

Pengenalan kepada Prinsip Kimia Hijau dalam Ujikaji Organik Pelajar Prasiswazah menggunakan Alat Radas Kimia Mikroskala

Nunshaimah Salleh^{1*}, Siti Sumaiyah Sheikh Abdul Aziz², Nurhana Ilmira Harun³

^{1,2,3}Faculty of Applied Sciences, Universiti Teknologi MARA Pahang,
26400 Bandar Tun Razak Jengka, Pahang, Malaysia

nunshaimah@pahang.uitm.edu.my, sumaiyahaziz@pahang.uitm.edu.my, nurhanaimira@pahang.uitm.edu.my

*Penulis Rujukan

Abstrak: Kerja-kerja penyelidikan dalam konteks kimia hijau semakin diberi perhatian kerana kimia hijau menitik beratkan faktor kesihatan dan persekitaran kepada pelajar ataupun individu yang mengendalikan sesuatu ujikaji. Penggunaan alat radas yang berskala kecil dalam ujikaji organik prasiswazah telah mematuhi salah satu prinsip kimia hijau kerana ia dapat memendekkan waktu tindak balas, mengurangkan kuantiti bahan kimia yang digunakan, dan meminimumkan penghasilan produk sampingan. Perbandingan bagi kerja-kerja amali menggunakan alat radas makroskala dan mikroskala telah dilakukan dari aspek kuantiti bahan kimia yang digunakan, masa tindak balas yang diambil, dan peratusan atau kuantiti bahan sampingan yang terhasil. Kaedah amali menggunakan alat radas mikroskala ini amat sesuai digunakan di dalam makmal amali organik prasiswazah di institusi-institusi pengajian tinggi kerana kebiasaannya sesuatu ujikaji makmal melibatkan pelajar bekerja dalam satu kumpulan. Ini menyebabkan para pelajar tidak dapat menjalankan kerja amali secara menyeluruh. Melalui kaedah mikroskala ini, ujikaji dapat dijalankan secara individu dan mendedahkan pelajar kepada kemahiran praktikal secara menyeluruh. Pendekatan ini juga dapat mendedahkan pelajar kepada kepentingan menjaga alam sekitar dan kaedah mengawal lebihan sisa buangan serta mengawal ketoksikan bahan kimia.

Kata kunci: Kimia hijau, alat radas mikroskala

1. Pengenalan

Kimia hijau telah didefinisikan sebagai suatu reka bentuk, pembangunan dan pelaksanaan sesuatu proses dan produk kimia yang mengurangkan serta mengelakkan penggunaan bahan kimia yang berisiko terhadap kesihatan manusia dan persekitaran (Manley et al. 2008). Teori dan latihan bagi kimia hijau sebagai asas sesuatu penyelidikan perlulah lebih dikaitkan rapat bagi mengendalikan kajian yang berasaskan sains (Stokes, 1997). Pada tahun 1990, Akta Pencegahan Pencemaran menggalakkan agar kimia hijau diaplikasikan sebagai salah satu cara baru bagi penyingkiran bahan-bahan yang berisiko dan berbahaya yang terkandung dalam sesuatu ujikaji yang dijalankan (Warner et al. 2004).

2. Prinsip kimia hijau

Kimia hijau mempunyai 12 prinsip yang dikenali sebagai 12 Prinsip kimia hijau. Prinsip-prinsip tersebut merupakan panduan yang perlu dipatuhi oleh ahli kimia secara konsisten. Prinsip-prinsip ini penting dalam penyediaan bahan pemula dan bahan sasaran yang alternatif, reagen, katalis dan pelarut alternatif dan proses yang diperbaiki atau diperbaharui serta kawalan proses. Berikut dinyatakan prinsip-prinsip kimia hijau (Kirchhoff, 2003).

1. Prinsip yang pertama bagi Kimia hijau ialah mengelakkan pembaziran iaitu dengan mereka bentuk sintesis kimia yang dapat mengelakkan pembaziran melalui pengurangan sisa buangan terhasil.

