

APLIKASI SISTEM MONITORING PERTUMBUHAN TANAMAN BERBASIS WEB MENGUNAKAN MACHINE VISION

Application of Web-based Monitoring System for Plant Growing by Using Machine Vision

Lilik Sutiarto¹, Atris Suyantohadi², Dody Kastono³, Andri Prima Nugroho¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora Bulaksumur 55281; ²Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora Bulaksumur 55281; ³Jurusan Budidaya Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora Bulaksumur 55281
Email: lilik-soetiarso@ugm.ac.id

ABSTRAK

Tuntutan integrasi teknologi sistem informasi dan sistem pertanian saat ini dimaksudkan guna mendukung efisiensi, produktivitas dan profitabilitas pertanian. Hal tersebut didorong oleh timbulnya permasalahan di lapangan terkait dengan belum optimalnya produktivitas tanaman yang diakibatkan antara lain, kurang intensifnya pemantauan (monitoring) tanaman pada masa pertumbuhan. Salah satu alternatif solusi untuk memperbaiki permasalahan tersebut dengan mengaplikasikan teknologi *machine vision*. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian dasar yang bertujuan memanfaatkan teknologi pengolahan citra digital dan perangkat lunak komputasi untuk mendukung fungsi monitoring pertumbuhan tanaman secara *real-time*. Mekanisme penelitian dimulai dengan tahap pengolahan citra digital yang menggunakan metode segmentasi untuk mengenali objek tanaman dengan objek lainnya. Algoritma pengolahan citra menggunakan metode kelebihan hijau dan normalisasi warna, sedangkan untuk menghitung luas tanaman digunakan metode Otsu dengan mengubah ke citra biner. Tahap berikutnya menghitung prosentase pertumbuhan tanaman selama proses budidaya sampai dengan panen. Data hasil pencitraan disimpan dalam basisdata *MySQL*. Hasil akhir dari pengolahan data ditampilkan sebagai informasi pertumbuhan tanaman yang ditampilkan di *website*. Dari hasil pengujian, sistem monitoring dengan *machine vision* ini memiliki tingkat keberhasilan mencapai 70 % dalam mengenali tanaman.

Kata kunci: Machine vision, precision agriculture, pengolahan citra, teknologi web

ABSTRACT

Nowadays, demand for integrating between information technology (IT) and development of agricultural system is in order to increase the productivity, efficiency and profitability in term of precision agriculture. This matter occurred due to some problems in the field, such as; unintensively monitoring activities for plant during the growing period. One of the alternative solutions to overcome the problem was introducing the machine vision technology in the farming system. The research is actually as a basic research that aims using technology of digital image processing and software of computation (mathematics) to support a function of real-time monitoring system for plant growing. The research mechanism was started from digital image processing by using an image segmentation method that can identify between the main object (plant) and others (soil, weed). Image processing algorithm used excess color method and color normalization to identify plants, to calculate crop area. Otsu method was used to convert it to binary images. The next was to calculate and analyze a percentage of the plant growing, from after planting until harvesting time. The analyzed data were stored as MySQL database format in the web server. Final output of the research was the web based monitoring instruments for plant growing that can be accessed through intranet (local area network) as well as internet technology. From the software testing, monitoring with a machine vision system has a success rate reached 70 % for identifying plants.

Keywords: Machine vision, precision agriculture, image processing, web technology

PENDAHULUAN

Dewasa ini, *precision agriculture* yang merupakan integrasi teknologi sistem informasi dan sistem pertanian dimaksudkan guna mendukung efisiensi, produktifitas dan profitabilitas pertanian. Dengan dukungan dan aplikasi teknologi informasi dan komunikasi, *precision agriculture* (Day, 1991) mampu memberikan berbagai perbaikan fungsi monitoring produksi, optimasi kualitas hasil pertanian, meminimasi pengaruh lingkungan yang merugikan serta mengurangi risiko kegagalan dalam usaha di bidang pertanian.

Budidaya pertanian secara umum memerlukan intensitas pengamatan (monitoring) dan pemeliharaan secara kontinyu dan berkelanjutan dari penanaman benih hingga waktu panen. Monitoring pertumbuhan tanaman secara manual memiliki keterbatasan yang disebabkan berbagai aspek, antara lain: faktor fisik manusia meliputi kelelahan, subjektifitas, tidak kontinyu, ketidakseragaman dan ketidaktelitian. Metode ini sudah kurang optimal lagi untuk pengendalian yang memerlukan pengamatan secara kontinyu, dalam waktu yang panjang, dan memerlukan akurasi pengontrolan, serta produktifitas hasil yang tinggi.

Penerapan teknologi *machine vision* di bidang pertanian mampu memberikan alternatif solusi yang lebih baik pada pengamatan objek nyata berbasis penginderaan dan pengolahan atas data citra digital (Sutiarso, 2008, Gonzalez dan Richard, 2004). *Machine vision* didesain secara aplikatif mampu mengatasi dan menyelesaikan permasalahan yang biasa terjadi pada deteksi dan pengontrolan secara manual.

