

# MORFOLOGI ABU TERBANG DARI EMISI DANDANG KILANG KELAPA SAWIT

Mohd. Rashid Mohd. Yusof

Jabatan Kejuruteraan Kimia Universiti Teknologi Malaysia

Mohd. Harun

Unit Tenaga Nuklear Jabatan Perdana Menteri Kompleks PUSPATI

## Sinopsis

*Pendekatan kepada morfologi abu terbang yang diambil dari dua bahagian berasingan di bawah aliran sebuah dandang di kilang memproses buah kelapa sawit iaitu; i) abu terbang yang terkumpul di dalam alat kawalan pencemaran udara, siklon berbilang dan ii) abu terbang yang terlepas ke udara melalui serombong asap, telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop imbasan elektron (MIE).*

*Gambaran melalui MIE jelas menunjukkan bahawa saiz butiran abu terbang terkumpul adalah lebih besar daripada saiz butiran abu terbang serombong yang terlepas ke atmosfera. Pembentukan butiran-butiran sfera di atas permukaan kedua-dua sampel abu terbang tersebut juga kelihatan agak jelas. Penggunaan hampas tempurung dan sabut buah kelapa sawit seperti sedia ada sebagai bahan api merupakan faktor utama yang boleh mempengaruhi morfologi zarah abu terbang tersebut.*

*Analisis beberapa unsur secara semi kuantitatif juga dilakukan dan dibincangkan di dalam kertas kerja ini.*

## Pengenalan

Abu terbang yang dihasilkan daripada emisi dandang kilang memproses buah kelapa sawit terdiri daripada zarah yang mempunyai julat saiz dari submikron hingga beratus mikron besarnya. Kajian telah menunjukkan bahawa 90% daripada abu terbang serombong yang terhasil daripada dandang kilang tersebut adalah di bawah saiz zarah 4.0 mikron.<sup>1</sup> Ini bermakna kewujudan zarah halus yang terlepas ke udara ini boleh mendatangkan kemudaratan kepada kesihatan awam lebih-lebih lagi kepada pekerja-pekerja kilang tersebut. Malahan kajian juga telah membuktikan bahawa abu terbang ini turut mengandungi unsur-unsur logam tertentu yang mampu menembusi sistem kawalan pencemaran udara yang sedia ada di kilang tersebut.

Mohd. Rashid et al<sup>2</sup>., telah mendapati kepekatan unsur-unsur seperti As, Ba, Br, Cl, Co, Cr, Cs, Sb, Rb dan Zn adalah agak tinggi di dalam sampel abu terbang serombong jika dibandingkan dengan kepekatan unsur-unsur tersebut di dalam sampel abu terbang yang terkumpul di dalam alat kawalan pencemaran udara yang terdapat di kilang berkenaan. Kemampuan unsur-unsur ini untuk meruap dan mengendap di atas zarah-zarah halus ini adalah faktor utama yang dikatakan boleh menyebabkan perbezaan tersebut berlaku. Walau bagaimanapun penjelasan mengenai fenomena-fenomena tersebut adalah sukar kerana realitinya segala yang berlaku di dalam proses pembakaran ini amatlah rumit dan sukar untuk difahami.

Lanjutan daripada ini, satu kajian untuk memperlihatkan sifat atau rupa bentuk sampel-sampel abu terbang tersebut telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop imbasan elektron (MIE). Analisis beberapa unsur tertentu secara semikuantitatif juga telah dilakukan ke atas sampel-sampel abu terbang tersebut.