2. Ekonomi atom yang memerlukan pengubahsuaian kaedah sintetik untuk memaksimumkan penggunaan bahan di dalam tindak balas.
3. Sintesis kimia yang kurang berbahaya dengan menggunakan dan menghasilkan bahan-bahan yang mempunyai kesan ketoksikan yang minimum.
4. Mereka bentuk bahan kimia yang selamat untuk melaksanakan fungsi mereka yang dikehendaki sambil meminimumkan ketoksikan mereka.
5. Pelarut dan alat bantuan yang lebih selamat.
6. Reka bentuk untuk kecekapan tenaga.
7. Penggunaan bahan mentah yang boleh diperbaharui.
8. Mengurangkan bahan-bahan terbitan.
9. Pemangkinan
10. Reka bentuk untuk degradasi agar bahan kimia yang terhasil boleh ditukarkan kepada produk yang tidak berbahaya dan tidak kekal berada di persekitaran.
11. Analisis masa nyata untuk mencegah pencemaran.
12. Kimia yang selamat untuk pencegahan kemalangan.

3. Kimia mikroskala dan faedah kimia mikroskala

Bertitik tolak daripada prinsip kimia hijau inilah maka diperkenalkan kaedah kimia mikroskala yang digunakan untuk menjalankan ujikaji di makmal khususnya di kalangan pelajar. Kaedah kimia mikroskala ini telah mula diperkenalkan pada tahun 1980 oleh Ronald Pike, Dana Mayo dan Samuel Butcher di Kolej Bowloin dan semakin diberi perhatian terutamanya kepada para ahli akademik dalam bidang sains (Tallmadge et al. 2004).

Kaedah kimia mikroskala ini menggunakan alat radas yang bersaiz ataupun berskala kecil yang memerlukan penggunaan bahan kimia yang minimum. Oleh sebab itu, ia mampu mengurangkan dan mengelakkan pencemaran alam sekitar dan lebih selamat untuk dipraktikkan kepada para pelajar prasiswazah (Mashita et al. 2008).

