



PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN BAHAN NUKLIR MENGGUNAKAN INTEGRASI SENSOR RADIASI DAN CITRA

Djoko Hari Nugroho¹, Sutomo Budihardjo² dan Dian Fitri Atmoko³

^{1,2,3}Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIITEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK.

PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN BAHAN NUKLIR MENGGUNAKAN INTEGRASI SISTEM SENSOR RADIASI DAN CITRA. Keselamatan (safety) dan keamanan (security) suatu instalasi nuklir ditentukan oleh seberapa jauh instalasi tersebut dapat memberikan jaminan bahwa bahan nuklir tetap berada pada lokasi yang sudah ditentukan. Untuk dapat memastikan bahwa bahan nuklir berada pada daerah kendali maka diperlukan sistem pengamatan dan tracking yang handal dan akurat berbasiskan multisensor fusion. Secara konseptual sistem yang akan dibangun dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya ancaman yang akan diketahui berdasarkan estimasi terhadap ancaman seperti tertera dalam arsitektur tingkat ketiga. Untuk dapat melakukan pengambilan keputusan maka harus didukung oleh pemahaman akan persepsi seperti tertera dalam tingkat kedua abstraksi, dan tingkat kedua akan dapat tercapai dengan dukungan analisis citra dan pengorganisasian data. Tingkat pertama abstraksi dilakukan dengan cara penggabungan antara 3 buah sensor citra webcam dan 2 buah sensor radiasi gamma yang terdistribusi dan diproses secara fusion. Penggabungan data dilakukan dengan menggunakan pendekatan konfigurasi 3 sumbu XYZ. Pada saat bahan nuklir keluar dari daerah kontrol yang sudah ditentukan, maka akan timbul alarm peringatan serta pesan di Graphical User Interface (GUI) penampil Sistem Informasi Manajemen. Pengujian secara simulasi sudah dilakukan dan sistem deteksi radiasi dan citra dapat melakukan tracking gerakan sumber radioaktif. Dengan demikian akan dapat diketahui kapan terjadi perpindahan bahan nuklir beserta jalur perpindahannya.

Kata kunci: sistem keamanan, bahan nuklir, integrasi, sensor radiasi, sensor citra

ABSTRACT.

A DESIGN OF NUCLEAR MATERIAL SECURITY SYSTEM USING RADIATION AND VISION SENSORS INTEGRATION. Safety and security of a nuclear installation is determined on the capability of installation to assure that nuclear material remains in the specified predetermined area. The observation and tracking systems that are reliable and accurate based on multi sensor coordination are needed to ensure that the nuclear materials are located in the control area. Conceptually, the system is proposed to determine the existence of a threat a priori based on the threat estimation as stated in the third degree. In order to make decisions then it must be supported by an understanding of perception as stated in the second level of abstraction, while the second level will be achieved utilizing image analysis and data organization. The first level of abstraction is articulated using coordination among 3 units of webcam vision sensors and 2 units of gamma radiation sensors which are integrated processed. Data integration is constructed by using 3-axis XYZ configuration approach. When the nuclear materials tracking out of the control region which has been determined before, then alarm will appear and warning messages in the Graphical User Interface (GUI) Management Information System rise. The simulation testing showed that the radiation detection systems and vision can perform motion tracking of radioactive sources well. Thus, the tracking displacement of nuclear materials will be observed.

Key words: system monitoring, security, nuclear materials, radiation sensors, vision sensors



1. PENDAHULUAN

IAEA telah mengembangkan konsep dan prosedur untuk menangani secara efektif ancaman nuklir dan radiologi yang disebarluaskan melalui konferensi internasional, kursus pelatihan, seminar dan lokakarya dan publikasi terkait keamanan. Kegiatan nuklir IAEA dilakukan di bawah Rencana Keamanan Nuklir untuk tahun 2010-2013 dibangun di atas ada instrumen hukum internasional dan perjanjian untuk membantu negara-negara dalam memperkuat keamanan nuklir mereka untuk memerangi resiko terorisme nuklir. Rencana ini, disetujui oleh Dewan Gubernur IAEA pada tahun 2009.

Rencana berfokus pada empat bidang utama yaitu :

- Penilaian kebutuhan, pengumpulan informasi dan analisis untuk memastikan tersedianya informasi yang benar dan memadai untuk pelaksanaan program.
- Memberikan kontribusi pada peningkatan keamanan nuklir global dengan mengembangkan dan menyediakan bahan bimbingan yang dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan nuklir mereka.
- Berbagi keamanan nuklir dengan negara-negara anggota melalui penelitian dan penilaian efektivitas infrastruktur keamanan nuklir yang ada dan melalui pengembangan sumber daya manusia.
- Pengurangan risiko dan perbaikan keamanan negara-negara dengan bantuan teknis untuk mengurangi risiko bahwa bahan radioaktif nuklir atau lainnya dapat digunakan dalam tindakan jahat, untuk memenuhi dan melaksanakan kewajiban berdasarkan instrumen internasional yang berkaitan dengan keamanan nuklir.

