

## Aplikasi MATLAB dan MySQL untuk Simulasi Jatuhan Radioaktif di Sekitar Fasilitas Nuklir

Supriyono<sup>1</sup>, Ause Labellapansa<sup>2</sup>, Suwardi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, BATAN  
Jl. Babarsari Po.Box 1008 Yogyakarta.

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta

<sup>3</sup>Pusat Pengembangan Teknologi Bahan Daur Ulang, BATAN  
Kompleks PUSPIPTEK Serpong Tangerang.

### Abstract

*On places that have nuclear facilities, there was amount of stationer station to look over of dropping radioactive. All of radioactive dropped spots may knew how big of entirely radioactive as dropped with direct observing data's from stationer station, we can use measurement with Finite Element Method. The measurement steps were to split area around of nuclear facility to square elements, where on of spot square element was a stationer station. After dissertation process substituted into element equation and proceed with incorporation element equation, will resulted coefficient of Jacobi equation, dropped quantity, and area broad. Data needed was stationer station spots ordinate and large of radioactive dropped. Data that run with database system on MySQL software and those data was measure with element method with MATLAB software. Result on this research showed that system may use for measuring dropped radioactive on each dropped spot on entire nuclear zone, equally.*

**Kata kunci:** fasilitas, nuklir, jatuhan, radioaktif, metode elemen hingga, matlab, mysql.

### 1. Pendahuluan

Dalam sebuah wilayah nuklir, terdapat sejumlah stasiun pemantau untuk memantau jatuhan radioaktif. Tiap-tiap stasiun pemantau tersebut tidak dapat memantau jatuhan radioaktif keseluruhan wilayah pada daerah nuklir. Ada beberapa cara yang digunakan untuk dapat menentukan jatuhan radioaktif secara keseluruhan misalnya secara statistik dan juga dengan cara membangun stasiun pemantau jatuhan yang baru yang berharga mahal [1].

Salah satu cara lain memecahkan masalah tersebut yaitu dengan mengaplikasikan metode elemen hingga (*finite element method*) ke dalam alat hitung yang canggih yaitu komputer yang memiliki tingkat ketelitian yang tinggi yang mampu menentukan jatuhan radioaktif tanpa harus membangun stasiun pemantau yang baru yang berharga mahal, dimana Metode elemen hingga merupakan suatu metode pendiskritan atau membagi suatu benda menjadi benda-benda yang berukuran lebih kecil. Dengan kata lain, benda tersebut didiskritkan ke dalam segmen-segmen kecil. [2].

Aplikasi metode elemen hingga dilakukan dengan cara melakukan proses diskritisasi pada wilayah nuklir. Wilayah nuklir dibagi menjadi elemen segi empat dengan titik-titik sudut yang nantinya titik titik sudut tersebut merupakan stasiun-stasiun pengumpul jatuhan radioaktif. Masing masing titik sudut tersebut akan dievaluasi secara periodik sehingga diperoleh data akumulasi jatuhan per satuan luas tiap stasiun dan setiap perioda (misalnya satu tahun), dengan demikian jatuhan radioaktif akan diketahui pada tiap-tiap wilayah elemen segi

empat yang terdiskritisasi tadi sehingga tidak perlu untuk membangun stasiun pemantau jatuhan radioaktif yang baru yang memakan biaya mahal [1]

Dalam penelitian [1] telah dibuat program yang masih statis, yaitu input data koordinat titik-titik elemennya dituliskan di dalam program. Untuk mengembangkan program pada [1] dibangunlah suatu sistem yang lebih dinamis dan lebih bersifat *user friendly* dengan menggunakan dua buah perangkat lunak, yaitu Perangkat lunak yang dipakai untuk membuat sistem pemantau jatuhan radioaktif pada wilayah nuklir adalah menggunakan MATLAB 6.5 yang merupakan perangkat lunak khusus untuk perhitungan dan MySQL yang digunakan untuk menyimpan data yang dimasukkan ke dalam sistem database. Sehingga program dapat dengan mudah memasukkan jumlah stasiun pengamatan, letak koordinat masing-masing pengamatan dan besarnya jatuhan radioaktif untuk masing-masing stasiun pengamatan.

Dalam penelitian ini, data tentang lokasi wilayah nuklir beserta jatuhan radioaktifnya merupakan data simulasi. Dengan dapat dibangunnya sistem ini, maka sistem ini dapat dijadikan sebagai alat bantu yang murah yang dapat digunakan untuk memantau jatuhan radioaktif pada suatu wilayah nuklir sebagai pengganti stasiun pengamatan jatuhan radioaktif.

