

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Untuk menghadapi revolusi industri keempat (Industri 4,0), pertanian Indonesia hendaknya menerapkan inovasi teknologi sehingga dapat meningkatkan daya saing, meningkatkan produktivitas pertanian, dan memenuhi kebutuhan hidup penduduk yang terus berkembang – demikian yang disampaikan oleh Menteri Pertanian Indonesia, Andi Amran Sulaiman, pada kunjungannya ke Pusat Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian di Serpong pada Mei 2019 (Kementan 2019). Ia juga menyatakan bahwa ada lima teknologi utama yang berperan penting dalam industri 4,0: Internet of Things, kecerdasan buatan, interaksi manusia-komputer, robotika, dan 3D-*printing*. Dengan upaya mekanisasi ini, produksi pangan diharapkan dapat menjadi lebih efisien dibandingkan dengan pertanian yang bersifat konvensional (Kementan 2019).

Upaya untuk menangani Industri 4.0 dapat dilihat di Laboratorium I-Surf IPB, yang berupa rumah kaca yang dibangun dengan konsep *smart urban farming* dan didukung oleh Internet of Things (IoT). Konsep IoT yang diterapkan di laboratorium I-Surf IPB adalah jaringan sensor nirkabel (*wireless sensor network*, atau WSN), yaitu sebuah sistem perekaman di lingkungan tertentu oleh sejumlah sensor pada beberapa objek dalam bentuk data. Di laboratorium I-Surf sendiri, WSN yang tersedia dapat merekam berbagai kondisi tanaman, dan lalu rekaman tersebut disimpan dalam bentuk data, seperti suhu, pH, dan *total dissolved solids*.

Salah satu cara untuk menyampaikan data rekaman IoT tersebut adalah melalui visualisasi. Ware (2020:1-3) menyatakan bahwa visualisasi adalah cara efektif untuk menyampaikan konsep atau informasi bagi para pengguna, dikarenakan manusia dapat memperoleh lebih banyak informasi melalui indra penglihatan dibandingkan indra-indra lainnya. Dengan visualisasi yang baik, data dan informasi yang disampaikan dapat diinterpretasikan dengan cepat oleh pengguna. Contoh visualisasi tersebut adalah grafik *time-series* pada modul web I-Surf IPB yang menggambarkan data hasil rekaman sensor dengan menggunakan platform IoT daring bernama ThingSpeak.

Namun, visualisasi yang dimiliki modul web I-Surf IPB saat ini hanya menampilkan grafik-grafik hasil rekaman sensor pada satu halaman tanpa fungsi-fungsi lainnya. Maka itulah penelitian ini menggagaskan untuk mengembangkan modul visualisasi yang lebih interaktif dengan menyesuaikan tanggapan dari para ahli domain I-Surf IPB agar dapat memudahkan pengguna saat menginterpretasikan kondisi lahan laboratorium. Modul visualisasi yang dikembangkan ini berperan sebagai salah satu modul dari keseluruhan sistem pemantauan Laboratorium I-Surf yang dijelaskan pada gambaran arsitektur sistem pada Lampiran 1. Pada penelitian ini, modul ini dibangun sebagai prototipe *high-fidelity* yang dikembangkan dalam bentuk 2D menggunakan *game engine* Unity sehingga modul dapat dibangun pada tiga platform berbeda, yaitu WebGL, Android, dan iOS.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dua masalah yang teridentifikasi dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja yang bisa dilakukan modul visualisasi agar dapat menampilkan data secara interaktif dari jaringan sensor nirkabel di Laboratorium I-Surf IPB?
2. Apa tanggapan dari ahli domain Laboratorium I-Surf IPB mengenai prototipe *high-fidelity* dari modul visualisasi yang dikembangkan?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menggagaskan prototipe untuk modul visualisasi interaktif 2D agar para pengguna dapat memantau secara interaktif mengenai kondisi lahan pada rumah kaca Laboratorium I-Surf IPB, serta bertujuan untuk menguraikan bagaimana para ahli domain I-Surf IPB menerima modul visualisasi tersebut.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menyumbangkan kajian akademik mengenai bentuk dari modul visualisasi yang akan dipakai pada sistem monitoring Laboratorium I-Surf IPB. Visualisasi merupakan cara efektif untuk menyampaikan informasi kepada pengguna, maka itu modul visualisasi pada penelitian ini diharapkan dapat memudahkan pengguna untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lahan produksi pada laboratorium.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. modul visualisasi berperan sebagai salah satu modul *front-end* dari keseluruhan sistem pemantauan Laboratorium I-Surf seperti yang digambarkan pada arsitektur sistem pada Lampiran 1;
2. modul visualisasi dibangun sebagai prototipe *high-fidelity* yang dapat memaparkan data Laboratorium I-Surf secara interaktif; serta
3. modul dikembangkan dalam bentuk 2D menggunakan *game engine* Unity sehingga dapat dibangun pada tiga platform berbeda: WebGL, Android, dan iOS.

TINJAUAN PUSTAKA

Laboratorium I-Surf IPB

Laboratorium IPB I-Surf (dapat dipanjangkan menjadi *Internet of Things for Smart Urban Farming*) adalah laboratorium yang dibangun dengan konsep rumah kaca pintar yang terletak di Departemen Ilmu Komputer Institut Pertanian Bogor. Laboratorium ini dibangun dengan tujuan untuk mendukung pembelajaran dan penelitian ilmu komputer dengan mengintegrasikan pertanian dan teknologi digital dalam rangka menghadapi Industri 4.0. Fasilitas yang disediakan di laboratorium ini adalah pengembangan teknologi digital IoT, kecerdasan buatan, bioinformatika, robotika, dan penelitian untuk pengetahuan agronomi (IPB 2019).

Laboratorium IPB I-Surf memiliki jaringan sensor nirkabel (WSN) yang mencatat hasil pertumbuhan dan perkembangan tanaman rumah kaca dan disimpan dalam bentuk data. Saat ini, laboratorium menyimpan rekaman-rekaman berupa suhu, pH, dan *total dissolved solids*.

Visualisasi Data untuk *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) menurut Alam & Prasad (2006) adalah salah satu praktik *Internet of Things* (IoT). Pada praktik IoT ini, jaringan dengan berbagai jenis sensor saling berkomunikasi untuk mengumpulkan data dan memberikan layanan. Setiap node sensor bertindak sebagai alat pengambilan sampel data seperti temperatur, suara, atau tekanan dari lingkungannya. Node sensor menjalankan fungsi perutean untuk menciptakan jaringan-jaringan nirkabel yang mengirimkan sampel data ke node sensor lainnya atau ke sumber eksternal.

Penting halnya untuk menetapkan *output* dari WSN untuk para *end-user*, dengan salah satu caranya adalah melalui visualisasi. Menurut Simek *et al* (2013), ada tiga kriteria mengenai bagaimana interpretasi data pada hasil sensor harus divisualisasikan: i) objek yang diukur, ii) waktu pengukurannya, dan iii) lokasi data tersebut. Pembuatan modul visualisasi data hendaknya mempertimbangkan hal-hal berikut menurut Kielman & Thomas (2009): modul tersebut harus bersifat kolaboratif, mandiri terhadap skala, mampu untuk berbagi informasi, serta arsitektur perangkat lunak yang ringan.

Salah satu modul visualisasi secara 2 dimensi yang telah dikembangkan adalah SensMap, yang modulnya berupa *framework* untuk platform Web. SensMap dapat menampilkan hasil rekaman WSN secara *real-time* sesuai dengan lokasi sensor. Selain menampilkan lokasi, SensMap juga dapat memperlihatkan grafik hasil rekaman sensor sesuai waktu serta memperbolehkan pengguna untuk memodifikasi jaringan WSN tersebut, seperti menambahkan sensor, mengurangi sensor, atau mengubah denah jaringan sensor (Simek *et al* 2013).

SensMap menawarkan tiga perspektif visualisasi, yaitu:

- 1 *outdoor view*, yaitu tampilan lokasi geografis pada node sensor dengan menggunakan gambar satelit dari Google Maps, dapat dilihat pada Gambar 1;
- 2 *indoor view*, yaitu tampilan letakan node sensor dalam lingkungannya dalam bentuk denah, dapat dilihat pada Gambar 1; dan
- 3 *topology view*, yaitu tampilan pada hubungan dan kualitas antar node dalam satu lingkungan jaringan.

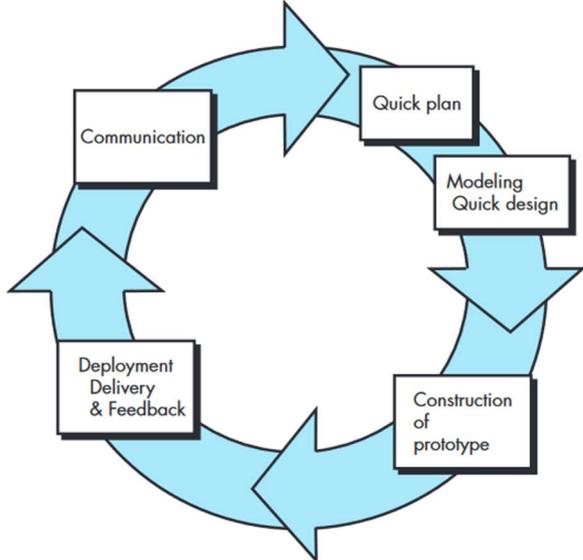


Gambar 1 *Outdoor view* (bagian kiri) dan *indoor view* (bagian kanan) pada modul visualisasi SensMap (Simek *et al* 2013)

METODE

Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan tahapan-tahapan sesuai dengan model *prototyping* berdasarkan Pressman dan Maxim (2015). Model pengembangan ini digunakan karena meskipun tujuan utama dari pengembangan sistemnya telah diketahui, kebutuhan untuk modul visualisasi tidak ditentukan secara rinci oleh *stakeholder*. Metode *prototyping* ini juga memungkinkan developer untuk mengulang pengembangannya hingga seluruh kebutuhan modul telah terkumpul serta modul sudah diterima oleh *stakeholder*. Tiap pengulangan pengembangan ini memiliki lima tahapan berikut seperti pada Gambar 2: *communication*; *quick planning*; *modeling and quick design*; *construction of prototype*; serta *deployment, delivery and feedback*.



