

REAKSI KONDENSASI ALDOL RAMAH LINGKUNGAN SEBAGAI BAHAN KAJIAN DALAM PEMBELAJARAN IPA DI LABORATORIUM

Yulida Amri

Program Studi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

✉Email: yulidaamri@unsam.ac.id

Abstrak

Kimia merupakan salah satu cabang dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang akan terus berkembang melalui berbagai penelitian. Peserta didik harus dilatih untuk memahami konsep dengan benar dan mampu menerapkannya dalam percobaan. Pembelajaran IPA khususnya kimia dapat dilakukan melalui kegiatan praktikum di laboratorium. Penyusunan modul praktikum harus memperhatikan penggunaan bahan-bahan kimia dan energi yang sebaiknya bersifat ramah lingkungan. Pada penelitian ini reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dan aseton dilakukan dengan menggunakan pelarut polietilen glikol (PEG-400) yang bersifat ramah lingkungan. Selain itu penggunaan suhu kamar dalam reaksi dapat mendukung upaya penghematan energi yang memiliki dampak bagi kelestarian lingkungan. Hasil reaksi menghasilkan produk dengan rendemen 97,4%. Produk (dibenzalaseton) yang dihasilkan tidak murni dan mempunyai titik leleh 192-194 °C. Karakterisasi produk dengan spektroskopi FTIR memperlihatkan adanya gugus =C-H alkena (697 cm^{-1}), C=C alkena (1649 cm^{-1}), dan C=O karbonil (1694 cm^{-1}). Pengukuran $^1\text{H-NMR}$ dari produk terlihat adanya geseran pada 6,61 ppm dan 6,34 ppm dengan nilai kupling (J) 16,2 Hz dan 15,9 Hz yang menunjukkan adanya proton yang terikat pada alkena trans. Selain itu adanya geseran kimia pada daerah 7-8 ppm yang menunjukkan sinyal-sinyal proton yang terikat pada gugus aromatik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pembelajaran IPA dengan konsep ramah lingkungan di laboratorium

Kata Kunci : Kondensasi Aldol, Ramah Lingkungan, Praktikum

Pendahuluan

Pembelajaran IPA khususnya kimia dapat terus berkembang dengan adanya berbagai penelitian. Salah satunya dengan mengembangkan pembelajaran di laboratorium melalui kegiatan praktikum. Para mahasiswa tidak hanya menguasai konsep dasar teoritis namun terampil dalam melakukan eksperimen yang merupakan penerapan dari teori yang telah dipelajari.

Laboratorium IPA memiliki peranan penting dalam pengembangan

pendidikan di perguruan tinggi. Ada sebanyak 1547 tujuan spesifik dari eksperimen laboratorium yang dikelompokkan dalam empat kategori yaitu meningkatkan pemahaman konsep (konsep abstrak menjadi lebih konkrit), mengembangkan keahlian sains berbasis *inquiry*, mengembangkan keahlian teknis, dan meningkatkan motivasi belajar (Gaddis and Schoffstall, 2007). Tujuan ini menuntut para pengajar untuk mampu mengembangkan modul praktikum di laboratorium.

Pengembangan modul pembelajaran IPA berbasis praktikum tentunya harus memperhatikan penggunaan bahan-bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan sebaiknya tidak berbahaya, murah, tidak mudah menguap sehingga dapat bersifat ramah lingkungan. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan cara mengurangi pelarut yang digunakan (tidak memakai pelarut sama sekali) atau mengganti dengan pelarut alternatif lainnya. Pelarut yang digunakan sebaiknya bersifat *inert*, tidak mudah terbakar, murah, tidak mudah menguap dan tidak beracun (McKenzie *et al.*, 2009).

Penelitian dalam pengembangan modul praktikum ramah lingkungan (*green chemistry*) menjadi hal yang menarik. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya tuntutan untuk menjaga kelestarian lingkungan. Penggunaan pelarut tertentu selain mahal, juga menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan dan tidak aman digunakan karena sifatnya yang volatil dan beracun. Selain itu penggunaan listrik dalam praktikum juga dapat dibatasi atau bahkan dapat dihilangkan. Penghematan listrik juga akan berdampak pada lingkungan. Pembangkit listrik yang menggunakan energi dari pembakaran minyak bumi akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) yang dapat menimbulkan pemanasan global (Amin *et*

al., 2015). Oleh karena itu eksperimen di laboratorium dituntut untuk dapat menggunakan bahan-bahan kimia yang aman serta sumber energi yang murah (dapat dijangkau) sehingga dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan dengan tetap memperhatikan kualitas dan keberhasilan praktikum.