## 2. Landasan Teori

Radioaktif adalah disintegrasi atau kehancuran spontan dari inti atom tertentu yang diiringi dengan pemancaran partikel alfa (inti helium), partikel beta (elektron) dan partikel gamma (gelombang elektromagnetik gelombang pendek) [3]. Jatuhan radioaktif dapat bersumber dari kegiatan dan kejadian lokal, regional ataupun global. Kejadian yang memberi dampak global, misalnya ledakan bom nuklir yang melepaskan debu radioaktif ke atmosfer lapisan atas dan menyebar ke seluruh penjuru dunia yang merupakan sumber pokok radioaktivitas jatuhan. Adapun contoh kejadian yang memberi dampak regional adalah kecelakaan reaktor Chernobyl yang menyebabkan penyebaran radioaktivitas ke negara tetangga dan juga percobaan senjata nuklir di Polynesia yang menyebar sampai ke Australia.

Pemantauan jatuhan radioaktif dilakukan di sekitar instalasi nuklir yang mempunyai potensi melepaskan radionuklida, sebelum dan selama pengoperasiannya. Pemantauan dilakukan dengan menempatkan peralatan pengumpul jatuhan di beberapa tempat atau stasiun yang ditentukan dan masing-masing dievaluasi secara periodik. Akan diperoleh data akumulasi jatuhan persatuan luas tiap stasiun dan setiap periode (1 bulan misalnya). Evaluasi kontribusi kegiatan fasilitas terhadap radioaktivitas jatuhan di sekitarnya dapat dilakukan dengan menentukan korelasi antara data presipitasi tiap stasiun dengan jarak stasiun ke fasilitas nuklir.

Penempatan stasiun kadang-kadang tidak dapat mengikuti dengan baik kaidah statistik dengan permasalahannya, misalnya karena alasan geografi dan justru kerapatan disesuaikan dengan kerapatan penduduk serta kepentingan proteksi lain. Untuk itulah disini dibahas pemanfaatan metode elemen hingga untuk memperhatikan penyebaran stasiun dan menghitung total kuantitas jatuhan radioaktif pada wilayah nuklir [1].

Menurut [1] langkah penyelesaian dengan menggunakan metode elemen hingga untuk masalah ini adalah:

- Pemilihan jenis elemen.
- Pendiskritan wilayah menjadi elemen-elemen berbentuk segi empat.
- Aproksimasi laju presipitasi masing-masing elemen dalam variabel acuan  $(u(\xi, \eta))$ , dan hubungan antara koordinat acuan  $(d\xi, d\eta)$  dan koordinat nyata  $(dx, dy)$
- Menghitung presipitasi  $\{q = \text{Integral}(u da)\}$  masing-masing elemen dan penjumlahan keseluruhan  $(Q = \sum q)$ .

Keempat langkah tersebut secara detail dan runtut telah dituliskan dan dibuktikan pada [1].

### 3. Metode Penelitian

Sesuai dengan kebutuhan suatu sistem informasi [4] dalam membangun perangkat lunak diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

#### 3.1 Menentukan analisis kebutuhan.

Sistem yang baik adalah suatu sistem yang benar, efisien dan mudah pengoperasiannya serta menarik. Agar tercapai tujuan membangun sistem yang baik, maka proses pekerjaan harus dimulai dari menyusun analisis kebutuhan yang meliputi:

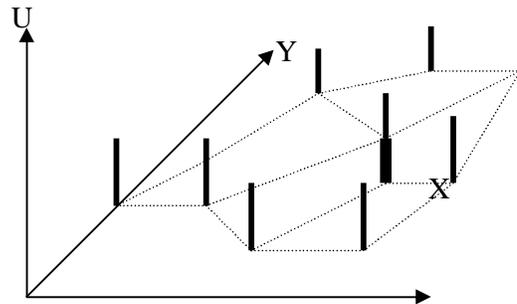
##### a. Kebutuhan input

Data yang digunakan sebagai masukan untuk menemukan total jatuhan dan endapan radioaktif menggunakan metode elemen hingga yang detail teorinya ditulis pada [1]. Input pada sistem ini disajikan pada tabel 1. sebagai berikut:

