

Efektivitas Katalis Asam Basa Pada Sintesis 2-hidroksikalkon, Senyawa yang Berpotensi Sebagai Zat Warna

C. Budimarwanti, Sri Handayani ^{*)}

Juridik Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan efektivitas katalis asam dan basa dalam sintesis 2-hidroksikalkon. Sintesis 2-hidroksikalkon menggunakan katalis asam melalui mekanisme reaksi enol, sedangkan jika digunakan katalis basa maka akan melalui mekanisme enolat. Bahan dasar yang digunakan adalah asetofenon dan 2-hidroksibenzaldehida.

Penelitian diawali dengan kondensasi aldol silang antara asetofenon dengan 2-hidroksibenzaldehida membentuk 2-hidroksikalkon menggunakan katalis asam klorida. Selanjutnya senyawa hasil kondensasi tersebut dimurnikan dan dikarakterisasi menggunakan KLT, KLT scanner, FTIR dan NMR. Penelitian tahap dua dilakukan dengan cara yang sama tetapi katalis asam diganti dengan katalis natrium hidroksida. Selanjutnya kedua hasil sintesis tersebut dibandingkan dan ditentukan katalis yang lebih efektif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sintesis dengan katalis asam tidak memperoleh senyawa 2-hidroksikalkon, sedangkan dengan katalis basa berhasil diperoleh senyawa 2-hidroksikalkon, berbentuk kristal oranye, dengan titik lebur 148°C, rendemen 31,22%, dan kemurnian 64%. Dapat disimpulkan bahwa sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan bahan dasar asetofenon dan 2-hidroksibenzaldehida penggunaan katalis basa lebih efektif dibandingkan katalis asam.

Kata Kunci : Efektivitas, kondensasi aldol silang, katalis asam, katalis basa.

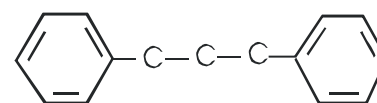
Pendahuluan

Dunia tumbuhan sangat kaya warna, mulai dari daun, bunga sampai pada buahnya. Jika kita melihat warna, artinya ada molekul yang menyerap sebagian spektrum warna di daerah tampak. Senyawa dapat menyerap sinar tampak dan menjadi berwarna disebabkan oleh struktur molekulnya. Molekul di dalam tanaman berisi rantai karbon, oksigen dan hidrogen sebagai senyawa utamanya dan sedikit tambahan heteroatom misalnya nitrogen.

Molekul-molekul yang menyerap sinar tampak tersebut berisi rantai atom karbon yang berikatan rangkap dan tunggal berselang-seling atau biasa disebut terkonjugasi. Semakin panjang ikatan rangkap terkonjugasi maka warna yang tampak akan semakin jelas. Ikatan semacam ini sangat penting dalam kimia organik karena dapat menyerap sinar tampak pada daerah tertentu sehingga menyebabkan senyawa tersebut menjadi berwarna. Sistem konjugasi membentuk kromofor, yang biasanya terdapat dalam senyawa organik maupun polimer yang berwarna atau bersinar dalam gelap. Biasanya ini disebabkan oleh sistem

cincin terkonjugasi dengan ikatan rangkap C=C, C=O atau N=N. Banyak pigmen menggunakan sistem terkonjugasi pada rantai karbon sehingga menghasilkan warna oranye cerah. Contoh senyawa-senyawa berwarna dalam tumbuhan adalah klorofil, karoten, flavonoid dan sebagainya (webexhibits.org).

Senyawa flavonoid merupakan senyawa yang memiliki deretan C₆-C₃-C₆ artinya kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C₆ (cincin benzena tersubstitusi) yang disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon. Kerangka dasar flavonoid terlihat pada Gambar 1 di bawah ini (Markham,1988:2-3)



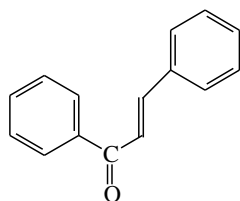
Gambar 1. Kerangka dasar Flavonoid

Pembagian kelas dalam flavonoid dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksil yang tersebar menurut pola

Efektivitas Katalis Asam...

yang berbeda. Flavonoid sering terdapat sebagai glikosida.