Konsep pembelajaran ramah lingkungan (*green chemistry*) tersebut dapat diterapkan pada praktikum reaksi kondensasi aldol. Berbagai penelitian tentang reaksi kondensasi aldol dengan konsep ramah lingkungan telah banyak dilakukan. Salah satunya pelarut polietilen glikol (PEG-400) dengan menggunakan katalis L-prolin dapat digunakan pada reaksi kondensasi aldol antara senyawa turunan benzaldehid dengan aseton (Chandrasekhar *et.al*, 2006). Berdasarkan penelitian sebelumnya di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dengan aseton menggunakan pelarut polietilen glikol (PEG-400) pada suhu kamar.

Metode

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas yang umum digunakan di laboratorium, pemanas listrik berpengaduk magnet, labu Erlenmeyer 100 mL, pipet

ukur, pengaduk magnet, termometer, penyaring vakum, corong Büchner, alat pengukur titik leleh (Fischer *melting point apparatus*), spektrofotometer FTIR Bruker, dan NMR Agilent 500 MHz. Bahan-bahan yang digunakan adalah benzaldehid pa (Merck), aseton pa (Merck), etanol teknis, metanol teknis, n-heksana teknis, etil asetat teknis, polietilen glikol (PEG-400) teknis, natrium hidroksida (Merck), aquades, kertas saring, plat KLT silika gel 60 F₂₅₄ (Merck), kertas pH universal (Merck) dan kertas hisap.

Prosedur Kerja

Ke dalam labu Erlenmeyer yang bersih dan kering dimasukkan 10 mL PEG-400 lalu ditambahkan 5 mL NaOH 10%. Campuran reaksi diaduk dengan pengaduk magnet hingga tercampur merata. Kemudian ke dalam campuran reaksi tersebut ditambahkan 1,12 mL benzaldehid dengan menggunakan pipet ukur dan diaduk hingga tercampur merata. Selanjutnya ke dalam campuran reaksi ditambahkan 0,4 mL aseton dan kemudian diaduk dengan pengaduk magnet dan reaksi dilakukan selama 30 menit. Perubahan reaksi yang terjadi dipantau dengan melakukan uji KLT dengan eluen n-heksana: etil asetat (8:2, v/v). Hasil KLT diamati di bawah lampu UV dan kemudian dihitung nilai R_f masing masing noda yang muncul menggu

nakan persamaan berikut (Williamsons and Masters, 2011).

$$R_f = \frac{\text{jarak yang ditempuh sampel}}{\text{jarak yang ditempuh pelarut}} \times 100\%$$

Setelah 30 menit, campuran reaksi didinginkan dalam penangas es selama beberapa menit. Kemudian ke dalamnya ditambahkan beberapa mL air dingin disertai penggoresan dengan batang pengaduk pada dinding wadah untuk mempercepat terbentuknya endapan. Campuran reaksi dibiarkan beberapa menit dalam penangas es. Setelah itu ke dalam campuran reaksi tersebut ditambahkan air dan dilakukan pengadukan agar sisa-sisa NaOH dan benzaldehid larut dalam air, lalu didiamkan beberapa menit. Kemudian endapan produk yang dihasilkan disaring dengan corong Büchner. Produk dicuci selama penyaringan dengan air dingin, kemudian dikeringkan di udara dengan pengisapan vakum lalu ditimbang. Produk direkristalisasi dengan etanol pada suhu 37°C dengan menggunakan penangas air. Kristal yang terbentuk disaring dengan penyaringan vakum dan dicuci dengan etanol dingin. Produk kemudian dikarakterisasi dengan pengukuran titik leleh, spektroskopi IR, dan spektroskopi NMR. Rendemen produk dan perolehan kembali produk setelah rekristalisasi

dihitung menggunakan persamaan berikut (Mayo *et al.*, 2010).

$$\% \text{ Rendemen (hasil)} = \frac{\text{berat hasil percobaan}}{\text{berat hasil perhitungan teoritis}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Perolehan kembali} = \frac{\text{berat produk setelah pemurnian}}{\text{berat produk sebelum pemurnian}} \times 100$$

