

# Model Inferensi Konteks *Internet of Things* pada Sistem Pertanian Cerdas

Ventje J. L. Engel<sup>#1</sup>, Sinung Suakanto<sup>#2</sup>

<sup>#</sup>Institut Teknologi Harapan Bangsa  
Jl. Dipati Ukur 80-84 Bandung, Indonesia

<sup>1</sup>ventje@ithb.ac.id

<sup>2</sup>sinung@ithb.ac.id

**Abstract**— *Most farms have started to use information technology and sensor networks to manage farming field. This system is called smart farming. Smart farming implementation which less involving stakeholders in agriculture field makes the technology not really able to support decision making. Context inference techniques can help with that gap problems. This research presents context inference modeling which considers: (1) the amount of data transfer, and (2) periodic data transmissions. Model inferensi konteks yang diperlukan adalah yang mudah dibuat, mudah dikonfigurasi, dan cepat diproses serta mendukung lintas lingkungan operasi. The model designed has to be easy to configure, fast to process, and interoperability. This research had resulted context inference model and its implementation strategy.*

**Keywords**— *smart farming, context, context inference model, internet of things, inference technique.*

**Abstrak**— Sebagian pertanian di dunia sudah mulai memanfaatkan teknologi informasi dan jaringan sensor untuk membantu pengelolaan lahan pertanian. Sistem ini biasa disebut sistem pertanian cerdas. Implementasi sistem pertanian cerdas yang sedikit melibatkan para pemangku kepentingan bidang pertanian membuat implementasi sensor kurang bisa mendukung dalam pembuatan keputusan. Teknik inferensi konteks dapat membantu mengatasi celah permasalahan tersebut. Penelitian ini menyajikan pemodelan inferensi konteks untuk sistem pertanian cerdas yang memperhatikan: (1) jumlah data yang akan diproses, dan (2) pengiriman data dari lahan ke gateway yang tidak selalu aktif. Model inferensi konteks yang diperlukan adalah yang mudah dibuat, mudah dikonfigurasi, dan cepat diproses serta mendukung lintas lingkungan operasi. Penelitian ini menghasilkan model inferensi konteks dan strategi implementasinya untuk penelitian lanjutan.

**Kata kunci**— *sistem pertanian cerdas, konteks, model inferensi konteks, internet of things, teknik inferensi.*

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan adalah salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Seiring pertumbuhan penduduk dunia yang tinggi, pangan menjadi komoditas vital dan perhatian banyak negara [1]. Pertanian adalah salah satu sektor krusial dalam menyiapkan ketahanan pangan ini.

Sektor pertanian sedang menghadapi tantangan besar untuk mencukupi kebutuhan pangan kira-kira 9.6 Miliar penduduk dunia pada tahun 2050 seperti yang diprediksi oleh Food and Agriculture Organization (FAO) [2]. Peningkatan jumlah

penduduk, makin kurangnya lahan pertanian, dan perubahan iklim menjadi tantangan besar bagi sektor pertanian [3]. Terutama, perubahan iklim mengakibatkan tidak menentukannya periode tanam dan panen [3]. Sektor pertanian memerlukan sistem untuk mampu melengkapi petani dan pihak pemangku kepentingan (*stakeholders*) dalam melakukan perencanaan, pengawasan, dan pengelolaan lahan pertanian.

Sebagian pertanian di dunia sudah mulai memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk membantu pengelolaan lahan pertanian. Para petani sudah ada yang menggunakan perangkat elektronik dan sensor untuk menyalakan dan mematikan sistem pengairan, melakukan pemantauan kondisi tanah, air, dan cuaca serta membantu ketika panen [4]. Teknologi ini memanfaatkan jejaring sensor yang terkoneksi dengan internet yang dikenal dengan istilah *Internet of Things* (IoT) [5]. IoT membuat pertanian semakin cerdas membuatnya biasa disebut sistem pertanian cerdas atau *smart farming* [2], [4].

Penelitian di sistem pertanian cerdas terus gencar dilakukan untuk meningkatkan efisiensi IoT, memudahkan integrasi dengan sistem yang ada, dan menghasilkan informasi yang berguna bagi pemangku kepentingan di bidang pertanian [6]–[8]. Sistem pertanian cerdas memanfaatkan IoT dengan sistem kendali untuk melakukan pemantauan kondisi lahan dan melakukan otomatisasi pekerjaan. Jejaring sensor di IoT akan menghasilkan data yang cukup banyak dan pihak pertanian perlu informasi untuk membantu membuat keputusan. Data yang dihasilkan akan digunakan untuk pengendalian maupun untuk pembuatan keputusan. Padahal data ini berasal dari beragam sensor dan sebagian lagi dari akses *Application Programming Interface* (API), seperti API untuk cuaca [8]. Sistem pertanian cerdas memerlukan mekanisme analisis dan inferensi data yang efisien secara komputasi dan efektif menghasilkan informasi yang berguna.