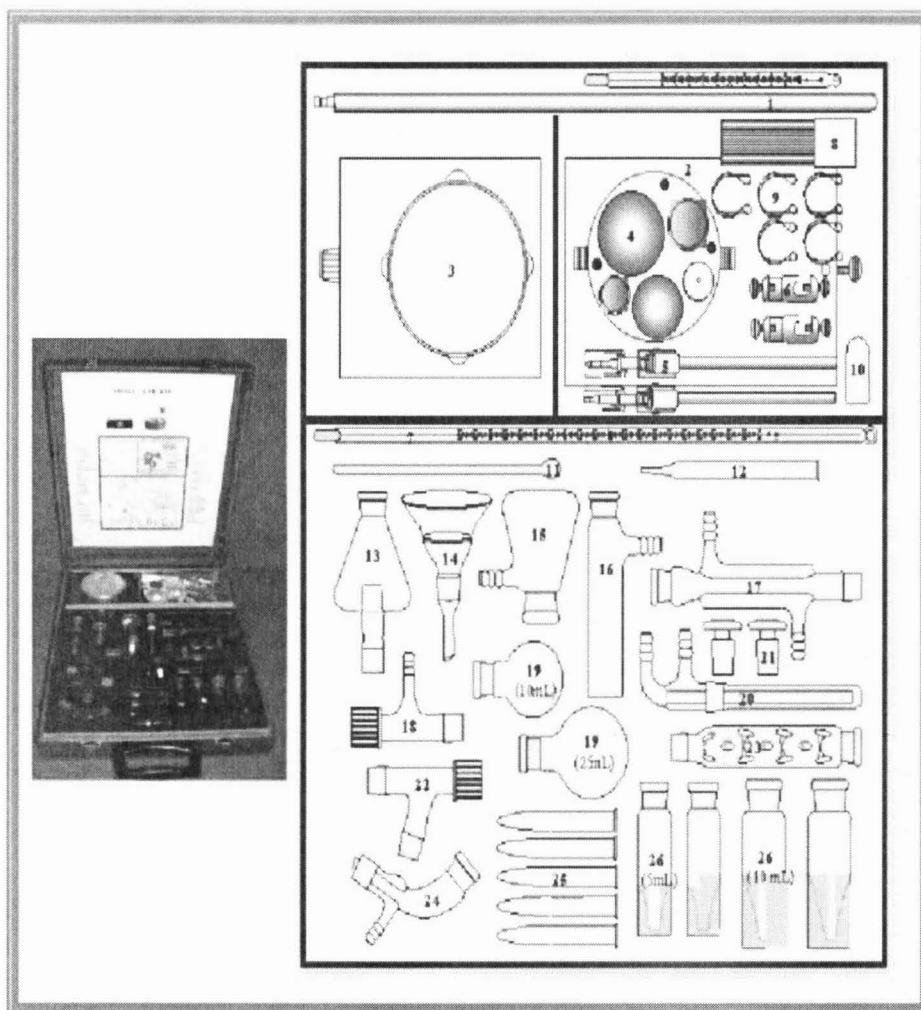
Dalam kajian ini, tumpuan diberikan kepada ujikaji yang melibatkan sintesis organik yang mana pada kebiasaannya memerlukan masa tindak balas yang panjang. Oleh kerana kaedah kimia mikroskala menggunakan alat radas yang kecil dan menggunakan bahan kimia yang sedikit, maka masa tindak balas yang diperlukan untuk sesuatu ujikaji menjadi lebih singkat jika dibandingkan dengan kaedah kimia makroskala. Kaedah ini juga membolehkan sesuatu ujikaji itu dilakukan dengan kos rendah memandangkan kuantiti bahan kimia yang diperlukan adalah sedikit.

Prinsip yang diketengahkan oleh Kelkar dan Dhavale (2000) iaitu “sedikit itu baik” dan “hijau itu lebih baik” menjelaskan bahawa kaedah mikroskala akan memberikan kesan positif bukan sahaja kepada alam sekitar bahkan kepada pelajar kerana secara tidak langsung mewujudkan suasana ujikaji yang lebih selamat. Pendekatan kimia hijau dan kaedah mikroskala kepada para pelajar prasiswazah dapat mewujudkan kesedaran akan kepentingan pengawalan ketoksikan bahan kimia, mengelakkan pembaziran, dan risiko yang terdedah kepada diri dan alam sekitar.

4. Alat radas kimia mikroskala (*Small Lab Kit*)

Alat radas *Small Lab Kit* (rajah 1), yang diasaskan oleh para penyelidik daripada Universiti Chulalongkorn, Thailand telah direka berdasarkan projek penyelidikan yang bertajuk “Makmal Kimia yang Berasaskan Keselamatan dan Meminimumkan Pencemaran” yang ditaja oleh Tabung Penyelidikan Thai. Penyelidikan ini telah berjaya menerbitkan sebuah buku yang ditulis dalam bahasa Thailand oleh para professor dari 7 universiti di Thailand. Beberapa eksperimen kimia organik daripada kaedah makroskala telah dipilih dan diuji menggunakan

Small Lab Kit. Keputusannya dibandingkan dan didapati telah memberikan keputusan yang positif dan selari dengan prinsip-prinsip kimia hijau. (Tantayanon, 2009).