Tujuan dari penelitian ini adalah (i) menerapkan fungsi monitoring pertumbuhan tanaman yang menggunakan teknologi *machine vision* terintegrasi dengan jaringan komputer berbasis *web* yang dapat diakses secara *real time* melalui intranet maupun internet, (ii) mengaplikasikan dan menyusun algoritma pengolahan citra serta pembelajaran data citra pertumbuhan tanaman yang terintegrasi (*Computer Integrated System*), (iii) menyusun basisdata berbasis *web* identifikasi pertumbuhan tanaman berdasarkan kinerja *machine vision* untuk memberikan informasi kepada pengguna sebagai fungsi monitoring pertumbuhan tanaman. Terkait dengan tujuan dan mekanisme dalam penelitian ini, pengertian pertumbuhan tanaman adalah berdasarkan perkembangan luasan daun tanaman yang memberikan dampak pada peningkatan luasan penutupan tanah, sehingga indikator perkembangan ini dapat dimonitor oleh perangkat sistem yang dirancang (*machine vision*).

Penelitian-penelitian sebelumnya menyatakan bahwa dukungan teknologi informasi untuk mendukung *precision agriculture* dalam implementasi *machine vision* dapat disusun terintegrasi sebagai satu kesatuan dalam *Computer Integrated*

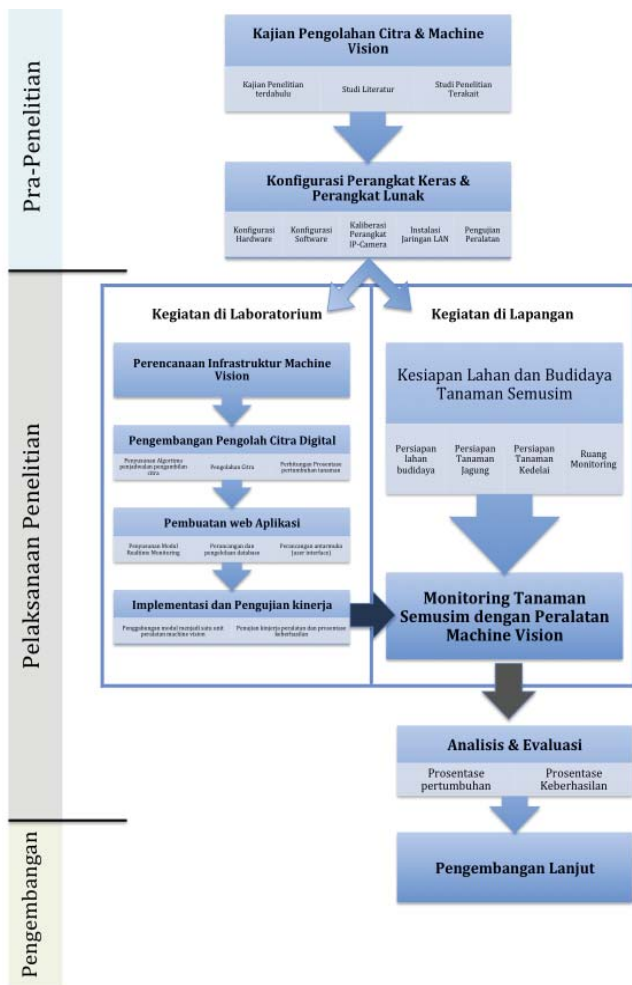
System dan diterapkannya berbagai pendekatan sistem pakar (*intelligence system*) yang meliputi teknik pengolahan citra, jaringan saraf tiruan, algoritma genetika, sistem fuzzy (Day, 1991, Morimoto dkk., 1993, Morimoto, dkk, 1996, Jayas, dkk., 2000). Teknologi informasi yang diterapkan dalam *precision agriculture* menekankan pada tiga aspek produksi terdiri atas koleksi input data, analisis atau pengolahan proses untuk menghasilkan informasi, dan aplikasi untuk menampilkan informasi kepada pengguna. Lebih lanjut, *machine vision* (Bigun, 2006) merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan (*recognition*) dan membuat keputusan. *Machine vision* mencoba meniru cara kerja sistem visual manusia (*human vision*).

Pengolahan citra merupakan proses awal pada *machine vision*, sedangkan pengenalan pola merupakan proses untuk menginterpretasi citra. Berbagai teknik dalam pengenalan pola memainkan peranan penting pada *machine vision* untuk mengenali objek. *Machine vision* menggunakan representasi kurva dan permukaan dan beberapa teknik lain dari grafik komputer, yang kemudian digunakan untuk memuat citra realistik (*virtual reality*).

Salah satu tahapan pengolahan citra yang digunakan untuk memisahkan objek tanaman dengan latarnya (tanah) adalah tahapan segmentasi, warna dasar tanaman mengidentifikasi warna merah, hijau, biru atau komponen R-G-B, dalam tahap ini warna hijau tanaman lebih kuat sehingga kemudian dibandingkan dengan warna latar untuk dipisahkan (Woebbecke, dkk. 1995). Mayer (2008) menggunakan kelebihan hijau/*green* (ExG) dan perbedaan normalisasi indeks (NDI) untuk memisahkan citra gulma dengan tanah pada pengenalan proses pengolahan citra alat pendeteksi gulma, nilai ambang Otsu digunakan untuk mengubah indeks yang mendekati biner menjadi indeks biner penuh. Algoritma Otsu digunakan untuk pengembangan nilai histogram dengan menurunkan *level* keabuan citra menjadi citra binari (hitam putih), sehingga dihasilkan dua kelas piksel (*foreground* dan *background*) yang akan memudahkan proses pengenalan objek yang diamati.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara bertahap seperti tampak pada Gambar 1. Dapat dilihat bahwa secara garis besar ada tiga tahapan penelitian yaitu; (i) tahapan pra penelitian atau penelitian pendahuluan yang telah dilaksanakan sebelumnya, (ii) tahapan penelitian utama dan (iii) tahapan pengembangan lanjut.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penelitian