Pihak pertanian sebenarnya tidak membutuhkan informasi jumlah sensor yang sudah diimplementasikan, tetapi informasi kondisi tanah dan cuaca sudah cukup baik untuk mulai tanam atau belum. Implementasi TIK yang sedikit melibatkan para pemangku kepentingan bidang pertanian membuat implementasi sensor kurang bisa mendukung dalam pembuatan keputusan di masa depan [9]. Kebutuhan antara sektor teknologi, teknik, dan pertanian memerlukan penengah yang bisa tercermin di dalam sistem. Di sisi lain, inferensi konteks sudah terbukti membantu sistem dalam menyediakan informasi yang relevan dan berguna bagi pengguna dari

banyak data yang dihasilkan oleh beragam sensor [10]–[12]. Teknik inferensi konteks sudah lama dikenal, namun muncul sebagai teknologi yang banyak diperbincangkan karena konsep IoT yang makin banyak digunakan [13].

Penelitian ini menyajikan pemodelan inferensi konteks untuk sistem pertanian cerdas. Penelitian pendahuluan telah dilakukan dalam rangka perancangan dan implementasi sistem pertanian cerdas [6], [9]. Pemodelan inferensi konteks ini akan mendukung untuk semua modul dalam rancangan sistem pertanian cerdas. Model inferensi konteks yang akan dibangun juga mempertimbangkan aspek-aspek yang ada dalam sistem pertanian untuk menghasilkan informasi yang relevan dan berguna.

Bagian berikutnya akan membahas berbagai penelitian terkait, mulai dari sensing, IoT, konteks maupun sistem pertanian cerdas. Bagian III akan mendalami aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan yang kemudian menjadi analisis kebutuhan untuk model. Bagian IV akan mendeskripsikan model inferensi konteks untuk sistem pertanian cerdas. Bagian V berisikan simpulan dan penelitian lebih lanjut yang akan dilakukan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan inferensi konteks dalam *Internet of Things* (IoT) sudah dilakukan oleh beberapa peneliti [10], [14]–[16]. Penelitian inferensi konteks IoT yang ada sebagian besar belum diimplementasikan dan baru hasil simulasi, seandainya ada impelmentasi pun masih berupa purwarupa [13].

Dalam sistem pertanian cerdas ada beberapa penelitian terkait IoT, seperti [6], [7], [17], [18]. Sedangkan pemanfaatan inferensi konteks untuk sistem pertanian cerdas masih sedikit dibandingkan penelitian yang sudah menggunakan teknologi IoT. Bagian ini akan membahas tentang konsep dan teknologi IoT, penelitian terdahulu tentang sistem pertanian cerdas, dan terakhir penjelasan mengenai definisi, pemodelan, dan inferensi konteks.

### A. Sensing, Jaringan, dan Internet

*Sensing* merupakan bagian penting dalam sistem pertanian cerdas. *Sensing* merupakan proses mendapatkan representasi digital dari kondisi fisik lingkungan sekitar. Alat atau media yang digunakan disebut sensor. Sensor ada beberapa tipe, seperti sensor kimiawi, sensor lingkungan, sensor posisi, dan sebagainya [19].

Sensor yang digunakan di pertanian cerdas termasuk tipe sensor lingkungan, yaitu sensor suhu, pH, kelembaban, NPK, dan sensor optik kamera [7]. Namun, perlu pertimbangan mendalam sebelum menggunakan sensor optik, seperti kamera. Selain biayanya yang mahal, juga lebih rentan hilang karena dicuri.

Banyak sensor yang berhubungan langsung dengan pengolah data terpusat dengan hasil sensing langsung dikirim ke pemroses, tapi makin banyak juga sensor yang saling berhubungan dan mengirimkan data secara nirkabel (*wireless*) ke pemroses terpusat dengan menggunakan rute tertentu dalam jaringan sensor tersebut. Sehingga sebuah *node* sensor tidak hanya memiliki komponen untuk sensing, tetapi juga

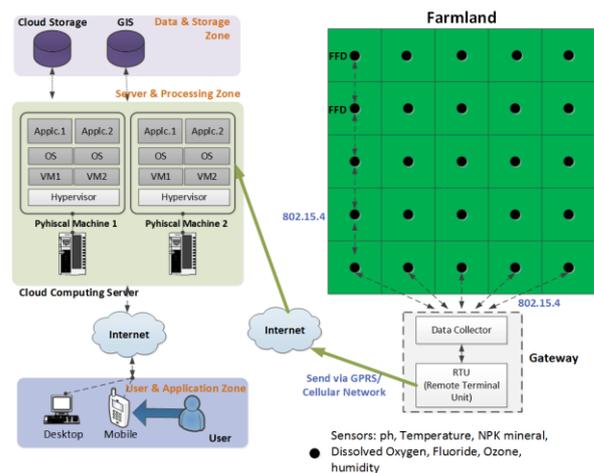
komponen penyimpan data, pemroses, dan komunikasi [19]. Konsep kumpulan sensor yang terhubung secara nirkabel ini biasa disebut jaringan sensor nirkabel atau *wireless sensor networks* (WSN). Jaringan sensor nirkabel adalah salah satu teknologi pendukung utama di IoT.

