

## DESAIN AWAL SISTEM MONITORING KEAMANAN BAHAN NUKLIR MENGUNAKAN WAVELETT MULTISENSOR FUSION

Djoko Hari Nugroho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PRPN - BATAN, Gedung no 71 kawasan PUSPIPTEK, Serpong, 15310

### ABSTRAK.

*Keamanan bahan nuklir dalam suatu instalasi nuklir ditentukan oleh seberapa jauh instalasi tersebut dapat memberikan jaminan bahwa bahan nuklir tetap berada pada lokasi yang sudah ditentukan. Pada makalah ini dilakukan desain awal tracking bahan nuklir dalam instalasi dengan tujuan untuk memadukan data dari beberapa sensor guna mendukung pengambilan keputusan. Pengambilan keputusan pada Sistem Informasi Manajemen diperoleh berdasarkan pemahaman akan persepsi dalam tingkat ketiga abstraks. Tingkat kedua yang akan dapat dicapai dengan dukungan analisis citra dan pengorganisasian data. Sedangkan tingkat pertama abstraksi dilakukan melalui penggabungan antara beberapa sensor kamera CCD yang terdistribusi dalam gedung reaktor dan diproses secara fusion. Data fusion dilakukan dengan menggunakan pendekatan Wavelett. Simulasi menggunakan pemrograman Matlab menunjukkan bahwa Wavelett memberikan performansi yang baik dalam memadukan informasi yang berasal dari beberapa sensor. Diharapkan pada saat bahan nuklir keluar dari daerah kontrol yang sudah ditentukan akan timbul alarm peringatan serta pesan di penampil Sistem Informasi Manajemen. Dengan demikian akan dapat diketahui terjadinya perpindahan bahan nuklir, dan jalur perpindahan.*

*Kata kunci : tracking, bahan nuklir, multisensor fusion, Wavelett*

### ABSTRACT

*Security of a nuclear material in an installation is determined by how far the installation is to assure that nuclear material remains at a predetermined location. This paper observed a preliminary design on nuclear material tracking system in the installation for decision making support based on multisensor fusion that is reliable and accurate to ensure that the nuclear material remains inside the control area. Capability on decision making in the Management Information System is represented by an understanding of perception in the third level of abstraction. The second level will be achieved with the support of image analysis and organizing data. The first level of abstraction is constructed by merger between several CCD camera sensors distributed in a building in a data fusion representation. Data fusion is processed based on Wavelett approach. Simulation utilizing Matlab programming shows that Wavelett fuses multi information from sensors as well. Hope that when the nuclear material out of control regions which have been predetermined before, there will arise a warning alarm and a message in the Management Information System display. Thus the nuclear material movement time event can be obtained and tracked as well.*

*Keywords: tracking, nuclear materials, multi-sensor fusion, Wavelett*

### 1. PENDAHULUAN

Kinerja pengambilan keputusan sangat penting dalam sistem keselamatan. Dalam pelaksanaan pengambilan keputusan, perbedaan dalam kesimpulan akan membuat tindakan yang berbeda dan menyebabkan risiko dan konsekuensi yang berbeda. Saat ini ketika masyarakat global telah memenuhi kesadaran keselamatan mereka dan

martabat kemanusiaan, risiko tindakan manusia seperti teknologi dapat menjadi masalah yang dibahas tajam. Kesadaran risiko teknologi tidak hanya diperoleh di negara-negara industri, tetapi isu ini juga bergema sampai ke daerah marginal di negara-negara berkembang, dan preferensi ini cenderung semakin meningkat di masa depan.

