

## **STUDI AWAL PENGELOMPOKAN BATU GINJAL MENGGUNAKAN DUAL ENERGY MICRO CT SCAN**

**Fadhila Ulfa Jhora<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang

<sup>1)</sup>Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang  
fadhila.jhora@fmipa.unp.ac.id

### **ABSTRACT**

*Batu ginjal merupakan padatan yang terbentuk di dalam saluran kemih akibat adanya penggumpalan zat-zat organik dan non organik yang seharusnya larut di dalam urin. Batu ginjal harus dikeluarkan baik melalui urin maupun melalui terapi dan pembedahan. Sebelum dilakukan terapi atau pembedahan, perlu diketahui komposisi dan jenis batu ginjal yang diperlukan dalam penentuan diagnosis dan tindakan pengobatan yang tepat. Micro CT merupakan modality pencitraan yang dapat menunjukkan struktur anatomi dan morfologi batu ginjal berdasarkan nilai atenuasinya dengan ketelitian dalam orde mikro dibandingkan dengan CT konvensional biasa. Namun, terdapat kelemahan jika menggunakan single energy micro CT dalam pengelompokan batu ginjal. Hasil citra pada energi tinggi tidak dapat membedakan dengan baik antara batu dengan densitas yang rendah dan tinggi namun dosis yang diterima pasien cukup rendah sehingga tidak membahayakan, dan sebaliknya untuk citra energi rendah. Dalam hal ini diperlukan metode dual energi untuk membedakan batu ginjal dengan tepat. Sebelum menggunakan metode dual energi diperlukan data perbedaan atenuasi batu untuk penyinaran berbeda. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai atenuasi batu. Metode penelitian dilakukan secara komputasi menggunakan software PEGS4. Sebagai input data adalah komponen penyusun batu dan densitas batu. Hasil yang didapatkan adalah, pertama, dengan tingkat penyinaran berbeda, beberapa batu tidak dapat dikarakterisasi dengan menggunakan single energi saja. Atenuasi brushite dan struvite hampir sama, sehingga sulit untuk dibedakan. Kedua, single energi micro CT perlu dikoreksi menggunakan dual energi micro CT untuk mengelompokkan batu ginjal dengan tepat*

**Keywords :** Batu ginjal, dual energi, micro ct scan

### **PENDAHULUAN**

Batu ginjal merupakan padatan yang terbentuk di dalam saluran kemih akibat adanya penggumpalan zat-zat organik dan non organik yang seharusnya larut di dalam urin <sup>[1]</sup>. Batu ginjal harus dikeluarkan baik melalui urin maupun melalui terapi dan pembedahan. Sebelum dilakukan terapi atau pembedahan, perlu diketahui komposisi dan jenis batu ginjal yang diperlukan dalam penentuan diagnosis dan tindakan pengobatan yang tepat.

Salah satu modalitas untuk mengetahui komposisi dan jenis batu ginjal adalah *micro CT scan*. *Micro CT* merupakan *modality* pencitraan yang dapat menunjukkan struktur anatomi dan morfologi batu ginjal dengan ketelitian dalam orde mikro dibandingkan dengan CT konvensional biasa. Selain menunjukkan struktur morfologi, *micro CT* juga dapat menunjukkan informasi mengenai atenuasi batu ginjal yang di *scanning*. Nilai atenuasi dapat

diperoleh dari citra proyeksi dan digunakan untuk merekonstruksi citra. Nilai atenuasi yang diperoleh kemudian dapat digunakan dalam analisis menentukan densitas dan karakteristik batu ginjal.

Keunggulan yang dimiliki *micro CT* yang telah dijelaskan belum berhasil secara maksimal dalam menentukan jenis batu ginjal. *Single* energi sinar X yang digunakan pada *micro CT* belum bisa membedakan antara batu *struvite* dan *cystine*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai atenuasi kedua batu tersebut yang saling tumpang tindih pada energi tertentu. Kelemahan lainnya adalah hasil citra pada energi tinggi tidak dapat membedakan dengan baik antara batu dengan densitas yang rendah dan tinggi namun dosis yang diterima pasien cukup rendah sehingga tidak membahayakan. Berbeda halnya dengan energi rendah, hasil citra dapat membedakan dengan baik antara batu yang memiliki densitas rendah dengan batu yang memiliki densitas tinggi.