Rajah. 1 Alat-alat radas di dalam *Small Lab Kit*

5. Ujikaji yang dijalankan menggunakan *Small Lab Kit*

Setakat ini, Universiti Kebangsaan Malaysia telah mempraktikkan kaedah ini di dalam makmal penyelidikan kimia organik untuk pelajar tahun dua. Kebiasaannya, sesuatu ujikaji makmal akan melibatkan 2 hingga 4 orang pelajar di dalam satu kumpulan dan ini menyebabkan para pelajar tidak dapat menjalankan dan memahami ujikaji sepenuhnya. Dengan adanya kaedah kimia mikroskala, ujikaji tersebut kini dilakukan secara individu dan para pelajar dapat didedahkan kepada teknik dan kemahiran praktikal secara menyeluruh.

Satu ujikaji iaitu stereokimia bagi alkena dan terbitannya telah dijalankan menggunakan alat radas makroskala dan alat radas mikroskala *Small Lab Kit* dan perbandingan telah dilakukan dari aspek kuantiti bahan kimia yang digunakan, kuantiti sisa bahan buangan yang terhasil, dan tempoh masa ujikaji. Keputusan perbandingan ujikaji ditunjukkan dalam jadual 1 dan 2 dibawah. Jadual 1 menunjukkan perbandingan diantara kuantiti bahan yang digunakan dalam ujikaji mikroskala dan makroskala manakala jadual 2 menunjukkan perbandingan dari aspek masa yang digunakan, kuantiti bahan sisa yang terhasil, dan kuantiti hasil akhir.

Jadual 1. Perbandingan di antara kuantiti bahan yang digunakan dalam ujikaji mikroskala dan makroskala stereokimia alkena dan terbitannya.

Bahan kimia/bukan kimia	Kuantiti yang digunakan	
	Mikroskala	Makroskala
Asid maleik	0.2 g	2.0 g
Asid hidroklorik pekat	0.25 mL	2.5 mL
Air	3.0 mL	30.0 mL

Jadual 2. Perbandingan di antara ujikaji mikroskala dengan makroskala bagi ujikaji stereokimia bagi alkena dan terbitannya.

	Mikroskala	Makroskala
Masa digunakan untuk refluks	30 minit	60 minit
Kuantiti sisa bahan buangan	4.0 mL	42.0 mL
Jisim kertas turas	0.0450 g	0.7917 g
Jisim kertas turas dan mendakan	0.0894 g	1.0889 g
Jisim mendakan (hasil akhir)	0.0444 g	0.2972 g
Tempoh masa ujikaji dijalankan	75 minit	120 minit

Mashita Abdullah et al. (2008) telah menjalani satu kajian mengenai pembangunan eksperimentasi kimia mikroskala di kalangan pelajar sekolah menengah di Malaysia. Beberapa ujikaji terpilih telah dilakukan dengan mengaplikasikan kaedah mikroskala dan perbandingan turut dilakukan dari segi kuantiti bahan kimia yang digunakan, kuantiti sisa bahan buangan yang terhasil dan tempoh masa yang digunakan sepanjang ujikaji tersebut dikendalikan. Keputusan ujikaji ditunjukkan dalam jadual 3, 4 dan 5 di bawah.

Jadual 3. Perbandingan kuantiti bahan kimia yang digunakan bagi ujikaji terpilih (per 30 pelajar)

Ujikaji	Bahan kimia	Kuantiti tradisional (ujikaji asal) (g/ml)	Kuantiti mikro (g/ml)
Penyediaan ester	etanol tulen	600 mL	225 mL
	asid etanoik sejuk	400 mL	150 mL
	asid sulfurik pekat	200 mL	75 mL

Proses penyediaan sabun	minyak kelapa sawit	80 mL	30 mL
	natrium hidroksida	400 mL	150 mL
	natrium klorida	20.8 g	9.9 g
Kesan kepekatan terhadap kadar tindak balas	natrium tiosulfat	1160 mL	15 mL
	asid sulfurik	200 mL	15 mL

Jadual 4. Perbandingan kuantiti sisa bahan buangan yang terhasil bagi ujikaji terpilih (per 30 pelajar)