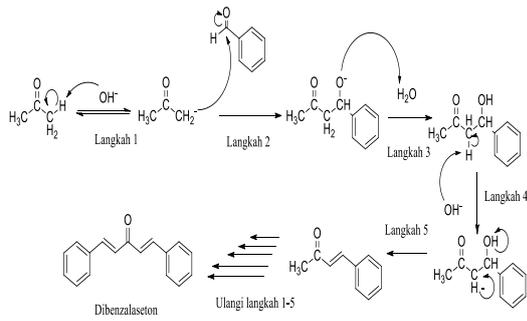
Hasil dan Pembahasan

Dibenzalaseton dapat disintesis melalui reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dan aseton. Sintesis aldol antara dua senyawa karbonil ini dilakukan dengan konsep ramah lingkungan (*green chemistry*). Pada penelitian ini reaksi dilakukan pada suhu kamar dengan menggunakan pelarut polietilen glikol (PEG-400). Selain harganya relatif murah, PEG-400 merupakan pelarut yang tidak volatil sehingga bersifat ramah lingkungan. Pelarut polietilen glikol (PEG-400) digunakan sebagai media reaksi karena dapat melarutkan benzaldehid dan aseton.

Senyawa benzaldehid yang digunakan sebanyak 0,011 mol dan aseton 0,005 mol. Benzaldehid digunakan berlebih karena reaksi ini memerlukan perbandingan mol benzaldehid dan aseton 2:1. Benzaldehid sangat mudah teroksidasi di udara menjadi asam benzoat (Nathan & Murthy, 1981) sehingga dengan menggunakan mol berlebih maka

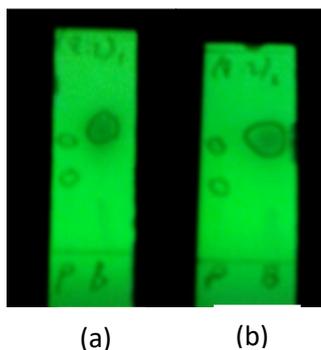
ketersediaan benzaldehid untuk berlangsungnya reaksi akan tercukupi. Selain itu, dengan menggunakan benzaldehid berlebih reaksi diharapkan akan berlangsung lebih cepat.

Sebelum kedua reaktan ditambahkan, pelarut polietilen glikol (PEG-400) dan katalis NaOH 10% terlebih dahulu dicampur dengan pengadukan menggunakan pengaduk magnet. Hal ini dilakukan agar PEG-400 dalam NaOH menjadi homogen. Aseton ditambahkan setelah penambahan benzaldehid karena jika ditambahkan aseton terlebih dahulu dalam larutan PEG-NaOH maka dikhawatirkan akan terjadi reaksi kondensasi antara molekul aseton. Molekul aseton sendiri memiliki gugus karbonil yang dapat diadisi oleh enolat. Namun hal ini dapat dihindari jika dalam sistem PEG-NaOH sudah ada senyawa benzaldehid. Gugus karbonil pada senyawa aldehid akan lebih reaktif dari gugus karbonil yang terdapat pada keton. Ion hidroksida (OH^-) digunakan sebagai basa katalitik karena dapat mendeprotonasi aseton sehingga menghasilkan ion enolat (suatu nukleofil) yang reaktif terhadap senyawa benzaldehid.



Gambar 1. Mekanisme reaksi pembentukan an dibenzalaseton.

Reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dan aseton dilakukan selama 30 menit. Pada awal reaksi campuran yang awalnya kuning jernih sebelum penambahan aseton berubah menjadi kuning keruh yang menunjukkan mulai timbulnya pengendapan. Perubahan ini menandakan sudah reaksi mulai terjadi. Pembentukan produk dipantau dengan melakukan uji KLT tiap 15 menit reaksi menggunakan eluen n-heksana: etil asetat (8:2, v/v). Hasil uji KLT pada 15 menit pertama dan 15 menit kedua dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Hasil KLT dalam eluen n-heksana: etil asetat (8:2) (a)15 menit pertama dan (b) 15 menit kedua.

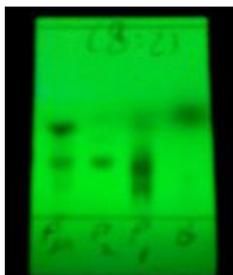
Dari hasil KLT terlihat adanya dua buah noda dengan nilai Rf 0,31 dan 0,48 (pada kode P) yang menunjukkan produk telah terbentuk dengan nilai Rf yang berbeda dengan nilai Rf benzaldehid 0,55. Produk yang terbentuk berwarna kuning terlihat mengendap dalam larutan yang mengandung air. Labu Erlenmeyer yang mengandung produk ditempatkan dalam penangas es agar pengendapan sempurna.