Jaringan sensor nirkabel yang terhubung ke internet melalui *gateway* akan membuat data-datanya bisa diakses oleh sistem dari berbagai lokasi. Pengguna bisa mengetahui baik kondisi rumah, lahan pertanian, dan area parkir secara jarak jauh [20]. Biasanya pengiriman data dari jaringan sensor ke internet tidak dilakukan kontinu, melainkan secara periode. *Gateway* menampung data dari sensor-sensor terlebih dahulu dan baru mengirimnya ke server melalui internet [9].

### B. Sistem Pertanian Cerdas

Sistem pertanian cerdas telah dikembangkan menggunakan perangkat sensor dan IoT untuk mematikan dan menyalakan alat penyiram, mengukur kelembaban dan unsur hara tanah, memantau kondisi air dan cuaca, sampai ke mengukur volume hasil panen ketika penuaian [4], [7], [21]. Pertanian cerdas berfokus pada mendapatkan data dan mengawasi lingkungan lahan pertanian. Sistem pertanian cerdas yang dijalankan dengan analisis data yang optimal akan memungkinkan para petani dan pihak terkait untuk mengurangi biaya pertanian sambil mengoptimalkan keuntungan. Data dari pengawasan lingkungan harus membantu dalam pengendalian dan manajemen kerja di dalam pertanian cerdas.

Penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pertanian cerdas yang mengandalkan sensing data lingkungan dan membantu manajemen kerja di dalam pertanian [6]. Telah dibangun model konseptual, arsitektur dan implementasi dari sistem pertanian cerdas menggunakan IoT. Sistem tersebut memiliki enam modul konsep, yaitu pengawasan, pengelolaan, perencanaan, distribusi informasi, sistem pendukung keputusan, dan aksi kendali. Arsitektur sistem membagi lahan pertanian menjadi petak. Satu petak berukuran 2x2 meter dan *node* sensor akan ditempatkan di petak tersebut. Arsitektur sistem yang dibangun bisa dilihat di Gambar 1.



Gambar 1 Arsitektur sistem pertanian cerdas [6]

Komunikasi antara *node* sensor dengan *gateway* menggunakan protokol IEEE 802.15.4. Data dari sensor dikirimkan via perangkat Remote Terminal Unit (RTU). Transmisi data antara *gateway* ke server bisa menggunakan GPRS atau EDGE, tidak perlu koneksi 3G atau HSPA.

Server akan menyimpan data sensor dalam basis data. Server bisa menggunakan *cloud computing* untuk mempermudah konfigurasi dan menjamin ketersediaan server. Petani dan pengguna lainnya akan menggunakan aplikasi untuk melihat *dashboard* hasil analisis data. Aplikasi tidak langsung mengambil data ke sensor, melainkan dari server *cloud*. Pengiriman data dari *gateway* ke internet dilakukan secara periodik, bisa dikatakan sistem ini tidak 100% *real time* tetapi cukup mendekati *real time* bila nilai periode kecil.

### C. Konteks, Pemodelan, dan Inferensinya

Istilah konteks memiliki beberapa definisi dari beberapa pakar [13]. Definisi konteks yang digunakan di sini adalah konteks sebagai informasi yang bisa digunakan untuk mengkarakteristikan situasi dari sebuah entitas [22]. Entitas bisa berarti manusia, tempat, atau kejadian yang dianggap relevan terhadap kebutuhan pengguna. Misalnya, sensor mendeteksi adanya asap dan aroma terbakar, berarti konteks yang bisa didapat adalah terjadi peristiwa kebakaran, walau sensor kita bukan kamera yang melihat secara pasti ada kebakaran. Inilah yang namanya inferensi konteks.

Konteks bisa didapatkan ketika pengembang menyiapkan model terlebih dahulu. Pemodelan konteks sebenarnya ada banyak, namun ada lima pemodelan yang paling banyak digunakan, yaitu: skema markup, grafis, berbasis objek, berbasis logik dan berbasis ontologi [13].

Skema markup berarti data yang diperoleh dilabeli dengan tag, sehingga konteks disimpan dalam tag. Pemodelan grafis menggunakan skema grafis yang bisa menunjukkan hubungan antarkonteks. Teknik pemodelan, seperti Unified Modelling Language (UML) dan Object Role Modelling (ORM), bisa digunakan untuk memodelkan konteks. Selanjutnya ada pemodelan berbasis objek yang punya kesamaan dengan pemodelan grafis, namun lebih lengkap lagi bisa enkapsulasi dan penggunaan kembali.

