



## Identifikasi Potensi Radioaktivitas pada Pisang Ambon (*Musa Paradisiaca*) dan Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata Balbisiana*) Untuk Aplikasi Baterai Nuklir

Swastya Rahastama<sup>1\*</sup>, Jefri Pandu Hidayat<sup>2</sup>, Adinda Kholif Mahera<sup>3</sup>, Rani Marizah Amelia<sup>4</sup>, Syifa Salsabila<sup>5</sup>

<sup>1\*,3,4,5</sup> Department of Physics, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia.

Corresponding email: [swastya.r@lecturer.itk.ac.id](mailto:swastya.r@lecturer.itk.ac.id)

<sup>2</sup> Department of Food Technology, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia.

Received: 10/December/2023

Accepted: 21/September/2024

Revised: 6/September/2024

Published: 30/September/2024

### To cite this article:

Rahastama, S., Hidayat, J. P., Mahera, A. K., Amelia, R.M., Salsabila, S. (2024). Identifikasi Potensi Radioaktivitas pada Pisang Ambon (*Musa Paradisiaca*) dan Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata Balbisiana*) Untuk Aplikasi Baterai Nuklir. *SPECTA Journal of Technology*, 8(2), 91-98. <https://10.35718/specta.v8i2.1045>

### Abstract

Banana peel has a high potassium content, including the presence of the radioactive element K-40. As one of the beta emitters, K-40 has the potential to be a natural radioactive material for use as a betavoltaic nuclear battery source. In this study, the levels of K-40 content and radioactivity of kepok banana peel (*Musa Acuminata Balbisiana*) and ambon banana peel (*Musa Paradisiaca*), local varieties from the Balikpapan region, will be examined. Banana peel samples are first dried to reduce the water content and then processed into dry powder by heating for 20 hours. The mass and water content before and after the drying process are tested to observe shrinkage and its effects on the level of radioactivity. XRF testing is conducted to determine the potential potassium content of each sample. Radioactivity levels are measured using a Geiger Counter survey meter with sensitivity in the energy range of 50 KeV - 1.5 MeV. From the drying results, a greater decrease in mass is observed in kepok banana peel compared to ambon banana peel, accompanied by a significant reduction in water content. XRF test results indicate that the drying temperature has an effect on the emitted X-ray intensity. The activity content in kepok banana peel samples is found to be higher than in ambon banana peel. An estimated quantity of kepok and ambon banana peels needed to achieve the required 1 mCi activity for the nuclear battery is approximately 1.1 tons and 1.3 tons, respectively.

*Keywords: banana peel, betavoltaic, beta emission, K-40, radioactivity.*

### Abstrak

Kulit pisang memiliki kandungan kalium yang tinggi, termasuk di dalamnya terdapat zat radioaktif berupa K-40. Sebagai salah satu pengemisi beta, K-40 berpotensi untuk menjadi bahan radioaktif natural untuk digunakan sebagai sumber baterai nuklir betavoltaik. Pada penelitian ini, akan diuji tingkat kandungan K-40 serta radioaktivitas dari kulit pisang kepok (*Musa Acuminata Balbisiana*) dan pisang ambon (*Musa Paradisiaca*) lokal dari wilayah Balikpapan. Sampel kulit pisang dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air serta dibuat bubuk kering melalui pemanasan selama 20 jam. Massa dan jumlah kadar air sebelum dan sesudah proses pengeringan diuji untuk melihat penyusutan serta efek kepada tingkat radioaktivitas. Pengujian XRF dilakukan untuk melihat potensi kandungan kalium dari setiap sampel. Tingkat radioaktivitas diukur dengan menggunakan survei meter berjenis Geiger Counter dengan sensitivitas rentang energi pada 50 KeV - 1.5 MeV. Dari hasil

*pengeringan, didapatkan penurunan massa pada kulit pisang kepok lebih besar dibandingkan kulit pisang ambon diiringi dengan besarnya tingkat penurunan kadar air. Hasil uji XRF menunjukkan efek temperatur pengeringan berpengaruh pada intensitas sinar-X yang diemisikan. Konten aktivitas pada sampel pisang kepok didapatkan lebih tinggi dibandingkan pisang ambon. Perkiraan jumlah kulit pisang kepok dan pisang ambon untuk dapat mencapai aktivitas 1 mCi yang dibutuhkan untuk baterai nuklir sejumlah kurang lebih 1.1 ton dan 1.3 ton.*