Ujikaji	Sisa bahan buangan terhasil	
	Kuantiti tradisional (ujikaji asal) (mL)	Kuantiti mikroskala (mL)
Penyediaan ester	400 mL (C_2H_5OH yang tidak bertindak balas, CH_3COOH dan H_2SO_4 pekat)	60 mL (C_2H_5OH yang tidak bertindak balas, CH_3COOH dan H_2SO_4 pekat)
Proses penyediaan sabun	560 mL - 640 mL (gliserol dan natrium hidroksida berlebihan)	270 mL - 300 mL (gliserol dan natrium hidroksida berlebihan)
Kesan kepekatan terhadap kadar tindak balas	2000 mL (mendakan sulfur)	45 mL - 60 mL (mendakan sulfur)

Jadual 5. Perbandingan jumlah tempoh masa yang digunakan bagi ujikaji terpilih

Ujikaji	Masa (minit)	
	Ujikaji tradisional	Ujikaji mikroskala
Penyediaan ester	40.3	25.3
Proses penyediaan sabun	82.0	29.7
Kesan kepekatan terhadap kadar tindak balas	25.3	20.3

6. Cadangan kepada kampus khazanah alam

Terdapat beberapa cadangan yang boleh dilaksanakan kepada Kampus Khazanah Alam memartabatkan kampus sebagai "Green Kampus", seterusnya menerapkan nilai-nilai murni kepada pelajar agar mementingkan kesihatan dan menghidari pencemaran alam sekitar.

1. Meganjurkan seminar yang berkaitan penggunaan alat radas *Small Lab Kit* untuk pensyarah dan para pelajar prasiswazah dan pascasiswazah. Seminar ini dapat memberi pededahan kepada para pensyarah dan pelajar tentang kimia hijau dan kepentingan menjaga keselamatan, kesihatan dan persekitaran sewaktu mengendalikan sesuatu ujikaji.
2. Menggunakan alat radas berskala kecil bagi ujikaji makmal kimia organik. Penggunaan alat radas mikroskala dalam makmal organik dapat menjimatkan penggunaan bahan kimia, meminimumkan penghasilan bahan sisa, dan seterusnya mengurangkan kos dalam urusan pembelian bahan kimia. Penggunaan alat radas mikroskala amat bersesuaian dengan seruan Akta Pencegahan Pencemaran yang menggalakkan agar kimia hijau diaplikasikan sebagai salah satu cara baru bagi penyikiran bahan berbahaya yang terhasil daripada sesuatu ujikaji yang dijalankan.

7. Rujukan

- Kelkar, S.L., & Dhavale, D.D. (2000). Microscale Experiments in Chemistry–The Need of the New Millenium: 1. Newer Ways of Teaching Laboratory Courses with New Apparatus. *Resonance* October, 24-31.
- Kirchhoff, M. (2003). *Introduction to Green Chemistry*. Slaid. Chicago: Associated Colleges of the Chicago Area.
- Manley, J.B., Anastas, P.T., & Cue Jr, B.W. (2008). Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing. *Journal of Cleaner Production* 16, 743-750.
- Mashita Abdullah, Norita Mohamed & Zurida Ismail. (2008). Development of Microscale Chemistry Experimentation for Secondary School Students in Malaysia (Form Five). *Chemical Education Journal* 10(2), 10-14.
- Stokes, D.E. (1997). *Pasteur's quadrant: basic science and technological innovation*. Washington (DC): Brookings Institution Press.
- Tallmadge, W., Homan, M., Ruth, C., & Bilek, G. (2004). A local prevention group collaborates with a high school intermediate unit bringing the benefits of microscale chemistry to high school chemistry labs in the Lake Erie watershed. *Chemical Health & Safety of The American Society*, July/August, 30-33
- Tantayanon, S. (2009). *Smale Scale Laboratory: Organic Chemistry at University Level*. UNESCO.
- Warner, J.C., Cannon, A.S., & Dye, K.M. (2004). Green chemistry. *Environmental Impact Assessment Review* 24, 775-779.