Gambar 2 Tahapan-tahapan dalam model *prototyping* (Pressman dan Maxim, 2015)

Communication

Pada tahap ini pengembang berkomunikasi dengan pemangku kepentingan, lalu selanjutnya kebutuhan pengguna apapun dari hasil komunikasi akan diidentifikasi meskipun kebutuhan untuk modul visualisasi tidak dijabarkan secara rinci.

Quick Plan

Planning merupakan kegiatan untuk menentukan aktivitas-aktivitas pengembangan selanjutnya beserta perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut. Hasil akhir dari *quick planning* dijabarkan dalam bentuk *gant chart*.

Modeling and Quick Design

Modeling merupakan kegiatan untuk mendapatkan gambaran modul yang akan dibangun. Dalam pengembangan *prototyping*, *modeling* dan *quick design*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

@Hak_cipta IPB University

berfokus pada aspek-aspek modul yang dapat langsung dilihat oleh pengguna. Oleh karena itu, ditentukan model-model sebagai berikut:

- 1 diagram *use-case* untuk meringkas kebutuhan yang telah diketahui
- 2 gambaran *scene builder* yang akan diimplementasikan pada Unity beserta kumpulan *layer*-nya; dan
- 3 gambaran *layout mock-ups* pada tiap *layer*.

Construction of Prototype

Pada tahap ini pengembang dapat mengimplementasikan prototipe berupa *high-fidelity mock-ups* dengan *game engine* Unity dalam bentuk 2D sesuai yang direncanakan pada tahap *modeling*. *Game engine* ini digunakan sebagai alat utama dalam konstruksi prototipe karena keuntungan utamanya adalah distribusi yang multiplatform, sehingga penelitian ini dapat memasang modulnya pada beberapa platform berbeda. Keuntungan lain yang dimiliki Unity adalah sebagai berikut menurut Craighead (2007): dokumentasi yang lengkap, komunitas pengembang yang aktif, penataan *layout* dengan *drag-and-drop*, serta biaya pengembangan yang rendah.

Dengan *high-fidelity mock-ups* tersebut, pengembang perlu memperhatikan *behavior* untuk objek-objek pada *scene* pada Unity dengan menggunakan skrip C# dengan *library* yang dimiliki Unity. Penentuan *behavior* inilah yang dapat membuat visualisasi tersebut bersifat interaktif. Maka itu pada penelitian ini ditentukan juga *class diagram* sebagai gambaran penerapan kodenya.

Deployment, Delivery, and Feedback

Pada tahapan *deployment* dan *delivery*, prototipe yang telah dibangun dipasang pada tiga platform berbeda dan sangat umum digunakan, yaitu WebGL, Android, dan iOS. Lalu prototipe yang telah dipasang akan dievaluasi oleh ahli domain dari Laboratorium I-Surf. Hasil evaluasi tersebut dapat menjadi hasil komunikasi untuk pengulangan iterasi selanjutnya.

Khusus untuk pengembangan iterasi pertama dan kedua, tahap *feedback* tersebut dilakukan dengan menggunakan skenario *Evaluating the User Experience* (UE) berdasarkan Lam *et al* (2011). Masalah utama yang perlu diidentifikasi untuk skenario UE adalah "apa yang pengguna pikirkan dari modul visualisasinya?". Masalah ini dapat diuraikan menjadi lima pertanyaan evaluasi sebagai berikut:

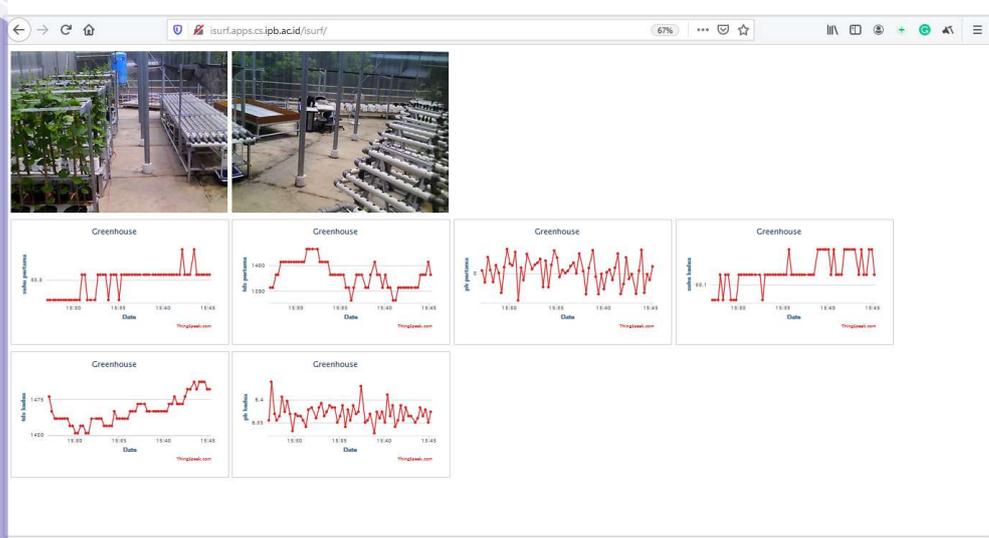
- 1 Apa saja fitur yang berguna bagi *user*?
- 2 Apa saja fitur yang hilang menurut *user*?
- 3 Apakah ada keterbatasan pada sistemnya yang dapat menghambat ketergunaan modul?
- 4 Bagaimana fitur-fiturnya dapat diolah ulang untuk memperbaiki dukungan prosesnya?
- 5 Apakah modul dapat dimengerti dan dapat dipelajari dengan mudah?

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa hasil wawancara dari tahap *communication* serta fitur-fitur modul web Laboratorium I-Surf yang tersedia sebelumnya. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 3, pada modul web tersebut terdapat dua rekaman CCTV berbentuk *image* yang di-*update* secara *real-time*. Selain itu terdapat juga grafik-grafik *embedded* dari sebuah platform IoT daring



bernama ThingSpeak yang menggambarkan hasil rekaman dari sensor-sensor pada Laboratorium I-Surf.



Gambar 3 Tampilan modul web Laboratorium I-Surf sebelum pengembangan

Karena modul sebelumnya menggunakan platform ThingSpeak, perlu diperhatikan juga istilah-istilah ThingSpeak termasuk *channel*, *field*, dan *tag*. Dokumentasi Thingspeak (Mathworks.com 2020) mendefinisikan masing-masing istilah tersebut sebagai berikut:

- 1 *channel* adalah ruang pengguna di *cloud* ThingSpeak yang berisi sensor yang diregistrasikan pengguna untuk menyimpan data rekaman, dan setiap *channel* dapat memiliki beberapa *field* dan beberapa *tag*;
- 2 *field* adalah ruang untuk tipe spesifik dari data rekaman; dan
- 3 *tag* adalah label dari *channel* untuk tujuan kategorisasi oleh pengguna.

Pada *channel* ThingSpeak yang dimiliki Laboratorium I-Surf, *fields* yang tersedia adalah sebagai berikut:

- 1 pH, dengan unit nilai derajat keasaman;
- 2 temperatur, dengan unit celcius (C); dan
- 3 *total dissolved solids* (TDS), dengan unit *parts per meter* (ppm).

Alat Penelitian

Hardware yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Processor Intel Core i5
- RAM 8.00 GB
- HDD 1TB
- *Video graphics adapter* AMD Radeon

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sistem Operasi Windows 10 64-bit
- Adobe XD untuk penggambaran *mock-up* pada tahap *quick modeling*
- Unity 2D versi 2019.2.9f1 sebagai *game engine* untuk tahap implementasi
- Visual Studio Code versi 1.39.2 sebagai editor skrip C# untuk tahap implementasi
- Mozilla Firefox versi 76.0.1 untuk melihat pratinjau *build* pada modul web

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan 4 iterasi penuh menggunakan model *prototyping* dengan masing-masing iterasi pengembangan dimulai dari tahap 1, yaitu *communication*, sampai ke tahap 5, yaitu *deployment, delivery, and feedback*.

Iterasi 1

Communication

Pada tahap ini, ada beberapa komunikasi antara para pemangku kepentingan (yaitu ahli domain dari Laboratorium I-Surf) dan tim pengembang sistem *monitoring* yang akan direncanakan. Komunikasi ini termasuk pertemuan perdana pada tanggal 6 Januari 2020 dengan pihak *stakeholder*. Setelah itu, dilanjutkan dengan wawancara untuk memahami kebutuhan *stakeholder* secara mendalam terhadap sistem yang baru.

Berdasarkan hasil wawancara pada Lampiran 2, kebutuhan-kebutuhan yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

- 1 Sistem monitoring yang sudah tersedia hanya menampilkan data yang direkam tanpa fungsi-fungsi yang lain.
- 2 Modul saat ini menyimpan data rekamannya secara *real-time* pada *cloud platform* IoT yang bernama ThingSpeak.
- 3 Para pemangku kepentingan ingin memiliki sistem monitoring yang datanya disimpan pada *cloud server* IPB dan disajikan sebagai grafik.
- 4 Administrator untuk sistem monitoring yang baru dapat melakukan pendaftaran *channel* dan *field* yang bersifat baru atau yang sudah ada pada ThingSpeak.

Quick Plan

Setelah kebutuhan-kebutuhan pengguna telah teridentifikasi, diketahui bahwa bentuk visualisasi untuk sistem pemantauan tidak dijelaskan secara rinci oleh pemangku kepentingan. Namun, bentuk visualisasi yang dikembangkan akan mirip dengan aplikasi SensMap seperti yang dijabarkan pada Gambar 1 karena mencakupi apa yang direkam, kapan perekamannya, serta dimana letak perekamannya. Laboratorium I-Surf telah memiliki berbagai latar belakang (yaitu denah dan dua jenis CCTV) yang akan digunakan untuk peletakan sensor, dan modul sebelumnya sudah dapat menyajikan data historisnya dengan grafik.

Sesuai dengan hasil komunikasi dan sesuai fitur-fitur yang ada pada modul web sebelumnya, pada iterasi ini direncanakan suatu modul visualisasi dengan memperhatikan hal-hal berikut:

- 1 Modul visualisasi dapat digunakan untuk memantau lingkungan sensor – hal ini termasuk:
 - melihat *channel* berdasarkan lokasi latar belakangnya;
 - melihat data terbaru pada tiap *channel*;
 - dapat juga memilih latar belakang – baik denah maupun CCTV; serta
 - dapat juga memfilter *channel* berdasarkan *tag*-nya.
2. Modul visualisasi dapat digunakan untuk memantau informasi *channel* sensor – hal ini termasuk:



- atribut-atribut pada *channel* sensor seperti nama, ID, *channel tag*, dan deskripsi *channel*;
- melihat data terkini dan data historis hasil sensor dalam bentuk grafik;
- dapat memilih *field* sesuai dengan *channel*; serta
- dapat juga memilih rentang waktu pada grafik.