*Kata Kunci: betavoltaik, emisi beta, K-40, kulit pisang, radioaktivitas.*

## 1. Pendahuluan

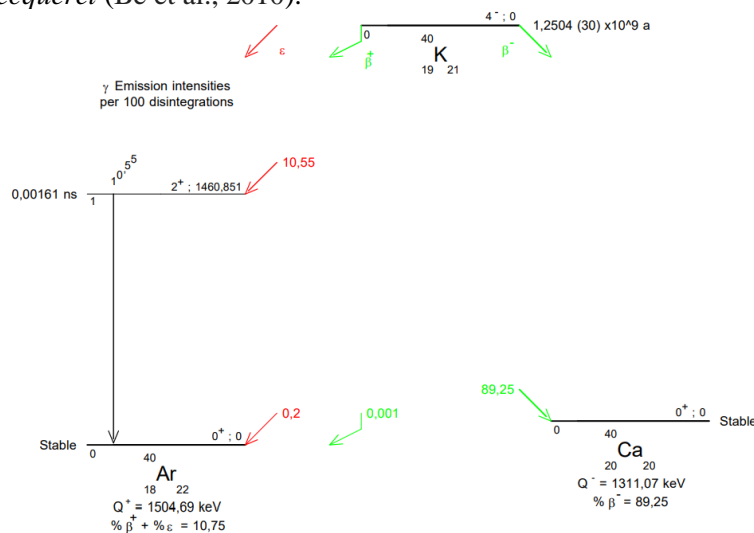
Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki potensi besar pada sektor perkebunan, khususnya perkebunan pisang. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021, Kalimantan Timur memproduksi 130.656 ton buah pisang (Badan Pusat Statistik, 2023). Diharapkan Kota Samarinda dan Kota Balikpapan yang merupakan daerah penyangga Ibu Kota Negara (IKN), pemanfaatan hasil perkebunan pisang ini dapat membantu pembangunan IKN yang berbasis *clean energy*. Pemanfaatan pisang telah banyak diterapkan untuk berbagai aplikasi, diantaranya obat-obatan (Hanum, Kaban, & Tarigan, 2020), kosmetik (Ekayanti, Megawati, & Dewi, 2023), filter air, bahan untuk energi (Virginia, 2018). Di Kalimantan Timur, terdapat keunikan masyarakat memanfaatkan daun pisang sebagai obat tekanan. Bagian pisang yang tidak dikonsumsi seperti kulit pisang, sebenarnya dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan. Limbah kulit pisang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bioenergi yang berkelanjutan. Beberapa penelitian terdahulu telah banyak mengkaji tentang potensi pisang untuk dijadikan energi alternatif berupa biomassa. Penelitian sebelumnya telah mengkaji energi potensial yang dihasilkan kulit pisang senilai 1096.5 Cal/g dan menghasilkan rerata daya listrik sebesar 0.08 mW (Virginia, 2018). Bagian pelepah pisang juga dapat digunakan sebagai campuran briket biomassa oleh Fadlilah dan Pohan (2022), berhasil menghasilkan nilai kalor sebesar 5075,08 kal/gr (Alifi & Pohan 2022). Tahun 2015, Sharma dan Mishra melakukan pre-treatment dengan microwave untuk menghasilkan biofuel dari kulit pisang (Sharma & Mishra, 2015). Danmaliki dkk. memproduksi bioethanol dari kulit pisang dan berhasil menghasilkan hingga 80 ppm (Madhumala, Naganuri, & Mathad, 2020).

Selain digunakan sebagai biofuel, pisang juga dapat dimanfaatkan untuk baterai seperti pada baterai Ion Kalium yang berfungsi mirip seperti Ion Lithium (Hwang, Myung, & Sun, 2018). Akan tetapi dari berbagai bentuk pemanfaatan pisang untuk baterai, satu hal yang belum banyak dilihat adalah potensinya untuk menjadi sumber radiasi pada baterai nuklir. Baterai nuklir secara umum dikenal sebagai alat pengonversi energi radiasi menjadi energi listrik. Baterai ini memiliki potensi penyimpanan yang lebih lama dan padatan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan energi penyimpanan lainnya (Prelas et al. 2014). Baterai betavoltaik merupakan salah satu jenis baterai nuklir yang memanfaatkan energi radiasi beta yang dikonversi menjadi energi listrik dengan memanfaatkan semikonduktor. Bahan radioaktif adalah elemen penting dalam baterai nuklir, akan tetapi bahan ini jarang ditemui secara alami sehingga kebanyakan baterai nuklir menggunakan isotop yang diproduksi secara artifisial pada reaktor nuklir ataupun limbah bekas bahan bakar nuklir. Uniknya, pisang dikenal sebagai makanan alami yang memiliki kandungan Kalium tinggi, termasuk di dalamnya radioisotop K-40. Radioisotop ini dapat mengemisikan beta negatif dan gamma dengan energi lebih dari 1 MeV. Potensi limbah kulit pisang di wilayah Kalimantan Timur ini dapat dimanfaatkan menjadi sebuah terobosan baru berupa bio-baterai nuklir. Menurut Ganeshamurthy dkk. (2011), kandungan kalium pada tanaman pisang dalam bentuk K<sub>2</sub>O ditemukan paling banyak diantara jenis tanaman lainnya (Ganeshamurthy, Satisha, & Patil, 2011). Ventura juga melakukan penelitian untuk melihat kandungan K-40 pada buah pisang, didapatkan bahwa kandungan aktivitas per 100 g adalah sekitar 13,02 Bq dari 411,2 mg/100g (García, Tarancón, & Ventura, 2019). Akan tetapi, kandungan kalium dapat berubah jika pisang sudah berumur atau tidak lagi segar (Islam et al., 2019). Lokasi penanaman dan spesies tanaman juga mempengaruhi kadar dari kalium pada pisang (Palma et al., 2022).

