

## PENENTUAN UNSUR DALAM RAMBUT BERDASARKAN KARAKTERISTIK POLA FLOURESENSI SINAR X (XRF)

**Diana Julaidy Patty**

*Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Pattimura*

*Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka Ambon*

*dianapattysedubun@rocketmail.com*

### ABSTRAK

Metode Fluoresensi Sinar X (XRF) telah digunakan untuk menganalisis kandungan unsur runutan pada rambut pasien kanker payudara dan dibandingkan dengan kontrol masing-masing sebanyak 5 orang. Pada sampel rambut ditemukan 10 unsur yang sama pada kedua kelompok yaitu P, S, K, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, dan Re. Dengan menggunakan uji  $t$  (95%), untuk sampel rambut terdapat unsur sulfur dan kalium yang memiliki nilai  $t_0$  yang lebih besar dengan nilai  $t_{tabel}$ , yaitu,  $S= 2.12$  dan  $K=1.99$ . Dengan demikian unsur sulfur dan kalium pada sampel rambut dapat menjadi penanda bahwa dengan kandungan unsur yang tinggi dapat mengindikasikan seseorang terkena resiko menderita kanker payudara.

**Kata kunci :** *fluoresensi sinar X, unsur runutan, kanker payudara, uji t, rambut*

---

### PENDAHULUAN

Dalam tubuh manusia terdapat 60 unsur, sebanyak 15 unsur dinyatakan sebagai unsur runutan yang esensial yaitu F, Si, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Sn, I, dan As. Dikatakan esensial karena defisiensi dari unsur tersebut dapat menimbulkan sindrom yang mengakibatkan gangguan kesehatan.

Teknik fluoresensi sinar-X dapat dipakai untuk menentukan kandungan unsur runutan dalam bahan biologik maupun dalam tubuh secara langsung. Dalam penelitian ini dianalisis kandungan unsur yang berada dalam pasien penderita penyakit kanker payudara. Kanker adalah suatu penyakit yang disebabkan oleh pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis keberadaan unsur yang menjadi penyebab dari pertumbuhan sel dengan proses yang tidak sesuai aturan ini. Dengan membandingkan kandungan unsur yang berada pada tubuh pasien penderita kanker dengan orang yang sehat (bukan penderita penyakit kanker payudara), kita dapat mengetahui unsur-unsur yang memiliki konsentrasi yang cukup besar/melebihi nilai ambang batas dari yang seharusnya.

Dalam rangka pengambilan sampel, pada pemilihan *spesimen* dari tubuh manusia diperlukan pemahaman tentang jejak metabolisme di mana unsur runutan tersebut berperan aktif. Rambut adalah bahan biologi unik oleh karena pertumbuhannya, mencerminkan biomedik dan sejarah lingkungan dari subyek. Konsentrasi untuk beberapa unsur logam dalam rambut telah menunjukkan indeks dari konsentrasi tubuh secara total. Selain itu, Kuku dan rambut memiliki keuntungan bahwa mereka adalah non-invasif, dan menjadi sampel yang cukup unik untuk diteliti.

### TINJAUAN PUSTAKA

Kanker terbentuk di dalam sel-sel, lalu membentuk jaringan. Jaringan tersebut masuk ke payudara dan bagian lain pada tubuh. Sel-sel normal tumbuh dan berkembang untuk membentuk sel-sel baru saat tubuh memerlukan mereka. Ketika sel-sel normal menjadi tua, rusak dan mati, maka sel-sel baru mengambil tempatnya. Kadang proses ini menyimpang, sel-sel ekstra ini dapat membentuk suatu massa dari jaringan yang disebut suatu pertumbuhan atau tumor. Sel-sel kanker payudara dapat menyebar dengan cepatnya melebihi pertumbuhan sel normal. Mereka masuk ke pembuluh darah atau pembuluh getah bening, dan menyebar ke

semua jaringan dalam tubuh. Sel-sel kanker mungkin dapat ditemukan di dalam pembuluh getah bening yang dekat dengan payudara. Sel-sel kanker akan menyerang jaringan-jaringan di sekitar payudara dan membentuk tumor yang baru, yang mungkin merusak jaringan-jaringan itu.