Rencana Pelaksanaan mencakup tiga bidang:

- Pencegahan untuk melindungi bahan radioaktif nuklir dan lainnya dan fasilitas dan transport dari tindakan berbahaya.
- Deteksi dan respon terhadap tindakan berbahaya yang melibatkan bahan radioaktif nuklir lainnya
- Koordinasi informasi dan analisis untuk mendukung rencana dan mendukung pelaksanaannya, termasuk dalam hal ini evaluasi, kerjasama dengan program-program dukungan bilateral dan multilateral, dan pengumpulan informasi.

IAEA memberikan saran kepada negara-negara anggota untuk membangun infrastruktur yang dibutuhkan untuk menjaga bahan radioaktif nuklir dan lainnya dari pencurian dan penyelewengan, melindungi instalasi nuklir dan transportasi terhadap sabotase dan tindakan berbahaya lainnya, dan untuk memerangi perdagangan gelap bahan radioaktif nuklir lainnya. IAEA mendukung negara-negara anggota dalam upaya mereka untuk mendeteksi dan merespon kegiatan seperti itu, dan membantu untuk mengidentifikasi ancaman dan kerentanan terkait dengan keamanan bahan nuklir dan bahan radioaktif lainnya.

Safety (keselamatan) dan *security* (keamanan) suatu instalasi nuklir ditentukan oleh seberapa jauh instalasi tersebut dapat memberikan jaminan bahwa bahan nuklir tetap berada pada lokasi yang sudah ditentukan. Untuk dapat memastikan bahwa bahan nuklir berada pada daerah kendali maka diperlukan sistem pengamatan dan *tracking* yang handal dan akurat berbasis *multisensor fusion*.

2. TEORI

Fusi data adalah proses penggabungan data atau informasi untuk memperkirakan atau memprediksi entitas berupa penggabungan data beberapa sensor dari jenis yang sama atau penggabungan data dari beberapa sensor yang berbeda atau prediksi keadaan beberapa aspek alam^[1,2]. Teknik fusi data dilakukan dengan cara menggabungkan data dari beberapa sensor untuk mencapai hasil kesimpulan yang lebih spesifik dari yang dapat dicapai dengan menggunakan sensor tunggal independen. Penggunaan beberapa sensor dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian, redundansi informasi, meningkatkan keandalan atau sebagai informasi pelengkap yang memungkinkan untuk melihat fitur yang tidak terdeteksi oleh sensor tunggal sehingga akan meningkatkan keteramatan.



- Permasalahan yang harus diselesaikan dalam proses fusi data antara lain ^[3,4]:
- representasi ketidakpastian dalam pengamatan dan model
 - pendekatan non deterministik
 - menggabungkan informasi yang tidak sejenis
 - sinyal informasi datang dari sensor yang berbeda
 - atribut diskrit dan kontinyu
 - menangani jumlah data yang besar untuk diobservasi
 - perbedaan cara penanganan data dan interpretasi

Surveilans otomatis juga menjadi topik lokakarya internasional. Selain keamanan yang jelas dan aplikasi pemantauan lalu lintas, menggunakan beragam lain yang mungkin, termasuk kompilasi demografi konsumen di mal, penebangan tugas pemeliharaan rutin pada fasilitas nuklir, pemantauan ternak, dan segmentasi objek bergerak dari iklan untuk memberikan kait untuk interaksi pengguna.

Dalam skenario *surveilans* realistik, adalah mustahil untuk sebuah sensor tunggal untuk melihat semua daerah sekaligus, atau untuk visual melacak obyek bergerak untuk jangka waktu yang panjang. Obyek menjadi terhalang oleh pohon dan bangunan dan sensor yang memiliki bidang pandang terbatas. Sebuah solusi yang menjanjikan untuk masalah ini adalah dengan menggunakan jaringan sensor video untuk secara kooperatif memantau semua obyek dalam area diperpanjang dan melacak individu obyek yang tidak dapat dilihat secara terus menerus dengan sensor tunggal saja. Beberapa tantangan teknis dalam pendekatan ini adalah untuk: 1) kontrol aktif sensor untuk kooperatif melacak beberapa benda bergerak; 2) informasi dari beberapa sensor ke obyek representasi; 3) monitor obyek untuk aktuasi proses lebih lanjut atau keterlibatan operator, dan 4) menyediakan manusia pengguna dengan interface tingkat tinggi untuk visualisasi obyek secara dinamis dan sistem *tasking*.