**Tabel 1.** Data masukan untuk menghitung total jatuhan radioaktif

Variabel Persamaan	Keterangan	Satuan
X	Nilai masukan koordinat x wilayah nuklir	Km
Y	Nilai masukan koordinat y wilayah nuklir	Km
U	Laju presipitasi total	Mdps/Km <sup>2</sup>

Untuk lebih memperjelas bentuk elemen dan proses diskritisasi wilayah amatan, maka ditampilkan ruang amatan seperti yang ditampilkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Ruang amatan di sekitar fasilitas nuklir

##### b. Kebutuhan proses

Kebutuhan proses masukan data dilakukan dengan memasukkan data ke persamaan-persamaan metode elemen hingga yang kemudian data tersebut akan diproses sistem. Adapun persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

- Determinan Jacobi Elemen Segi Empat
 
$$\text{Det } [J] = J_0 + J_{1\xi} + J_{2\eta} \quad \dots\dots (1)$$

dimana :

$$J_0 = (1/8) [(y_4 - y_2)(x_3 - x_1) - (y_3 - y_1)(x_4 - x_2)]$$

$$J_1 = (1/8) [(y_3 - y_4)(x_2 - x_1) - (y_2 - y_1)(x_3 - x_4)]$$

$$J_2 = (1/8) [(y_4 - y_1)(x_3 - x_2) - (y_3 - y_2)(x_4 - x_1)]$$

- Presipitasi elemen q

$$\mathbf{q} = \left\langle J_0 \frac{J_1}{3} \frac{J_2}{3} \right\rangle \begin{Bmatrix} u_i + u_j + u_k + u_l \\ -u_i + u_j + u_k - u_l \\ -u_i - u_j + u_k + u_l \end{Bmatrix} \quad \dots\dots (2)$$

- Koefisien  $j_0, j_1$  dan  $j_2$  adalah fungsi koordinat simpul  $X_n = \langle X_n, Y_n \rangle$
- $u_i, u_j, u_k, u_l$  adalah presipitasi pada simpul-simpul elemen.

- Total jatuhan radioaktif  
 $Q_t = \sum (q)$  ..... (3)
- Luas wilayah elemen segi empat  
 $A = 4 \times (J(:,1))$  ..... (4)
- Luas total wilayah nuklir  
 $A_t = 4 \times \sum (J(:,1))$  ..... (5)
- Rata-rata jatuhan radioaktif  
 $Q_r = q_t / A_t$  ..... (6)

**c. Kebutuhan output**

Sesuai dengan prinsip membangun sistem, maka peranan output juga penting. Minimal output dapat memperlihatkan hasil akhir. Dalam penelitian ini, berdasarkan analisis kebutuhan masukan dan kebutuhan proses, maka sistem penentuan jatuhan radioaktif ini akan memberikan total jatuhan tiap-tiap elemen ke-i dan kemudian akan didapatkan total keseluruhan jatuhan dan endapan radioaktif dengan menggabungkan total jatuhan radioaktif tiap-tiap elemen tersebut. Hasil keluaran berupa pola jatuhan dan endapan radioaktif dalam bidang amatan.

**Tabel 2.** Data keluaran hasil hitung jatuhan radioaktif

<i>Keluaran</i>	<i>Satuan</i>
Koofesien persamaan Jacobi	-
Kuantitas Jatuhan Radioaktif	Mdps
Luas Wilayah Tiap Elemen dan Luas Wilayah Keseluruhan	Km
Total Jatuhan Keseluruhan	Mdps

Hasil akhir yang diharapkan adalah mengetahui total jatuhan radioaktif pada wilayah nuklir.

**d. Kebutuhan interface (antar muka atau tampilan).**

Yang tidak kalah penting dalam membangun sistem adalah bentuk antar muka yang memungkinkan sistem dijalankan dengan mudah. Selain itu, sistem juga harus dapat memfasilitasi kebutuhan input dan output dengan baik.

**e. Kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras.**

Dalam membangun sistem ada 2 hal tentang perangkat keras yang perlu diperhatikan, yang pertama adalah dengan spesifikasi apa sistem itu dibangun dan dengan spesifikasi apa sistem itu dapat dijalankan. Sistem ini dibangun dengan perangkat keras komputer pentium 100 Mhz dengan RAM 32 MB dan dapat dijalankan dengan komputer pentium setara ke atas. Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem adalah Matlab 6.5, MySQL dengan sistem operasi Windows 98.