Dalam kegiatan medik, salah satu pemanfaatan teknik nuklir adalah untuk memeriksa distribusi unsur-unsur yang diperlukan oleh tubuh. Sejumlah mineral diperlukan oleh tubuh manusia untuk kesehatan dan pertumbuhan. Meskipun dalam jumlah kecil, unsur runutan adalah mutlak penting. Diantaranya Besi (Fe), tembaga (Cu), mangan (Mn), seng (zn), kromium (Cr), selenium(Se), litium (Li), kobalt (Co), silicon(Si), boron (B) dan mungkin selusin yang lain yang bersifat lebih sedikit.

Untuk mengukur kandungan unsur dalam tubuh, sampel biologi yang dapat digunakan selain darah dan urin, adalah rambut kulit kepala dan kuku (kaki atau tangan). Kuku kaki sering lebih baik untuk sampel biologis lainnya (misalnya, darah, air seni) untuk pengukuran tingkat unsur runutan karena mencerminkan paparan jangka panjang. Rambut Kulit kepala dianggap satu sampel biologis yang cocok untuk memperkirakan asupan, atau paparan, beberapa unsur runutan, misalnya, Hg dan As. Rambut terbentuk di sel matriks, dimana menggabungkan berbagai unsur dari darah pada tingkat yang relatif konstan. Setelah pembentukan, rambut dipisahkan dari metabolisme internal tubuh, sehingga komposisinya mencerminkan kadar unsur dalam darah pada waktu pembentukan. Kuku manusia adalah jenis modifikasi dari epidermis yang terdiri atas lapisan sel-sel mati dari epitel. Kuku juga mengandung sejumlah kecil unsur logam penting seperti Ca, Fe, Cu, Zn dan karena itu mereka digunakan untuk memantau konsentrasi logam esensial dalam tubuh manusia.

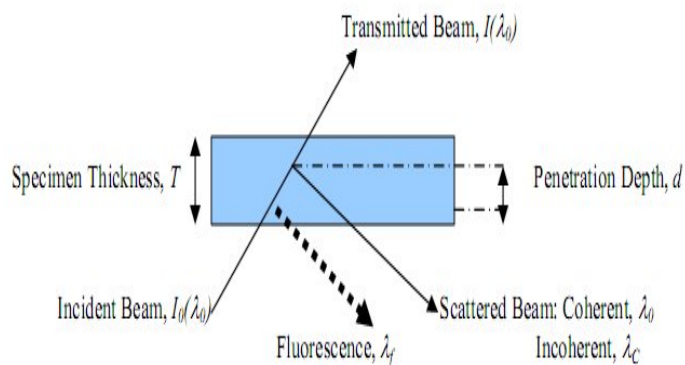
## LANDASAN TEORI

Untuk memahami mekanisme emisi radiasi karakteristik, beberapa pengetahuan dasar pada konfigurasi elektron sangat penting, karena transisi elektron diperbolehkan dan dilarang ditandai dengan bilangan kuantum. Bilangan kuantum, menurut definisi, menjelaskan jumlah energi yang berhubungan dengan elektron.

**Tabel 1.** Bilangan Kuantum

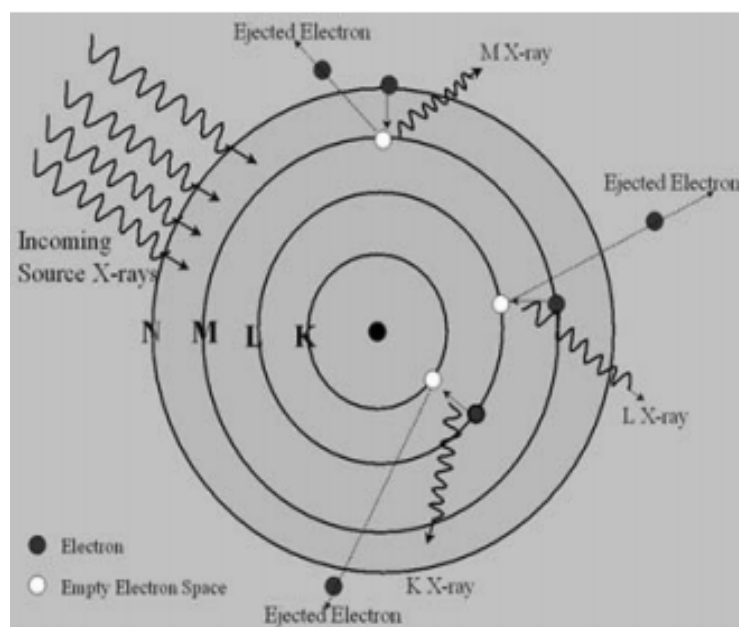
Bilangan kuantum	Nilai yang mungkin
Utama, $n$	1,2,3,4,...
Anguler, $l$	0,1,2,3..., $(n-1)$
Magnetik, $m$	0,±1, ±2,..., ± $l$
Spin, $s$	±1/2