## Metodologi

### *Sampel*

Sampel-sampel abu terbang terkumpul di dalam alat kawalan pencemaran udara siklon berbilang dan abu terbang serombong diambil daripada dua tempat berasingan di bawah aliran sebuah dandang kilang memproses buah kelapa sawit yang berupaya memproses 20 ton buah tandan segar (BTS) sejam. Sampel-sampel ini disimpan di dalam ketuhar agar sentiasa kering sebelum rawatan selanjutnya. Kemudian hanya sampel abu terbang terkumpul sahaja diayak pada saiz jaringan pengayak 63 mikron untuk membuang bahan-bahan yang terlalu besar dan yang tidak diperlukan sebelum dilihat melalui MIE. Perihal yang terperinci berkenaan dengan prosidur dan peralatan penyampelan telah diberi di tempat lain.<sup>2</sup>

### *Mikroskop Imbasan Elektron (MIE)*

Sampel-sampel abu terbang tersebut dikaji dengan menggunakan MIE (Philips 515) yang dilengkapi dengan tenaga penyerakan sinar-X. Sampel-sampel tersebut diletakkan di atas stub untuk diselaputkan dengan lapisan karbon sebelum dianalisis. Butiran-butiran sampel dilihat pada bilangan pembesaran tertentu pada 30 KV. Analisis semikuantitatif terhadap unsur-unsur tertentu juga dilakukan di atas butiran yang dipilih (analisis setempat), dan secara analisis imbasan pada pembesaran 1250X. Kepekatan unsur-unsur tersebut dikira mengikut ketinggian puncak spektrum unsur dibanding dengan puncak unsur tulen masing-masing. Kepekatan unsur yang dikesan diberi dalam peratus kandungan berat dengan beranggapan bahawa jumlah kesemua unsur-unsur yang telah dikesan adalah 100%.

## Keputusan dan Perbincangan

Mikrograf abu terbang terkumpul di dalam alat kawalan pencemaran udara, siklon berbilang yang diambil oleh MIE pada beberapa pembesaran ditunjukkan di dalam Rajah 1 a, b, c dan d. Manakala gambaran abu terbang serombong pada pembesaran yang sama untuk setengahnya diberi di dalam Rajah 2 a, b, c dan d. Kedua-dua Rajah 1 dan 2 ini menunjukkan sampel abu terbang dari dandang kilang memproses buah kelapa sawit ini mempunyai satu ciri yang agak unik. Kelihatan butiran-butiran berbentuk sfera mengena di atas satu permukaan yang luas di bawahnya. Keadaan ini menyokong hipotesis yang disarankan oleh Mohd. Rashid et al<sup>2</sup> di mana kejadian tersebut adalah hasil daripada penginapan unsur-unsur yang senang meruap (ketika proses pembakaran) di atas permukaan partikel-partikel abu terbang ketika suhu menjadi rendah. Kenyataan yang sama juga telah diutarakan oleh pengarang-pengarang tersebut di atas untuk menjelaskan mengapa kepekatan unsur As, Ba, Br, Cl, Co, Cr, Cs, Sb, Rb dan Zn yang berpotensi untuk meruap dengan mudah, didapati tinggi di dalam abu terbang serombong berbanding dengan abu terbang terkumpul.

Selain daripada itu, saiz butiran abu terbang serombong juga didapati lebih kecil jika dibandingkan dengan saiz butiran abu terkumpul. Ini jelas dilihat dalam Rajah 1 b, d dan Rajah 2 a, d, pada bilangan pembesaran 655X dan 2020X. Gambaran mikrograf MIE tersebut jelas menunjukkan bahawa saiz zarah unsur-unsur yang terlepas ke udara adalah kecil yang berupaya menembusi alat kawalan pencemaran yang sedia ada di dalam kilang tersebut. Malangnya zarah-zarah yang terlepas ini juga mengandungi unsur-unsur yang dikatakan boleh mendatangkan kemudaratan kepada persekitaran.