**3.2 Pembuatan perancangan sistem**

Dalam penelitian ini sistem dirancang untuk menghitung jumlah jatuhan radioaktif daerah persekitaran fasilitas nuklir. Dimisalkan fasilitas nuklir sebagai sumber jatuhan berada di tengah persekitaran. Di area persekitaran tersebut, secara melingkar yang tidak beraturan ada stasiun pengamatan jatuhan. Tentunya jumlah stasiun sangat terbatas. Dengan jumlah stasiun yang terbatas tersebut, dibangun sistem yang dapat menghitung rata-rata jatuhan radioaktif dipersekitaran fasilitas nuklir tersebut. Untuk itu sesuai dengan analisis kebutuhan proses dan kebutuhan input diagram alir sistem penentuan jatuhan radioaktif disusun seperti pada lampiran 1.

### 3.3 Membangun program komputer

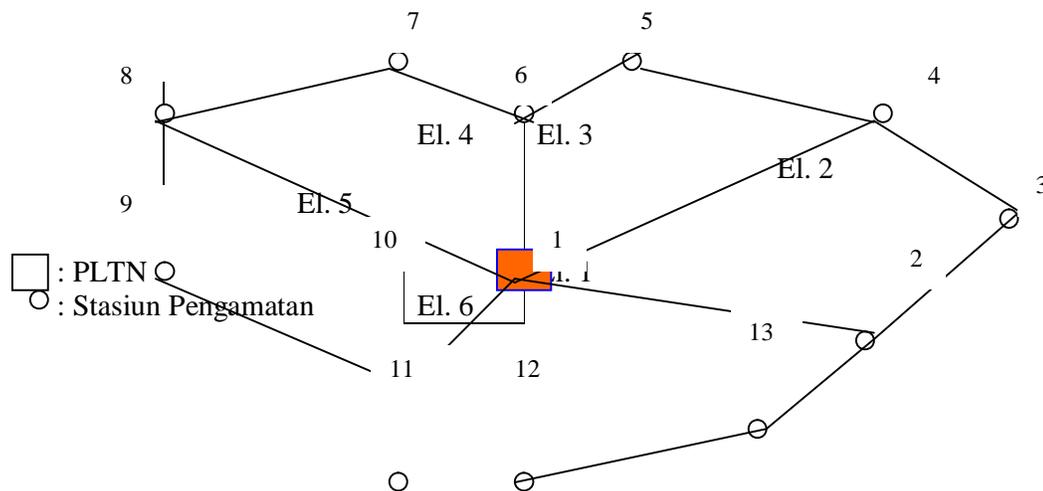
Program komputer yang digunakan untuk membangun sistem ini adalah perangkat lunak Matlab 6.5 dengan alasan bahwa Matlab 6.5 merupakan bahasa komputasi teknis yang sangat populer dan sangat mudah digunakan serta mudah pula untuk dipahami struktur bahasanya [4]. Selain itu, Matlab 6.5 mempunyai area besar, mempunyai type data baru, struktur dan fasilitas-fasilitas grafik yang lebih baik dan cepat pemrosesannya. Untuk penyimpanan titik-titik ordinat dan besarnya jatuhnya radioaktif pada masing-masing stasiun, digunakan MySQL. Dengan listing program yang sangat panjang, maka listing program dalam penelitian ini tidak dapat ditampilkan dalam makalah ini.

### 3.4 Pengujian program.

Setelah sistem selesai dibangun, maka harus diuji apakah sistem dapat berjalan dengan baik dan mudah dioperasikan. Dalam penelitian ini, sebagai obyek pengujian adalah dimisalkan ada sebuah Pusat Listrik Tenaga Nuklir pada pusat persekitaran dan beberapa stasiun pengamatan. Data-data tentang PLTN beserta letak stasiun maupun besarnya jatuhnya radioaktif merupakan data simulasi (pemisalan). Secara detail, pengujian beserta hasilnya dibahas pada bab Hasil dan Pembahasan.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Dimisalkan suatu PLTN dengan 12 buah stasiun pengamatan dengan letak koordinat masing-masing stasiun dan PLTN sebagai pusat sebaran digambarkan seperti gambar 2. berikut.



**Gambar 2.** Letak koodinat PLTN dan stasiun pengamatan

Dari gambar 2. di atas, daerah persekitaran didiskritisasi dengan elemen segi empat yang terdiri dari 13 titik elemen dan 6 buah elemen. Dengan memasukkan letak koordinat seperti pada tabel 3.