Tahapan Pra-Penelitian

Tahapan pra-penelitian adalah tahapan yang dilakukan sebelum penelitian dilaksanakan, adapun beberapa tahapan pra-penelitian adalah sebagai berikut:

Kajian pengolahan citra dan machine vision. Pada tahap ini dilakukan studi terhadap penelitian-penelitian yang sudah dilaksanakan terkait dengan topik *image processing*, jaringan syaraf tiruan dan teknologi web. Kajian ini berguna sebagai tolok ukur dan dasar pengembangan keilmuan yang diterapkan pada inovasi peralatan monitoring.

Tahapan kajian ini juga dilakukan studi literatur untuk mendapatkan referensi pendukung terkait dengan perkembangan teknologi pengolahan citra dan penelitian-penelitian yang dilakukan tiga sampai lima tahun terakhir. Sumber referensi yang digunakan adalah paper dan jurnal *online* yang dapat diakses dan beberapa referensi *online* terkait pengembangan *software* pengolah citra serta *web programming*.

Konfigurasi peralatan hardware & software pendukung. Pada tahap ini dilakukan uji peralatan *IP-Camera* (*Internet Protocol-Camera*) yang digunakan sebagai perangkat *machine vision*. Percobaan pengambilan citra dan konfigurasi jaringan dilakukan untuk memastikan proses pengambilan citra sesuai dengan kebutuhan sistem monitoring. Kalibrasi dilakukan pada pengaturan *IP-Camera* dengan mengatur *brightest*, *contrast* agar mendapatkan pengaturan yang sesuai pada saat digunakan di lapangan.

Tahapan Penelitian Utama

Tahapan penelitian utama dilaksanakan dalam dua macam kegiatan yaitu pengembangan *machine vision* di laboratorium dan kegiatan di lapangan. Kedua kegiatan tersebut merupakan keberlanjutan dari hasil pra-penelitian. Berikut ini kegiatan yang dilaksanakan pada tahap penelitian utama:

Kegiatan di laboratorium. Kegiatan laboratorium berupa persiapan sistem monitoring berbasis *web* dengan *machine vision* yang terintegrasi *webserver*. Pengembangan sistem pada tahap sekaligus sebagai proses pembelajaran bagi sistem sebelum diimplementasikan secara riil di lapangan. Adapun peralatan dan perlengkapan yang digunakan antara lain:

- a. Komputer *Server*, Proc. AMD Athlon X2 4000+ yang dilengkapi perangkat komputasi sekaligus berfungsi sebagai *webserver*.
- b. PC/Notebook sebagai *client*
- c. *IP-Camera Panasonic BL-C1*, resolusi kamera maksimal VGA (640 x 480 pixels)
- d. Perangkat lunak (*software*) untuk proses komputasi, *Apache webserver*, *PHP*, *MySQL* dan *Internet browser: Mozilla Firefox, Chrome, Internet Expolrer*.
- e. *Framework PHP (code igniter)* untuk pengembangan *web* dan *framework JQuery* untuk desain tampilan *User Interface* (UI).
- f. Jaringan Internet Lokal, *Local Area Network* (LAN).

Pada proses pengembangan *software* di laboratorium ini, tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan antara lain:

- a. Perencanaan infrastruktur dan kebutuhan sistem monitoring. Peralatan dan fungsi monitoring didefinisikan untuk memenuhi kebutuhan sistem. Adapun fungsi-fungsi yang akan disusun antara lain: fungsi monitoring, fungsi identifikasi citra, fungsi perhitungan luas tanaman, fungsi prosentase pertumbuhan tanaman dan fungsi penampilan data di *web*.
- b. Pengembangan pengolah citra digital.
 - 1) Penyusunan algoritma identifikasi dan pengambil-

- an citra secara terjadwal. Proses pengambilan citra dilakukan sebanyak 3 kali/hari (pagi: 08.00, siang: 13.00 dan sore: 17.00).
- 2) Pengolahan citra dan perhitungan luas citra pertumbuhan tanaman. Pengolahan citra untuk memisahkan (*segmentasi*) menggunakan parameter warna sebagai nilai ambang batas (*threshold*). Algoritma pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan penggabungan antara algoritma kelebihan hijau/*green* (ExG) dan metode Otsu sebagai proses mereduksi dari citra *grayscale* ke citra binari.
 - 3) Perhitungan prosentase pertumbuhan tanaman dari citra hasil pengolahan citra, hasil dari tahapan ini adalah prosentase pertumbuhan tanaman dengan luas *capture Ip-Camera* (480 x 640 pixels).
- c. Pembuatan *web* aplikasi untuk menampilkan hasil monitoring dan hasil komputasi berupa grafik pertumbuhan tanaman per hari dan prosentase pertumbuhannya.
 - 1) Penyusunan fungsi *real-time* monitoring
 - 2) Perancangan dan pengolahan basisdata
 - 3) Perancangan antarmuka (*user interface*) dan penampilan data
 - d. Tahap implementasi dan pengujian peralatan
 - 1) Tahapan penggabungan peralatan dalam satu unit peralatan *web* monitoring berbasis *machine vision*.
 - 2) Tahap pengujian laboratorium untuk memastikan bahwa peralatan *machine vision* dapat bekerja dengan baik, mampu membaca pertumbuhan tanaman melalui citra hasil tangkapan *IP-camera* dan memberikan analisis pertumbuhannya untuk tampilan melalui *Web*. Pengujian dilakukan dengan secara manual. Pengujian membandingkan keberhasilan hasil pembacaan *machine vision* ("bisa" = 1; "tidak" = 0) dalam memisahkan tanaman dengan latar dan jumlah *image* yang diujikan.