Di dalam fasilitas nuklir yang memiliki kriteria keamanan sangat ketat, pengambilan keputusan memainkan peran yang sangat penting. Kinerja pengambilan keputusan terutama tergantung pada a) kelengkapan dan keakuratan informasi pengumpulan data dan b) proses pengambilan keputusan itu sendiri. Dalam rangka meningkatkan integritas pengambilan keputusan, upaya harus dibayar sekurang-kurangnya pada kedua bagian. Integritas proses pengambilan keputusan didasarkan pada integritas informasi yang datang ke bagian dan metodologi yang digunakan untuk bekerja keputusan. Dari sisi ini, terlihat betapa pentingnya kinerja informasi yang dikumpulkan oleh sensor yang digunakan dalam sistem.

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 instrumen hukum internasional dan perjanjian untuk membantu negara-negara dalam memperkuat keamanan nuklir mereka untuk memerangi resiko terorisme nuklir.

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.

Keamanan bahan 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. Tujuan perekayasa adalah dilakukannya studi awal untuk

memadukan beberapa informasi dari data sensor guna mendukung pengambilan keputusan. Sedangkan sasaran perekayasa adalah diperolehnya informasi awal tentang penggunaan Wavelett untuk multisensor fusion pada masalah kemananan bahan nuklir di instalasi nuklir

Pada makalah ini akan dilakukan desain awal tentang tracking bahan nuklir dalam instalasi dengan tujuan untuk memadukan beberapa informasi dari data sensor guna mendukung pengambilan keputusan. Sasaran perekayasa adalah untuk memperoleh desain awal tentang penggunaan Wavelett pada multisensor fusion terkait masalah kemananan bahan nuklir di instalasi nuklir

Dengan demikian akan dapat diketahui kapan terjadi perpindahan bahan nuklir, dan jalur (track) perpindahannya. Pada saat bahan nuklir keluar dari daerah kontrol maka akan muncul alarm peringatan dan informasi yang ditampilkan di Sistem Manajemen Informasi.

## 2. TEORI

Multisensor data fusion merupakan 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 semesta. 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.

Sistem surveilans tradisional menggunakan sensor tunggal untuk deteksi target. Saat ini ada peningkatan minat menggunakan beberapa teknik penginderaan secara bersamaan. Tujuan dasar dari penggunaan beberapa sistem sensor tersebut adalah untuk meningkatkan kinerja sistem untuk keandalan atau kecepatan. Faktor lain yang mengharuskan penggunaan beberapa sensor adalah pertimbangan dalam peningkatan jumlah target dan peningkatan cakupan yang diperlukan.

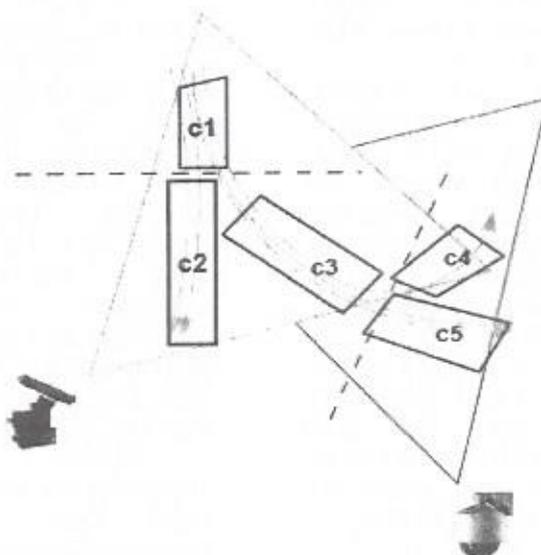
Beberapa pengembangan pada masalah deteksi dengan menggunakan multi

sensor untuk tujuan keandalan telah dilaporkan dalam beberapa literatur seperti Tenney dan Sandell yang mengembangkan teori untuk mendapatkan aturan deteksi terdistribusi Bayesian, metode Varshney yang ditujukan pada aturan yang berasal fusi optimal ketika aturan-aturan detektor individu diketahui; Kam, Zhu dan Gray mengembangkan aturan fusi data optimal untuk berkorelasi keputusan biner lokal dalam hal koefisien korelasi bersyarat dari semua perintah.