Aktivitas sensor suatu sistem *surveilans* harus mengoptimalkan penggunaan aset terbatas sensor. Sensor harus dialokasikan untuk melakukan semua tugas yang ditentukan pengguna, dan jika cukup sensor yang hadir, untuk mengumpulkan pengamatan berlebihan. Fungsi *arbitrase* menentukan biaya penempatan setiap sensor untuk setiap tugas berdasarkan prioritas tugas, beban pada setiap sensor, dan visibilitas dari objek dari setiap sensor. Sistem ini melakukan optimasi untuk menentukan pasangan dari sensor dan tugas memaksimalkan persyaratan sistem kinerja secara keseluruhan. Melalui mekanisme ini, objek dapat dilacak jarak yang jauh dengan menyerahkan *off* antara kamera terletak di sepanjang lintasan objek.

Seorang operator manusia tunggal tidak dapat secara efektif memantau area yang luas dengan melihat puluhan monitor menampilkan video *output* baku. Pendekatan menyediakan sebuah antarmuka pengguna interaktif grafis (GUI) menunjukkan pandangan sintetis dari lingkungan, atas mana sistem menampilkan agen dinamis yang mewakili orang dan kendaraan. Pendekatan ini memiliki manfaat yang visualisasi peristiwa adegan tidak lagi terikat pada resolusi asli dan sudut pandang sensor video tunggal dan operator sehingga dapat menyimpulkan hubungan spasial yang tepat antara beberapa objek dan fitur. Jika observasi multisensor visi digabungkan dengan multisensor radiasi maka akan semakin lengkap informasi yang dapat ditampilkan dari segi geolokasi bahan nuklir

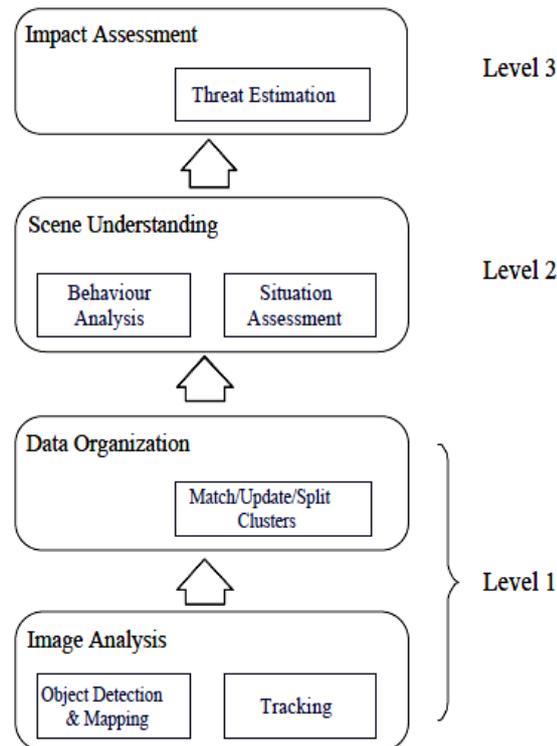
Ada dua pilihan utama untuk pemrosesan sinyal dengan multi sensor :

- a). pengamatan sensor lengkap untuk dikirim ke prosesor sentral sebagai data mentah
- b). Beberapa pemrosesan sinyal dilakukan di sensor

Luo dan Kay ^[5] mendefinisikan bahwa integrasi multisensor mengacu pada penggunaan sinergis dari informasi yang diberikan oleh perangkat indera berganda untuk membantu dalam pemenuhan tugas oleh sistem, sedangkan mutisensor fusion mengacu pada setiap tahap dalam proses integrasi di mana ada sebenarnya kombinasi dari berbagai sumber informasi sensorik menjadi satu format representasi. Meskipun perbedaan fusi dari integrasi tidak standar dalam literatur, tetapi klasifikasi tersebut dapat memberikan setidaknya arah dalam membangun dan mengontrol arsitektur sistem. Jika multisensor diasumsikan sebagai sebuah tim, maka dapat dibayangkan bahwa akan disediakan sebuah mekanisme untuk menggambarkan pengamatan yang dilakukan oleh sejumlah karakteristik individu yang informasi yang dikomunikasikan antara anggota tim. Setiap sensor mengamati lingkungan berdasarkan karakteristik mereka sendiri dan sudut pandang. Setiap kontribusi membuat pengamatan diekstraksi oleh sensor. Ada banyak keragaman pengamatan antara sensor, dan karena itu mereka harus memiliki *platform* atau trafo



untuk komunikasi satu sama lain. Secara umum, komponen dari model sensor model kinerja individu, dan model kelompok informasi yang tersedia informasi struktur



Gambar 1. Arsitektur Logika Ancaman Keamanan Bahan Nuklir Secara Keseluruhan

Fusi data sensor secara langsung digunakan bila pengukuran data multisensor pada tingkat yang sepadan memonitor fenomena fisika yang sama. Teknik yang dipergunakan adalah penggabungan secara langsung data sensor sedangkan sinyal dimodelkan sebagai variabel acak sehingga diperlukan sinkronisasi tingkat tinggi yang bersifat temporal. Metode ini sering diimplementasikan menggunakan pendekatan *Kalman Filter*.