Kegiatan di lapangan. Kegiatan lapangan dilakukan untuk menyiapkan objek (tanaman) yang dimonitoring secara kontinyu, dan ditempatkan dalam ruang tumbuh tanaman. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan di lapangan adalah sebagai berikut:

- a. Lahan/areal untuk penelitian di lapangan.
- b. Benih tanaman jagung dan kedelai.

- c. Pupuk organik dan anorganik.
- d. Ruang monitoring tanaman ukuran 4 x 4 m dengan dinding *mesh* (kasa) dan atap *fiberglass*.
- e. Jaringan *Local Area Network (LAN)* dengan menggunakan kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*) dan *hub* 8 port.
- f. Perangkat *machine vision (IP Camera)* yang dihubungkan dengan jaringan *LAN*.

Kegiatan ini mengimplementasikan unit peralatan *machine vision* untuk kegiatan monitoring pertumbuhan tanaman yang bekerja berdasarkan input data citra pertumbuhan tanaman secara kontinyu. Tahapan kegiatan di lapangan ini berjalan simultan dengan proses pengembangan peralatan di laboratorium, sehingga pengujian *level* lapangan dapat dilaksanakan sekaligus proses monitoring selama proses pertumbuhan tanaman.

Tahapan Pengembangan Lanjut

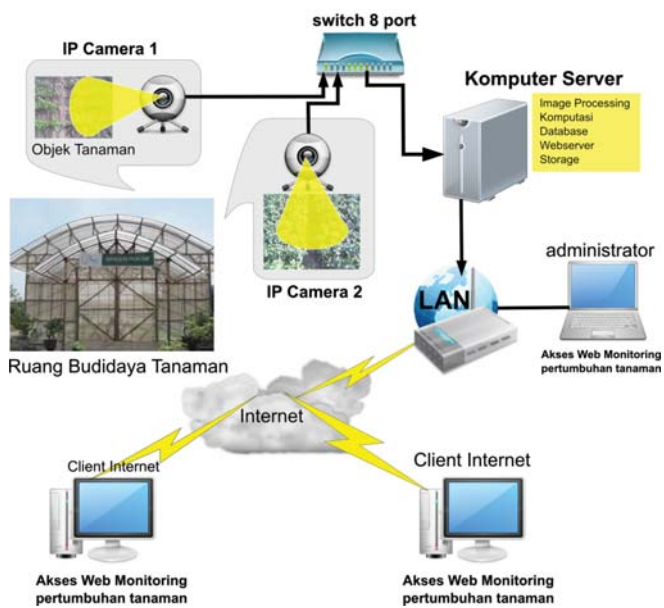
Hasil dari penelitian utama yang dilaksanakan sebagai penelitian dasar dalam pengembangan sistem kendali cerdas (*intelligent control system*) untuk *precision agriculture*, khususnya pada implementasi *web based machine vision*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini adalah aplikasi *machine vision* sebagai perangkat *web based monitoring* yang dapat melakukan fungsi pengamatan secara kontinyu pada pertumbuhan tanaman. Sistem *machine vision* disusun dari beberapa fungsi yang terkait antara satu dengan yang lain, bekerja secara simultan untuk mengolah data hasil pengamatan menjadi informasi yang ditampilkan kepada pengguna melalui media *web*. Pembahasan difokuskan pada tiga poin utama yaitu instalasi infrastruktur peralatan *machine vision*, pengembangan pengolahan citra, pengembangan *web monitoring* pertumbuhan dan uji kinerja unit monitoring pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Rincian penjabarannya sebagai berikut:

Instalasi Infrastruktur Web Based Machine Vision

Perangkat keras (*hardware*) dan lunak (*software*) dipadukan untuk menghasilkan sistem yang bekerja sesuai dengan fungsi masing-masing guna mendukung fungsi utama aplikasi *web monitoring*. Untuk menjelaskan infrastruktur *web based machine vision* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Instalasi infrastruktur web based machine vision

Pengambilan citra digital menggunakan *IP-camera* yang dihubungkan dengan menggunakan kabel UTP dengan *switch/hub 8 port*, konektor yang digunakan adalah konektor RJ-45. Penggunaan kabel UTP biasa digunakan untuk koneksi internet dan jaringan komputer, memiliki skalabilitas tinggi dalam pengembangan lanjut dan memungkinkan adanya penambahan *device* untuk memperluas areal monitoring.

