mikro di dalam greenhouse untuk pertumbuhan tanaman sawi telah dilakukan oleh Telaumbanua *et al.*, (2014), dengan menggunakan mikrokontroler ATMega 8535.

Sejalan dengan perkembangan instrumen elektronik dan teknologi informasi, greenhouse dapat lebih ditingkatkan efisiensi dan efektivitas sistem kerjanya dengan pemasangan sistem kendali operasi pengkondisian iklim mikro dan fertigasi sekaligus pengamatan, analisis dan pengiriman data serta akses balik untuk pengendali instrumen. Sistem pengiriman data dan akses balik untuk pengendali instrumen dapat dilakukan menggunakan sistem kendali yang dioperasikan jarak jauh dengan perangkat kontrol berbasis *cloud based server* dan *mobile based device* (Android/iOS device) (Tanveer *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015; Sadasivam *et al.*, 2015; Nocolosi *et al.*, 2017).

Tujuan penelitian ini adalah merekayasa prototipe smart greenhouse terkendali untuk budidaya hortikultura beserta perangkat lunak sistem kontrol iklim mikro secara otomatis.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1. Tempat dan Waktu**

Penelitian dilakukan selama 6 (enam) bulan mulai bulan Juli sampai dengan Desember 2017. Tempat pelaksanaan kegiatan di Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong, Tangerang, Banten.

### **2.2. Bahan dan Peralatan**

Bahan utama untuk kegiatan ini adalah bahan rekayasa prototipe smart greenhouse berupa besi kanal CNP dan UNP, dan besi hollow 40x40 untuk konstruksi utama greenhouse, plastik film *polyethylene* (LDPE) dengan pelapisan UV *absorbing* setebal 0.5 mm untuk atap, *screen* dari bahan senyawa polyuretan dengan penambahan zat anti UV dengan ukuran 35 mesh untuk dinding.

Greenhouse juga dilengkapi *exhaust fan*, *blower*, dan *misting*. Kegiatan rekayasa tersebut memerlukan dukungan berbagai peralatan perbengkelan, antara lain peralatan konstruksi dan pabrikan yang berada di Laboratorium Perekrayasaan BBP Mektan. Selain bahan untuk perekrayasaan konstruksi dan pabrikan juga diperlukan benih tanaman hortikultura, kotak dapog dan perlengkapan pendukung kegiatan budidaya lainnya. Pembuatan kontrol otomatis menggunakan sensor suhu, sensor kelembaban, sensor cahaya, sensor EC, converter ADC, mikrokontroler, relay dan sebagainya. Smart greenhouse juga dilengkapi dengan 4 titik kamera pengawas untuk monitoring pertumbuhan tanaman dan keamanan. Sedangkan, peralatan uji menggunakan roll meter, termometer, higrometer, dan anemometer.

### **2.3. Metode**

Secara garis besar, tahapan pelaksanaan kegiatan terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap perencanaan, pabrikan, dan pengujian. Tahap perencanaan meliputi penentuan parameter:

1. Dimensi, yaitu panjang, lebar dan tinggi.
2. Material, apakah dari besi, kayu, plastik, dan sebagainya.
3. Mekanisme kerja smart greenhouse, bagaimana sistem mekanik agar rak tanaman pada smart greenhouse dapat bekerja.
4. Kelistrikan, bagaimana rangkaian sumber listrik yang digunakan untuk Smart Greenhouse.
5. Metode pengontrolan, yaitu bagaimana Smart Greenhouse dapat dikontrol dengan sistem kontrol yang digunakan.