Secara umum rancangan sistem monitoring keamanan bahan nuklir menggunakan *multisensor fusion* dapat direpresentasikan dalam blok diagram Gambar 1 di atas. Pada gambar tampak bahwa multi-sensor data fusion dapat dilakukan pada empat tingkat pengolahan yang berbeda, sesuai dengan tahap di mana fusi berlangsung: level sinyal, tingkat pixel, tingkat fitur, dan tingkat keputusan.

Secara umum rancangan sistem monitoring keamanan bahan nuklir menggunakan multisensor fusion dapat direpresentasikan dalam blok diagram Gambar 2. di bawah. Pada gambar tampak bahwa data dari sensor-sensor visi (kamera) akan diolah oleh multisensor tingkat 1 untuk visi, data dari sensor-sensor radiasi akan diolah informasinya oleh multisensor tingkat 1 untuk informasi radiasi. Informasi visi dan radiasi akan diolah oleh multisensor tingkat 2 sehingga menghasilkan informasi geolokasi radiasi bahan nuklir yang ditampilkan dalam Sistem Informasi Manajemen dan sistem alarm instalasi.

3. METODOLOGI

Sistem *surveillance* multikamera memungkinkan seorang operator manusia tunggal untuk memantau kegiatan di lingkungan yang tidak dengan menggunakan jaringan terdistribusi sensor video aktif. Inti filosofi desain berdasarkan gagasan tentang sensor cerdas yang secara independen mampu melakukan deteksi otonom benda dan peristiwa secara *real-time*.



Untuk mencapai tujuan, maka dalam riset dilakukan beberapa langkah pendekatan metodologi antara lain :

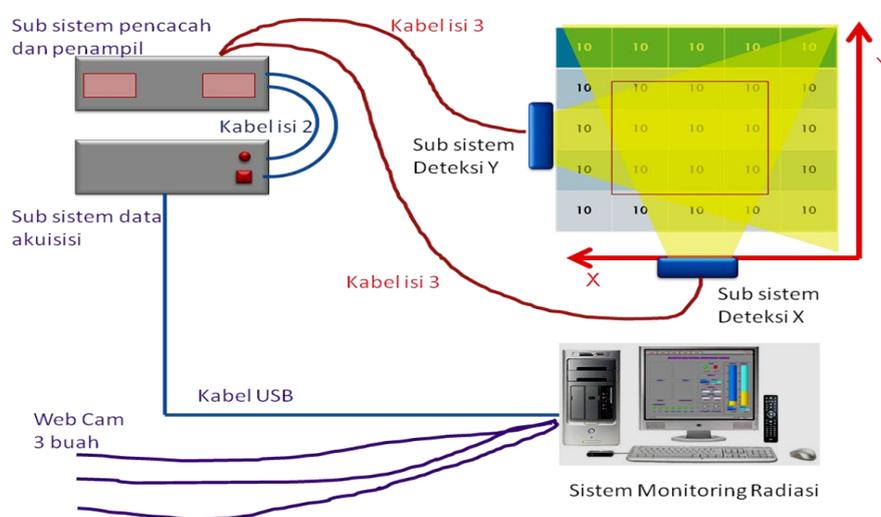
- a) Menentukan rencana kegiatan riset berdasarkan proposal,
- b) Pendalaman substansi riset melalui diskusi teknis dengan nara sumber, pendalaman pustaka dan observasi lapangan terutama terkait dengan pengembangan metode,
- c) Melakukan pengadaan barang dan konstruksi peralatan sesuai rencana yang sudah disusun dalam proposal,
- d) Melakukan eksperimen numerik menggunakan komputer untuk mengetahui kinerja konsep-konsep yang dipergunakan secara numerik sebelum dilakukannya eksperimen fisik,
- e) Melakukan eksperimen fisik menggunakan peralatan yang sudah didefinisikan untuk mencapai tujuan riset,
- f) Melakukan evaluasi dan umpan balik untuk memastikan bahwa hasil eksperimen sudah sesuai dengan tujuan riset

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Sistem Monitoring Radiasi

Telah dilakukan tahapan kegiatan perancangan dasar dari sistem sensor fusion, yang terdiri dari rancangan sistem monitoring radiasi, yaitu sistem perangkat keras yang berfungsi untuk mendeteksi bahan radioaktif, sehingga memberikan keyakinan bahwa objek yang di *tracking* benar-benar bahan radioaktif. Sistem monitoring radiasi terdiri dari 3 (tiga) sub sistem perangkat keras, yaitu (a) sub sistem deteksi radiasi, (b) sub sistem pencacah dan penampil, dan (c) sub sistem data akuisisi. Masing-masing sub sistem ditempatkan pada sebuah kotak instrumen.