*Micro CT scan* pada prinsipnya sama dengan *CT scan*. Ketika suatu objek dilewati sinar X, maka ada sebagian sinar akan diserap atau diatenuasi oleh objek berdasarkan ketebalannya. Prinsip atenuasi sinar X ini digunakan dalam menentukan densitas dan karakteristik suatu objek [2].

Perbedaan mendasar antara *modality CT scan* dengan *micro CT* adalah pada posisi objek yang di *scan*. Objek yang di *scan* tetap dalam keadaan diam, sementara sumber radiasi dan detektor yang akan berputar selama *scanning* menggunakan *CT scan*. Sedangkan objek yang di *scan* dapat berputar 360° selama *scanning* menggunakan *micro CT* untuk mendapatkan banyak data tentang mikrostruktur objek.

*Micro CT* menghasilkan citra proyeksi berdasarkan perbedaan atenuasi objek yang di *scanning*. Secara umum, atenuasi jaringan ditunjukkan dengan nilai *CT number*nya. *CT number* dipengaruhi oleh efek fotolistrik dan efek Compton dimana keduanya juga bergantung pada energi dan jenis material yang di *scanning* [3]. Mekanisme efek fotolistrik dan efek Compton pada suatu jaringan dapat dikenali dengan lebih baik dengan memanfaatkan perkembangan teknologi *CT scan* yakni dual energi *CT*. Dual energi *CT* merupakan pencitraan dengan menggunakan dua spektrum sinar X yang berbeda.

Proses penyerapan sinar X dapat dijelaskan sebagai berikut. Banyaknya intensitas berkas yang berkurang setelah melewati objek dengan ketebalan  $dx$  dapat ditentukan, yakni sebanding dengan banyaknya intensitas berkas sebelum melewati objek sesuai dengan Persamaan (1) berikut [4] :

$$\frac{dI}{dx} = -\mu I \quad (1)$$

atau dapat dituliskan menjadi Persamaan (II) berikut:

$$dI = -\mu I dx \quad (2)$$

$\mu$  merupakan koefisien atenuasi liner objek. Tanda minus menunjukkan bahwa jumlah intensitas berkas berkurang dengan bertambahnya ketebalan objek. Persamaan dapat ditulis dalam bentuk eksponensial sebagai berikut:

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (3)$$

Persamaan (3) berlaku dengan asumsi sumber energi sinar X adalah *pencil beam*, *monoenergetic* dan berlangsung pada satu medium. Berdasarkan Persamaan (3) dapat dijelaskan bawa nilai koefisien atenuasi objek akan meningkat atau berkurang jika intensitas sinar X ditingkatkan atau dikurangi.

Pada batu ginjal, lebih dari 80% batu terdiri dari kalsium yang berikatan dengan oksalat dan fosfat membentuk batu kalsium oksalat dan kalsium fosfat, dan sisanya merupakan batu urid acid (UA), *cystine*, *brushite*, dan *struvite*. Jenis batu ginjal beserta komponen penyusun kimianya [5] dapat dijelaskan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jenis dan Komponen Penyusun Batu Ginjal

No	Jenis Batu Ginjal	Komponen Penyusun Kimia Batu Ginjal
Batu Urid Acid (UA)		
1	Urid acid	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>
2	Urid acid dihydrate	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub> .2H <sub>2</sub> O
3	Ammonium urate	C <sub>5</sub> H <sub>3</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>
Batu non UA		
4	Calcium oxalate monohydrate	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O
5	Calcium oxalate dihydrate	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O
6	Calcium hydroxyapatite	Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub>
7	Carbonate apatite	Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ,CO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> (OH,CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
8	Calcium phosphatite	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
9	Brushite	CaHPO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O
10	Struvite	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O
11	Cystine	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> S <sub>2</sub>
12	2,8-dihydroxyadenine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N <sub>5</sub> O <sub>2</sub>

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa batu jenis UA terdiri dari atom ringan (H,C,N,O) dibandingkan dengan batu jenis non UA yang terdiri dari atom berat (P,Ca,S), sehingga  $Z_{\text{eff}}$  batu UA akan cenderung lebih kecil dibandingkan batu non UA. Nilai Z yang bervariasi di antara masing-masing jenis batu ginjal mempengaruhi besarnya atenuasi atau serapan batu ketika disinari oleh sinar X. Dual energi merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan *bone mineral density* organ tertentu menggunakan sinar X dual energi.