Tahap pabrikan meliputi pembuatan konstruksi, mekanik, elektronik, dan pemrograman:

1. Pembuatan konstruksi smart greenhouse. Dibuat berdasarkan gambar teknik yang telah dibuat, dengan rangka utama besi kanal CNP, UNP, dan besi hollow dengan sistem perakitan menggunakan baut dan mur.
  2. Pembuatan sistem mekanik rak tanaman dengan bahan utama dari besi hollow. Pipa PVC 4 inch digunakan sebagai saluran air untuk hidroponik tanaman.
  3. Pembuatan sistem kelistrikan dan sensorik.
  4. Pengembangan program sistem manajemen informasi pengamatan real time. Dibuat untuk memberikan informasi berupa suhu, kelembaban dan EC secara real time, sehingga suhu, kelembaban dan lengas tanah dapat dimonitor.
  5. Pembuatan program berdasarkan mekanisme dari seluruh sistem smart greenhouse yang diinginkan, mulai dari sistem penyiraman tanaman, pengaturan kelembaban udara dan pengaturan suhu ruang kemudian dilanjutkan pada server untuk diteruskan kepada pengguna melalui gadget (handphone).
- Tahap Pengujian meliputi uji fungsional dan kinerja greenhouse. Uji kinerja dilakukan dengan merujuk pada SNI 7605: 2010, Bangunan Pertanian – Syarat mutu dan metode uji rumah kaca. Parameter yang diamati adalah:
1. Rasio luas lubang ventilasi - luas lantai:
    - a. Pengukuran luas lubang ventilasi merupakan jumlah luas seluruh lubang kaca yang digunakan untuk menutup greenhouse sebagai ventilasi (ventilasi dinding dan atap). Pengukuran dapat langsung diukur dengan mistar atau ro;; meter atau pengukuran menggunakan gambar kerja presisi yang tersedia.
    - b. Luas lantai dihitung dengan melakukan perkalian antara panjang lantai dan lebar lantai (tanpa pintu).
    - c. Besar rasio dihitung berdasarkan perbandingan antara luas lubang ventilasi dengan luas lantai dalam satuan (%).
    - d. Beda suhu udara.
    - e. Pengukuran suhu udara dilakukan dengan thermometer standart.
    - f. Suhu udara di dalam dan diluar greenhouse diukur setiap jam mulai pukul 8 hingga 17 pada saat kondisi udara cerah dan tidak terhalang awan.
    - g. Pengukuran suhu udara dilakukan pada tiga titik didalam greenhouse yang mewakili kondisi ruangan pada posisi (1.5 – 2 ) m dari permukaan tanah, serta 1 titik diluar greenhouse.
    - h. Hitung selisih hasil pengukuran suhu didalam dan diluar greenhouse
    - i. Beda suhu rata-rata adalah rata-rata keseluruhan data beda suhu hasil pengukuran, sedangkan beda suhu maksimum ditentukan oleh nilai tertinggi dari data tersebut.
  2. Beda kelembaban udara relatif (RH):
    - a. Pengukuran kelembaban udara menggunakan hygrometer standart
    - b. Kelembaban udara di dalam dan diluar greenhouse diukur setiap jam mulai pukul 8 hingga 17 pada saat kondisi udara cerah dan tidak terhalang awan
    - c. Pengukuran kelembaban udara dilakukan pada tiga titik didalam greenhouse yang mewakili kondisi ruangan pada posisi (1.5 – 2 ) m dari permukaan tanah, serta 1 titik diluar greenhouse
    - d. Hitung selisih hasil pengukuran kelembaban udara didalam dan diluar greenhouse
    - e. Beda RH rata-rata adalah rata-rata keseluruhan data beda RH hasil pengukuran, sedangkan beda RH maksimum ditentukan oleh nilai tertinggi dari data tersebut.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1. Konstruksi Smart Greenhouse**

Konstruksi smart greenhouse menggunakan rangka utama besi kanal CNP, UNP dan besi hollow berbentuk *modified arch* yang dilengkapi dengan bukaan atas. Atap menggunakan UV plastik film setebal 0.5 mm, dan dinding menggunakan *screen net* berukuran 35 mesh. Dimensi keseluruhan adalah 12 x 8 x 5.7 meter, dengan tinggi ruang tanam adalah 3 meter.

Greenhouse dilengkapi dengan *exhaust fan*, *blower*, *misting* dan *shading net* yang dikontrol secara otomatis berdasarkan suhu, kelembaban

udara dan radiasi matahari yang terukur. Smart greenhouse hasil rekayasa BBP Mektan seperti disajikan pada Gambar 1 dan 2.