Setelah dilakukan observasi, maka konfigurasi peletakan detektor dimodifikasi yaitu Sub sistem deteksi X untuk deteksi arah vertikal dan Sub sistem deteksi Y untuk deteksi arah sumbu horisontal. Sistem monitoring radiasi dilakukan dengan menggunakan 2 buah detektor gamma (D1 dan D2) yang dipasang secara radial untuk memberikan informasi gerakan bahan nuklir dalam bidang. Idealnya untuk dapat mengetahui dinamika gerakan bahan nuklir secara volumetrik diperlukan minimal 3 buah detektor yang dipasang secara radial dan tangensial. Lingkup pengamatan bahan nuklir menggunakan 2 detektor dapat dilihat pada Gambar 2. dimana dalam kondisi normal (material nuklir berada pada lokasi yang ditentukan), maka distribusi radiasi akan seragam sesuai jarak terhadap material nuklir.



Gambar 2. Desain konfigurasi sistem deteksi radiasi

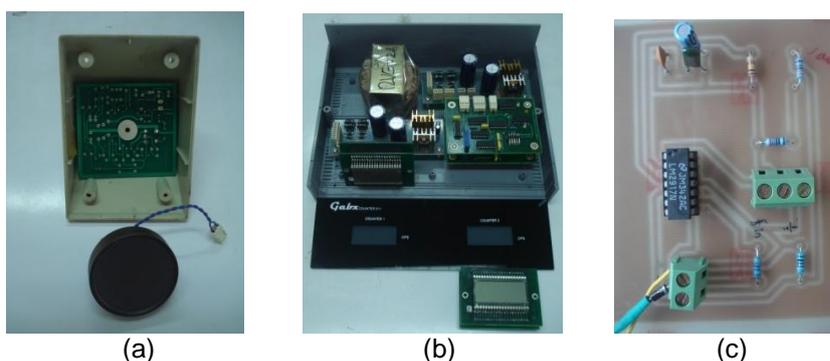


Skala penunjuk pada sub sistem pencacah dan penampil menggunakan tampilan digital 4,5 digit dengan penunjukan nilai maksimum 1999 dengan satuan cps (*count per seconds*). Speaker/beeper dihilangkan sehingga tidak ada bunyi saat pencacahan. Keluaran Sub sistem pencacah dan penampil merupakan sinyal berbentuk pulsa dengan tinggi pulsa 5 Volt, sehingga diperlukan modul converter F to V. Rentang modul ini dapat melakukan konversi dari frekwensi 0 Hz sampai 4996 Hz dengan keluaran tegangan 0 – 6 Volt dc.

Untuk subsistem data akuisisi menggunakan perangkat berbasis National Instrument dengan perangkat lunak berbasis LabVIEW sehingga memiliki GUI (*Graphical User Interface*) yang *user friendly* di tampilan PC (*personal Computer*).

Kegiatan disain yang dilakukan untuk mewujudkan sistem monitoring radiasi yaitu :

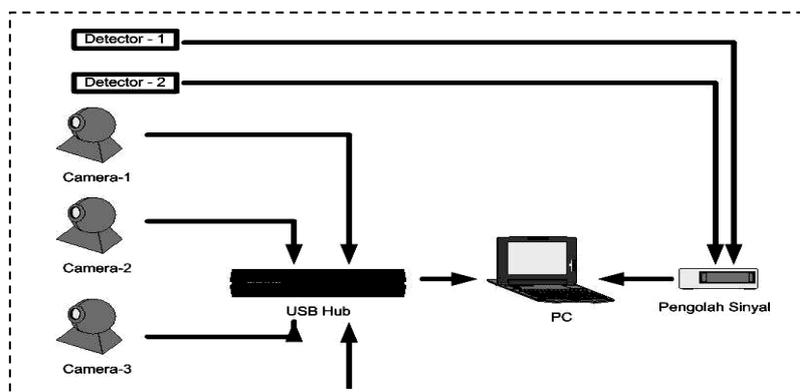
- 1) Desain modul deteksi radiasi yang terdiri dari detektor gamma dan rangkaian catu daya tegangan tinggi. (Gambar 3 a)
- 2) Desain modul pencacah dan penampil yang terdiri rangkaian catu daya tegangan rendah dan rangkaian pencacah dan penampil (Gambar 3 b).
- 3) Desain modul F to V (Gambar 3 c)



Gambar 3 (a) modul deteksi radiasi, (b) modul pencacah dan penampil, (c) modul F to V

4.2. Desain Sistem Monitoring Citra

Rancangan berikutnya adalah rancangan sistem monitoring citra. Sistem ini terdiri atas tiga buah camera web, usb hub dan perangkat komputer dengan perangkat lunak untuk memproses citra yang ditangkap oleh kamera. Pada Gambar 4 dapat dilihat blok diagram sistem yang di rancang.