Modul visualisasi dapat digunakan untuk mengatur lokasi *channel* berdasarkan latar belakang, baik pada latar denah maupun CCTV.

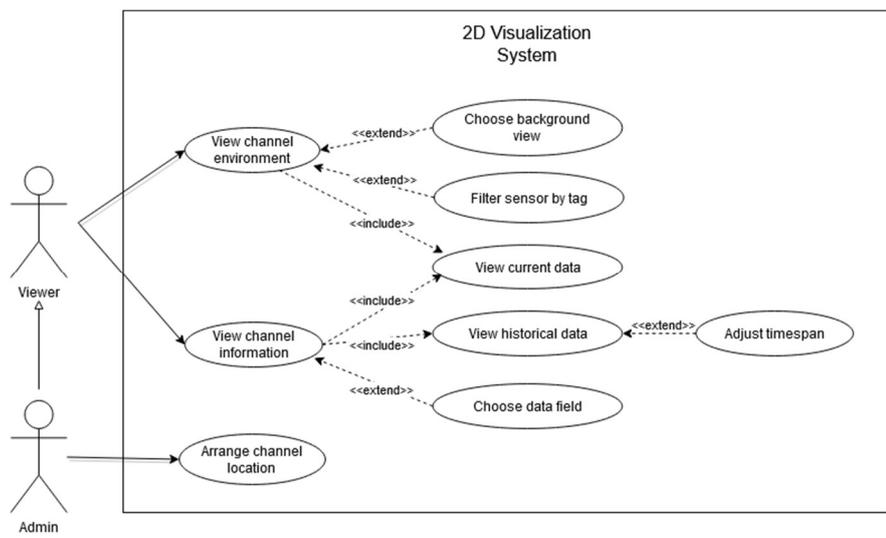
Modul visualisasi tidak akan melakukan pendaftaran *channel* dan *field* – ini dikarenakan fungsi pendaftaran akan dilakukan pada modul web.

Modul visualisasi tidak akan membaca data secara *real-time* karena data belum tersedia pada *cloud server* yang akan digunakan oleh sistem *monitoring*.

Dari rencana pembangunan prototipe tersebut, dijabarkan penjadwalan aktivitas-aktivitasnya dengan *Gantt chart* pada Lampiran 3.

Modeling and Quick Design

Pada tahap ini, dirancangan aspek-aspek yang dapat langsung diperhatikan oleh pengguna, termasuk diagram *use-case*, rancangan *layers*, serta *layout mockups* dari tiap layer. Hal-hal yang dapat dilakukan pengguna pada modul visualisasi ini disajikan pada *use-case diagram* pada Gambar 4 serta penjelasan singkat tiap *use-case*-nya pada Tabel 1.



Gambar 4 Diagram *use-case* untuk modul visualisasi 2D Laboratorium I-Surf IPB

Tabel 1 Deskripsi singkat untuk tiap *use-case* (lanjutan)

Use Case	Deskripsi Singkat
<i>View channel environment</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat peletakan semua <i>channel</i> sensor pada dengan latar belakang <i>environment</i> tertentu.
<i>View channel information</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat panel informasi suatu <i>channel</i> sensor. Dilakukan jika <i>viewer</i> mengklik salah satu <i>channel</i> yang terletak pada <i>channel environment</i>

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 1 Deskripsi singkat untuk tiap *use-case* (lanjutan)

<i>Use Case</i>	Deskripsi Singkat
<i>Arrange channel location</i>	Administrator dapat menentukan peletakan <i>channel sensor</i> pada suatu latar <i>environment</i> tertentu.
<i>Choose background view</i>	<i>Viewer</i> dapat memilih salah satu dari dua latar belakang berbeda (denah atau CCTV).
<i>Filter sensor by tag</i>	<i>Viewer</i> dapat menyaring semua node sensor pada <i>environment sensor</i> dengan cara memilih <i>tags</i> yang terkait oleh <i>channel sensor</i> .
<i>View current data</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat data hasil rekaman terkini menurut <i>channel</i> tertentu.
<i>View historical data</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat grafik historis dari rekaman suatu sensor.
<i>Choose data field</i>	<i>Viewer</i> dapat memilih salah satu tipe <i>data field</i> dari <i>channel</i> yang dipilih.
<i>Adjust timespan</i>	<i>Viewer</i> dapat menentukan jangkauan waktu dari grafik hasil sensor saat informasi suatu <i>channel sensor</i> ditampilkan

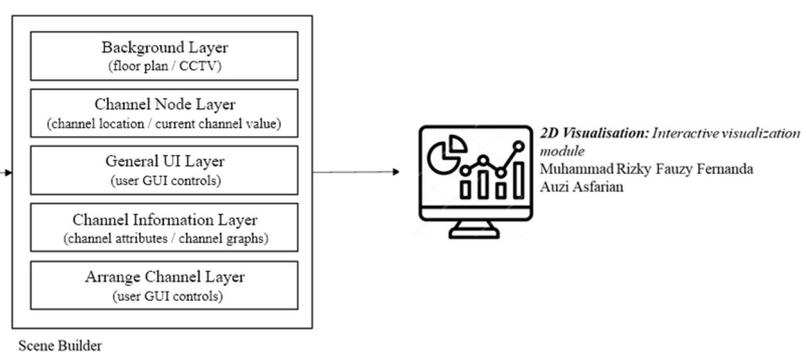
Selain pembuatan diagram *use-case*, dimodelkan juga *layers* pada *scene builder* serta gambaran *layout mockups* untuk tiap *layer*-nya. Modul visualisasi dikembangkan dengan *scene builder* dengan Unity seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5. Dapat dilihat bahwa *layers* yang ada pada Gambar 5 diurutkan sesuai dengan prioritas rendering pada monitor – urutan atas akan dirender terlebih dahulu dibandingkan urutan bawah. Pada penelitian ini, berikut adalah lima *layers* dalam *scene builder* yang dikembangkan:

- 1 *Background Layer* – yaitu layer untuk menampilkan latar dari lingkungan jaringan dengan dua gambar statis yang berbeda (denah dan CCTV).
- 2 *Channel Node Layer* – yaitu layer untuk menampilkan node-node yang mewakili letak *channel* berdasarkan gambar *background*-nya (denah atau CCTV).
- 3 *General UI Layer* – yaitu layer dimana pengguna dapat memanfaatkan ikon-ikon untuk mengontrol modul visualisasi, seperti kontrol untuk *zoom in / zoom out* atau kontrol untuk mengubah tampilan *background*.
- 4 *Channel Information Layer* – yaitu layer untuk menampilkan informasi *channel*. Terdapat atribut-atribut *channel* (nama, tags, status, dan deskripsi *channel*) serta grafik historis dari salah satu *field* dari *channel*.
- 5 *Arrange Channel Layer* – yaitu layer untuk mengatur lokasi *channel* berdasarkan latar belakang. Pada layer ini terdapat kontrol GUI yang berbeda dari *General UI Layer* karena dipakai pengguna untuk meletakkan *channel sensor*.



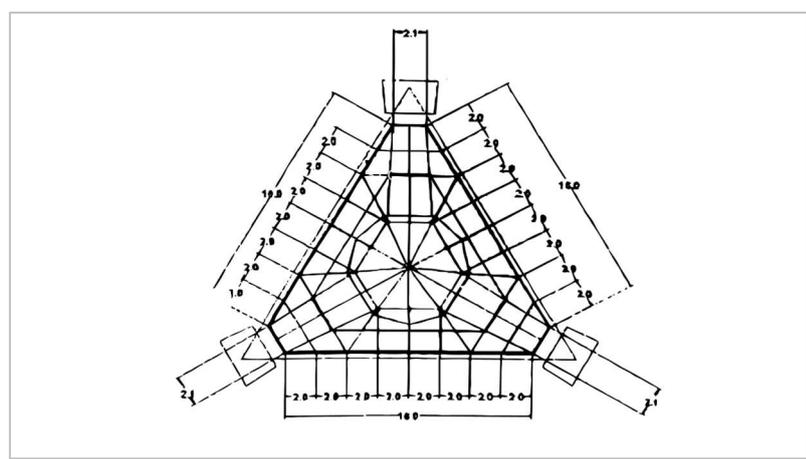
Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

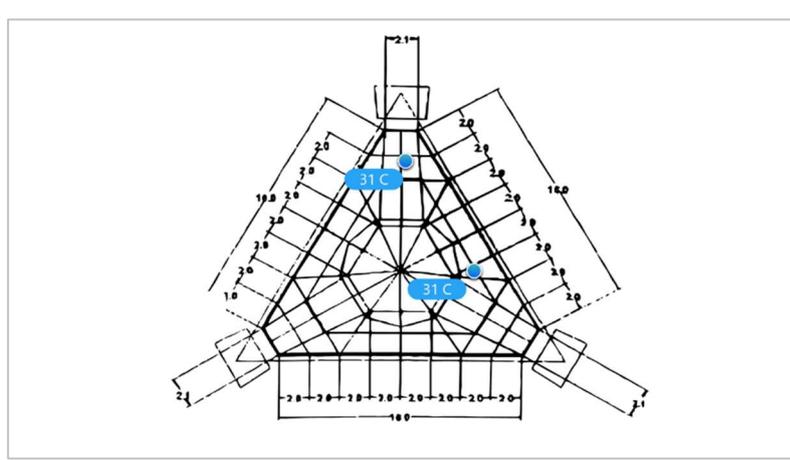


Gambar 5 Gambaran *scene builder* untuk modul visualisasi

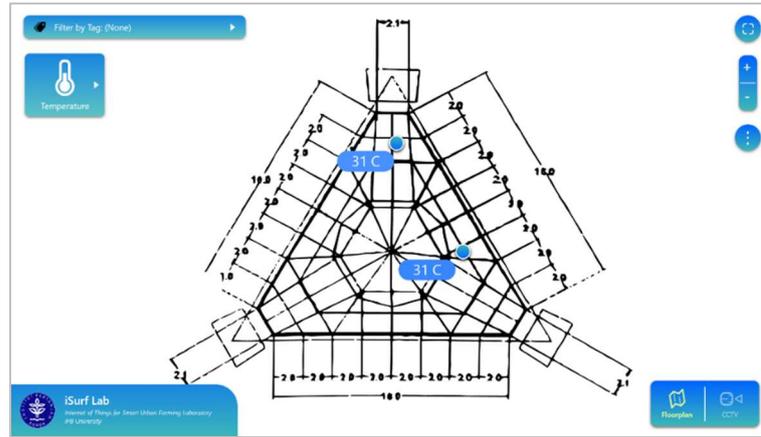
Setelah *scene builder* dirancangan, pengembang dapat beralih pada pembuatan *layout mockups* untuk tiap *layer* dari rancangan *scene builder* tersebut dengan alat yang digunakan berupa *software* Adobe XD. Contoh untuk rancangan *layout mockups* tersebut dijelaskan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. *Layout mockups* selengkapny dengan perincian tiap *layer* yang dipakai pada *mockups* dijabarkan pada Lampiran 4.