Oleh karena itu, penting untuk mempelajari bagaimana karakteristik tanaman pisang lokal daerah Kalimantan Timur terkait dengan kandungan K-40. Dengan mengekstraksi kandungan K-40 dari kulit pisang, maka kita dapat memanfaatkan K-40 sebagai sumber energi terbarukan berupa baterai nuklir. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pisang menjadi sumber alternatif untuk baterai nuklir betavoltaik. Pada penelitian ini, akan dikaji kandungan K-40 berdasarkan varietas pisang di Kalimantan Timur. Kulit pisang ambon dan kepok dipilih karena banyak dihasilkan dari daerah Kalimantan Timur. Analisis potensi K-40 pada setiap kulit pisang akan dilihat dengan karakterisasi XRF, pengujian laju dosis ekuivalen dengan surveymeter, serta pengujian spektrum gamma dan radioaktivitas dengan *Multi Channel Analyzer* (MCA). Setelah pengkajian, hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pembuatan prototipe baterai nuklir berbahan alam pertama di Indonesia.

## 2. Metode Penelitian

K-40 merupakan salah satu radioisotop yang tersedia di alam dengan presentase kelimpahan sekitar  $0.01167 \pm 0.00004\%$  (Garner et al. 1975). Radioisotop mengalami peluruhan beta rata-rata pada energi 1.31 MeV, dan juga peluruhan positron maupun penangkapan elektron serta dengan energi sekitar 1.509 MeV. Waktu paruh isotop ini terbilang cukup lama hingga mencapai 1.25 milyar tahun. Selain mengalami peluruhan beta, isotop ini juga dapat dijejak melalui peluruhan gamma dengan intensitas 10.55 per 100 disintegrasi pada jalur peluruhan positron/penangkapan elektron dengan energi sekitar 1.46 MeV. Gambar 1 menunjukkan skema peluruhan dari isotop K-40 menurut data dari *Laboratoire National Henry Becquerel* (Bé et al., 2010).



Gambar 1: Skema peluruhan isotop K-40

Menurut penelitian sebelumnya dari Ganeshamurthy dkk., kulit pisang memiliki kandungan kalium yang didominasi oleh senyawa K<sub>2</sub>O (Ganeshamurthy et al. 2011). Kulit pisang didapatkan dari daerah di wilayah Balikpapan dengan jenis pisang kepok dan pisang ambon. Sebelum sampel dikarakterisasi, terlebih dahulu sampel dikondisikan untuk dibuat bubuk sehingga lebih mudah untuk diproses. Massa awal dari masing-masing kulit pisang diukur untuk melihat penyusutan massa selama pengeringan.

### 2.1 Pengkondisian Sampel

Dua varietas buah pisang digunakan dalam penelitian yaitu jenis pisang ambon dan pisang kepok. Varietas ini mudah ditemui dan ditanam secara lokal di berbagai area di Balikpapan. Untuk dapat dilakukan karakterisasi pada spektrometer, maka dibutuhkan berat sampel minimal sekitar 1 kg dalam keadaan padatan kering. Oleh karena itu pada penelitian ini, kulit pisang akan dilakukan pengeringan terlebih dahulu sebelum akhirnya dibuat dalam bentuk bubuk (*powder*). Buah dan kulit pisang dipisahkan secara manual. Kulit pisang yang digunakan adalah yang baru mulai menguning, masih segar tanpa ada kebusukan.