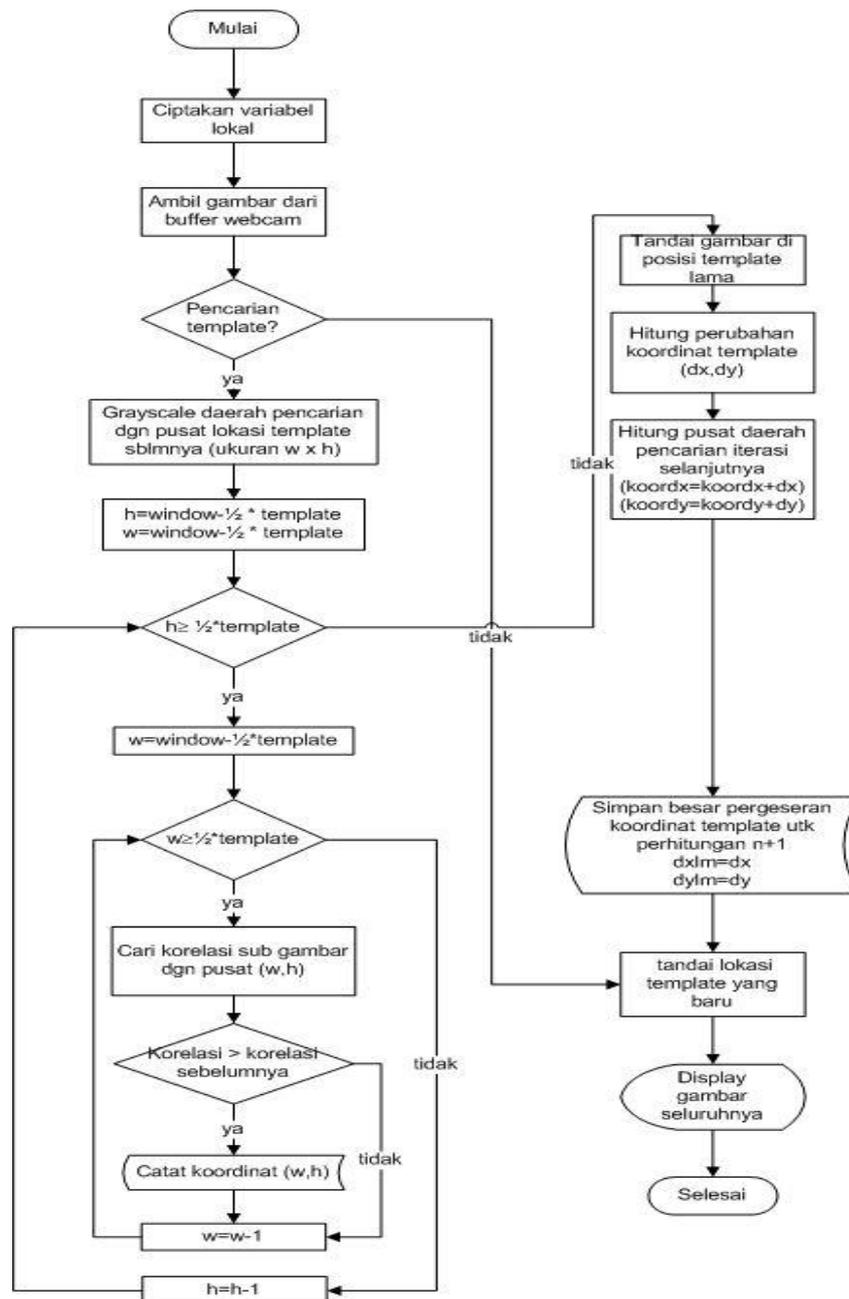
Gambar 4. Perangkat keras sistem monitoring citra



Pada Gambar 4 tampak bahwa kamera 1, kamera 2, dan kamera 3 berfungsi untuk menangkap objek dari beberapa sisi yang berbeda. USB Hub berfungsi sebagai *multiplexer* (input jamak), ini diperlukan jika port USB pada PC terbatas. Sedangkan komputer proses (PC) berfungsi sebagai pengolah data baik data visual dari camera maupun data numerik dari detektor nuklir.