Pada proses penyaringan produk dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa-sisa NaOH dan juga pengotor yang berasal dari benzaldehid yang tidak habis bereaksi. Setelah dikeringkan diperoleh produk sebanyak 1,14 gram dengan nilai rendemen 97,4%.

Pada penelitian ini juga dipelajari teknik rekristalisasi. Produk direkristalisasi dengan cara melarutkannya dengan penambahan etanol 95% sambil dipanaskan. Pada tahap ini suhu pelarutan tidak dikontrol, namun suhunya hanya sampai kira-kira etanol tidak mengalami pendidihan. Setelah disaring dalam keadaan panas dan dibiarkan dingin pada suhu kamar terlihat adanya endapan lengket yang terbentuk. Hal ini sangat tidak diinginkan karena pembentukan endapan lengket akan menjebak pengotor baik pengotor yang berasal dari produk samping maupun pengotor yang lain. Endapan lengket tersebut kemudian

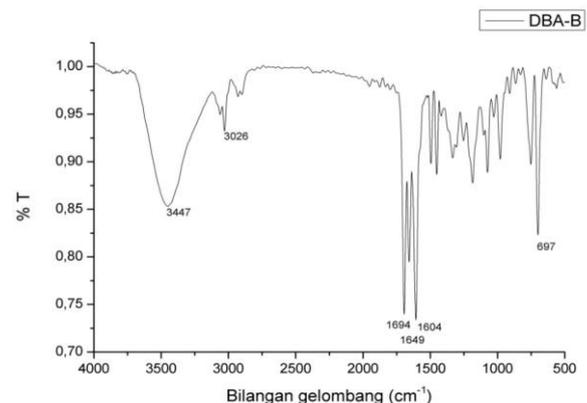
diambil dan dipisahkan dari filtrat untuk dilarutkan kembali dalam etanol 95% yang telah dipanaskan. Etanol panas ditambahkan sedikit demi sedikit sampai produk larut. Pada cara ini produk rekristalisasi yang dihasilkan tidak terlalu lengket. Hasil uji KLT dapat dilihat pada gambar 3.

Teknik rekristalisasi lain yang dipelajari adalah melarutkan kembali endapan lengket dengan etanol panas tanpa dipisahkan dari filtratnya. Pelarut panas ditambahkan sedikit demi sedikit hingga tercapai kondisi dimana produk tidak dapat larut lagi. Produk yang tidak larut ini berwarna kuning keputihan dan setelah disaring diperoleh sebanyak 0,17 gram(perolehan kembali 15 %) dengan titik leleh 192-194 °C. Hasil rekristalisasi kemudian diuji KLT dengan eluen n-heksana: etil asetat (8:2, v/v). Pada cara rekristalisasi yang kedua ini diperoleh produk yang lebih murni dari cara kedua seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Hasil KLT produk setelah rekristalisasi dengan cara pertama (P_1) dan cara kedua (P_2) dibandingkan dengan benzaldehid (B) dan produk sebelum rekristalisasi (P_{SR}).

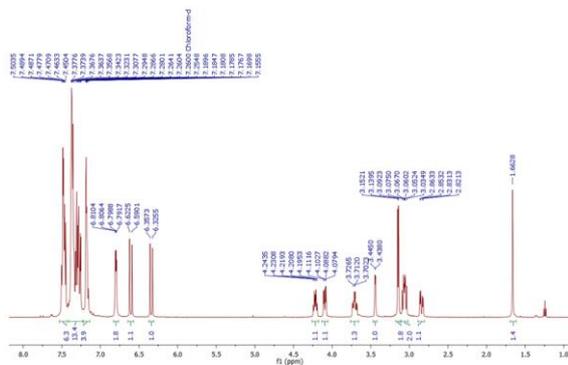
Produk reaksi kondensasi aldol yang diduga mengandung dibenzalaseton dikarakterisasi dengan pengukuran spektrum IR. Hasil pengukuran menunjukkan adanya serapan pada 697 cm^{-1} ($=\text{C}-\text{H}$ alkena), serapan pada 3026 cm^{-1} ($=\text{C}-\text{H}$ aromatik), dan serapan pada 1694 cm^{-1} ($\text{C}=\text{O}$ karbonil). Keberadaan gugus $\text{C}=\text{C}$ terkonjugasi ditunjukkan oleh adanya serapan pada 1604 cm^{-1} dan serapan pada 1649 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus $\text{C}=\text{C}$ alkena. Spektrum IR dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Spektrum IR produk kondensasi aldol