Sinar X dual energi digunakan untuk mengoptimalkan penentuan *bone mineral density* antara jaringan lunak dan jaringan tulang di sekitar organ yang memiliki perbedaan densitas [6]. Pada prinsipnya sinar X dual energi yang digunakan adalah sinar X energi rendah dan energi tinggi dimana sumber energi tersebut diperoleh bergantung dari mekanisme *modality* yang digunakan. Pada beberapa perangkat digunakan generator dengan energi rendah (70-100 kVp) dan energi tinggi (140 kVp) secara bergantian selama proses penyinaran, dan pada beberapa perangkat lain menggunakan generator dengan *beam* yang konstan namun menggunakan filter tertentu untuk memisahkan energi tinggi dan energi rendah [7]. Penelitian ini fokus pada penentuan atenuasi batu ginjal pada beberapa tingkat energi sebagai data awal dalam pengelompokan batu ginjal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi dan mengelompokkan bahwa pada batu ginjal diperlukan dual energi dalam penyinaran untuk bisa menentukan jenis dan komposisi batu lebih akurat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mengambil data secara komputasi untuk menghitung atenuasi batu. menggunakan *software* PEGS4. Sebagai input data adalah komponen penyusun batu dan densitas batu.

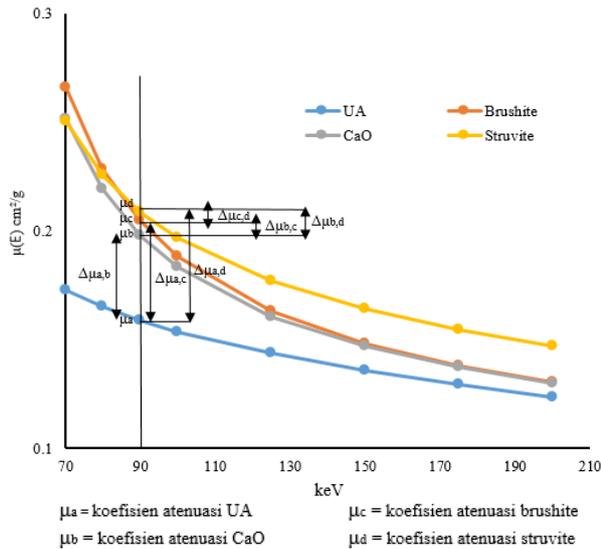
PEGS4 merupakan perangkat yang digunakan untuk menghasilkan material dataset yang menggunakan EGSnrc. Beberapa operasi yang digunakan untuk menghasilkan dataset tersebut adalah, memilih material yang akan digunakan, memilih energi cut off, dan menghasilkan output data menggunakan EGSnrc. Dalam menggunakan PEGS4 terdapat beberapa pilihan, yaitu ELEM yang merujuk pada *element*, COMP yang merujuk pada *compound*, dan MIXT yang merujuk pada *mixture*. Tujuan dari ketiga pilihan tersebut adalah untuk menentukan jenis material berbeda baik yang terdiri dari unsur, senyawa, maupun campuran.