Kamera yang digunakan merupakan kamera webcam dan memiliki perbedaan tipe tetapi memiliki spesifikasi yang hampir sama. Hal ini diperlukan untuk membedakan dalam pembacaan *driver* dari kamera-kamera tersebut oleh perangkat lunak yang dibuat.

Perangkat lunak berfungsi untuk mendeteksi dan mengetahui modul kamera web yang terhubung dengan komputer proses melalui interfacing berupa kabel USB. Kemudian citra yang di tangkap oleh kamera di olah secara matematis dengan algoritma tertentu. Gambar 5 menunjukkan diagram alir/algoritma dari proses pengolahan citra digital untuk *tracking* objek.



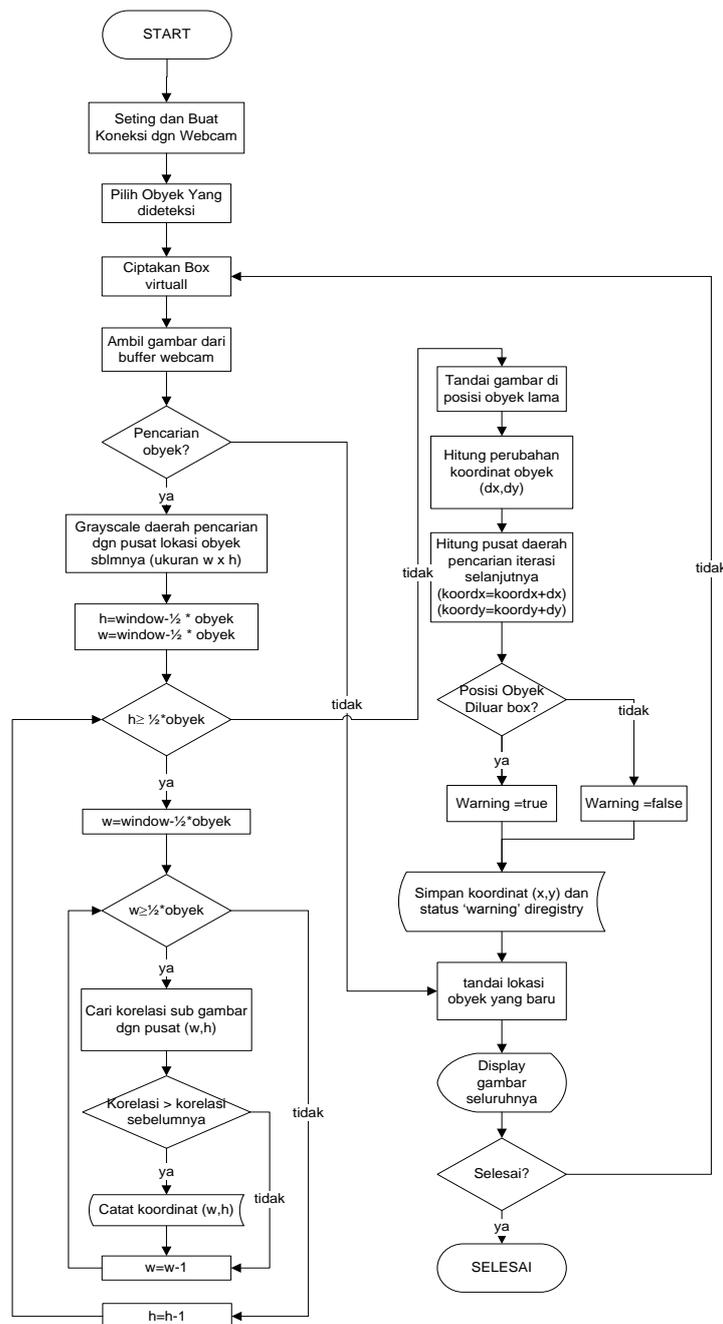
Gambar 5. Diagram alir proses pengolahan citra untuk *tracking* objek



4.3. Estimasi Ancaman

Estimasi ancaman keamanan bahan bakar dinyatakan dalam seberapa jauh tracking bahan bakar masih dapat ditoleransi. Nilai yang menyatakan ancaman bervariasi dan tergantung kriteria yang sudah ditetapkan. Variasi nilai keamanan dapat diantisipasi di dalam sistem dengan memberikan pengaturan (*adjustment*) yang dapat dilakukan secara manual.

Algoritma estimasi ancaman dapat dilihat pada bagan alir Gambar 6. Pada gambar tampak bahwa jika bahan bakar melewati batasan area yang sudah ditetapkan maka akan muncul *alert* dan pesan kesalahan pada operator yang juga akan tampil pada Sistem Informasi Manajemen.