Luo dan Key mengembangkan integrasi multisensor dan fusi. Waltz dan Buede mengintegrasikan fusi data otomatis dan arsitektur umum sistem pendukung keputusan untuk tujuan militer yang meliputi data dasar, pelacakan multitarget, kombinasi data, manajemen sensor, penilaian situasi, dan analisis alternatif. Redus et. al. gabungan informasi dari detektor sinar gamma dari distribusi radioaktivitas dengan gambar video daerah tersebut untuk penentuan lokasi sumber. Kita et. al. mengembangkan konsep mobilitas dengan mengakomodasi berbagai sistem penginderaan mobile robot, dan kontrol yang

dikembangkan pada sistem visi aktif. Untuk memperoleh adaptasi dari perubahan lingkungan, maka sistem visi harus memiliki beberapa persyaratan seperti: pandangan yang luas, resolusi tinggi, pengolahan real-time, dan perangkat keras kompak. Untuk mewujudkan hal tersebut, ada dua pilihan yang tersedia yaitu a) menggunakan lensa mata ikan atau cermin kerucut yang resolusi sangat rendah, atau b) dengan menggunakan beberapa kamera yang jumlah informasi gambar menjadi sangat besar sehingga tidak dapat diproses real-time. Richardson dan Marsh mengembangkan konsep pada modularitas representasi variabel keadaan (*state*) dalam fusi multisensor. Joshi dan Sanderson mengembangkan representasi minimal fusi multisensor menggunakan evolusi diferensial.

Bila multisensory mengamati obyek yang sama, maka akan memungkinkan terjadinya redundansi informasi. Redundansi informasi dilakukan untuk meng"update informasi. Overlapping yang terjadi pada saat dipergunakan multisensor fusion dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Overlapping di antara dua buah sensor [2]

Metode yang paling populer dan efektif dalam sensor fusion antara lain *intensity hue-saturation* (IHS), *high-pass filtering*, analisis komponen utama (PCA), transformasi Brovey, metode analisis multi-resolusi misalnya transformasi piramida atau Wavelet, dan Jaringan Syaraf Tiruan (ANN).

Metode multi-resolusi atau multi-skala seperti transformasi piramida telah dipergunakan untuk fusi data sejak tahun 1980-an. Pada tahun 1989, Mallat meletakkan metode konstruksi wavelet ke dalam kerangka analisis fungsional dan menggambarkan transformasi algoritma *fast wavelet* dan membangun dasar ortonormal

wavelet. Untuk komputasi biasa dipergunakan transformasi Wavelett Diskrit yang direpresentasikan sebagai low pass filter sebagai berikut :

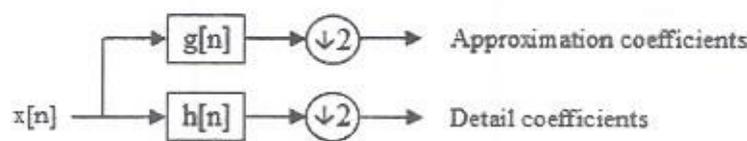
$$y[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[n - k].$$

Karena setengah frekuensi sinyal telah dihapus, maka separuh dari sampel dapat dibuang sesuai dengan aturan Nyquist's. Keluaran filter kemudian dicuplik menjadi 2 sebagai berikut :

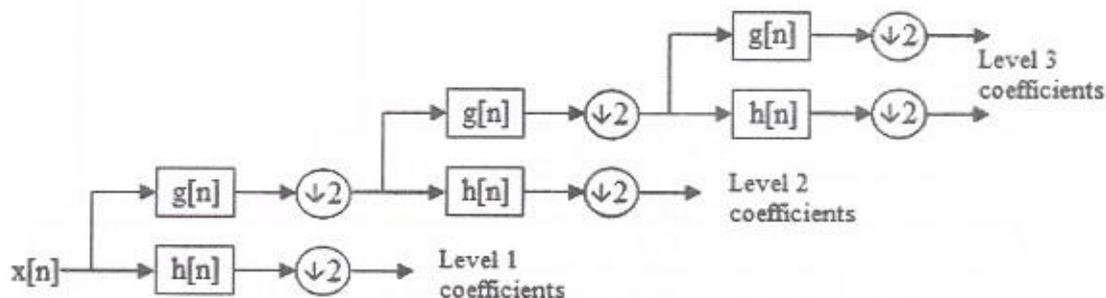
$$y_{low}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[2n - k]$$