Gambar 2: Diagram proses preparasi kulit pisang

Kulit pisang terlebih dahulu dikeringkan untuk menurunkan kadar air serta dijadikan bubuk. Sampel kulit pisang dikeringkan dalam dehidrator masing-masing selama 20 jam pada suhu sekitar 70°C. Hasil sampel kulit pisang yang sudah kering ditimbang kembali lalu kemudian dijadikan bubuk dengan menggunakan *grinder*. Bubuk kulit pisang kering selanjutnya akan dikarakterisasi terkait potensi kandungan K-40 yang dimilikinya.

### 2.2 Pengujian Kandungan Radioaktivitas

Masing-masing bubuk kering pisang dikaji potensi kandungan kaliumnya terlebih dahulu menggunakan metode X-Ray *Flourescence* (XRF). Karakterisasi XRF dilakukan dengan alat Horiba Mesa-50 menggunakan tegangan 15kV, arus 200  $\mu$ A, dan diameter kolimator 7 mm. Pengukuran intensitas dilakukan selama 12 detik dengan fokus pengukuran  $K\alpha$ . Kalium memiliki spektrum karakteristik sinar-X pada puncak  $K\alpha$  sekitar 3.3 KeV dan  $K\beta$  sekitar 3.59 KeV.

Identifikasi isotop K-40 dilakukan dengan pendeteksian langsung menggunakan survei meter berbasis Geiger Counter yang dapat mendeteksi sinar-X dan gamma dari energi 50 KeV – 1.5 MeV. Ruangan tempat pengukuran tidak berada pada ruang dengan pembangkit radiasi pengion maupun zat radioaktif lainnya. Pengukuran radiasi latar terlebih dahulu dilakukan dengan melihat rata-rata selama kurang lebih 30 detik. Untuk mendeteksi radiasi dari bubuk kulit pisang kering, bagian detektor survei meter langsung diarahkan pada sampel dengan jarak sekitar 1 cm. Perkiraan konten aktivitas dihitung berdasarkan faktor gamma K-40 dari Rad Pro Calculator sesuai dengan laju dosis ekuivalen yang dideteksi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Produksi bubuk kering pisang seberat 1 kg setiap sampel membutuhkan kurang lebih sekitar 8 tandan pisang kepok dan 9 tandan pisang ambon. Sebanyak 25 sampel kulit pisang ditimbang lalu diambil nilai rata-ratanya, baik sebelum maupun setelah proses pengeringan. Berdasarkan Tabel 1, ditunjukkan bahwa adanya penyusutan massa pada pisang kepok, sedikit lebih besar dibandingkan pisang ambon. Pisang kepok memiliki rata-rata luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan pisang ambon, sehingga volume air yang teruapkan menjadi lebih besar dan penyusutan berat pun semakin meningkat. Berat susut dari suatu bahan organik berhubungan dengan kadar air sehingga diperlukan uji lanjutan untuk melihat sisa kadar air dari setiap bubuk kering kulit pisang.

Tabel 1. Penyusutan berat rata-rata kulit pisang setelah dilakukan pengeringan

Jenis Pisang	Massa rata-rata kulit pisang sebelum dikeringkan (g)	Massa rata-rata kulit pisang setelah dikeringkan (g)	Penyusutan (%)
Pisang Ambon ( <i>Musa Acuminata</i> Balbisiana)	25.416	5.283	79.21
Pisang Kepok ( <i>Musa Paradisiaca</i> )	31.673	6.132	80.64

Kadar air sangat berpengaruh terhadap kondisi geografi budidaya pisang dan difusivitas pengeringan. Kadar air pada buah pisang segar sebesar 74% basis basah dan (8-13)% basis kering. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian yang didapatkan kehilangan air sebesar (79-81)%. Selisih besar penyusutan kadar air dikarenakan perbedaan kondisi geografi antara Australia dan Indonesia, dimana Indonesia memiliki iklim yang lebih tropis sehingga kadar air buah pisang lebih besar daripada wilayah Asia-Pasifik bagian Selatan yang beriklim sub-tropis (Saha et al., 2018). Tekanan uap yang rendah