Gambar 6 *Layout mockup* dengan satu *layer*: *background layer*. *Layer* ini digunakan sebagai latar *environment* untuk *channel nodes* dari sensornya.



Gambar 7 *Layout mockup* dengan dua *layer* berbeda: *background layer* & *channel node layer*. *Channel node layer* dipakai oleh node-node atau “bulatan” berwarna biru yang masing-masing menyatakan posisi *channel* dari sensor.

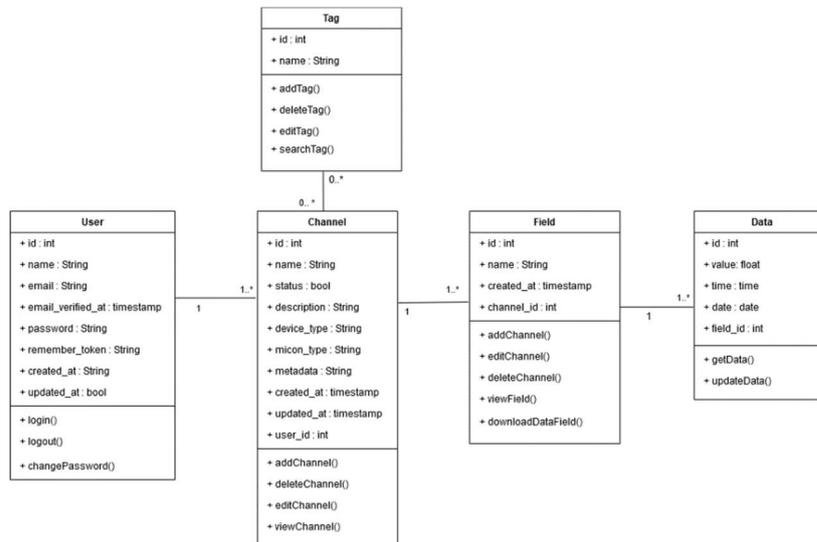


Gambar 8 *Layout mockup* yang menampilkan tiga *layer* berbeda: *background layer*, *channel node layer*, dan *general UI layer*. Mockup ini dirancang untuk ditampilkan paling awal saat modul visualisasi dijalankan.

Construction of Prototype

Setelah tahapan *modeling* selesai, pengembang dapat langsung beralih pada implementasi prototipe tersebut dengan *game engine* Unity. *Scene* dibuat berdasarkan *mockups* yang telah dirancang pada tahap sebelumnya.

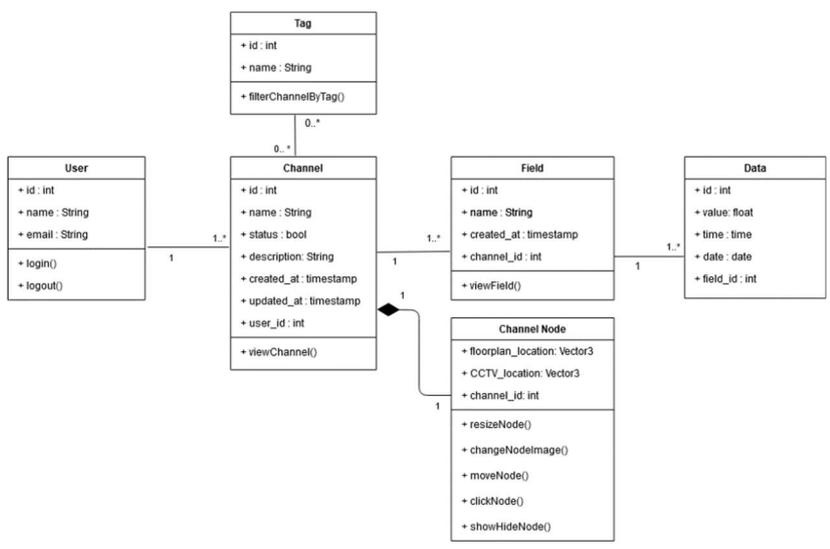
Dengan *game engine* tersebut pengembang dapat menentukan *behavior* pada dengan menggunakan *custom script* C# dengan *library* yang dimiliki Unity. Sebelum beralih ke konstruksi skrip, ditentukan *class diagram* terlebih dahulu sebagai gambaran konstruksi kodenya. Dengan mengikuti *class diagram* untuk modul web seperti Gambar 9 (Monitha 2021), perlu diperhatikan bahwa *class diagram* tersebut memiliki istilah-istilah ThingSpeak seperti *channel*, *field*, dan *tag*.



Gambar 9 *Class diagram* yang dipakai pada modul web

Namun, pada modul visualisasi sendiri akan dipakai struktur hubungan kelas yang dimodifikasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 10. Perbedaan yang paling signifikan adalah ditambahkan kelas Channel Node untuk penanda

penempatan sensor yang diwakili oleh ikon “bulatan biru” pada visualisasi. Modifikasi-modifikasi tersebut selbihnya dijabarkan pada Tabel 2:



Gambar 10 Class diagram yang dipakai pada modul visualisasi 2D

Tabel 2 Perbedaan class diagram pada modul web dan modul visualisasi

No.	kriteria	modul visualisasi	modul web
1	metode <i>add</i> , <i>view</i> , <i>edit</i> , dan <i>delete</i>	hanya memiliki metode <i>view</i> pada kelas Channel dan Field	memiliki keempat metodenya pada kelas Channel dan Field
2	kelas Channel Node	memiliki kelas Channel Node karena dipakai untuk penggambaran peletakan node <i>channel</i> sensor yang diwakili oleh “bulatan biru” pada modul visualisasi	tidak terdapat kelas Channel Node
3	kelas User	hanya memiliki atribut ID, nama, dan email karena hanya akan menampilkan nama dan email <i>user</i> tidak melakukan metode <i>changePassword()</i>	memiliki atribut-atribut lainnya seperti <i>password</i> , <i>remember_token</i> , <i>email_verified_at</i> , dll. dapat melakukan metode <i>changePassword()</i>
4	kelas Channel	tidak memiliki atribut <i>device_type</i> , <i>micon_type</i> , <i>created_at</i> , <i>updated_at</i> , dan metadata karena tidak akan ditampilkan pada visualisasi	memiliki atribut <i>device_type</i> , <i>micon_type</i> , <i>created_at</i> , <i>updated_at</i> , dan metadata

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 2 Perbedaan *class diagram* pada modul web dan visualisasi (lanjutan)

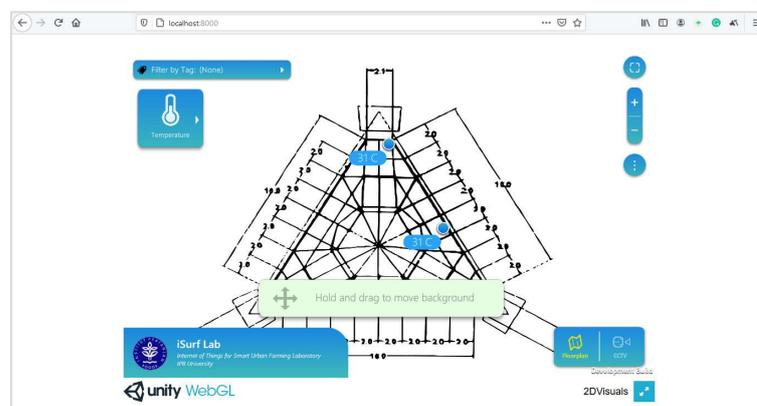
No.	kriteria	modul visualisasi	modul web
5	kelas Tag	memiliki metode filterChannelByTag() untuk memfilter node channel yang ditampilkan visualisasi	memiliki metode searchTag() untuk mencari channel dengan tag tertentu
6	kelas Field	tidak memiliki metode downloadDataField() karena belum akan dapat mengeksport data rekaman	memiliki metode downloadDataField() untuk mengeksport data rekaman
7	kelas Data	tidak memiliki metode getData() dan updateData()	memiliki metode getData() dan updateData()

Deployment, Delivery and Feedback

Penelitian ini men-*deploy* prototipe modul visualisasi tersebut ke tiga platform berbeda, yaitu Android, iOS, dan WebGL. Oleh karena itu, penelitian ini membangun tiga *game scenes* yang berbeda untuk menyesuaikan modul dengan platform masing-masing.

Platform Android dan iOS memanfaatkan interaksi sentuhan, termasuk sentuhan untuk mengklik elemen GUI, sentuhan *drag* untuk memindahkan latar belakang, dan sentuhan pinch sebagai cara alternatif untuk memperbesar dan memperkecil. Selain itu, *menu options* yang tersedia termasuk dua pilihan berikut dan tidak tertera pada platform WebGL: login/logout dan exit.

Modul visualisasi dengan platform WebGL akan berada di modul web sistem pemantauan. Dokumentasi Unity (Unity Technologies 2020) menjelaskan bahwa pengguna dapat menjalankan modul pada desktop PC, terlepas dari jenis *browser web*-nya dan jenis sistem operasinya, tetapi modul ini tidak kompatibel dengan *mobile web browser*, sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan modul menggunakan mouse. Selain itu, *menu options* yang tersedia tidak menyertakan dua fitur berikut tidak seperti Android dan iOS: login/logout dan exit. Hal ini karena pengguna dapat memanfaatkan dua fitur ini pada modul web (bukan modul visualisasi) untuk melakukannya. Gambar 11 menunjukkan contoh dari prototipe modul yang dibangun pada platform WebGL.