$$y_{high}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[2n - k]$$

Dekomposisi ini membagi resolusi waktu menjadi 2 karena hanya setengah dari masing-masing keluaran filter mengkarakterisasi sinyal. Karena masing-masing keluaran memiliki setengah dari pita frekuensi masukan maka resolusi frekuensi me njadidua kali lipat. Filter Wavelett 2 tingkat dan 3 tingkat dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Filter Wavelett 2 tingkat [1]



Gambar 3. Filter Wavelett 3 tingkat [1]

### 3. METODOLOGI

Karena sasaran yang ingin dicapai dalam riset ini adalah jaminan bahwa bahan nuklir tetap berada pada lokasi yang sudah ditentukan, maka dilakukan batasan riset sebagai berikut :

- a) dipergunakan hanya 5 buah sensor visi, dimana 3 sensor merepresentasikan "boundary" daerah control, dan 2 sensor lagi untuk tracking bahan nuklir
- b) multisensor data fusion akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan Wavelett untuk memperoleh keandalan data yang tinggi.

Dipergunakannya 5 buah sensor jenis visi diharapkan agar persepsi informasi

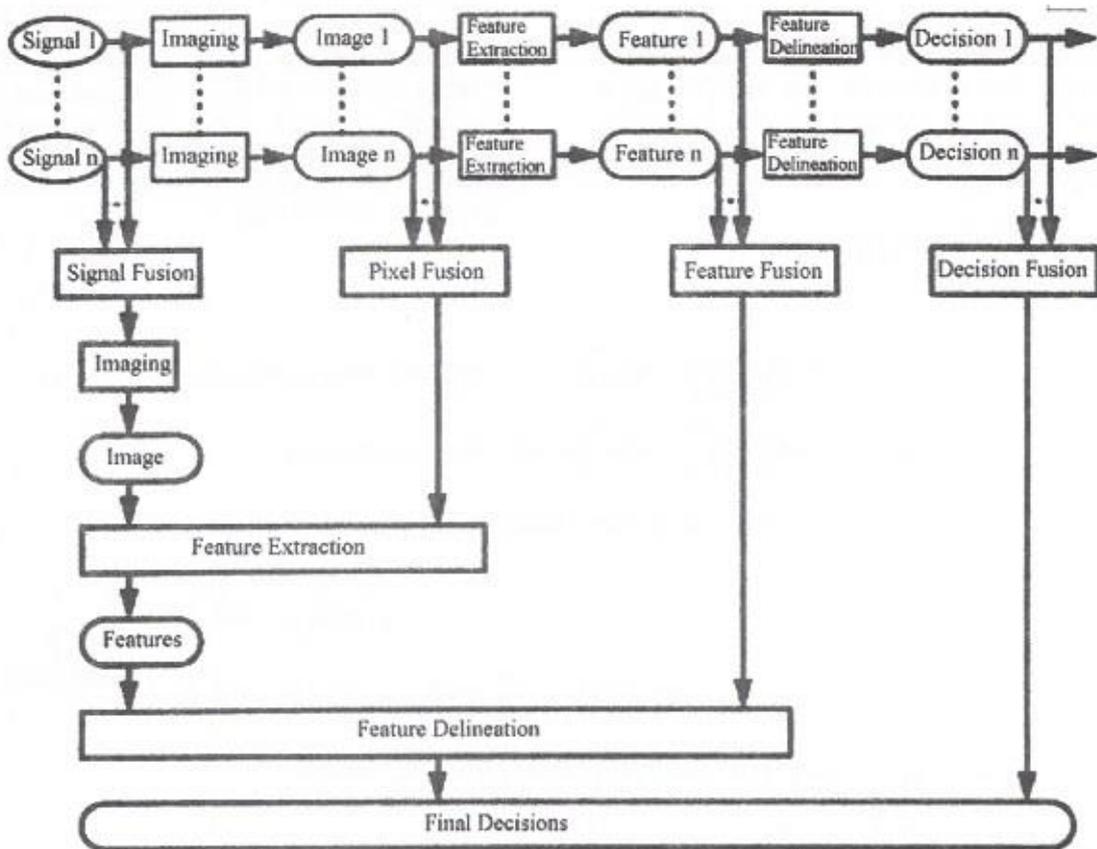
geometrik tracking obyek dari lingkungan berupa bahan nuklir dengan pengolahan data berbasisan multisensor data fusion yang dilakukan dengan menggunakan metode Wavelett dapat memperoleh keandalan data yang tinggi