Data berupa citra hasil tangkapan *IP-Camera* disimpan secara otomatis dalam *server* dengan *timer* untuk dilakukan pengolahan citra lanjut. Perangkat komputer *server* berperan sebagai pengolah data utama sekaligus *webserver*, penyedia layanan *web* yang dapat diakses oleh *client* untuk

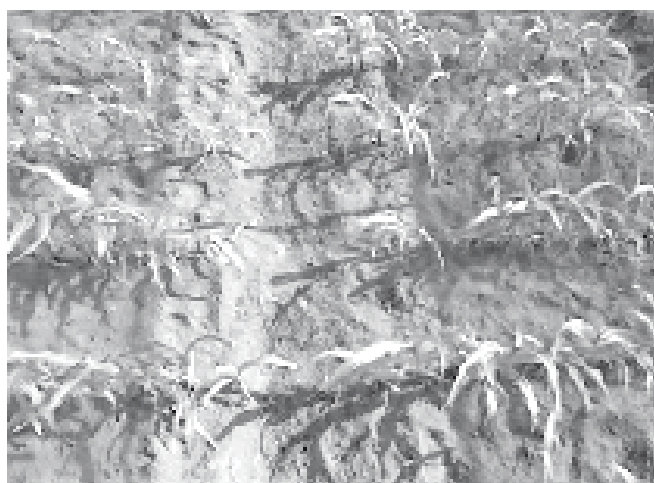
menampilkan data hasil komputasi pengolahan citra secara lokal (*intranet*) maupun *internet*.

Pengembangan Pengolah Citra Digital

Proses pengolahan citra digunakan untuk mendapatkan informasi pertumbuhan tanaman mulai dari proses pengambilan citra melalui perangkat *IP-Camera* sampai dengan diolah menjadi *image* biner untuk mendapatkan prosentase pemisahan tanaman dan non-tanaman. Rincian hasil kegiatan pertahapan adalah sebagai berikut:

- a. Pengaturan waktu pengambilan citra secara terjadwal
- Proses pengambilan citra dilakukan secara otomatis menambah modifikasi pada fitur bawaan *IP-Camera Panasonic BL-C1*. Secara *default* tampilan *IP-Camera* jika diakses melalui *browser* adalah berupa *web* dengan tipe *ASP (Active Server Page)*, karena sudah berupa tampilan *web*, proses pengambilan citra dapat dilakukan dengan cara mengakses alamat *IP-Camera* tersebut pada alamat URL (*Uniform Resource Locator*) dan selanjutnya dapat dilakukan otomasi dengan penambahan *script timer* pada program komputasi *Matlab*. Pengambilan citra dijadwalkan setiap 3 kali/hari, yaitu pagi hari (08:00), siang hari (13:00) dan sore hari (17:00).

Citra hasil disimpan dalam *server* dengan pemberian tata nama sesuai dengan waktu pengambilan citra, hal ini untuk memudahkan identifikasi pada saat proses pengolahan citra pada tahap selanjutnya yaitu perhitungan prosentase dan pertumbuhan tanaman. Sebagai contoh, hasil pengambilan gambar pada tahapan ini masih merupakan data citra mentah yang diambil pada 15 dan 30 hst (hari setelah tanam) seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