Gambar 11 Screenshot dari hasil *deployment* pada platform WebGL

Modul ini disampaikan (*delivered*) kepada ahli domain dengan platform WebGL untuk selanjutnya dievaluasi secara *remote*. Pada iterasi ini, sesi evaluasi dilakukan dalam rangka untuk mendapatkan *feedback* pada tanggal 8 Juli 2020 dengan salah satu ahli domain Laboratorium I-Surf bernama Auriza Akbar, S.Komp, M.Kom. Tabel 3 berikut adalah hasil yang mengacu pada lima pertanyaan evaluasi dengan jawaban sesuai dengan hasil *feedback* pada Lampiran 5:

Tabel 3 Hasil *feedback* pada pengembangan iterasi 1

No.	Pertanyaan evaluasi	Feedback	Bukti kutipan
1.	Apa saja fitur yang berguna bagi <i>user</i> ?	penempatan node <i>channel</i> pada modul visualisasi, terutama pada latar belakang CCTV dapat dipahami dengan mudah mengenai tanaman mana yang saat ini sedang direkam dan di mana tanaman tersebut ditempatkan	“Penempatan bulatan biru di latarnya, terutama CCTV.” “Bisa tahu tanaman yang direkam dan dimana letaknya.”
2.	Apa saja fitur yang hilang menurut <i>user</i> ?	terdapat dua tampilan CCTV, tetapi saat ini modul hanya menunjukkan salah satu batasan nilai – modul tidak menunjukkan jika nilai rekaman melebihi batas maksimum atau minimum.	“Ada dua CCTV tetapi hanya ditampilkan satu saja.” “Tidak ada nilai batas minimum dan maksimum.”
3.	Apakah ada keterbatasan pada sistemnya yang dapat menghambat ketergunaan modul?	tidak bisa melihat semua kumpulan grafik rekaman dalam satu game scene-nya	“Tidak menampilkan semua grafik dalam satu scene”
4.	Bagaimana fitur-fiturnya bisa diolah ulang untuk memperbaiki dukungan prosesnya?	menambahkan indikator untuk menunjukkan jika nilai rekaman melebihi batas, baik maksimum maupun minimum.	“Tidak ada nilai batas minimum dan maksimum”

Tabel 3 Hasil *feedback* pada pengembangan iterasi 1 (lanjutan)

No.	Pertanyaan evaluasi	<i>Feedback</i>	Bukti kutipan
4.	Bagaimana fitur-fiturnya bisa diolah ulang untuk memperbaiki dukungan prosesnya?	menambahkan satu tampilan CCTV lainnya	“Ada dua CCTV tetapi hanya ditampilkan satu saja”
5.	Apakah modul dapat dimengerti dan dapat dipelajari dengan mudah?	cukup mudah digunakan dibantu oleh fitur panduan yang ada dalam modul sehingga lebih mudah dimengerti oleh pengguna.	“Mengerti dan cukup mudah” “Dibantu oleh fitur panduannya”

Pada hasil *feedback* tersebut, diketahui bahwa evaluator mendukung adanya penggambaran letak *channel* sensor pada modul visualisasi ini. Penggambaran letak *channel* sensor ini diwakili oleh "node" atau "bulatan" biru yang terletak pada gambar latar belakang tertentu, terutama jika modul menampilkan CCTV sebagai latar belakangnya.

Namun, agar modul visualisasi dapat terwujud seperti yang diharapkan, penelitian ini akan menambahkan fitur-fitur yang belum tersedia, seperti belum ditampilkannya satu CCTV lainnya dan menginformasikan pengguna jika data yang direkam berada di ambang batas normal (tidak kurang dari nilai batas minimum atau lebih dari batas maksimum). Hal lainnya adalah keterbatasan modul visualisasi ini, yaitu tidak ditampilkannya semua kumpulan grafik pada satu tampilan layar seperti halnya modul web pada Gambar 4. Namun, hal tersebut belum akan dikembangkan karena tidak menginformasikan peletakan sensornya dan jika akan dikembangkan, maka akan kurang menekankan sifat interaktif dari modul visualisasinya. Maka itu, penyempurnaan modul lebih lanjut akan diteruskan pada iterasi pengembangan kedua.

Iterasi 2

Communication – Iterasi 2

Hasil dari tahap *feedback* sebelumnya digunakan untuk tahap *communication* pada iterasi kedua. Pada hasil *feedback* tersebut, diketahui bahwa evaluator menganggap bahwa penempatan *channel* sensor pada modul visualisasi merupakan fitur yang paling berguna. Namun, masih diperlukan fitur-fitur lain sebelum bentuk dari modul visualisasi diterima oleh ahli domain Laboratorium I-Surf. Berdasarkan hasil *feedback* tersebut, kebutuhan-kebutuhan yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Deskripsi singkat untuk *use-case* yang ditambahkan / dimodifikasi

<i>Use Case</i>	Deskripsi Singkat
<i>View historical data</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat grafik historis dari rekaman suatu sensor. Pada fungsi ini data dapat diketahui jika melebihi batas maksimum atau kurang dari batas minimum.

Catatan: *use-case* lainnya terdapat pada tabel 1 dengan penjelasan deskripsi tidak berubah

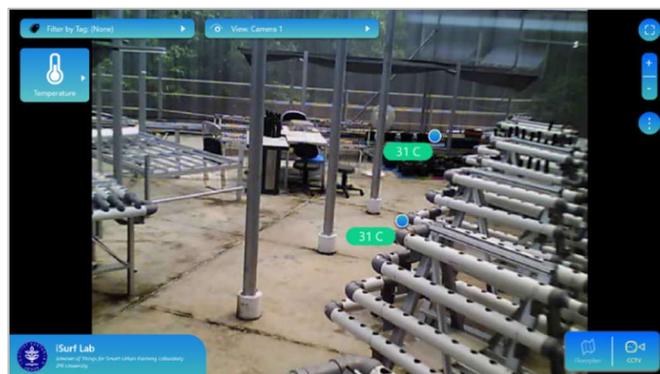
Pada tahap modeling dari iterasi kedua, gambaran untuk *layers* pada *scene builder* tetap tidak berubah dan masih sesuai dengan Gambar 5. Namun yang membedakan adalah modifikasi fitur-fitur yang terdapat pada *layout mockups*. Contohnya adalah modifikasi dari tampilan “data terkini” untuk suatu node *channel* seperti pada Gambar 13 jika data melampaui batas maksimum atau minimum. Pada kasus ini, jika nilai minimum pada suatu *field* adalah 26 C, sedangkan nilai maksimumnya adalah 34 C, maka tiga kejadian berbeda ditampilkan seperti pada Gambar 13.



Gambar 13 Modifikasi dari tampilan fitur “data terkini”. Gambar diatas menunjukkan data kurang dari batas minimum (kiri), data normal (tengah), dan data melebihi batas maksimum (kanan)

Pada Gambar 13, pewarnaan untuk pelabelan “data terkini” tersebut perlu dipilih sesuai dengan semantika dari warna-warna tersebut (Ware 2020:125). Misal, hijau dipilih untuk warna data normal karena hijau biasa dipakai untuk warna aman; merah dipilih untuk warna data lebih dari maksimum karena merah biasa dipakai untuk menandakan “panas” atau “bahaya”. Selain itu, pada kasus monitoring visual menurut Ware (2020:439), data yang berkisaran diluar batas normal juga hendaknya dikedipkan (diberikan *blinking motion*) agar lebih menarik perhatian para penggunanya. Maka itu *motion* untuk kedipan akan diterapkan juga nantinya pada tahap konstruksi.

Modul visualisasi ini juga ditambahkan fitur *camera view* jika modul menunjukkan latar belakang berupa CCTV. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 14 yang menunjukkan salah satu *layout mockup* dari hasil iterasi kedua. Lampiran 6 menampilkan modifikasi *layout mockups* selengkapnya untuk iterasi tersebut.

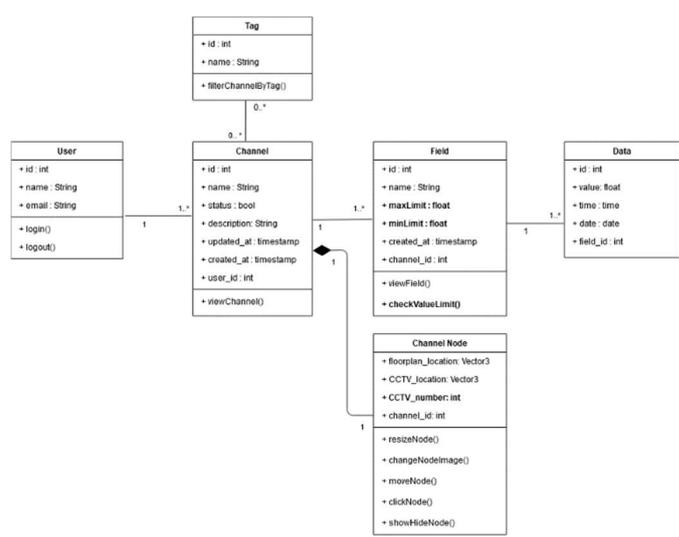


Gambar 14 *Layout mockup* iterasi kedua. Tiap “data terkini” pada node *channel* sensor tersebut berwarna hijau yang berarti data berkisaran normal

Construction of Prototype – Iterasi 2

Setelah modifikasi model pada visualisasi selesai, dilanjutkan tahap konstruksi dengan Unity. Selain berubahnya tampilan pada *scene*, gambaran kelas-kelasnya juga berubah pada iterasi kedua. Sesuai dengan *class diagram* yang diilustrasikan pada Gambar 15, perubahan-perubahan tersebut adalah sebagai berikut:

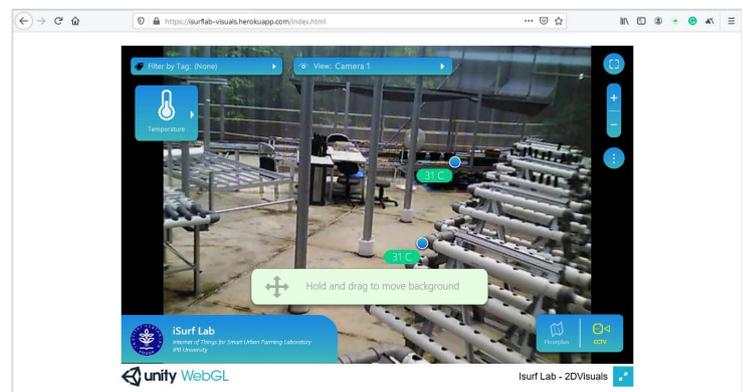
pada kelas Channel Node, terdapat atribut baru yaitu CCTV_Number yang digunakan untuk pemilihan CCTV; serta pada kelas Field, terdapat atribut minLimit dan maxLimit untuk penetapan nilai batas minimum dan maksimum, dan juga metode checkValueLimit() untuk memeriksa jika *value* data berada di ambang batas normal. Metode checkValueLimit() akan memberi warna indikator pada data dan juga memberikan *blinking motion* jika data di luar ambang batas normal.