Penelitian terperinci Rajah 1 b, d dan Rajah 2 a, d menunjukkan bahawa jarak di antara butiran-butiran di dalam sampel abu serombong adalah agak jauh jika dibandingkan dengan apa yang terdapat di dalam sampel abu terkumpul. Malahan, bilangan butiran yang didapati mengena di permukaan zarah abu terbang serombong bagi satu bilangan pembesaran dan keluasan yang sama adalah lebih banyak jika dibandingkan dengan abu terkumpul. Pengarang berpendapat bahawa unsur-unsur yang senang meruap, ketika berada di dalam zon pembakaran yang tinggi suhunya, akan menghasilkan saiz zarah kecil yang terus mengena di atas permukaan abu terbang apabila suhu menjadi rendah. Perubahan suhu di dalam dandang ketika proses pembakaran juga boleh menyebabkan perkara tersebut berlaku. Saiz butiran yang lebih kecil dan lebih teratur susunannya di atas permukaan abu terbang (Rajah 2 a, c) akan terhasil ketika bahan api berada pada satu zon suhu pembakaran yang tinggi dan stabil di dalam dandang. Manakala perkara sebaliknya akan berlaku, jika sekiranya corak pembakaran yang tidak seragam sering berlaku di dalam dandang seperti ditunjukkan di dalam Rajah 1 b dan d.

## Analisis Unsur

Kandungan peratus berat beberapa unsur yang telah dikesan oleh MIE secara semikuantitatif diberi di dalam Jadual 1. Dua kaedah analisis telah digunakan iaitu analisis setempat dan analisis secara imbasan. Kaedah-kaedah tersebut digunakan hanya untuk mengenalpasti seberapa banyak unsur yang dapat dikesan di dalam sampel-sampel abu terbang dan bukannya untuk membuat kajian perbezaan di antara kedua-dua cara tersebut.

Pada keseluruhannya, Jadual 1 menunjukkan bahawa unsur As, Br, Cl, K, Mg dan S mempunyai peratus yang tinggi di dalam sampel abu terbang serombong berbanding dengan abu terbang terkumpul. Hasil yang sama juga telah diperolehi oleh pengarang dalam kajian sebelumnya.<sup>2</sup> Daya pemeruapan yang tinggi bagi unsur-unsur tersebut adalah faktor utama yang boleh menyebabkan kejadian ini berlaku. Kehadiran Br dan Cl dipercayai adalah hasil daripada penggunaan racun serangga di ladang kelapa sawit. Unsur-unsur ini mungkin melekat atau menyerap masuk ke dalam bahagian-bahagian tertentu buah kelapa sawit setelah racun serangga disemur untuk beberapa kali di ladang tersebut.

Manakala penggunaan minyak diesel sebagai bahanapi primer di dalam dandang berkemungkinan besar menyebabkan terhasilnya unsur As, Mg dan S di dalam sampel abu terbang tersebut. Kandungan peratus berat unsur K dan P adalah agak tinggi jika dibandingkan dengan unsur-unsur lain. Kehadiran kedua-dua unsur tersebut adalah hasil daripada penggunaan baja yang meluas di ladang-ladang kelapa sawit. Kedua-dua unsur tersebut merupakan salah satu daripada komponen utama di dalam baja yang boleh menyerap terus ke dalam pokok-pokok kelapa sawit.

Selain daripada itu, unsur Al, Ca, Cs, Fe, Si dan Sn mungkin terdiri daripada komponen tanah. Besar kemungkinan unsur-unsur tanah ini melekat pada buah-buah kelapa sawit ketika dalam perjalanan ke kilang melalui jalan-jalan estet yang tidak bertar. Kejadian ini juga boleh terjadi ketika buah-buah kelapa sawit tersebut jatuh ke tanah sewaktu ianya dipetik. Al dan Si adalah dua unsur tanah yang paling dominan. Kedua-duanya didapati mempunyai peratus berat yang paling tinggi di dalam sampel abu terbang terutamanya abu terbang terkumpul. Kedua-dua unsur ini juga dianggap tidak mudah meruap.