Radiasi sekunder, dihasilkan oleh materi bila terkena sinar-X, adalah karakteristik untuk setiap elemen yang membentuk spesimen. Teknik spektrometri sinar-X menggunakan fitur ini untuk karakterisasi bahan, yaitu analisis komposisi kimia. **Gambar 2** merangkum bagaimana foton sinar-X berinteraksi dengan spesimen (Shibuya, 2003).



**Gambar 1.** Interaksi berkas sinar x dengan spesimen.

Teknik fluoresensi sinar-X dapat dipakai untuk menentukan kandungan mineral kelumit dalam bahan biologik maupun dalam tubuh secara langsung. Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material, karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel.



**Gambar 2.** Prinsip fluoresensi sinar X (Stephenson, 2007)

Apabila terjadi eksitasi sinar X primer yang berasal dari tabung sinar X atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material. Proses dimana sinar X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada elektron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik.

Selama proses ini, bila sinar X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang di dalam menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar X yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut. Emisi sinar X dihasilkan dari proses yang disebut X Ray Fluorescence (XRF). Proses deteksi dan analisa emisi sinar X disebut analisa XRF. Adapun material yang dianalisa meliputi: padat, cair, powder, filtered atau dalam bentuk lain.

Dalam penelitian ini digunakan analisis statistik untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata komposisi dan kandungan unsur pada penderita kanker payudara dan bukan penderita kanker payudara. Uji *t* untuk dua sampel independen, yang bekerja dalam situasi

pengujian hipotesis yang melibatkan dua sampel independen, merupakan salah satu dari sejumlah uji statistik dapat disimpulkan bahwa berdasarkan distribusi.

Dengan hipotesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  (Mean populasi kelompok 1 sama dengan mean kelompok 2.)

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$  (Mean populasi kelompok 1 sama dengan mean kelompok 2.)

Untuk menghitung nilai  $t$  menggunakan persamaan

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\tilde{s}_1^2}{n_1} + \frac{\tilde{s}_2^2}{n_2}}}$$

Dimana :

$\bar{x}_1$  : nilai mean kelompok 1

$\bar{x}_2$  : nilai mean kelompok 2

$n$  : jumlah sampel tiap kelompok

$\tilde{s}$  : standard deviasi

Dengan mendapatkan nilai  $t$  hitung, maka hipotesis untuk penelitian ini adalah  $H_0$  diterima jika, nilai  $t$  hitung lebih kecil dari  $t$  tabel (yang berarti mean dari unsur-unsur pada sampel rambut penderita kanker dan kontrol tidak ada perbedaan secara signifikan), dan  $H_0$  ditolak, jika  $t$  hitung lebih besar dari  $t$  tabel (yang berarti mean dari unsur-unsur pada sampel rambut penderita kanker dan kontrol terdapat perbedaan secara signifikan), atau dengan kata lain,  $H_a$  diterima.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Malang, Jawa Timur. Sampel untuk bahan penelitian diambil di Rumah Sakit Umum Pusat Dr Sardjito Yogyakarta pada bagian Radiologi.

Alat-alat yang digunakan meliputi: alat pengambilan sampel, alat irradiasi. Alat pengambilan sampel menggunakan pemotong kuku, gunting rambut dan kantong plastik untuk menyimpan sampel kuku dan rambut. Alat irradiasi sampel adalah Sinar-X Fluoresensi (XRF) Minipal 4 (EDXRF) merek Philips .

Sampel yang diambil dari tubuh yaitu Rambut kepala. Rambut dengan panjang 1- 2 cm dengan ketebalannya sekitar 1 mm. Sampel ini diambil pada 5 orang pasien penderita penyakit kanker payudara yang berada pada stadium II , yang pada umumnya sudah dioperasi, mendapat penyinaran (Radiografi) dan dikemoterapi, dan 5 orang yang tidak menderita penyakit kanker payudara(sehat) dengan pemeriksaan laboratorium dengan uji penanda tumor yaitu Ca 15-3.