Gambar 15 Class diagram pada iterasi kedua untuk modul visualisasi

Deployment, Delivery and Feedback – Iterasi 2

Seperti iterasi pertama, penelitian ini *men-deploy* prototipe modul visualisasi tersebut ke tiga platform berbeda, yaitu Android, iOS, dan WebGL. Namun penyampaian (*delivery*) modul visualisasi tersebut kepada ahli domain Laboratorium I-Surf cukup memakai platform WebGL untuk sesi evaluasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Screenshot dari hasil deployment pada platform WebGL untuk iterasi kedua

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak cipta milik IPB University

Sesi pengumpulan *feedback* untuk iterasi pengembangan kedua dilakukan dengan tiga ahli domain Laboratorium I-Surf. Tabel 5 berikut adalah hasil yang mengacu pada lima pertanyaan evaluasi, dengan hasil transkrip terdapat pada Lampiran 7:

Tabel 5 Hasil *feedback* pada pengembangan iterasi 2

No.	Pertanyaan evaluasi	<i>Feedback</i>	Bukti kutipan
1.	Apa saja fitur yang berguna bagi <i>user</i> ?	Penempatan node <i>channel</i> menurut lokasi dan latar belakang pada modul visualisasi.	<p>“Disini kita juga tahu letak sensornya dimana.”</p> <p>“... penggunaan <i>layout</i> latar belakangnya untuk menampilkan penempatan sensornya.”</p> <p>“Kelebihan dari modul yang dikembangkan ini bisa menampilkan data sesuai lokasi yang diberikan.”</p>
		Penempatan node <i>channel</i> lebih membantu pada latar belakang CCTV.	<p>“Modul ini lebih baik terutama pada visualisasi dari hasil rekaman kameranya.”</p> <p>“Akan lebih informatif lagi jika yang ditampilkan CCTV terlebih dahulu secara <i>default</i> saat modul baru dijalankan.”</p>
		Data ditampilkan dengan grafik <i>time-series</i> .	<p>“Bisa melihat data secara <i>time-series</i>.”</p>
		Dapat mengetahui nama sensor saat di- <i>hover</i>	<p>“Saat saya meng-<i>hover</i> pada node sensornya, ada keterangan mengenai nama sensornya.”</p>
2.	Apa saja fitur yang hilang menurut <i>user</i> ?	fungsi <i>searching</i> untuk memfilter informasi jika objek pada modul sudah berjumlah banyak.	<p>“Jika kemungkinan jenis sensor atau tanamannya sudah banyak apakah memungkinkan dapat melakukan fungsi <i>searching</i>?”</p>
		tidak terdapat fungsi <i>download</i> seperti pada modul ThingSpeak	<p>“Kalau di ThingSpeak bisa men-<i>download</i> hasil pengukurannya, dari sini saya tidak tahu download hasil pengukuran ada dimana.”</p>

Tabel 5 Hasil *feedback* pada pengembangan iterasi 2 (lanjutan)

No.	Pertanyaan evaluasi	Feedback	Bukti kutipan
3.	Apakah ada keterbatasan pada sistemnya yang dapat menghambat ketergunaan modul?	Menampilkan <i>floor plan</i> terlebih dahulu secara visual akan terkesan lebih rumit dibandingkan dengan menampilkan CCTV terlebih dahulu.	“Kesannya lebih rumit jika yang ditampilkan <i>floor plan</i> terlebih dahulu.”
		Data ditampilkan per poin tertentu menurut waktu tertentu. Namun, poin tersebut belum tentu mewakili hasil pada rentang waktu tertentu dibandingkan dengan rata-rata.	“Apakah memang data yang diambil hanya poin tertentu saja atau dilakukan <i>average</i> antar data? Jika hanya poin tertentu saja apakah cukup mewakili cakupan menurut waktunya?”
		Modul visualisasi belum mengakomodasi tampilan data per 10 menit.	“Pada modul ini belum terakomodasi untuk yang per 10 menit.”
4.	Bagaimana fitur-fiturnya bisa diolah ulang untuk memperbaiki dukungan prosesnya?	Modul menampilkan CCTV terlebih dahulu saat pengguna baru menjalankan modul.	“Akan lebih informatif lagi jika yang ditampilkan CCTV terlebih dahulu secara <i>default</i> saat modul baru dijalankan.”
		Grafik pada modul menampilkan rata-rata jika ditampilkan per hari atau per jam.	“Ada dua CCTV tetapi hanya ditampilkan satu saja”
		Modul ditambahkan fitur-fitur yang belum tersedia seperti fitur <i>searching</i> .	“Jika kemungkinan jenis sensor atau tanamannya sudah banyak apakah memungkinkan dapat melakukan fungsi <i>searching</i> ?”
		Memberikan <i>help</i> atau <i>guide</i> kepada pengguna saat memakai modul.	“Lebih baik jika <i>user</i> diberi <i>guide</i> terlebih dahulu.”
		Memberikan informasi nilai maksimum dan minimum pada node sensor.	“Angka yang ‘31’ ini dekat "bulatan"-nya di kanannya ditambahkan saja angka kecil untuk nilai min dan maks.”

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 5 Hasil *feedback* pada pengembangan iterasi 2 (lanjutan)

No.	Pertanyaan evaluasi	<i>Feedback</i>	Bukti kutipan
4.	Bagaimana fitur-fiturnya bisa diolah ulang untuk memperbaiki dukungan prosesnya?	Mengubah teks pada fitur <i>filtering</i> .	“Selain itu untuk fitur filter, coba langsung aja teksnya jenis tumbuhannya. Karena <i>tag</i> -nya hanya jenis tumbuhan saja, coba diganti teksnya selain <i>by tag</i> .”
5.	Apakah modul dapat dimengerti dan dapat dipelajari dengan mudah?	Evaluator tidak mengetahui jika tombol “ <i>temperature</i> ” pada sisi kiri atas bukan untuk menampilkan grafik.	“Tombol <i>temperature</i> -nya terlalu besar. Saya kira dari tombol <i>temperature</i> tersebut akan keluar grafiknya.”
		Kesan kontradiktif dari teks pada fitur <i>filtering</i> .	“Ini kan teksnya <i>filter by none</i> tetapi yang ditampilkan semua, jadi kesannya agak kontradiktif.”
		Evaluator merasa harus mengeksplor terlebih dahulu agar terbiasa.	“Saat baru masuk saya masih perlu mengeksplor seluruh fitur-fiturnya.”
		Tidak ada <i>guide</i> yang memberitahu jika nilai sensor diatas normal sehingga warna node sensor berubah.	“Disini tidak adanya <i>help</i> maupun <i>guideline</i> yang diberikan pada modul ini ketika user melihat "tanda merah" yang berkelap kelip...”

Pada hasil *feedback* tersebut, serupa dengan hasil *feedback* pada iterasi pertama, diketahui bahwa para evaluator mendukung adanya penggambaran letak *channel* sensor pada modul visualisasi ini. Hal ini mendukung teori dari Simek *et al* (2013) bahwa visualiasasi untuk jaringan sensor nirkabel sebaik memperhatikan tiga hal berikut: apa yang diukur, kapan terukurnya, serta dimana letak pengukurannya. Ini berbeda dengan modul web yang kini dipakai seperti pada Gambar 4 karena modul web tersebut hanya menampilkan semua grafik rekaman sensor yang ada tetapi tidak menyatakan peletakan sensornya, baik pada latar *floor plan* maupun latar CCTV.

Namun, agar modul visualisasi dapat terwujud seperti yang diharapkan, penelitian ini akan mengatasi keterbatasan pada modul sesuai hasil *feedback*, contoh-contohnya adalah poin-poin pada grafik *time-series* tidak mewakili hasil rata-rata dan belum adanya *help* atau *guideline* untuk memandu pengguna. Maka dari itu, iterasi penelitian akan ditambahkan iterasi pengembangan selanjutnya.



Iterasi 3

Communication – Iterasi 3

Hasil komunikasi pada pengembangan iterasi ketiga bergantung pada hasil *feedback* pada iterasi kedua sebelumnya. Namun, sebelum beralih ke *planning*, beberapa hal yang masih rancu dikonsultasikan kembali kepada ahli domain, yaitu mengenai tampilan pada grafik seperti yang dijabarkan pada transkrip Lampiran 8. Dapat disimpulkan menjadi hal-hal berikut:

1. Mengubah resolusi grafik menjadi per hari, per jam, serta rekaman-rekaman terbaru (*latest data*); serta
2. merepresentasikan tiap plot pada hasil resolusi per hari dan per jam menjadi rata-rata per hari dan per jam serta menambahkan nilai simpangan baku pada per plotnya.