Gambar 1. Smart greenhouse hasil rekayasa.

Gambar 2. Ruang tanam dalam smart greenhouse.

#### **4.2. Pembuatan Program Smart Greenhouse**

Untuk menjamin fungsi otomatis, sensor suhu dan kelembaban ditempatkan pada tengah rak tanaman sebelah kiri dan kanan. Sensor EC diletakkan pada pipa yang berisi larutan nutrisi sebelum masuk pipa yang berisi tanaman dan setelah melewati tanaman. Sedangkan sensor radiasi matahari diletakkan pada ketinggian 3 meter dari lantai.

Tipe pengendalian pada smart greenhouse dibedakan menjadi dua, yaitu pengendalian dengan umpan balik (*feedback control*) dan pengendalian maju (*foreward control*). Pengendalian umpan balik diterapkan pada pengendalian suhu, kelembaban, dan kebutuhan pencahayaan matahari, sedangkan pengendalian maju diterapkan pada suplai air dan pupuk cair. Pengendalian maju didasarkan pada kebutuhan nutrisi harian sehingga suplai nutrisi dilakukan secara kontinyu dengan mengatur bukaan katup umpan.

Disamping komponen pengendali lingkungan tanam, kamera monitoring juga dipasang untuk tujuan monitoring pertumbuhan tanaman dan keamanan. Empat titik kamera dipasang di dalam ruang tanam smart greenhouse.

Pembuatan program smart greenhouse berdasarkan mekanisme dari seluruh sistem smart greenhouse yang diinginkan, mulai dari pengaturan kelembaban udara, pengaturan suhu ruang dan pengaturan pencahayaan yang kemudian dilanjutkan pada server untuk diteruskan kepada pengguna melalui *gadget* (handphone). Pengguna bisa mengatur suhu, kelembaban dan pencahayaan yang ada di smart greenhouse hanya dengan menggunakan aplikasi yang ada di *gadget*. Pengguna hanya perlu membuka aplikasi lalu masuk dengan menggunakan user name greenhouse dan selanjutnya pengguna dapat menyalakan aktuator. Tampilan aplikasi smart greenhouse seperti disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 3. Tampilan aplikasi Smart greenhouse.

Gambar 4. Tampilan untuk mengaktifkan aktuator.

Transfer data dan informasi dari hasil pengamatan dalam greenhouse kepada *user* menggunakan fasilitas open source mobile phone Linux platform yang disebut dengan sistem Android dan dikembangkan oleh perusahaan Google.

Dengan dukungan fasilitas yang ada, *user* dapat memantau semua perkembangan lingkungan

dalam greenhouse dan mengoreksi (bilamana diperlukan) melalui aplikasi *smart phones*, PC tablet atau perangkat komunikasi bergerak lainnya. Pertukaran informasi bersifat *real time* yang berkaitan dengan proses pertumbuhan tanaman. Skema bagan hubung sistem komunikasi dari greenhouse kepada user terlihat pada Gambar 5

Gambar 5. Skema bagan hubung sistem komunikasi smart greenhouse berbasis Android.

#### **4.3. Pengujian Smart Greenhouse**

Pengujian kinerja smart greenhouse dilakukan dengan melakukan pengukuran iklim mikro didalam greenhouse dibandingkan dengan diluar greenhouse. Pengujian merujuk pada SNI 7605: 2010 – Bangunan Pertanian – Syarat mutu dan metode uji rumah kaca. Pengukuran dilakukan mulai pukul 7:00 sampai dengan pukul 18:00 WIB. Parameter yang diukur adalah suhu, kelembaban udara (RH) dan kecepatan angin. Pengukuran dilakukan pada dua kondisi perlakuan, yaitu Perlakuan 1: greenhouse tanpa tanaman dan tanpa

kontrol otomatis dan Perlakuan 2: greenhouse dengan tanaman dan dengan kontrol otomatis.

Pengukuran suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin dilakukan pada 4 titik yaitu bagian depan, belakang, kiri dan kanan ruang tanam dalam greenhouse dengan ketinggian titik pengukuran adalah 1,3 m dari lantai. Pengukuran iklim mikro diluar greenhouse berupa suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin dilakukan pada bagian depan greenhouse. Titik lokasi pengukuran selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Titik pengukuran dalam pengujian kinerja greenhouse.