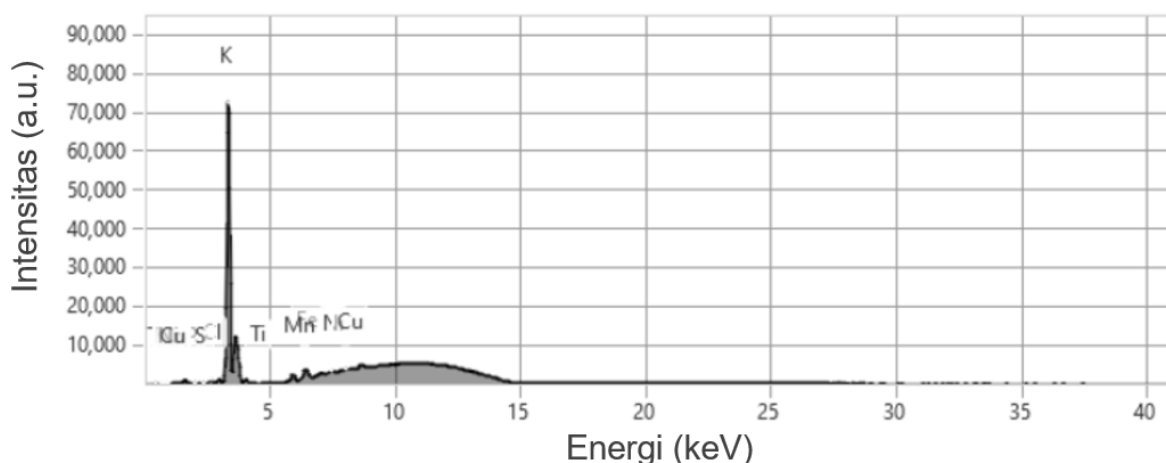
diakibatkan oleh suhu (13-21) $^{\circ}$ C dan kelembapan (60-74)%, yang rendah di Sydney, Australia (Zhang et al., 2022) sehingga kadar air pada buah pisang di wilayah Balikpapan, Indonesia menjadi lebih tinggi (25-33) $^{\circ}$ C/(90-100)%. Faktor selanjutnya yaitu kondisi difusivitas udara menuju permukaan kulit pisang di dalam alat pengering. Suhu oven 70 $^{\circ}$ C mengakibatkan kadar air dan senyawa volatil minor di dalam kulit pisang berpindah dari sistem ke lingkungan sesuai dengan konsep transfer massa dan energi. Volatilitas relatif tinggi yang disebabkan energi panas paksa dari udara pengering sehingga kadar air kulit pisang hilang sebanyak (79-81)%. Kadar air kulit pisang mampu mencapai 5% dengan lama kontak pengeringan selama 5 hari, pada suhu 45 $^{\circ}$ C. Hal tersebut dikarenakan bahan disiapkan sebagai pektin setelah proses ekstraksi enzimatis (Kumoro et al., 2022).

Berdasarkan hasil pengujian, baik pada parameter basis kering maupun basah keduanya menunjukkan kadar air yang tersisa dari bubuk kering pisang kepek sedikit lebih besar dibandingkan pisang ambon. Kulit pisang kepek yang rata-rata massanya juga lebih besar akan memiliki kadar air yang lebih tinggi, sehingga sisa dari kadar air dari proses pengeringan pun akan lebih banyak dibandingkan pisang ambon.

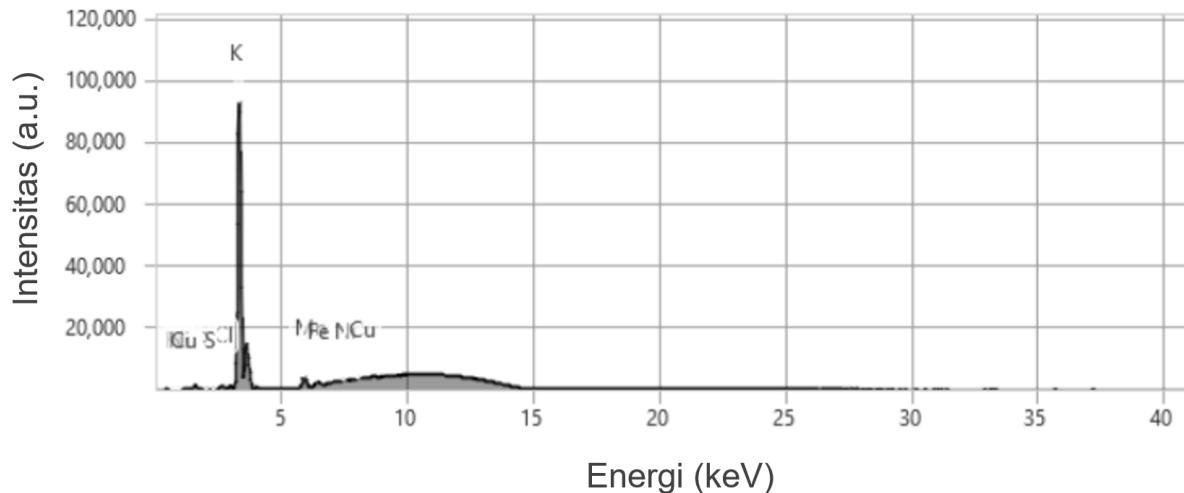
Tabel 2. Hasil uji kadar air dari hasil pengeringan kulit pisang ambon dan pisang kepek.