Pemodelan konteks lainnya menggunakan pemodelan berbasis logik maupun ontologi. Pendekatan berbasis logik menggunakan fakta, ekspresi dan aturan untuk merepresentasikan konteks. Pemodelan logik menyediakan ekspresi yang lebih banyak dan beragam dibandingkan tiga pemodelan sebelumnya. Kemudian ada pemodelan berbasis ontologi, pemodelan ini sebenarnya dekat dengan pemodelan logik, bedanya adalah di ontologi sudah ada standar semantik dan aturan yang bisa digunakan, seperti Resource Description Framework (RDF) dan Web Ontology Language (OWL).

Pemilihan pemodelan konteks bebas kepada pengembang, namun model konteks erat hubungannya dengan proses inferensi yang akan dilakukan terhadap konteks. Misalnya, ada teknik inferensi yang lebih cocok dengan model konteks tertentu saja. Namun, hal ini harusnya tidak membatasi pemilihan pemodelan konteks.

Inferensi konteks berarti proses mendapatkan intisari dari kumpulan konteks yang berhasil didapatkan dari pembacaan

sensor. Inferensi konteks memiliki penelitian yang sudah lumayan banyak dan berkembang terus [13][23][24]. Inferensi konteks menggunakan teknik komputasi intelijen untuk mendapatkan pola, fungsi, atau pemahaman dari beragam konteks yang sudah dimiliki. Inferensi konteks terdiri dari beberapa proses yang bisa dibagi menjadi tiga tahap, yaitu;

- Prapemrosesan konteks, di tahap ini dilakukan pembersihan (*cleaning*) terhadap data sensor yang dikumpulkan. Karena keterbatasan jaringan dan perangkat, biasanya ada data-data yang hilang atau tidak lengkap. Sehingga data tersebut perlu dicek kembali bila ada nilai yang hilang, fluktuasi nilai yang di luar kewajaran, dan validasi data.
- *Data fusion*, di tahap ini dilakukan kombinasi data dari beberapa sensor untuk menghasilkan informasi yang lebih lengkap dan akurat. Metodenya biasanya dengan membandingkan konteks dari beberapa sensor atau sumber konteks. Kemudian konteks-konteks tersebut dibandingkan dan ada yang digabung, sehingga konteks yang diperlukan menjadi lebih sedikit. *Data fusion* diperlukan ketika jumlah sensor sudah sangat banyak. *Data fusion* di luar dari ruang lingkup penelitian ini.
- Inferensi, di tahap ini dilakukan reasoning untuk menghasilkan informasi yang dibutuhkan oleh pengguna. Intinya adalah menghasilkan *high-level context* dari *lower-level context* dengan menggunakan sebuah teknik atau kombinasi teknik. Teknik inferensi konteks sebenarnya sangat beragam, namun bisa diklasifikasikan menjadi enam, yaitu menggunakan *supervised learning*, *unsupervised learning*, *rules*, *fuzzy logic*, *ontology based*, dan *probabilistic logic* [13].

Selain pemodelan dan inferensi konteks, perlu dipahami juga tentang level pemodelan yang akan dibangun. Ada tiga pendekatan ketika membangun inferensi konteks untuk sebuah sistem, yaitu [13][23][24]:

- Model konteks implisit: sistem aplikasi menjalankan semua proses berkaitan dengan konteks. Mulai dari prapemrosesan, penyimpanan, dan inferensi konteks berada dalam ruang lingkup aplikasi. Biasanya menggunakan *library*, *framework*, atau *toolkit*[25].
- Model konteks eksplisit: aplikasi menggunakan infrastruktur manajemen konteks terpisah atau sebuah *middleware*. Oleh karena itu, proses seperti sensing, prapemrosesan, penyimpanan, dan inferensi konteks berada di luar ruang lingkup aplikasi. Manajemen konteks dengan aplikasi memang jelas terpisah dan dapat dikembangkan secara independen.

## III. ANALISIS KEBUTUHAN

### A. Definisi Permasalahan

Sistem pertanian cerdas menekankan pada pengawasan dan pengendalian kerja yang membutuhkan masukan data sensor lapangan. Seiring berjalannya waktu jumlah sensor yang diimplementasikan di lahan pertanian akan meningkat. Ini

berarti bukan hanya jumlah koneksi dan sumber data yang naik, tetapi juga jumlah data yang perlu dianalisis juga akan meningkat. Anggaplah sistem pertanian cerdas tidak hanya mengawasi satu lahan pertanian saja, maka data yang terdistribusi dan perlu diolah akan meningkat cukup signifikan. Padahal bidang pertanian seperti ini amat rentan terhadap perubahan cuaca dan pengairan [26].

Data yang terdistribusi cukup banyak padahal koneksi jaringan antara *gateway* dengan sensor *node* cukup terbatas. Di daerah pertanian yang umumnya terletak di pinggir kota juga membuat akses internet yang tidak terlalu cepat dan stabil. Pengiriman data dari *gateway* ke server menjadi terbatas. Selain akses jaringan yang terbatas, keberadaan perangkat-perangkat yang digunakan pun kurang mendukung untuk menyimpan atau mengolah data secara signifikan [6]. Dengan keberadaan jaringan dan perangkat yang terbatas ini, pertanian cerdas tetap harus menyediakan informasi hasil analisis data yang baik dan mendekati *real-time*.