Hasil pengukuran kinerja greenhouse pada Perlakuan 1 yaitu greenhouse tanpa tanaman dan tanpa kontrol otomatis dapat dilihat bahwa suhu udara di bagian kiri dan kanan dalam greenhouse selalu lebih tinggi dibandingkan bagian depan dan belakang dalam greenhouse. Hal ini terjadi karena orientasi bangunan greenhouse adalah Utara-Selatan, sehingga bagian kiri dan kanan merupakan arah timur dan barat yaitu arah terbit dan terbenam matahari. Perbedaan suhu didalam greenhouse bervariasi mulai 0 – 5 °C. Kondisi RH dalam greenhouse cukup seragam karena perbedaannya hanya berkisar 0 -3%.

Hasil pengukuran iklim mikro diluar greenhouse menunjukkan bahwa cuaca harian saat pengukuran adalah berawan dari jam 8:00 – 12:00 WIB, cerah pada jam 13:00 – 14:00 WIB, dan hujan pada jam 15:00 – 17:00 WIB. Suhu bervariasi dari 26.5 – 42.2 °C, dengan RH bervariasi dari 27 – 99%, dengan kecepatan angin tidak ada sepanjang hari (angin hanya terjadi saat pukul 13:00 – 14:00 WIB). Dengan kondisi rata-rata berawan, maka diperoleh data hasil pengukuran didalam dan diluar greenhouse seperti pada Tabel 1

Tabel 1. Perbandingan hasil pengukuran iklim mikro diluar dan didalam greenhouse pada Perlakuan 1: Greenhouse tanpa tanaman dan tanpa kontrol otomatis (Tgl 4 November 2017)

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa suhu didalam greenhouse lebih rendah dari pada diluar greenhouse, dan kelembaban udara didalam greenhouse lebih tinggi dari pada diluar greenhouse. Hal ini terjadi karena kondisi cuaca saat pengukuran adalah cenderung berawan dan hujan sepanjang hari.

Pada Perlakuan 2 yaitu greenhouse dengan tanaman dan dengan kontrol otomatis dilakukan pengukuran serupa pada Perlakuan 1. Pengukuran dilakukan saat tanaman berumur 21 HST (Hari Setelah Tanam). Tanaman yang digunakan adalah

kangkung. Kontrol otomatis disetting sebagai berikut:

1. Suhu yang diinginkan dalam greenhouse adalah 20 – 32 °C (suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman hortikultura dataran rendah)
2. RH yang diinginkan dalam greenhouse adalah 50 – 75 % (RH optimum untuk pertumbuhan tanaman hortikultura dataran rendah)
3. *Blower, exhaust fan* akan menyala dan *shading net* menutup saat suhu didalam greenhouse > 32 °C dan akan mati saat suhu 30 °C
4. *Misting* akan menyala saat RH 55 % dan akan mati saat RH 75 %.

Hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara didalam greenhouse seperti disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa suhu maksimum didalam greenhouse mencapai 40 °C pada bagian depan dalam greenhouse. Berdasarkan suhu hasil pengukuran

tersebut, maka *blower* dan *exhaust fan* menyala serta *shading net* menutup pada pukul 10:00 – 16:00 WIB. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran RH, *misting* menyala pada pukul 9:00 – 17:00 WIB

Tabel 2. Hasil pengukuran iklim mikro dalam greenhouse pada Perlakuan 2: greenhouse dengan tanaman dan dengan kontrol otomatis (6 Desember 2017)