Prinsip kerja dari dari spektrometer fluoresensi sinar-X (XRF):

- Tabung sinar-X di tempatkan di depan sampel rambut yang akan dianalisis
- Bahan sampel disinari dengan sinar  $\gamma$ , dimana pancaran energi foton yang keluar dari tabung akan mengiluminasi sampel.
- Zat dalam sampel akan berfluoresens dengan energy foton sekunder yang keluar dari sampel.
- Energi atau panjang gelombang dari foton fluoresens merupakan indikasi mengenai komposisi elemen dalam sampel.
- Intensitas dari berkas fluoresens (jumlah foton per detik) adalah indikasi konsentrasi elemen dalam sampel.

Tujuan utama dari Spektrometer ini adalah untuk menganalisis berkas florescent dan mengukur karakteristiknya dalam energi (panjang gelombang) dan dalam Intensitas. Sinar-X dihasilkan oleh tabung sinar-X (bahan anoda: Rh), dan kemudian sinar difilter. Sinar-X mengenai bagian bawah spesimen. Setelah pembangkitan sinar karakteristik, detektor Si-PIN menerima sinyal yang akan ditampilkan sebagai output.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kandungan unsur dengan menggunakan fluoresensi sinar X pada sampel rambut penderita kanker hasilnya disajikan pada Tabel 2, dan untuk sampel kontrol pada Tabel 3.

**Tabel 2.** Hasil Analisis XRF untuk kadar unsur sampel rambut penderita kanker payudara (K)

Kode Sampel	Kadar unsur (%)									
	P	S	K	Ca	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Re
K1	0.75	45.7	6.84	4.11	0.22	0.13	0.11	0.18	41	0.04
K2	-	66.4	9.15	6.86	0.30	0.14	0.19	0.12	16	0.1
K3	0.59	46.3	7.98	3.84	0.22	0.11	0.10	0.10	40	0.04
K4	0.69	51.2	3.79	4.16	0.19	0.11	0.14	0.23	38	0.05
K5	-	68.7	6.96	4.30	0.44	0.20	0.31	0.24	19	0.3

**Tabel 3.** Hasil Analisis XRF untuk kadar unsur pada rambut Kontrol(S)

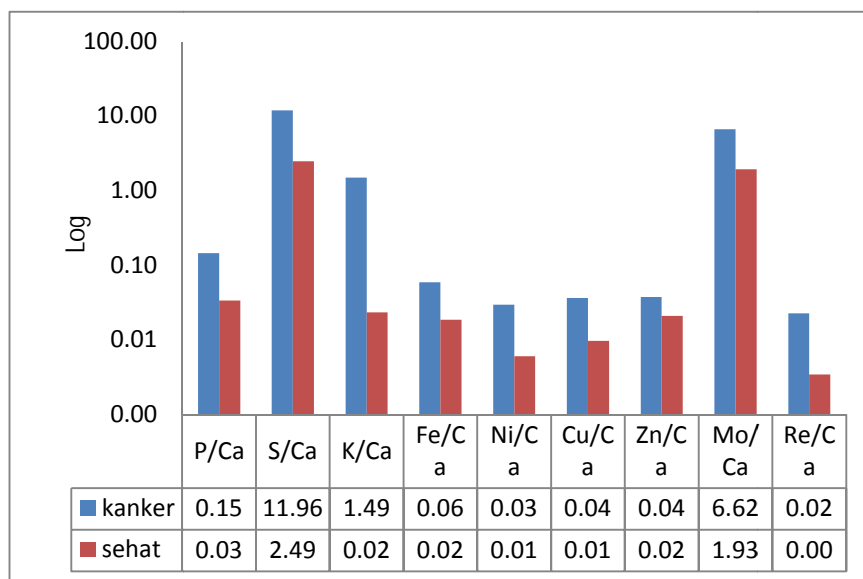
Kode sampel	Kadar unsur (%)									
	P	S	K	Ca	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Re
S1	0.54	40.6	0.2	28.0	0.28	0.1	0.19	0.46	29	0.04
S2	0.43	43.1	-	22.7	0.31	0.1	0.20	0.49	32	0.05
S3	-	44.2	0.31	18.6	0.27	0.09	0.18	0.20	35	0.09
S4	0.64	47.5	-	14.3	0.57	0.11	0.17	0.45	35	0.09
S5	0.80	47.7	0.75	6.15	0.24	0.14	0.13	0.28	42	0.04

Analisa statistik uji *t* digunakan untuk mengetahui perbedaan nyata kandungan unsur-unsur tersebut pada penderita kanker payudara dan kontrol. Dan untuk menghilangkan pengaruh dari segi usia dan berat badan pada sampel penderita kanker payudara dan kontrol, maka unsur-unsur pada kedua sampel dibandingkan dengan salah satu unsur, yaitu Calsium.