Penelitian ini akan berfokus pada sistem pertanian cerdas yang sudah dikembangkan oleh tim peneliti [6]. Berkaitan dengan data, jaringan, dan perangkat, sistem yang dikembangkan sebelumnya memiliki beberapa pengaturan periode pengambilan dan transmisi data. *Gateway* akan memiliki tiga periode, yaitu periode koneksi ke sensor, periode pengiriman data ke internet, dan periode tidak aktif. Setiap node sensor pun memiliki periode tidak aktifnya.

#### B. Identifikasi Kebutuhan

Berdasarkan definisi permasalahan sebelumnya, sistem pertanian cerdas memerlukan model inferensi konteks yang memperhatikan jumlah data yang akan diproses. Selain itu pengiriman data dari dan ke *gateway* yang tidak selalu menyala, ada periode tidak aktif, maka model inferensi konteks harus bisa melakukan seleksi terhadap data yang akan diproses.

Selain itu perlu diperhatikan juga kondisi dari sistem pertanian yang ada di Indonesia. Berikut ini adalah identifikasi kebutuhan untuk model inferensi konteks pertanian cerdas:

- Mudah untuk diimplementasikan adalah kebutuhan yang utama mengingat setiap pertanian modern sudah memiliki sistemnya masing-masing dan model ini harus diterapkan di sistem yang sudah ada tersebut.
- Mudah untuk dikonfigurasi adalah kebutuhan utama berikutnya. Ini dibutuhkan karena harus ada kustomisasi model agar bisa membaca data yang disediakan oleh sistem pertanian cerdas yang ada.
- Mampu memahami kebutuhan pengguna adalah esensial. Ini bisa dicapai dengan membuat *knowledge base* dari domain sistem pertanian.
- Mampu menyaring sensor yang relevan terhadap kebutuhan dan permintaan dari pengguna.
- Teknik inferensi tidak memberatkan kinerja *gateway* maupun sensor *node*.

- Mendukung untuk lalu lintas data yang tinggi. Hal ini bisa dicapai dengan memilih pemodelan konteks yang ringan.

#### IV. INFERENSI KONTEKS UNTUK PERTANIAN CERDAS

Bagian ini akan membahas model inferensi konteks yang diusulkan untuk sistem pertanian cerdas.

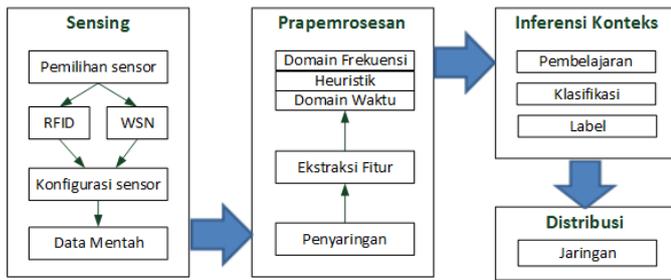
##### A. Model Inferensi Konteks

Pembangunan model inferensi konteks ini dimulai dari gambaran proses-proses yang akan berlangsung di dalamnya. Gambar 2 menggambarkan proses inferensi konteks dari awal sampai ke distribusi informasinya melalui jaringan.

Dari Gambar 2, tampak terdapat empat tahap yang dilakukan, yaitu sensing, prapemrosesan, inferensi konteks, dan distribusi. Tahap awal dimulai dengan sensing melalui jaringan sensor yang akan menghasilkan data mentah hasil observasi, kemudian data tersebut akan mengalami prapemrosesan sebelum data benar-benar dianalisis. Prapemrosesan termasuk inti di dalamnya adalah melakukan penyaringan atau filtrasi terhadap data mentah karena biasanya masih banyak data yang masih banyak usikan (*noise*) dan tidak lengkap. Data hasil ekstraksi fitur kemudian dibawa ke bagian inferensi konteks untuk diambil pemahaman (*understanding*) dari data fitur tersebut. Hasil inferensi konteks, berupa informasi yang sudah dianggap relevan dan signifikan, akan didistribusikan melalui jaringan. Informasi ini bisa diakses melalui aplikasi atau web oleh pengguna. Memang tidak tampak tahapan data fusion seperti yang dijelaskan di Bagian II, karena data fusion dimasukkan dalam tahap prapemrosesan.

Penelitian oleh Guan [27] menunjukkan bahwa menggunakan lebih banyak konteks tidak lantas menaikkan akurasi dari inferensi konteks yang akan dilakukan. Guan melakukan pemodelan konteks menggunakan *back-propagation neural network* dan *k-nearest neighbours*. Hasil penelitian Guan menunjukkan bahwa hasil akurasi yang dicapai dengan 10 data konteks adalah 93%. Kemudian menambahkan lagi 30 data konteks dengan pemodelan konteks yang sama ternyata hanya menaikkan akurasi konteks sebanyak 1,63%. Jadi, menyeleksi untuk menggunakan data konteks yang tepat untuk proses inferensi adalah cukup kritical untuk mendapatkan akurasi yang tinggi tanpa menghabiskan sumber daya secara inefisien.