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 akan diimplementasikan menggunakan pendekatan Wavelett.

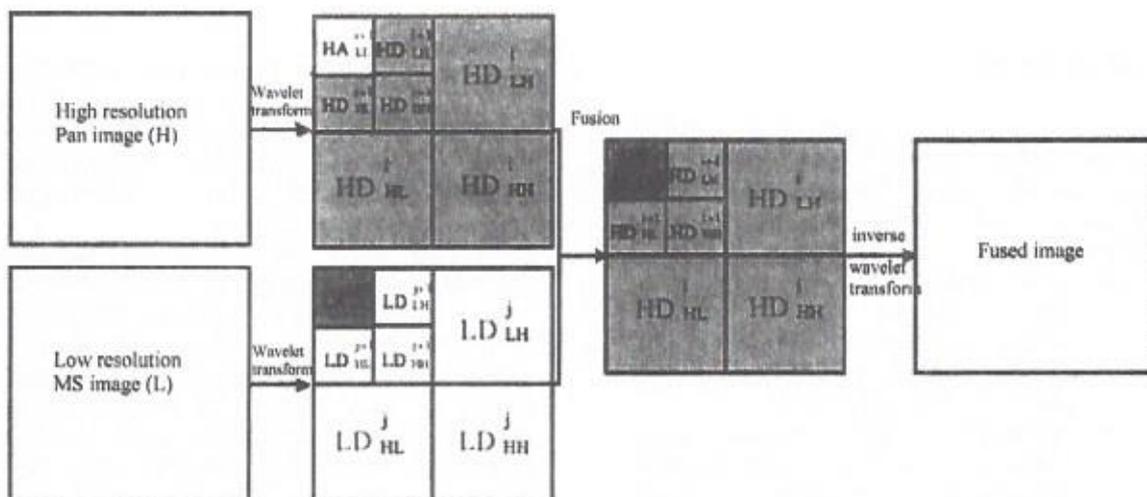
Secara umum rancangan sistem monitoring keamanan bahan nuklir

menggunakan multisensor fusion dapat direpresentasikan dalam blok diagram Gambar 4 di bawah. Pada gambar tampak bahwa multi-sensor data fusion dapat

dilakukan pada empat tingkat pengolahan yang berbeda, sesuai dengan tahap di mana fusi berlangsung yaitu: level sinyal, tingkat pixel, tingkat fitur, dan tingkat keputusan.



Gambar 4. Arsitektur Logika Ancaman Keamanan Bahan Nuklir [2]



Gambar 5. Multisensor Fusion Menggunakan Wavelett [2]

Atas dasar itu, transformasi wavelet dapat benar-benar diterapkan untuk citra

dekomposisi dan rekonstruksi seperti tampak pada Gambar 5. Transformasi Wavelet

memberikan sebuah kerangka di mana suatu gambar terurai, dengan tiap tingkat yang sesuai untuk sebuah jangkauan resolusi kasar.