Parameter	Metode Uji	Kulit pisang ambon ( <i>Musa Acuminata</i> Cavendish)	Kulit pisang kepek ( <i>Musa Paradisiaca</i> )
Kadar air ( <i>dry basis</i> )	AOAC, 1984	0.0676 %	0.0997 %
Kadar air ( <i>wet basis</i> )	AOAC, 1984	0.0633 %	0.0907 %

Dari hasil XRF pada Gambar 2 dan 3, terlihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan puncak intensitas yang sangat tinggi pada daerah 3.3 KeV yang mengindikasikan puncak dari Kalium. Selain kalium, terdapat puncak-puncak lain yang terdeteksi. Secara grafis, terlihat adanya intensitas sinar-X yang dihasilkan dari kulit pisang ambon sedikit lebih besar dibanding pisang kepek. Peningkatan intensitas sinar-X fluoresensi sebanding dengan jumlah kadar air yang dimiliki pisang. Hal ini ditunjukkan pada kulit pisang ambon yang memiliki kadar air lebih sedikit dibanding kulit pisang kepek. Pada penelitian ini, XRF tidak mendeteksi gugus karbon, oksigen, maupun nomor atom kecil lainnya. Intensitas fluoresensi sinar-X yang dihasilkan pada XRF sebanding dengan jumlah atom yang dimiliki oleh target. Selain memancarkan spektrum sinar-X  $K\alpha$  sekitar 3.3 KeV, sedikit puncak sinar-X karakteristik  $K\beta$  dari Kalium yaitu sekitar 3.59 KeV juga memiliki puncak yang sangat tinggi pada spektrum yang dihasilkan oleh XRF.



Gambar 2. Spektrum sinar-X fluoresensi dari kulit pisang kepek.



Gambar 3. Spektrum sinar-X flourosensi dari kulit pisang ambon

Selain analisis kualitatif, analisis kuantitatif dilakukan untuk menghitung persen berat dari unsur yang terdeteksi. Selain unsur Kalium, terdapat unsur-unsur dominan lain yang terdeteksi berdasarkan setiap puncak karakteristik yang dihasilkan, seperti Cl, Mn, Fe, P, dan S. Berdasarkan hasil uji kuantitatif XRF yang tersaji pada Tabel 3, didapatkan unsur Kalium dari bubuk kulit pisang kering mendominasi dibandingkan dengan unsur lainnya hingga 90%. Kulit pisang kepok memiliki presentase kalium rata-rata lebih tinggi dibandingkan kulit pisang ambon.

Tabel 3. Hasil pengujian unsur dari kulit pisang kepok dan ambon menggunakan XRF, laju dosis, dan estimasi aktivitas radiasi yang dihasilkan pada pengukuran menggunakan surveimeter.

Parameter	Sampel		
		Pisang Kepok	Pisang Ambon
Konsentrasi Unsur (%)	K	94.16	93.48
	Cl	2.29	2.87
	Mn	0.86	1.25
	Fe	0.98	0.36
	P	1.03	0.56
	S	0.33	0.49
Laju Dosis Ekuivalen tanpa latar ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ )		0.32	0.25
<i>Gross beta</i> (Bq/gram)		2.4	3.2

Uji awal deteksi radiasi dilakukan dengan menggunakan surveimeter yang dapat mendeteksi sinar-X dan gamma dari energi 50 KeV – 1.5 MeV. Radiasi latar saat percobaan adalah sekitar 0.12  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Untuk mendeteksi radiasi dari bubuk kulit pisang kering, port pendeteksi surveimeter diarahkan langsung pada sampel dengan jarak sekitar 1 cm, lalu merata-ratakan nilai pengukuran selama kurang lebih 60 detik. Sebanyak 200 gram kulit pisang disiapkan untuk pendeteksian radiasi. Perkiraan konten aktivitas dihitung berdasarkan faktor gamma K-40 dari Rad Pro Calculator sesuai dengan laju dosis ekuivalen. Untuk pengujian aktivitas beta, sampel diukur dengan spektrometer beta dari DPFK BRIN untuk mendeteksi *gross beta* dari sampel dengan menggunakan SOP 006.003/KL.