Untuk sistem pertanian cerdas, pemodelan konteks yang diperlukan adalah yang mudah dibuat, mudah dikonfigurasi, dan cepat diproses serta mendukung lintas lingkungan operasi. Dengan asumsi ada banyak lahan pertanian yang akan diawasi oleh sistem pertanian cerdas maka pemodelan dipilih yang bisa mengakomodasi jumlah konteks yang besar. Pemodelan berbasis logik dan berbasis ontologi sudah sesuai untuk kebutuhan sistem pertanian cerdas. Sedangkan teknik inferensi konteks yang akan digunakan adalah *rules* kondisional dan logika *fuzzy*, karena cukup mudah untuk diimplementasikan.



Gambar 2 Proses inferensi konteks di sistem pertanian cerdas

Model inferensi konteks ini akan diterapkan dalam empat modul seperti di Gambar 3. Keempat modul tersebut, adalah:

- **Context Registry:** Modul ini menyimpan informasi konteks yang mungkin terjadi di sistem pertanian melalui *sensing*. Modul ini membantu kerja dari *Context Filtering and Selection*.
- **Context Filtering and Selection:** Modul ini bertanggung jawab menyaring data mentah. Data yang tidak lengkap atau *corrupt* akan disaring. Hasil dari modul ini akan digunakan oleh *Inference Engine*.
- **Inference Engine:** Modul ini adalah yang vital di dalam model inferensi. Modul ini melakukan analisis dan inferensi terhadap konteks yang sudah disaring dan diseleksi. Selain itu, modul ini juga melakukan analisis terhadap permintaan dan karakteristik pengguna.
- **Preference Manager:** Modul ini menyimpan informasi pengguna, karakteristiknya, dan daftar permintaan yang sering dilakukan.

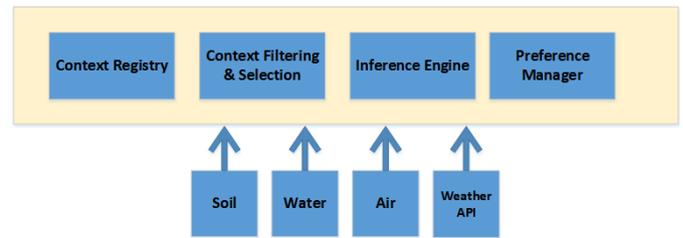
Dari Gambar 3, tampak bahwa data yang bisa digunakan bukan hanya yang berasal dari jaringan sensor, seperti sensor lingkungan, tetapi juga data dari API cuaca. API cuaca ini sudah ada yang membuat, seperti BMKG atau Google. API cuaca membantu dalam memantau kondisi cuaca di area pertanian.

Model inferensi konteks pertanian cerdas bisa dirangkum, sebagai berikut:

- Pemodelan konteks menggunakan pemodelan ontologi. Hal ini dipermudah, karena W3 Incubator sudah membuat *Semantic Sensors Networks Ontology (SSNO)* yang bisa digunakan untuk pemodelan konteks [28].
- Penyaringan data sensor menggunakan teknik *filtering*
- Seleksi sensor menggunakan *rules*
- Inferensi konteks menggunakan *rules* kondisional dan logika *fuzzy*.
- Akan digunakan empat modul yang merupakan implementasi dari model

### B. Strategi Implementasi

Implementasi model inferensi konteks perlu memperhatikan level dalam sistem, yaitu implisit atau eksplisit. Implementasi pemodelan ontologi dalam sensor node dirasa lebih mudah daripada teknik lain yang perlu mengimplementasikan algoritma yang cukup rumit untuk piranti seperti sensor *node*. Penelitian Son [29] menggunakan



Gambar 3 Model inferensi konteks sistem pertanian cerdas

inferensi konteks hanya pada level sensor, teknik inferensi yang digunakan adalah berbasis *rules*.

Tujuannya adalah mengurangi data yang dikirim ke level aplikasi dan sudah berupa data yang sudah siap alias sudah menjadi informasi yang memiliki kegunaan sehingga siap ditampilkan kepada pengguna.

Strategi implementasi model yang akan digunakan adalah menggunakan pemodelan level implisit dan eksplisit bersamaan, atau biasa disebut *hybrid*. Sudah ada inferensi konteks di level sensor tetapi sederhana saja, agar di level aplikasi proses inferensi konteks bisa berjalan lebih baik dan cepat. Di sensor akan diterapkan *rules* untuk tidak meneruskan data yang *corrupt* ke *gateway*. Di dalam *gateway* akan diterapkan *rules* pengecekan terhadap data sensor yang tidak lengkap, sehingga data yang tidak lengkap tidak perlu dikirimkan ke server. Inferensi dengan *rules* dan logika *fuzzy* akan dilakukan di server dan hasilnya akan dikirimkan ke pengguna. Inferensi konteks ini akan bekerja sama dengan bagian *visual dashboard* yang ada di model sistem pertanian cerdas sebelumnya.