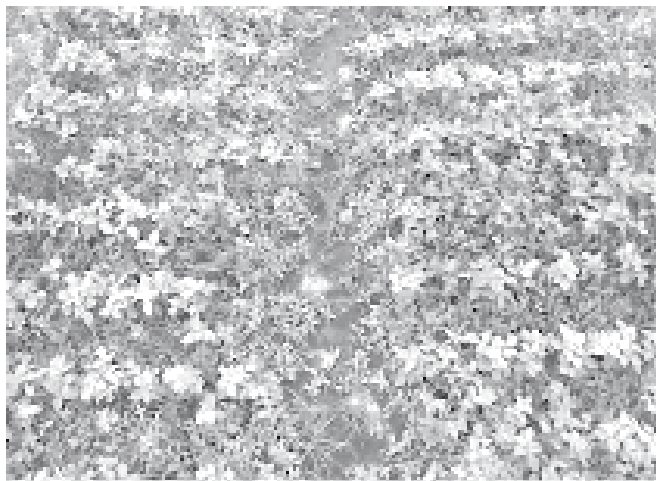


(a) 15 hst



(b) 30 hst

Gambar 3. Citra mentah tanaman jagung



(a) 15 hst



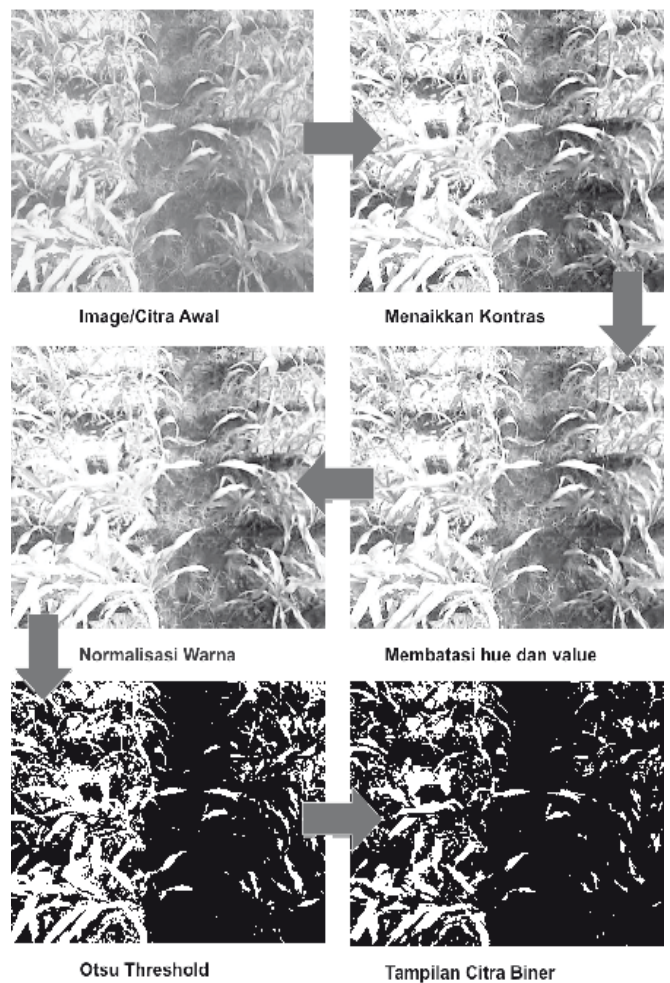
(b) 30 hst

Gambar 4. Citra mentah tanaman kedelai

b. Pengolahan citra dan perhitungan luas citra pertumbuhan tanaman

Algoritma pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan penggabungan antara algoritma kelebihan hijau dan metode Otsu. Nilai kelebihan hijau digunakan untuk memisahkan tanaman inti dengan tanah (latar) sedangkan metode Otsu digunakan untuk mengubah citra menjadi nilai biner dengan memanfaatkan nilai ambang (*threshold*). Pengambilan citra *outdoor* memiliki resiko keseragaman pencahayaan yang tidak sama, sehingga perlu dilakukan *filtering* dengan menggunakan filter HSV (*hue, saturation, value*) untuk penyeragaman citra pada bentuk citra HSV. Berikut ini dijabarkan tahapan dalam pengolahan citra (Gambar 5).

Tahap awal pengambilan citra terlebih dahulu diatur kecerahannya dengan menaikkan nilai *contrast*, berikutnya adalah mengendalikan akibat pencahayaan sinar matahari dengan mengubah ke bentuk HSV, dengan pemberian batas *hue* dan *value*. Normalisasi pada tahap ini adalah penerapan kelebihan warna hijau (ExG) untuk mendapatkan citra tanaman dan membedakannya dengan tanah/latar. Tahap berikutnya adalah memisahkan warna hijau dengan warna bukan hijau, metode yang digunakan adalah metode Otsu dengan memberikan nilai ambang batas untuk indeks warna hijau. Hasil akhir yang diperoleh adalah citra biner yang dapat digunakan untuk menentukan prosentase pertumbuhan luas tanaman dengan negasi untuk mengelompokkan indeks warna hijau dengan nilai 1 dan indeks warna bukan hijau dengan nilai 0. Hasil pengolahan citra kemudian disimpan di *server* dengan indeks yang tercatat di basis data untuk selanjutnya ditampilkan pada *web* sebagai proses pengolahan citra.



Gambar 5. Tahapan pengolahan citra

c. Prosentase pertumbuhan tanaman

Prosentase pertumbuhan tanaman dihitung berdasarkan perbandingan warna hijau (1) dan warna bukan hijau (0) dari analisis *image biner* pada proses pengolahan citra. Prosentase ini digunakan untuk melihat perkembangan dari hari ke hari, mulai dari 10 hari pertama sampai dengan waktu panen (\pm 70 hari). Prosentase berupa angka numerik perbandingan pembacaan nilai 1 (warna hijau) dengan luas pengambilan citra (480x 640 pixels) sehingga diperoleh satuan luas tanaman dengan rumus sebagai berikut:

Hasil prosentase luas tanaman ini disimpan di basisdata *MySql* sebagai masukan data yang nantinya dipanggil lagi untuk ditampilkan pada halaman *web* sebagai informasi dengan format grafik dan tabel pertumbuhan tanaman.

Pengembangan Web untuk Menampilkan Informasi dan Real-time Monitoring

Web aplikasi yang berbasis *real-time* untuk monitoring pertumbuhan tanaman dibangun dengan basisdata *MySql* dipadu dengan penggunaan *framework* “*CodeIgniter*” sebagai kerangka kerja. *Website* ini mampu melaksanakan beberapa fungsi, yaitu: (i) menampilkan informasi hasil komputasi berupa prosentase pertumbuhan tanaman dalam tabel, grafik dan *chart*, (ii) mendukung *video monitoring* secara *real-time* pada tanaman di lahan, (iii) fungsi *capturing* dan penyimpanan citra sebagai data pertumbuhan tanaman.