Berdasarkan hasil deteksi radiasi pada Tabel 3, terlihat bahwa laju dosis ekuivalen yang terdeteksi pada pisang kepok sedikit lebih besar dibandingkan pisang ambon. Akan tetapi, nilai *gross beta* dari pisang ambon justru lebih besar saat dideteksi oleh spektrometer beta. Keberadaan isotop K-40 mengacu pada semakin dominannya unsur Kalium. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan sederhana menurut Ball, tingkat radioaktivitas sebuah pisang dengan rata-rata memiliki Kalium sekitar 600 mg serta melihat kelimpahan alam K-40 yaitu 0,0117% didapatkan sebesar 30,67 Bq/gram (Ball, 2004). Akan tetapi, nilai konten aktivitas yang didapatkan pada penelitian ini jauh lebih rendah dibandingkan yang seharusnya. Selain keberadaan isotop K-40, pisang dapat menyerap unsur-unsur radioaktif alam lain seperti unsur

dari deret U-238 maupun Th-232 yang berasal dari tanah. (Al-Juboury & Ali, 2016). Pada tahun 1988, penelitian Djokolelono dkk mengidentifikasi Uranium alam dengan adanya mineral Uraniferous yang berasal dari lava rhyolitic yang membawa logam Uranium bersama dengan unsur lainnya. Keberadaan mineral Uraniferous sering kali terletak di fasies gas mengalir seperti breksi vulkanik dan kaca sferulit. (Djokolelono, S., & Agoes, 1988).

Akan tetapi, konten aktivitas ini masih sangat jauh dari yang dibutuhkan. Apabila dihitung untuk menghasilkan aktivitas sebesar 1 mCi atau  $37 \times 10^6$  Bq yang sering digunakan untuk sumber baterai nuklir betavoltaik, maka dibutuhkan setidaknya 14 ton bubuk pisang kepek kering dan 11.5 ton bubuk pisang ambon. Jika dihitung berdasarkan penyusutan yang didapat setelah proses pengeringan, maka dibutuhkan setidaknya 72.1 ton kulit pisang kepek dan 54.9 ton kulit pisang Ambon. Oleh karena itu, pemanfaatan unsur radioaktif dari kulit pisang sebagai sumber energi baru terbarukan masih perlu kajian lebih mendalam tentang bagaimana melakukan ekstraksi unsur Kalium yang lebih hemat, efektif, dan efisien. Selain itu, efek kerusakan radiasi yang mungkin terjadi akibat penyinaran dari K-40 karena memiliki energi peluruhan yang cukup tinggi seperti pada Sr-90/Y-90 dari penelitian sebelumnya (Salim et al., 2023) harus dapat ditanggulangi.

#### 4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, telah diuji tingkat radioaktivitas serta unsur-unsur yang dimiliki pisang ambon (*Musa Acuminata Balbisiana*). Hasil proses pengeringan selama 20 jam pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$  bisa menurunkan tingkat kadar air kulit pisang ambon dan kepek dengan maksimal, tetapi sisa kadar air kulit pisang kepek masih sedikit lebih besar. Hal ini mengacu pada massa kulit pisang kepek yang juga lebih besar sehingga akan lebih banyak mengandung air, namun penyusutan massa pada pisang kepek juga lebih signifikan. Dari hasil uji XRF, intensitas sinar-X karakteristik yang dihasilkan oleh penyinaran pisang ambon sedikit lebih besar yang merupakan dampak dari atenuasi sinar-X dari dampak absorpsi diri yang lebih besar pada kulit pisang kepek.

Kandungan unsur Kalium pada kulit pisang kepek sedikit lebih besar dibandingkan pisang ambon, memungkinkan isotop K-40 yang juga lebih banyak. Laju dosis ekuivalen terdeteksi pada survei meter mengkonfirmasi hal tersebut. Dari hasil perhitungan, konten aktivitas untuk kulit pisang kepek adalah 2.4 Bq/gram, sedangkan kulit pisang Ambon adalah 3.2 Bq/gram. Untuk itu, apabila ingin dicapai aktivitas sebesar 1 mCi maka diperkirakan membutuhkan 72.1 ton kulit pisang kepek dan 54.9 ton kulit pisang Ambon. Dari penelitian ini, selanjutnya perlu ditinjau lebih lanjut terkait dengan metode ekstraksi yang efektif untuk mendapatkan Kalium sebagai sumber baterai nuklir.

#### Ucapan Terimakasih

Riset ini didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia melalui skema pendanaan penelitian dosen pemula. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak terkait atas pendanaan yang telah diberikan.

#### Daftar Pustaka

<https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html> diakses pada tanggal 4 April 2023 pukul 09:55 WITA

Virginia C. (2018). Analisis Produktivitas Listrik dari Biomassa Limbah Kulit Pisang dan Limbah Kulit Jeruk dengan Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) sebagai Alternatif Pengelolaan Limbah Padat Domestik (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

Fadlilah MA, Pohan GA. (2022). Analisa Pengaruh Briket Biomassa dengan Media Serbuk Kayu dan Pelepah Pisang sebagai Bahan Bakar Alternatif. Prosiding SENIATI. 2022 Jul 14;6(1):220-5.