**Tabel 4.** Hasil analisis statistik pada sampel rambut kanker payudara dan kontrol (%)

Unsur	Penderita kanker payudara	Kontrol	Perbandingan Unsur/ Ca		$t_{hitung}$	$t_{Tabel - 95\%}$
	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	Kanker	Kontrol		
Fosfor(P)	0.67±0.08	0.60±0.16	0.15	0.03	1.68	1.86
Sulfur(S)	56±11.09	44.62±3.01	12	2.5	2.12	1.86
Kalium(K)	7±2	0.42±0.3	1.5	0.02	1.99	1.86
Besi(Fe)	0.3±0.56	0.33±0.13	0.06	0.02	0.18	1.86
Nikel(Ni)	0.14±0.03	0.11±0.02	0.03	0.006	1.37	1.86
Tembaga(Cu)	0.2±0.08	0.2±0.03	0.04	0.01	0.75	1.86
Zinc(Zn)	0.2±0.06	0.4±0.12	0.04	0.02	0.31	1.86
Molybdenum(Mo)	31±12.2	35±5	6.61	1.92	0.88	1.86
Rhenium(Re)	0.11±1.11	0.062±0.025	0.02	0.003	0.44	1.86
Calsium(Ca)	5±1.24	18±8.31				

Hasil uji statistik  $t$  (95%) pada **Tabel 6** menunjukkan bahwa kandungan unsur sulfur dan kalium dalam sampel rambut penderita kanker lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, maka dapat diduga bahwa sulfur dan kalium merupakan salah satu penyebab seseorang terkena resiko kanker payudara.



**Gambar 3.** Grafik Histogram perbandingan unsur pada sampel rambut

Hasil uji statistik  $t$  pada sampel rambut dapat dilihat dalam bentuk histogram pada **Gambar 3**. Pada grafik tersebut, kandungan unsur sulfur, kalium dan molybdenum pada penderita kanker payudara lebih tinggi pada kontrol.

**KESIMPULAN**

Untuk sampel rambut penderita kanker dan kontrol (pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**) terdapat 10 unsur yang sama, yaitu, fosfor, sulfur, kalium, kalsium, besi, nikel, tembaga, seng, molybdenum, dan rhenium.

Hasil uji statistik  $t$  (95%), pada sampel rambut menunjukkan bahwa kandungan unsur-unsur fosfor, kalsium, besi, nikel, tembaga, seng, molibdenum, dan rhenium dalam sampel

rambut untuk penderita kanker payudara tidak terdapat perbedaan yang cukup signifikan dengan kontrol sedangkan kandungan unsur sulfur dan kalium yang tinggi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan pada penderita kanker payudara terhadap kontrol.

Untuk meyakinkan bahwa unsur-unsur tersebut (sulfur dan kalium) pada sampel rambut merupakan unsur penanda seseorang terkena kanker payudara, dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih banyak dan homogen. Untuk memperoleh hasil kandungan unsur dalam sampel rambut yang lebih baik, diperlukan waktu iradiasi sampel yang lebih lama/panjang.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Katsikini, M., Mavromati, E., Pinakidou, F., Paloura, E.C., & Gioulekas, D. 2009. *Zn-K edge EXAFS study of human nails*. 14th International Conference on X-Ray Absorption Fine Structure (XAFS14) IOP Publishing. Journal of Physics: Conference Series 190 (2009) 012204.
- Mehra, R., & Juneja, M. 2004. *Elements in scalp hair and nails indicating metal body burden in polluted environmental*, Journal Of Scientific and Industry Research, Vol 64. Saraswaty University.
- National Cancer Institute, 2009. *What You Need To Know About Breast Cancer*, U.S. Department of Health and Human Services National Institutes of Health.
- Sheskin, D.J. 2000. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures Second Edition*. Western Connecticut State University. Washington.
- Shibuya, N. 2003. *Determination Of Uranium Concentration In Water By Microsample X-Ray Analysis (MXA)*. University Of Florida.
- Yoshinaga, J. 1993. *Trace Elements Determined along Single Strands of Hair by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*. Clinical Chemistry. 39 (8).