Adapun tahapan dalam pengembangan *web* dapat dijabarkan sebagai berikut.

a. *Initial setting*

Penampilan gambaran *real-time* dari lahan percobaan yang didapat melalui “*iframe*” terhadap halaman *server ASP(Active Server Pages)* bawaan dari *IP-Camera*. Lebih lanjut, untuk mendapatkan posisi yang tepat dilakukan menggunakan kode *CSS (Cascading Style Sheets)*. Tampilan yang didapat tepat berukuran 640 x 480 pixel, yang merupakan resolusi maksimal yang bisa diambil oleh *IP-Camera*. Dalam tampilan tersebut, dilengkapi dengan tombol kontrol di sebelah kiri atas yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna *web* untuk dapat mengambil gambar keadaan lahan secara *real-time*.

b. Perancangan dan pengolahan basisdata

Keluaran dari program pengolah citra langsung dihubungkan dengan basisdata *MySQL* sehingga dapat langsung tercatat data keterangan tentang foto, antara lain; tanggal pengambilan, jenis tanaman, hasil olahan berupa prosentase perbandingan gulma dan tanaman induk (utama). Secara teknis, rancangan struktur basisdata menggunakan 4 tabel yang berisi gambar dan nilai prosentase, untuk masing-masing lahan percobaan yaitu; blok jagung - I, blok jagung - II,

blokkedelai - I, dan blokkedelai - II.

c. Mekanisme dan rancangan tampilan data

Setelah data masuk ke dalam basisdata, *engine PHP website* dapat menampilkan data tersebut dalam bentuk “*chart*”, digunakan perangkat “*openflashchart*”, pilihan visualisasinya berupa grafik terdiri dari dua jenis yaitu grafik garis (*line-chart*) dan grafik batang (*bar-chart*). Tampilan tersebut dibuat dengan sistem dinamis menggunakan basisdata *MySQL* dan *PHP* sebagai *engine* untuk memperoleh data. Visualisasi ini berupa tampilan *flash chart* yang memiliki banyak animasi untuk memudahkan pengamatan data.

d. Tampilan *web (homepage)*

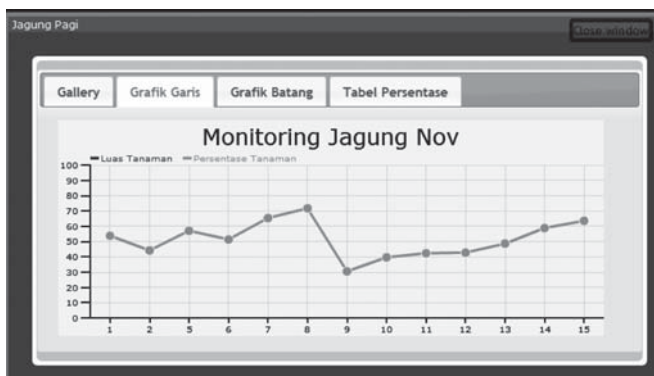
Halaman *web* yang diakses oleh pengguna untuk memberikan informasi pertumbuhan tanaman, disajikan menu yang memudahkan navigasi dalam mendapatkan penelusuran informasinya. Tampilan *website* secara utuh dan per bagian dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. Tampilan *website* dengan jendela monitoring objek

no	namaFileCitraAwal	namaFileCitraAkhir	luasTanaman	persentaseTanaman
1	input2009-09-16-8.jpg	out2009-09-16-8.jpg	165333	53.8193
2	input2009-09-19-8.jpg	out2009-09-19-8.jpg	135839	44.2184
5	input2009-09-22-8.jpg	out2009-09-22-8.jpg	175116	57.0039
6	input2009-09-25-8.jpg	out2009-09-25-8.jpg	157718	51.3405
7	input2009-09-28-8.jpg	out2009-09-28-8.jpg	200801	65.3649
8	input2009-10-1-8.jpg	out2009-10-1-8.jpg	220391	71.7419
9	input2009-10-5-8.jpg	out2009-10-5-8.jpg	93549	30.4521
10	input2009-10-7-8.jpg	out2009-10-7-8.jpg	121844	39.6628
11	input2009-10-10-8.jpg	out2009-10-10-8.jpg	130110	42.3535
12	input2009-10-13-8.jpg	out2009-10-13-8.jpg	131269	42.7308
13	input2009-10-16-8.jpg	out2009-10-16-8.jpg	149431	48.6429
14	input2009-10-19-8.jpg	out2009-10-19-8.jpg	180704	58.8229
15	input2009-10-22-8.jpg	out2009-10-22-8.jpg	195210	63.5449

Gambar 7. Tampilan data perhitungan luas dan prosentase tanaman



Gambar 8. Tampilan layar monitoring pertumbuhan jagung berupa line-chart

Implementasi dan Pengujian Peralatan

Pada tahapan ini dilakukan pemasangan/instalasi peralatan untuk melakukan monitoring dan sekaligus dilakukan pengujian kinerja pembacaan *machine vision* terhadap data di empat kebun yang disediakan di lapangan. Tahap implementasi tidak jauh beda dengan yang dilaksanakan di laboratorium, yang membedakan adalah kuantitas jumlah cahaya matahari. Penggunaan LAN dengan jarak yang lebih luas, dalam pengujian kali ini masih menggunakan LAN lokal dengan akses ke komputer *server* sebagai pengumpul dan pengolah data.