Algoritma Multisensor Fusion Menggunakan Wavelett sebagai berikut [1]:

```
public static int[] invoke(int[] input)
{
    //This function assumes input.length=2^n, n>1
    int[] output = new int[input.length];

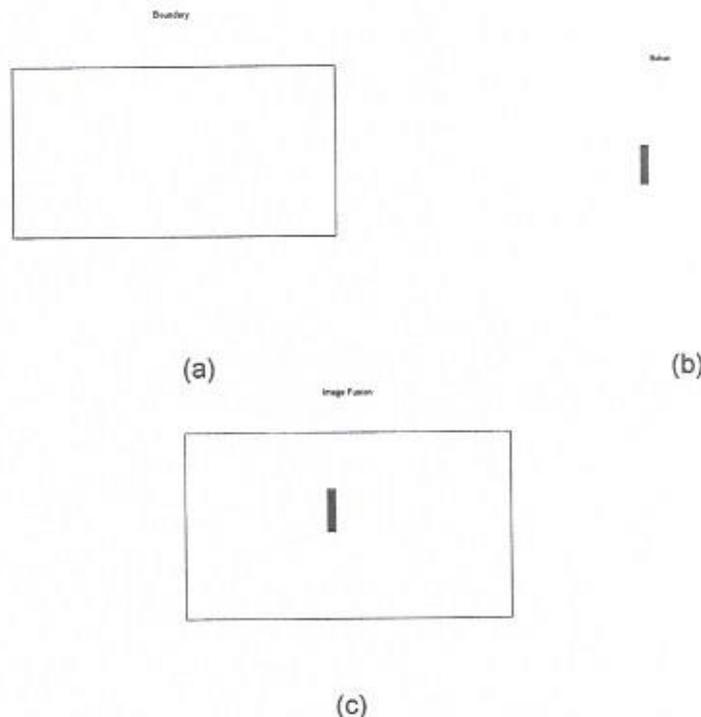
    for (int length = input.length >> 1; ; length >>= 1) {
        //length=input.length/2^n, WITH n INCREASING to log(input.length)/log(2)
        for (int i = 0; i < length; i++) {
            int sum = input[i*2]+input[i*2+1];
            int difference = input[i*2]-input[i*2+1];
            output[i] = sum;
            output[length+i] = difference;
        }
        if (length == 1)
            return output;

        //Swap arrays to do next iteration
        System.arraycopy(output, 0, input, 0, length<<1);
    }
}
```

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi perangkat lunak dikerjakan dengan menggunakan pemrograman MATLAB dengan menggunakan algoritma seperti tampak di atas. Dari data-data

masuk dalam bentuk boundary daerah kontrol (Gambar 6 (a)) dan elemen bahan nuklir (warna magenta pada Gambar 6 (b)), maka akan dapat dilakukan multisensor fusion seperti tampak pada Gambar 6 (c).



Gambar 6. Simulasi (a) area kontrol, (b) elemen bahan nuklir (c) fusi gambar bahan nuklir dalam area kontrol

Hasil simulasi akan menjadi masukan bagi sistem pengambil keputusan pada Sistem Informasi Manajemen untuk memberikan alarm peringatan maupun *record* akan status posisi bahan nuklir kepada pihak yang berwenang.

## 5. KESIMPULAN

Wavelett memberikan kinerja baik dalam penggabungan informasi citra dari beberapa sensor visi (kamera) dengan menggunakan pemrograman berbasis pemrograman Matlab, sehingga dapat direkomendasikan untuk dipergunakan sebagai metode dalam melakukan tracking bahan nuklir.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1][http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete wavelet transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_wavelet_transform) diunduh 20 November 2010
- [2] SNIDARO, L., PRICIARELLY, Fusion of Trajectory Clusters for situation Assessment