## V. PENUTUP

Tantangan dan masalah yang dihadapi oleh dunia pertanian dan agrikultur di abad ini, membuat pemanfaatan teknologi informasi makin nyata digunakan. Pemanfaatan jaringan sensor dan *Internet of Things* untuk melakukan pengawasan dan pengendalian di area pertanian melahirkan sistem pertanian cerdas atau *smart farming*. Penggunaan sensor yang cukup banyak, membuat data yang perlu diproses dan dianalisis pun semakin bertambah seiring waktu. Sensor dan *gateway* yang memiliki beberapa macam periode dalam transmisi data juga membuat sistem pertanian cerdas untuk menyeleksi data dengan baik.

Inferensi konteks dikembangkan di sistem pertanian cerdas untuk membantu mengatasi masalah di data dan jenis data. Inferensi konteks bisa menghasilkan informasi yang lebih relevan dan signifikan untuk pengguna di sistem pertanian cerdas. Model inferensi konteks untuk pertanian cerdas perlu juga memperhatikan kondisi area pertanian di Indonesia. Telah dijabarkan konsep pemodelan konteks, level pemodelan, dan teknik inferensi konteks untuk sistem pertanian cerdas.

Pemodelan konteks menggunakan pemodelan ontologi. Penyaringan data sensor menggunakan teknik *filtering*. Seleksi sensor menggunakan *rules*. Inferensi konteks menggunakan *rules* kondisional dan logika *fuzzy*. Model dibagi menjadi empat modul, yaitu *context registry*, *context*