Pengujian dilakukan untuk menunjukkan bahwa peralatan pengolah citra ini dapat digunakan dan dimanfaatkan untuk monitoring pertumbuhan tanaman. Metode pengujian dengan *scoring system* untuk pembacaan citra hasil tangkapan

IP-Camera dari ke-4 kebun Jagung. Diberikan nilai 1 (satu) apabila “dapat mengenali tanaman” dan nilai 0 (nol) apabila “tidak dapat mengenali”, adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tingkat keberhasilan penggunaan pengolah citra mencapai 70 % dengan objek tanaman jagung yang berada pada kebun 1 sampai dengan kebun 4. Kesalahan program terjadi pada awal dan akhir pembacaan, hal ini karena pada saat awal tanaman belum sepenuhnya tumbuh sehingga tanah memantulkan cahaya matahari dan ditangkap oleh *IP-Camera*, hal ini berakibat pada intensitas cahaya yang terlampaui tinggi. Tingginya intensitas cahaya ini menyebabkan algoritma pengolah citra mengenalinya sebagai tanaman, karena warna putih pada citra *RGB* mempunyai *Red*, *Green* dan *Blue* maksimal yaitu 256 sehingga citra tetap terbaca sebagai warna putih walapun dilakukan berbagai pengolahan citra.

Tabel 1. Skore pengujian pengolah citra dalam mengenali tanaman jagung

Umur Tanaman (HST)	Kebun 1	Kebun 2	Kebun 3	Kebun 4
10	0	0	0	0
13	1	0	0	0
16	0	1	0	1
19	1	1	1	1
22	0	1	1	1
25	1	1	1	1
28	1	1	1	1
31	1	1	1	1
34	1	1	1	1
37	1	1	1	1
40	1	1	1	1
43	1	1	1	1
46	1	1	1	1
49	1	1	1	1
52	1	1	1	1
55	1	0	1	1
58	1	0	1	0
61	1	0	0	0
64	0	0	0	0
67	0	0	0	0
Jumlah	15	13	16	14
Prosentase (%)	75	65	70	70

KESIMPULAN

Penelitian pembuatan aplikasi sistem monitoring berbasis *web* untuk pertumbuhan tanaman dengan menggunakan *machine vision* telah dapat menghasilkan prototipe yang dapat bekerja secara otomatis melakukan fungsi monitoring pertumbuhan tanaman yang dapat diakses melalui jaringan lokal (*intranet*) maupun *internet*. Prototipe dapat bekerja dengan baik dengan tingkat keberhasilan 70 %

dan akurasi sangat dipengaruhi hasil penangkapan citra oleh kamera di lapangan dan pengaruh cahaya matahari.

Pengolahan citra yang diterapkan pada penelitian ini sudah mampu untuk mengenali dan memisahkan tanaman dengan latarnya, metode segmentasi yang digunakan adalah kelebihan hijau (*excess color*) digabungkan dengan normalisasi warna (*color normalization*) untuk memisahkan tanaman dengan latar. Perhitungan luasan tanaman menggunakan metode Otsu dengan penggunaan nilai ambang batas (*threshold*) citra yang diubah ke citra biner. Prosentase pertumbuhan tanaman dapat diperoleh dari hasil perhitungan luasan tanaman yang disimpan secara otomatis pada basisdata *MySQL* sebagai catatan pertumbuhan tanaman untuk selanjutnya disajikan pada media *web*.

Website sebagai media penyampaian informasi telah mampu berfungsi untuk menampilkan informasi pertumbuhan tanaman yang disajikan dalam tabel dan grafik untuk memudahkan proses pengamatan. Dukungan fasilitas *video streaming* juga memberikan kemudahan dalam pemantauan secara langsung di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan dana dari Program Hibah Riset Unggulan Strategis Nasional (RUSNAS) Universitas Gadjah Mada Tahun 2009 (No. Kontrak: LPPM-UGM/2035/2009) dan kerjasama dengan PT. Natural Nusantara (NASA) sebagai mitra industri. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada; Johannes Cahyo Dwi Kristanto, Adi Hendra Saputra, Mulkan Syarif, dan Dorasi P. Manulang yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian baik di lapangan maupun di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Bigun, J. (2006). *Vision with Direction: a Systematic Introduction to Image Processing and Computer Vision*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany.

- Day, W. (1991). *Computer Applications in Agriculture and Horticulture: a View*, IFAC Mathematical and Control Applications in Agriculture and Horticulture. Matsuyama, Japan.
- Gonzalez, R.C. dan Richard, E.W. (2004). *Digital Image Processing with Matlab*. Addison Wesley. UK.
- Jayas, D.S., Paliwal, J., dan Visen, N.S. (2000). Multi-layer neural networks for image analysis of agricultural products. *Journal of Agricultural Engineering Resources* **77**: 119-128.
- Mayer, G.E. dan Neto, C. (2008). Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. *Computer and Electronics in Agriculture* **63**: 282-293.
- Morimoto, T., Hatao, K. dan Hashimoto, Y. (1996). Intelligent control for plant production. *Journal of Control Engineering Practice* **4**: 773-784.
- Morimoto, T., Torii, T. dan Hashimoto, Y. (1993). *Computer Integrated System for Plant Factory – Applications of Optimal Regulator and Genetic Algorithm to the Optimal Control of Physiological*. Proceeding of 12th, IFAC World Congress.
- Sutiarso, L. (2008). *Application of Neuro-Fuzzy Controller to Autonomous Agricultural Vehicle Operating on Unstructured Changing Terrain - software development*. Research Report, Japan Student Services Organization (JASSO).
- Woebbecke, D.M., Meyer, G.E., Barga, K. dan Mortensen, D.A. (1995). Shape features for identifying young weeds using image analysis. *TRANSACTIONS of the ASAE* **38**: 271-281.