Sharma PA, Mishra AA. (2015) Biofuel production from banana peel by using micro wave. Int. J. Sci. Eng. Technol. 3(4):1015-8.

- Danmaliki GI, Muhammad AM, Shamsuddeen AA, Usman BJ. (2016). Bioethanol production from banana peels. *IOSR Journal of Environmental Science*, Ver. II. 10(6):56-62.
- Ganeshamurthy AN, Satisha GC, Patil P. (2011). Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. Nov 11;24(1).
- Serra Ventura J. (2019). Determination of the radioactive potassium content in bananas.
- Islam M, Halder M, Siddique MA, Razir SA, Sikder S, Joardar JC. (2019). Banana peel biochar as alternative source of potassium for plant productivity and sustainable agriculture. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 8:407-13.
- Palma MS, Curado JF, Rizzutto M, Medina NH, Guazzelli MA. (2022). Banana and its nutrients: the power of the heart. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2340, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.
- Prelas, M. A., Weaver, C. L., Watermann, M. L., Lukosi, E. D., Schott, R. J., & Wisniewski, D. A. (2014). A review of nuclear batteries. *Progress in Nuclear Energy*, 75, 117-148.
- Garner, E. L., Murphy, T. J., Gramlich, J. W., Paulsen, P. J., & Barnes, I. L. (1975). Absolute isotopic abundance ratios and the atomic weight of a reference sample of potassium. *Journal of Research of the National Bureau of Standards. Section A, Physics and Chemistry*, 79(6), 713.
- Bé, M. M., Chisté, V., Dulieu, C., Mougeot, X., Browne, E., Chechev, V., & Huang, X. (2010). Table of radionuclides (Vol. 5-A= 22 to 244).
- Saha, B., Bucknall, M. P., Arcot, J., & Driscoll, R. (2018). Profile changes in banana flavour volatiles during low temperature drying. *Food Research International*, 106, 992-998.
- Kumoro, A. C., Mariana, S., Maurice, T. H., & Hidayat, J. P. (2022). Pectin Derived from Hydrolysis of Ripe Kepok Kuning Banana Peel Powder Employing Crude Pectinases Produced by *Aspergillus niger*. *Sains Malaysiana*, 51(7), 2047-2059.
- Zhang, M., Liu, S., Jones, J., Sun, G., Wei, X., Ellison, D., ... & Liu, Z. (2022). Managing the forest-water nexus for climate change adaptation. *Forest Ecology and Management*, 525, 120545.
- Ball, D. W. (2004). How radioactive is your banana?. *Journal of chemical education*, 81(10), 1440.
- Al-Juboury, B. K., & Ali, A. M. (2016). Radionuclides Activity and Radiological Hazard Assessment in Bananas Samples Exported to Iraq. *Iraqi Journal of Science*, 624-629.
- Djokolelono, S., & Agoes, E. (1988). Uranium occurrences in the volcanic rocks of Upper Mahakam, East Kalimantan. In *Uranium deposits in Asia and the Pacific: Geology and exploration*.
- Salim, R., Rahastama, S., Wijayanto, A., & Robiandi, F. (2023). Dosimetry and defect analysis of aluminum-doped zinc oxide after irradiation with <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y. *Applied Radiation and Isotopes*, 194, 110656.
- Hanum, F., Kaban, I. M. D., & Tarigan, M. A. (2012). Ekstraksi pektin dari kulit buah pisang raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2), 21-26.
- Ekayanti, N. L. F., Megawati, F., & Dewi, N. L. K. A. A. (2023). Artikel Review Pemanfaatan Tanaman Pisang (*Musa Paradisiaca L.*) sebagai Sediaan Kosmetik. *Usadha*, 2(2), 19-24.
- Widyaningsih, T. (2022). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Polutan Air Sumur Gali Dengan Sistem Air Mengalir. *Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian, dan Inovasi*, 2(6).
- Kurniawan, F. D., Hamzah, H., Nurfitriani, I. Y. A., Al-Fajri, B. A., Maulana, R., Mochtar, C. F., ... & Pratama, V. Y. (2022). Studi Etnofarmasi Tumbuhan Berkhasiat Obat Pada Suku Dayak Di Desa Sungai Bawang Muara Badak Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 11(2), 36-43.
- Hwang, J. Y., Myung, S. T., & Sun, Y. K. (2018). Recent progress in rechargeable potassium batteries. *Advanced Functional Materials*, 28(43), 1802938