## Kesimpulan

Kajian morfologi abu terbang serombong dan abu terbang terkumpul yang terhasil daripada dandang kilang memproses buah kelapa sawit telah dibentangkan di dalam artikel ini. Butiran yang terhasil di atas permukaan abu

serombong didapati mempunyai saiz yang lebih kecil, lebih teratur susunannya serta mempunyai jarak yang lebih besar di antara satu butiran dengan butiran yang lain. Suhu pembakaran yang tidak stabil di dalam dandang merupakan faktor utama menyebabkan perkara ini boleh berlaku.

Disamping mempunyai ciri-ciri saiz zarah yang halus, kehadiran unsur-unsur yang dianggap berbahaya mungkin boleh mendatangkan kemudaratan kepada persekitaran terutamanya kepada kesihatan pekerja kilang itu sendiri. Walau bagaimanapun, impak sebenarnya perlu dikaji dengan lebih mendalam lagi.

Adalah perlu dinyatakan di sini bahawa segala penjelasan yang telah diberikan di atas, adalah berlandaskan kepada gambaran melalui MIE. Keadaan sebenar yang berlaku di dalam dandang adalah sukar untuk difahami dan dijelaskan dengan tepat. Walau bagaimanapun, kajian tersebut sedikit sebanyak telah memperlihatkan satu ciri penting untuk mengenali morfologi satu bahan pencemaran dari kilang memproses buah kelapa sawit.

#### Rujukan

1. Mohd. Rashid M.Y., Ramlan A.A., Azman F.S., *Particle Size Characteristics of Palm Oil Mill Boiler Fly Ash*, Seminar on Modern Method of Particle Characterization-Size Analysis and Zeta Potential, U.T.M., Nov. 1988.
2. Mohd. Rashid, M.Y., Abdul Khalik W., Azman F.S., *Elemental Composition of Palm Oil Mill Boiler Fly Ash*, *Asian Environment*, 8, 27-30, 1986.



a) 263X



b) 655X



c) 1250X



d) 2020X

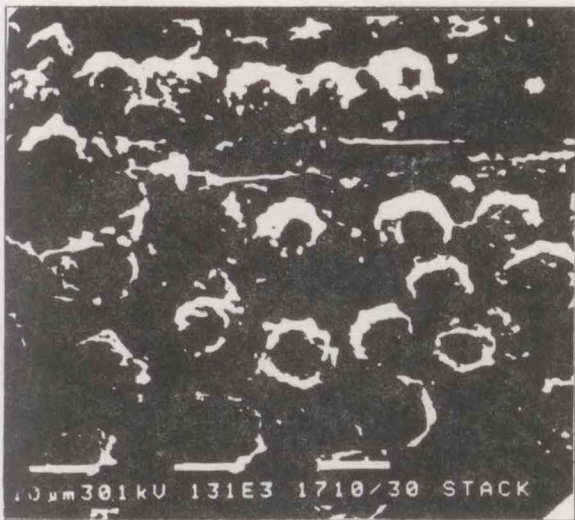
Rajah 1 Mikrograf Mokroskop Imbasan Elektron Abu Terbang Terkumpul pada beberapa pembesaran.



a) 655X



b) 1250X



c) 1310X



d) 2020X

Rajah 2 Mikrograf Mikroskop Imbasan Elektron Abu Terbang Serombong pada beberapa pembesaran.

Jadual 1 Peratus berat unsur di dalam sampel abu terbang

UNSUR	Analisis Setempat		Analisis Imbasan	
	Abu Serombong	Abu Terkumpul	Abu Serombong	Abu Terkumpul
Al	-	-	1.94	5.35
As	1.70	0.65	-	-
Br	2.08	-	-	-
Ca	1.48	-	4.78	3.62
Cl	3.81	0.27	14.8	2.30
Cs	-	0.53	-	-
Fe	-	0.55	-	2.02
I	-	0.20	-	-
K	6.74	2.02	26.9	9.09
Mg	-	-	12.1	3.48
P	3.12	-	7.59	8.47
S	0.75	0.27	2.50	1.72
Si	80.3	93.8	29.4	64.0
Sn	-	1.71	-	-
Jumlah (%)	100	100	100	100

- Tidak dikesan