**Tabel 3.** Koordinat nyata simpul-simpul elemen dan laju presipitasi

No. Simpul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>x, km</i>	0	30	40	30	10	0	-10	-30	-30	-10	-10	0	20
<i>y, km</i>	0	-10	10	20	30	20	30	20	0	-10	-20	-20	-10
<i>U</i>	10	10	5	10	15	20	15	10	10	15	10	10	10

Pada masing-masing titik elemen dan besarnya jatuhan radioaktif serta posisi nomor elemen untuk masing-masing elemen seperti pada tabel 4.

**Tabel 4.** Elemen dan simpul-simpul dengan nomor global

No. Elemen	No. simpul i	No. simpul j	No. simpul k	No. simpul l
I	1	2	13	12
II	1	4	3	2
III	1	6	5	4
IV	1	8	7	6
V	1	10	9	8
VI	1	12	11	10

maka dihasilkan gambar 3. berupa nilai input dan output sbb:

**Gambar 3.** Perhitungan jatuhan radioaktif

Dari gambar 3, di atas hasil perhitungan menunjukkan bahwa jatuhan radioaktif menggunakan metode elemen hingga terdiri dari koefesien persamaan determinan jacob, aproksimasi kuantitas jatuhan 5 wilayah tersebut, luas tiap-tiap 5 wilayah, luas wilayah keseluruhan dan total jatuhan keseluruhan.

**Tabel 5.** Koefisien persamaan determinan Jacobi (J)

<i>No. elemen</i>	<i>Je(1)</i>	<i>Je(2)</i>	<i>Je(3)</i>
1	100	25	-25
2	150	-50	-25
3	112.5	-50	12.5
4	112.5	12.5	-50
5	75	-75	0
6	37.5	-37.5	0

**Tabel 6.** Aproksimasi kuantitas jatuhan 5 wilayah empat titik (q)

<i>Kuantitas jatuhan</i>	<i>Elemen 1</i>	<i>Elemen 2</i>	<i>Elemen 3</i>	<i>Elemen 4</i>	<i>Elemen 5</i>	<i>Elemen 6</i>
Q, Mdps	4000	5375	5916.67	5916.67	3250	1750

**Tabel 7.** Luas tiap wilayah (A)

<i>Luas</i>	<i>Elemen 1</i>	<i>Elemen 2</i>	<i>Elemen 3</i>	<i>Elemen 4</i>	<i>Elemen 5</i>	<i>Elemen 6</i>
Km <sup>2</sup>	400	600	450	450	300	150

Luas Wilayah Total ( $A_{total}$ ) = 2350 km<sup>2</sup>.

Total jatuhan (Q) = 26208.3 Mdps

Rata-rata jatuhan ( $Q_r$ ) = 11.1525 Mdps

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab Hasil dan Pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal yang menyangkut sistem aplikasi metode elemen hingga untuk menentukan jatuhan radioaktif pada wilayah nuklir, antara lain:

- Sistem yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui jatuhan radioaktif pada persekitaran fasilitas nuklir untuk waktu amatan tertentu dengan menggunakan metode elemen hingga.
- Sistem penentuan jatuhan radioaktif ini dapat mengetahui jatuhan pada tiap-tiap wilayah yang terdiskrit, jatuhan keseluruhan wilayah, luas wilayah terdiskrit serta luas wilayah total sehingga tidak diperlukan lagi untuk membangun stasiun pemantau jatuhan radioaktif yang baru yang berharga mahal.
- Untuk otomatisasi jatuhan radioaktif secara berkala, dengan Matlab 6.5 dan MySQL dapat dikembangkan peramalannya.

## Daftar Pustaka

- Suwardi., "Perhitungan Kuantitas Jatuhan Radioaktif Dengan Metode Elemen Hingga Bilinier". Yogyakarta" Diktat pada Diklat Pemodelan dan Simulasi untuk Analisis Lingkungan, STTN Yogyakarta, 1993.
- Desai Chandrakant S. "Dasar-dasar Metode Elemen Hingga" Erlangga, Jakarta, 1996.
- Daintith, J., "Kamus Lengkap Kimia", Erlangga, Jakarta, 1997.
- The Matlab Curriculum Series, "The Student Edition of Matlab", Prentice Hall, Inc, New Jersey, 1992.
- Pranata, Antony, "Pemrograman Borland Delphi", Andi Offset, Yogyakarta, 2002.

### Lampiran 1. Diagram Alir Sistem Jatuhan Radioaktif