Pengukuran $^1\text{H-NMR}$ dari produk hasil reaksi benzaldehid dan aseton masih menunjukkan adanya sinyal-sinyal pengotor. Hal ini dikarenakan produk yang diperoleh belum murni. Namun dari pengukuran $^1\text{H-NMR}$ dari produk (pada 500 MHz) terlihat adanya geseran pada 6,61 ppm dan 6,34 ppm dengan multiplisitas doublet dengan nilai kupling

(J) 16,2 Hz dan 15,9 Hz yang menunjukkan adanya proton yang terikat pada alkena *trans*. Selain itu adanya geseran kimia pada daerah 7-8 ppm yang menunjukkan sinyal-sinyal proton yang terikat pada gugus aromatik. Berdasarkan data hasil pengukuran spektrum IR dan ¹H-NMR tersebut maka dapat disimpulkan bahwa produk dibenzalaseton sudah terbentuk. Namun produk tidak murni dan bercampur dengan produk lainnya. Kemungkinan produk yang terbentuk dari reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dengan aseton adalah dibenzalaseton sebagai produk utama dan benzalaseton yang merupakan produk samping reaksi. Spektrum¹H-NMR produk reaksi benzaldehid dan aseton dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Spektrum ¹H-NMR produk reaksi kondensasi aldol

Pada penelitian mengenai reaksi kondensasi aldol ini dapat dipelajari bagaimana melakukan reaksi sintesis dibenzalaseton dengan memanfaatkan pelarut alternatif (PEG-400) yang bersifat ramah lingkungan, tidak mudah menguap,

tidak mudah terbakar, *biodegradable*, dan tidak beracun menggantikan penggunaan pelarut volatil seperti etanol. Selain itu dapat dipelajari tentang pemanfaatan suhu kamar dalam reaksi sehingga dapat melakukan penghematan energi dalam rangka menjaga kelestarian lingkungan. Hal ini akan bermanfaat dalam penyusunan modul pembelajaran IPA berbasis laboratorium dengan konsep ramah lingkungan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Polietilen glikol (PEG-400) dapat digunakan sebagai pelarut dalam reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dan aseton.
2. Reaksi menghasilkan produk dengan rendemen 97,4%. Produk dibenzalaseton yang dihasilkan tidak murni dan bercampur dengan produk samping lainnya.
3. Hasil penelitian mengenai reaksi kondensasi aldol antara benzaldehid dengan aseton dapat dijadikan sebagai bahan dalam penyusunan modul pembelajaran IPA (khususnya kimia) dengan konsep ramah lingkungan (*green chemistry*) di laboratorium.

Daftar Pustaka

- Amin, S., Barnes, A., Buckner, C., Jones, J., Monroe, M., Nurmomade, L., Pinto, T., Starkey, S., Agee, B.M., Crouse, D.J., and Swartling, D.J. 2015. Diels–Alder reaction using a solar irradiation heat source designed for undergraduate organic chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*92: 767-770.
- Chandrasekhar, S., Reddy, N. R., Sultana, S. S., Narsihmulu, Ch., and Reddy, K.V. 2006. L-proline catalysed asymmetric aldol reaction in PEG-400 as recyclable medium and transfer aldol reactions. *Tetrahedron*62: 338-345
- Gaddis, B. A., and Schoffstall, A. M. 2007. Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*84: 848-851.
- Mayo, D.W., Reddy, Pike, R.M., and Forbes, D.C. 2010. *Microscale Organic Laboratory with Multistep and Multiscale Syntheses*. Tenth Edition. USA: John Wiley & Sons.
- McKenzie, L. C., Huffman, L. M., Hutchison, J. E., Rogers, C. E., Goodwin, T. E., and Spessard, G.O. 2009. Greener solutions for the organic chemistry teaching lab: exploring the advantages of alternative reaction media. *Journal of Chemical Education*86: 488-493.
- Nathan, S.S and Murthy, S.K. 1981. *Organic chemistry*. London: Heinemann.
- Williamson, K.L., and Masters, K.M. 2011. *Macroscale and Microscale Organic Experiment*. Sixth Edition. USA: Brooks/Cole.