Parameter yang dibutuhkan untuk menentukan jenis material adalah densitas, nomor atom masing-masing unsur dalam komponen penyusunnya, berat atom dan proporsinya dalam senyawa atau campuran. Selanjutnya PEGS4 akan mendigitasi parameter tersebut untuk menghasilkan sejumlah output data meliputi pengaruh efek fotolistrik, hamburan Compton, dan total atenuasi dari material. Terakhir data tersebut dapat diplot dalam bentuk grafik hubungan antara jenis material dan total atenuasi nya pada rentang energi tertentu. Hal yang serupa digunakan untuk menghasilkan data grafik antara jenis batu dengan pengaruh atenuasinya.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

Setelah dilakukan perhitungan komputasi menggunakan PEGS4, didapatkan pengelompokan batu ginjal berdasarkan atenuasinya sebagai berikut. Batu non UA yaitu *brushite*, *calcium oksalat*, dan *struvite* memiliki koefisien atenuasi yang lebih besar dibandingkan batu UA pada energi yang sama. Hal ini dikarenakan batu non UA terdiri dari komponen atom berat seperti Ca, P dan S sehingga nilai Z nya lebih besar dan densitasnya juga akan lebih tinggi. Hasil komputasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik total atenuasi untuk beberapa jenis batu terhadap energi hasil komputasi menggunakan PEGS4. Selisih atenuasi batu UA, kalsium oksalat, *brushite*, dan *struvite* berurutan pada energi 90 keV ditunjukkan dengan  $\Delta\mu$  masing-masing batu

## 2. Pembahasan

Beberapa informasi dapat dijelaskan berdasarkan data yang didapatkan. Pertama, untuk salah satu tingkat energi yang sama (90 keV) batu non UA yaitu *brushite*, kalsium oksalat, dan *struvite* memiliki koefisien atenuasi yang lebih besar dibandingkan batu UA. Hal ini dikarenakan batu non UA terdiri dari komponen atom berat seperti Ca, P dan S sehingga nilai Z nya lebih besar dan densitasnya juga akan lebih tinggi dibandingkan batu UA.

Kedua, pada salah satu tingkat energi saja (90 keV) atenuasi *brushite* dan *struvite* hampir sama, sehingga sulit untuk dibedakan. Perbedaan atenuasi batu pada rentang energi yang sama dapat dilihat dari perbedaan  $\Delta\mu$ . *Brushite* dan *struvite* memiliki  $\Delta\mu$  yang kecil, menunjukkan bahwa atenuasi keduanya hampir berdekatan dibandingkan dengan  $\Delta\mu$  antara batu yang lainnya. Adanya perbedaan selisih atenuasi pada rentang energi yang sama dipengaruhi oleh pengaruh efek fotolistrik dan efek Compton. Oleh karena itu karakterisasi batu ginjal lebih tepat menggunakan dual energi sinar X yang berbeda.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal. Pertama, dengan tingkat penyinaran berbeda, beberapa batu tidak dapat dikarakterisasi dengan menggunakan single energi saja. Atenuasi *brushite* dan *struvite* hampir sama, sehingga sulit untuk dibedakan. Kedua, single energi micro CT perlu dikoreksi menggunakan dual energi micro CT untuk mengelompokkan batu ginjal dengan tepat. Ketiga, diperlukan studi lanjutan untuk melakukan pengelompokan batu lebih lanjut dengan menggunakan data atenuasi yang telah didapatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1) Purnomo, Basuki B. (2003): Dasar-Dasar Urologi, Infomedika, Jakarta, 75-78.
- (2) Hostens, Jeroen. (2010): High Resolution Micro-CT in Biological and Biomedical in Applications. Skyscan Academy, 1-9.
- (3) D.T. Boll, Tobias Heye, Rendon C. Nelson, Lisa M. Ho, dan Daniele Marin . (2012) : Dual-Energy CT Applications in the Abdomen. *American Journal of Roentgenology*, **199**, S64-S70.
- (4) Khan, Faiz. M. (1984) : The Physics of Radiation Theraphy, USA: Lippincott Williams.
- (5) Primak, N Andrew, Terri J. Vrtiska, Mingliang Qu, dan Cynthia H. McCollough. (2011) : Kidney Stone, Springer-Verlag Berlin, Jerman, 178-182.
- (6) Judith E. Adams. (2008) : Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. University of Manchester, Oxford Road, Manchester, 106-120.
- (7) Ramos, R.M. Lorente, dkk. (2011) : Dual Energy X-ray Absorptimetry: Fundamentals, Methodology, and Clinical Applications. *Journal of Radiologia*, **54**, 410-423.