Quick Plan – Iterasi 3

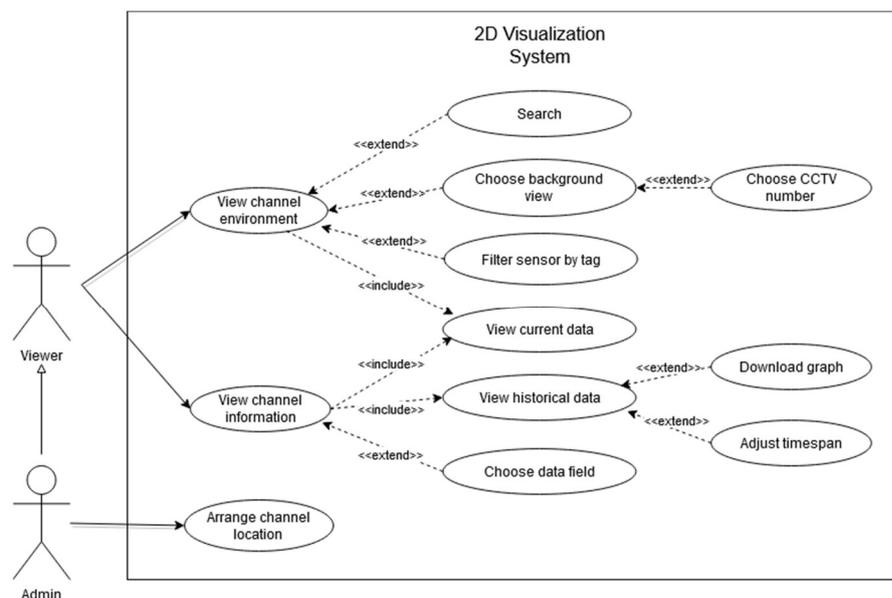
Sesuai dengan hasil *feedback* pada pengembangan iterasi kedua serta hasil komunikasi pengembangan iterasi 3, aktivitas-aktivitas pada pengembangan iterasi ketiga direncanakan untuk memperbaiki detail pada modul untuk menanggulangi keterbatasan pada modul visualisasi. Hal ini dilakukan dengan cara-cara berikut:

1. Memperbaiki detail pada saat memantau lingkungan keseluruhan jaringan sensor, termasuk:
 - Menampilkan latar CCTV terlebih dahulu.
 - Mengubah teks fitur *filtering* dari yang bertuliskan “filter by tag: (none)” menjadi “show by tag: all”
 - Memberitahu pengguna arti dari pewarnaan tampilan fitur “data terkini”, baik yang berwarna hijau, merah, atau hitam.
2. Memperbaiki detail pada saat memantau data dari jaringan sensor, termasuk:
 - Mengubah resolusi grafik menjadi per hari, per jam, serta rekaman-rekaman terkini.
 - Menampilkan hasil *average* untuk tiap titik pada grafik jika resolusi yang dipilih adalah per hari atau per jam.
 - Menambahkan nilai simpangan baku dan jumlah sampel pada tiap titik hasil *average*.
3. Memandu pengguna bernavigasi pada modul dengan bantuan *pop-ups* sebagai *help* atau *guide* untuk pemakaian modul visualisasi.
4. Karena iterasi ini bertujuan untuk memperbaiki detail, modul belum akan meimplementasikan fitur tambahan seperti *searching* dan *download* grafik.

Penjadwalan aktivitas-aktivitas selanjutnya untuk pengembangan iterasi ketiga dijelaskan pada *Gantt chart* pada Lampiran 3.

Modeling and Quick Design – Iterasi 3

Tahap modeling pada iterasi ketiga memiliki diagram *use-case* yang dimodifikasi dengan menambahkan dua *use-case*, yaitu *search* dan *download graph*, walaupun belum akan diimplementasikan pada pengembangan iterasi ketiga. *Use-case* diagram tersebut digambarkan pada Gambar 17 dan *use-case* yang ditambahkan atau dimodifikasi dijelaskan pada Tabel 6.



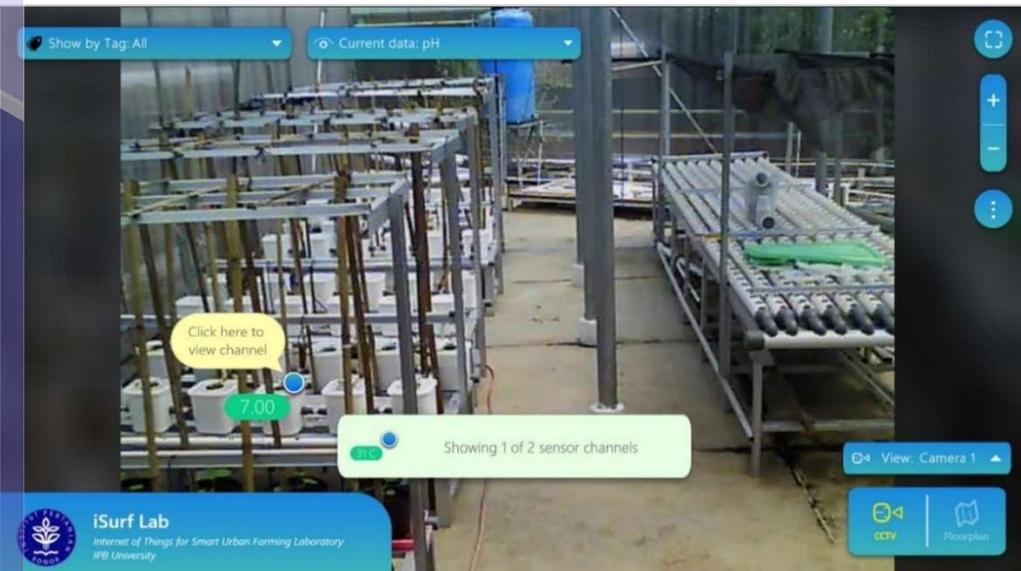
Gambar 17 Modifikasi diagram use-case pada iterasi ketiga

Tabel 6 Deskripsi singkat untuk *use-case* yang ditambahkan / dimodifikasi

Use Case	Deskripsi Singkat
<i>Search</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat peletakan semua <i>channel</i> sensor pada dengan latar belakang <i>environment</i> tertentu (belum akan diimplementasikan)
<i>Download graph</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat panel informasi suatu <i>channel</i> sensor. Dilakukan jika <i>viewer</i> mengklik salah satu channel yang terletak pada <i>channel environment</i> (belum akan diimplementasikan)
<i>View historical data</i>	<i>Viewer</i> dapat melihat grafik historis dari rekaman suatu sensor. Pada fungsi ini data dapat diketahui jika melebihi batas maksimum atau kurang dari batas minimum. Jika <i>timespan</i> yang dipilih adalah per hari atau per jam, akan ditampilkan juga simpangan bakunya.
<i>Adjust timespan</i>	<i>Viewer</i> dapat menentukan jangkauan waktu dari grafik hasil sensor saat informasi suatu <i>channel</i> sensor ditampilkan, baik per hari, per jam, atau menampilkan rekaman terbaru.

Catatan: *use-case* lainnya terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 4 dengan penjelasan deskripsi tidak berubah.

Beberapa contoh rancangan tampilan untuk iterasi ketiga salah satunya dapat dilihat pada Gambar 18, yaitu munculnya *pop-up* “Showing 1 of 2 sensor channels” pada tampilan modul sebagai *guide* jika pengguna mengubah pilihan *dropdown* “Show by Tag” pada kiri atas gambar. Modifikasi rancangan tampilan selengkapya dapat dilihat pada Lampiran 9.



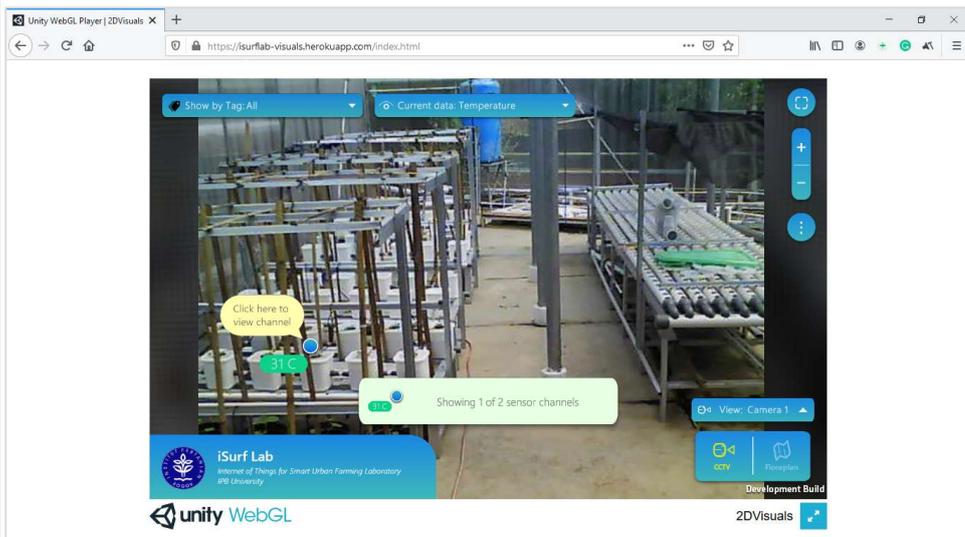
Gambar 18 Contoh *Layout mockup* iterasi ketiga.

Construction of Prototype – Iterasi 3

Setelah rancangan tampilan diubah, dilanjutkan tahap konstruksi dengan Unity. Pada konstruksi iterasi ketiga, rancangan kelas masih sama seperti iterasi kedua sebelumnya.

Deployment, Delivery and Feedback – Iterasi 3

Sama seperti pengembangan iterasi sebelumnya, penelitian ini men-*deploy* prototipe modul visualisasi tersebut ke tiga platform berbeda, yaitu Android, iOS, dan WebGL dan disampaikan kepada ahli domain Laboratorium I-Surf dengan memakai platform WebGL untuk sesi evaluasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19 *Screenshot* dari hasil *deployment* pada platform WebGL untuk iterasi ketiga

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Feedback untuk pengembangan iterasi ketiga terdapat pada transkrip pada Lampiran 10 dan diharapkan dapat terselesaikan sebelum pengembangan modul visualisasi tercukupi:

- 1 ditambahkan tampilan rentang simpangan baku pada tiap titik pada grafik jika resolusi graf dipilih per hari / per jam;
- 2 dibulatkan nilai pH hingga dua digit di belakang koma; serta
- 3 fitur *scroll* dihilangkan pada panel *channel information layer* pada saat menampilkan informasi *channel* sensor serta font dikecilkan.