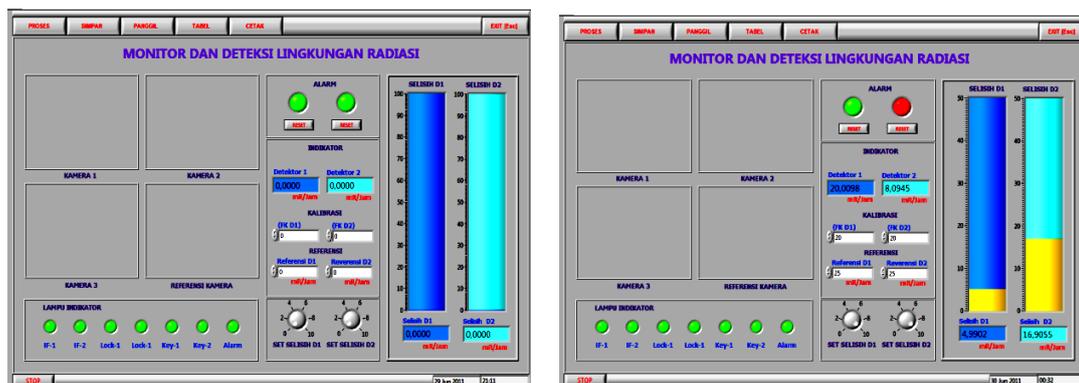


Gambar 6. Bagan Alir Ancaman Keamanan bahan Nuklir



4.4 Graphical User Interface (GUI)

Graphical user interface (GUI) dirancang dengan form tunggal, hal ini untuk memudahkan dalam pengoperasian sistem. Desain GUI dapat dilihat pada Gambar 7 (a) untuk keadaan normal, dan Gambar 7 (b) bila material nuklir keluar dari area kontrol. GUI terdiri atas empat *box image* untuk menampilkan citra dari ke empat camera yang masing-masing dapat diaktifkan secara bersama-sama atau individual. Bagian berikutnya adalah *source counting*, yaitu untuk menampilkan hasil cacahan dari sumber radioaktif yang diterima dari sistem monitor radiasi. Selain nilai/ value dari cacahan, juga dilengkapi dengan indikator (merah, kuning, hijau). Merah menandakan nilai cacahan melebihi ambang batas, Kuning jika nilai cacahan dalam kondisi normal, dan hijau jika nilai cacah rendah. Kolom *setting* digunakan untuk mengkonfigurasi peralatan.



Gambar 7. Graphical User interface sistem monitoring (a) kondisi normal (b) material nuklir keluar dari area kontrol

5. KESIMPULAN

Pada tingkat pertama abstraksi dilakukan dengan cara penggabungan antara 3 buah sensor citra webcam dan 2 buah sensor radiasi gamma yang terdistribusi dalam gedung reaktor dan diproses secara fusion. *Data fusion* dilakukan dengan menggunakan pendekatan konfigurasi 3 sumbu XYZ. Pada saat bahan nuklir keluar dari daerah kontrol yang sudah ditentukan, maka akan timbul alarm peringatan serta pesan di *Graphical User Interface* (GUI) penampil Sistem Informasi Manajemen. Pengujian secara simulasi sudah dilakukan dan sistem deteksi radiasi dan citra dapat melakukan *tracking* gerakan sumber radioaktif.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan pendanaan dari PI PKPP dari Menristek. Oleh karena itu diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan baik secara material maupun spiritual.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. DURRANT-WHITE, H.F. (1988). Sensors Model and Multisensor Integration. The International Journal of Robotic Research Vol. 7, No. 6., December 1988. Massachusetts Institute of Technology.
2. JOSHI, R., and SANDERSON, A.C. (1999). Minimal Representation Multisensor Fusion Using Differential Evolution. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A : Systems and Humans, Vol. 29, No. 1, January 1999.



3. KEMA, M., ZHU, Q., and GRAY, W.S. (1992). "Optimal Data Fusion of Correlated Local Decisions in Multiple Sensor Detection Systems". IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. Vol. 28, No. 3, July 1992.
4. KITA, N., KUNIYOSHI, Y., Hara, I., Matsui, H., Sebastien, R., and Hirai, S. (1997). "Cooperative Active Sensing for Nuclear Power Plant Inspection". Proc. Of the Symposium on AIR & IHAS'97, November 19th –21th, 1997.
5. LUO, R.R., and KAY, M.G. (1989). "Multisensor Integration and Fusion in Intelligent Systems". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 19, No. 5, September/October 1989.

PERTANYAAN :

1. Sensor radiasi dan citra yang digunakan tahan berapa besar radiasi (Ci)? Karena pada saat ini fasilitas Irradioator dengan radiasi tinggi (MCi), sensor akan hancur.?(SUTOMO)

JAWABAN :

1. Sensor dan citra akan diletakkan pada tempat/lokasi yang dapat material nuklir seara remote (jarak jauh) sehingga terhindar dari paparan radiasi tinggi.