Jam	Suhu (oC)					RH (%)			Kec. Angin (m/s)	Cuaca
	T depan	T Blkg	T kanan	T kiri	Rata-rata	RH kanan	RH kiri	Rata-rata		
7:00	25	26	30.6	26.4	27.0	66	85	76	0	Cerah
8:00	29	29	33.2	29.6	30.2	53	64	59	0	Cerah
9:00	32	32	22.5	30.9	29.4	49	54	52	0	Cerah
10:00	33	33	34.2	35.3	33.9	52	48	50	1.20	Cerah
11:00	34	33	34.8	35.1	34.2	52	50	51	1.90	Cerah
12:00	36	35	36.2	36.3	35.9	49	47	48	1.11	Cerah
13:00	36	36	37.6	39.0	37.2	44	40	42	1.14	Cerah
14:00	40	34	36.1	36.4	36.6	44	40	42	1.10	Cerah
15:00	35	33	34.8	36.6	34.9	50	45	48	1.90	Cerah
16:00	32	32	32.8	38.1	33.7	59	44	52	1.23	Cerah
17:00	28	29	30.5	32.1	29.9	69	61	65	1.20	Cerah
18:00	28	27	28.9	29.0	28.2	76	76	76	1.10	Cerah

Pada Tabel 3 disajikan hasil pengukuran iklim mikro diluar dan didalam greenhouse pada Perlakuan 2. Perbedaan suhu diluar dan didalam greenhouse mulai 0.8 sampai 6.5 °C, dan perbedaan RH diluar dan didalam greenhouse bervariasi dari 2 sampai 19%. Suhu didalam greenhouse lebih

rendah dari pada diluar greenhouse. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kontrol otomatis sangat baik dalam smart greenhouse karena menurunkan suhu didalam greenhouse hingga 6.5 °C.

Tabel 3. Hasil pengukuran iklim mikro dalam greenhouse pada Perlakuan 2: Greenhouse dengan tanaman dan dengan kontrol otomatis (6 Desember 2017)

## 5. KESIMPULAN

Kegiatan rekayasa prototipe smart greenhouse terkendali untuk budidaya hortikultura beserta perangkat lunak sistem kontrol, analisis data dan manajemen sistem informasi dengan sistem kendali iklim mikro secara otomatis, *real time* data pengamatan serta sistem akses ambil/kirim

informasi berbasis sistem telemetri android telah selesai dilaksanakan.

Berdasarkan hasil pengujian kinerja, smart greenhouse telah memberikan hasil yang sangat baik karena dapat menurunkan suhu didalam greenhouse hingga 6 °C.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Diansari, M. (2009). Pengaturan Suhu, Kelembaban, Waktu Pemberian dan Pembuangan Nutrisi dalam Hidroponik. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Isnaen, N. (2010). Desain Otomatisasi Suhu dan Kelembaban Berbasis Mikrokontroler untuk Peningkatan Produktifitas Jamur Merang. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nicolosi, G., Roberto V., Antonio M. (2017). An Innovative Adaptive Control System to Regulate Microclimatic Conditions in a Greenhouse. *J. Energies* 2017, 10(5), 722.
- Sadasivam, S., Vishwanath V., Supradha R. (2015). Smart Plant Monitoring System. Technical report. Available online at <https://www.researchgate.net/publication/283123947>.
- Suhardiyanto, H., Sukoco, H., Guritman, S., Prabowo, Y. dan Saptasari, H.K. (2012). Aplikasi PLC untuk Mengendalikan Lingkungan Pertumbuhan Tanaman Krisan pada Sistem Ebb and Flow. Skripsi Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tanveer, A. , Abhishek C. , Divya P. , Rajani G., Farooq H. Automated Farming Using Microcontroller And Sensor. *International Journal of Scientific Research and Management Studies (IJSRMS)*, Volume 2 Issue 1, pg: 21-30. Available online at <http://www.ijsrms.com/media/3I13-IJSRMS0112152-v2-i1-21-30.pdf>
- Telaumbanua, M., Bambang P., Lilik S. (2014). Rancangbangun aktuator pengendali iklim mikro di dalam Greenhouse Untuk pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.). *Agritech*, Vol. 34, No. 2, Mei 2014.
- Zhang, Li, Congcong Li, Yushen J., Zhigang X. (2015). Design of Greenhouse Environment Remote Monitoring System Based on Android Platform *Chemical Engineering Transactions* Vol. 46, A publication of The Italian Association of Chemical Engineering Online at [www.aidic.it/cet](http://www.aidic.it/cet).