Iterasi 4

Communication – Iterasi 4

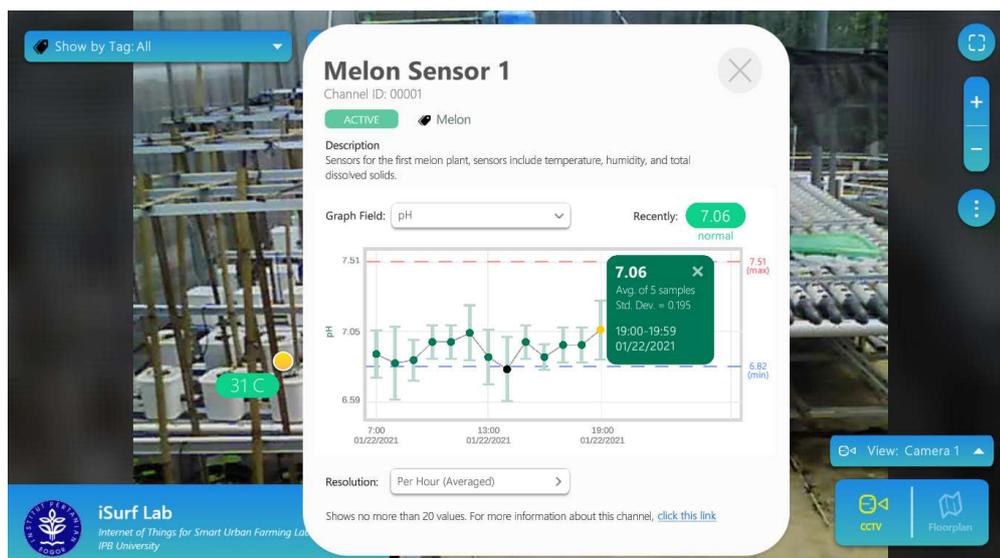
Hasil komunikasi untuk pengembangan modul pada iterasi keempat bergantung pada hasil *feedback* pada pengembangan iterasi ketiga sebelumnya. yaitu menambahkan tampilan rentang simpangan baku pada tiap titik pada grafik, membulatkan nilai pH, serta menghilangkan fitur *scroll* pada panel *channel information layer* pada saat menampilkan informasi *channel* sensor.

Quick Plan – Iterasi 4

Kegiatan-kegiatan untuk pengembangan iterasi selanjutnya direncanakan untuk menyelesaikan keterbatasan pada hasil *feedback* pada iterasi ketiga. Kegiatan-kegiatan tersebut dilaksanakan sesuai dengan *gant chart* pada Lampiran 3.

Modeling and Quick Design – Iterasi 4

Rancangan tampilan untuk perbaikan modul pada iterasi keempat dapat dilihat pada Gambar 20. Dapat diperhatikan bahwa terdapat garis-garis vertikal pada tiap titik pada grafik untuk memvisualisasikan rentang simpangan baku pada tiap titiknya jika titik tersebut mewakili hasil rata-rata.



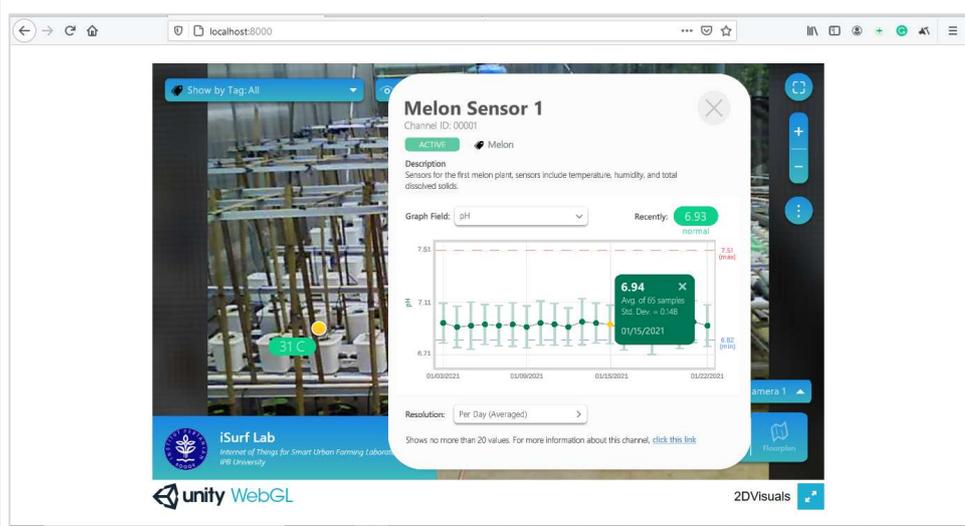
Gambar 20 *Layout mockup* pada iterasi keempat. Tiap plot memiliki garis-garis vertikal yang mewakili batasan simpangan baku sesuai dengan hasil rata-ratanya

Construction of Prototype – Iterasi 4

Pada tahap ini dilanjutkan tahap konstruksi dengan Unity sesuai dengan tahap *modeling* sebelumnya. Rancangan kelas masih sama seperti iterasi sebelumnya.

Deployment, Delivery and Feedback – Iterasi 4

Modul visualisasi pada iterasi keempat dipasang pada tiga platform berbeda, yaitu Android, iOS, dan WebGL. Gambar 21 merupakan modul yang dipasang pada platform WebGL. Perbaikan modul sudah tercukupi berdasarkan hasil *feedback* pada Lampiran 11.



Gambar 21 Screenshot dari hasil *deployment* pada platform WebGL untuk iterasi keempat

Pengembangan Selanjutnya

Pada penelitian ini, modul visualisasi yang dikembangkan masih berupa prototipe dan belum terwujud sepenuhnya seperti yang diharapkan para ahli domain Laboratorium I-Surf IPB. Penelitian-penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan hal-hal berikut agar terwujud modul visualisasi sesuai ekspektasi para ahli domain:

- 1 *Refinement* prototipe – perbaikan untuk prototipe modul visualisasi disarankan untuk melakukan hal-hal berikut:
 - menambahkan fitur yang belum tersedia sesuai pada hasil *feedback* iterasi kedua, termasuk fitur *searching*, dan fitur *download*; serta
 - memperbaiki penampilan grafik *time-series* dengan lebih leluasa karena kini grafik hanya menampilkan maksimum 20 titik.
- 2 Integrasi dengan sistem – disarankan untuk diintegrasikan dengan modul web dan *database* secara *realtime* pada *cloud server* IPB jika infrastruktur sistem telah diwujudkan. Untuk keperluan analisis sebelum integrasi, pembaca dapat memicu kembali pada ilustrasi arsitektur sistem pada Lampiran 1 serta diagram kelas pada Gambar 12.
- 3 Analisis ketergunaan – penelitian ketergunaan ini sebaiknya diteliti pada tiga platform berbeda (WebGL, Android, atau iOS) dengan target *user* yang sesuai,

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

seperti mahasiswa atau dosen, atau staf yang bukan merupakan *non-domain expert*. *Refinement* dapat dilakukan kembali setelah analisis dilakukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Modul visualisasi untuk sistem monitoring jaringan sensor pada rumah kaca pintar I-Surf IPB dapat memaparkan informasi bagi pengguna mengenai lingkungan rumah kaca I-Surf serta data hasil rekaman sensor I-Surf secara interaktif. Fungsi-fungsi utama yang dimiliki modul tersebut berupa fungsi untuk memantau data, memantau lingkungan, serta menentukan lokasi sensor. Para ahli domain laboratorium I-Surf IPB mendukung adanya penggambaran lokasi sensor pada modul visualisasi tersebut, namun modul visualisasi perlu dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat mencapai ekspektasi ahli domain.

Saran

Penelitian-penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan *refinement*, analisis ketergunaan, atau integrasi dengan sistem monitoring jaringan sensor rumah kaca I-Surf sehingga modul dapat dijalankan sesuai yang diinginkan para pemangku kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam M, Prasad NR. 2006. Security Framework for Wireless Sensor Network. *Wireless Personal Communications*. Aalborg, Denmark; hlm 55-469.
- Craighead J, Burke J, Robin M. 2007. Using the Unity Game Engine to Develop SARGE: A Case Study. *Computer*. hlm 4552.
- [Kementan] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2019. Kementan Dorong Pemanfaatan Industri 4.0 Sektor Pertanian [internet]. [Diakses 2019 Des 4]. Tersedia pada: <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3399>
- Kielman J, Thomas J. 2009. Challenges for Visual Analytics. *Information Visualization*. Richland, WA, US; hlm 309-314.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 2019. IPB Inaugurates Smart Urban Farming Laboratory [internet]. [Diakses 2019 Des 4]. Tersedia pada: <https://ipb.ac.id/news/index/2019/6/ipb-inaugurates-smart-urban-farming-laboratory/21465b1a2c18b484632aa177eb02dbff>
- Lam H, Bertini E, Isenberg P, Plaisant C, Carpendale S. 2011. Seven Guiding Scenarios for Information Visualization Evaluation [technical report]. Calgary (US): Department of Computer Science, University of Calgary.
- Pressman RS, Maxim BR. 2015. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. hlm 45-47.

Simek M, Mraz L, Oguchi K. 2013. SensMap: Web Framework for Complex Visualization of Indoor&Outdoor Sensing Systems. *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*. doi: 10.1109/IPIN.2013.6851425

Unity Technologies. 2020. Unity – Manual: WebGL Browser Compatibility [internet]. [Diakses 2020 Apr 28]. Tersedia pada: <https://docs.unity3d.com/Manual/webgl-browsercompatibility.html>

Ware, Colin. 2020. *Information Visualization – Perception for Design*. Cambridge, MA (US): Elsevier.

@Hak Cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Bekasi pada tanggal 24 Juni 1998 dari pasangn Bapak Februanto Mahendrajaya dan Ibu Niken Setianingsih sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bersekolah di global prestasi senior High School di Bekasi dari 2014 hingga 2016, lalu melanjutkan studi di Insitut Pertanian Bogor di jurusan Ilmu Komputer sejak 2016. Penulis memiliki minat dalam *digital visual arts* sejak ia mengambil Program Pendidikan Kelas Umum (PPKU) di perguruan tinggi. Ia pernah mencapai medali perunggu dalam kompetisi desain poster yang diselenggarakan oleh PPKU pada tahun 2017. Pada tahun yang sama, penulis berpartisipasi sebagai anggota bidang *digital marketing* AIESEC di IPB, kemudian menjadi manajer di bidang *product brand* di 2018, untuk mengajak mahasiswa IPB untuk berpartisipasi dalam program *social volunteering* di luar negeri yang diselenggarakan organisasi, dengan ajakannya bentuk posting desain media sosial, selebaran, reklame, dan buku panduan. Pada tahun 2019, ia menyelesaikan sebuah praktik kerja lapangan sebagai pengembang *front-end* untuk situs web baru dari Advanced Research Laboratory IPB. Berbagai bentuk *digital visual arts* tersebut memotivasi penulis untuk mencoba mengembangkan modul visualisasi seperti yang dijelaskan pada skripsi ini.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