*filtering and selection, inference engine, dan preference manager.*

Untuk penelitian lebih lanjut, perlu dilakukan implementasi terhadap model yang sudah dikembangkan. Penelitian akan dilakukan untuk melihat efisiensi dan efektivitas dari model inferensi konteks. Impelementasi dilakukan dalam dua tahap baiknya, yaitu simulasi dan penerapan modul purwarupa.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] B. Krisnamurthi, "Analisa Ekonomi: Hari Pangan Sedunia dan Sawit Indonesia," 2016. [Online]. Available: <http://ekonomi.metrotvnews.com/analisa-ekonomi/0kpOGjWb-hari-pangan-sedunia-dan-sawit-indonesia>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [2] F. Guerrini, "The Future Of Agriculture? Smart Farming," 2015. [Online]. Available: <http://www.forbes.com/sites/federicoguerrini/2015/02/18/the-future-of-agriculture-smart-farming/#338e9d6e337c>.
- [3] P. A. Julianto, "Pasokan Pangan Dunia Terancam Perubahan Iklim," 2016. [Online]. Available: <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2016/06/07/194422426/pasokan-pangan.dunia.terancam.perubahan.iklim..> [Accessed: 27-Oct-2016].
- [4] R. van Hooijdonk, "Smart farming: the new agricultural benchmark - Trendwatcher en Futurist Richard van Hooijdonk," 2015. [Online]. Available: <https://en.richardvanhooijdonk.com/smart-farming-new-benchmark/>.
- [5] A. McEwen and H. Cassimally, *Designing the Internet of Things*. 2013.
- [6] S. Suakanto, V. J. L. Engel, M. Hutagalung, and D. Angela, "Sensor networks data acquisition and task management for decision support of smart farming," in *IEEE International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2016.
- [7] M. Ryu, J. Yun, T. Miao, I. Y. Ahn, S. C. Choi, and J. Kim, "Design and implementation of a connected farm for smart farming system," in *SENSORS, 2015 IEEE*, 2015, pp. 1–4.
- [8] S. Braun, R. Carbon, M. Naab, S. Braun, and R. Carbon, "Piloting a Mobile-App Ecosystem for Smart Farming," *IEEE Softw.*, vol. 33, no. 4, pp. 9–14, 2016.
- [9] S. Suakanto, T. A. Nugroho, S. H. Supangkat, and Suhardi, "Smart sensor untuk pertanian," in *Prosiding Konferensi e-Indonesia Initiatives (eII) Forum 2013*, 2013.
- [10] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos, "CA4IOT: Context awareness for Internet of Things," *Proc. - 2012 IEEE Int. Conf. Green Comput. Commun. GreenCom 2012, Conf. Internet Things, iThings 2012 Conf. Cyber, Phys. Soc. Comput. CPSCOM 2012*, pp. 775–782, 2012.
- [11] V. J. L. Engel and S. H. Supangkat, "Context-Aware Inference Model for Cold-Chain Logistics Monitoring," in *2014 International Conference on ICT For Smart Society (ICISS)*, 2014, pp. 192–196.
- [12] D. Ferrari and M. Gerla, *Context-Aware Systems and Applications*. .
- [13] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D. Georgakopoulos, "Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey," pp. 1–41, 2013.
- [14] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, M. Compton, and D. Georgakopoulos, "Context-aware sensor search, selection and ranking model for internet of things middleware," *Proc. - IEEE Int. Conf. Mob. Data Manag.*, vol. 1, pp. 314–322, 2013.
- [15] A. Kalmar, R. Vida, and M. Maliosz, "Context-aware addressing in the Internet of Things using Bloom filters," *4th IEEE Int. Conf. Cogn. Infocommunications, CogInfoCom 2013 - Proc.*, pp. 487–492, 2013.
- [16] L. Carvalho, R. Campos, and M. Ricardo, "Context-aware low-energy Wi-Fi sensor networks for e-health," *2013 IEEE 15th Int. Conf. e-Health Networking, Appl. Serv. Heal. 2013*, no. Healthcom, pp. 361–365, 2013.
- [17] N. Wang, N. Zhang, and M. Wang, "Wireless sensors in agriculture and food industry - Recent development and future perspective," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 50, no. 1, pp. 1–14, 2006.
- [18] Y. Deng, W. Wu, and T. Yu, "Research on current development and development pattern of China's agricultural cold chain logistics," *2012 Int. Conf. Manag. Sci. Eng. 19th Annu. Conf. Proc.*, pp. 526–532, 2012.
- [19] W. Dargie and C. Poellabauer, *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*. 2010.
- [20] T. Sánchez López, D. C. Ranasinghe, M. Harrison, and D. McFarlane, "Adding sense to the Internet of Things: An architecture framework for Smart Object systems," *Pers. Ubiquitous Comput.*, vol. 16, no. 3, pp. 291–308, 2012.
- [21] A. McBratney, B. Whelan, T. Ancev, and J. Bouma, "Future Directions of Precision Agriculture," *Precis. Agric.*, vol. 6, no. July 2004, pp. 7–23, 2005.
- [22] A. K. Dey and G. D. Abowd, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," *Comput. Syst.*, vol. 40, no. 3, pp. 304–307, 1999.
- [23] K. Park, C. Byun, J. Yun, J. Chang, and Y. Kim, "Context-aware inference (CAI) model on smart computing environment," *2012 Int. Conf. Inf. Sci. Appl. ICISA 2012*, 2012.
- [24] Y. Wang and K. Cao, "Context-aware complex event processing for event cloud in internet of things," *2012 Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. WCSP 2012*, 2012.
- [25] D. Salber, A. K. Dey, and G. D. Abowd, "The Context Toolkit : Aiding the Development of Context-Enabled," *CHI '99 Proc. SIGCHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst.*, pp. 434–441, 1999.
- [26] FAO, "Agriculture to 2050 – the challenges ahead," *FAO News*. [Online]. Available: <http://www.fao.org/news/story/en/item/36193/icode/>.
- [27] D. Guan, W. Yuan, S. Lee, and Y. K. Lee, "Context selection and reasoning in ubiquitous computing," *Proc. 2007 Int. Conf. Intell. Pervasive Comput. IPC 2007*, pp. 184–187, 2007.
- [28] M. Compton, P. Barnaghi, L. Bermudez, R. García-Castro, O. Corcho, S. Cox, J. Graybeal, M. Hauswirth, C. Henson, A. Herzog, V. Huang, K. Janowicz, W. D. Kelsey, D. Le Phuoc, L. Lefort, M. Leggieri, H. Neuhaus, A. Nikolov, K. Page, A. Passant, A. Sheth, and K. Taylor, "The SSN ontology of the W3C semantic sensor network incubator group," *J. Web Semant.*, vol. 17, pp. 25–32, 2012.
- [29] V. Q. Son, B. Wenning, A. Timm-giel, and C. Görg, "A Model of Wireless Sensor Networks using Context- Awareness in Logistic Applications," pp. 2–7, 2009.

**Ventje Jeremias Lewi Engel**, kelahiran Ketapang, Kalimantan Barat tahun 1990 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Sistem dan Teknologi Informasi ITB pada Oktober 2012 dan Magister Teknik dari Informatika ITB pada Juli 2013. Minat penelitian pada bidang analisis data, *internet of things*, dan keamanan informasi. Saat ini aktif sebagai staf pengajar di Departemen Teknologi Informasi Institut Teknologi Harapan Bangsa.

**Sinung Suakanto**, kelahiran Klaten tahun 1982 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Teknik Elektro ITB. Melanjutkan pendidikan doktoral di bidang Teknik Elektro dalam bidang jaringan komunikasi juga di ITB. Minat penelitian pada bidang jaringan sensor, *cloud computing*, serta teknologi informasi. Saat ini aktif sebagai staf pengajar di Departemen Teknologi Informasi Institut Teknologi Harapan Bangsa.