Kalkon dengan struktur seperti terlihat pada Gambar 2 adalah salah satu golongan flavonoid yang memiliki sistem cincin terkonjugasi dengan ikatan rangkap C=C dan C=O. Sistem terkonjugasi ini secara teori memiliki panjang gelombang di sekitar daerah visibel sehingga diperkirakan senyawa ini akan memiliki warna yang khas.



Gambar 2: Struktur senyawa kalkon

Kondensasi aldol adalah adisi nukleofilik dari ion enolat terhadap gugus karbonil dengan produk reaksi β -hidroksi keton atau β -hidroksi aldehida, dimana senyawa enolat dan gugus karbonil yang diserang adalah dua senyawa yang sama. Syarat aldehida untuk dapat berkondensasi aldol adalah harus memiliki H_{α} terhadap gugus karbonil sehingga aldehida dapat membentuk ion enolat dalam basa. Suatu senyawa karbonil β -hidroksi seperti sebuah aldol mudah mengalami dehidrasi, karena ikatan rangkap dalam produk berkonjugasi dengan gugus karbonilnya. Bila dehidrasi menghasilkan suatu ikatan rangkap yang berkonjugasi dengan suatu cincin aromatik maka dehidrasi berlangsung spontan (Bruice, 2007).

Kondensasi antara aldehida atau keton dengan karbonil dari aldehida atau keton yang lain disebut kondensasi aldol silang (*cross aldol condensation*). Reaksi ini dapat terjadi karena suatu aldehida tanpa hidrogen α tidak dapat membentuk ion enolat sehingga tidak dapat berdimerisasi dalam suatu kondensasi aldol. Tapi jika aldehida ini dicampur dengan aldehida atau keton lain yang memiliki H_{α} maka kondensasi keduanya dapat terjadi. Suatu kondensasi aldol silang sangat berguna bila hanya satu senyawa karbonil yang memiliki H_{α} . Jika tidak maka akan diperoleh suatu produk campuran (Bruice, 2007).

Reaksi kondensasi aldol silang yang melibatkan penggunaan senyawa aldehida aromatik dan senyawa alkil keton atau aril keton sebagai reaktannya dikenal sebagai reaksi Claisen Schmidt. Reaksi ini melibatkan ion enolat dari senyawa keton yang bertindak sebagai nukleofil

untuk menyerang karbon karbonil senyawa aldehida aromatik menghasilkan senyawa β -hidroksi keton, yang selanjutnya mengalami dehidrasi menghasilkan senyawa α,β -keton tak jenuh.

Kondensasi aldol silang dapat dilakukan melalui dua macam cara yaitu mekanisme enol dan mekanisme enolat. Mekanisme enol dilakukan dengan menggunakan katalis asam, sedangkan mekanisme enolat dilakukan dengan menggunakan katalis basa. Sardjiman (2000) melakukan kondensasi aldol silang dengan bahan dasar yang memiliki substituen hidroksi menggunakan katalis asam klorida. Selain itu asam sulfat juga dapat digunakan untuk reaksi kondensasi aldol silang melalui mekanisme enol (Pudjono, et.al., 2008). Selain katalis asam, katalis basa juga pernah digunakan untuk melakukan kondensasi aldol silang (Affandi, 2008 dan Sri Handayani dkk, 2010).

Dalam penelitian ini dilakukan kondensasi aldol silang antara 2-hidroksibenzaldehida dengan asetofenon untuk membentuk senyawa 2-hidroksikalkon. Senyawa yang dihasilkan diharapkan akan memiliki warna yang cerah dan jelas sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai zat warna. Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan kajian pengaruh katalis asam dan basa dalam sintesis 2-hidroksikalkon serta melihat efektifitasnya dalam menghasilkan rendemen yang lebih baik.

Eksperimen

Alat-alat yang digunakan :

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : alat-alat gelas, penyaring Buhner, *magnetic stirrer*, plat KLT, Spektrofotometer Infra Merah, Spektrometer $^1\text{H-NMR}$, Spektrofotometer UV-Visibel dan KLT Scanner.

Bahan-bahan yang digunakan :

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : 2-hidroksialdehida, asetofenon, asam klorida, asam sulfat, natrium hidroksida, etanol, metanol, kloroform, heksana, dan akuades.

Prosedur kerja :

Tahap 1. Sintesis 2-hidroksikalkon dalam suasana asam:

Sintesis 2-hidroksikalkon dimulai dengan menyiapkan 0,01 mol 2-hidroksibenzaldehida dan

0,01 mol asetofenon dalam penangas es kemudian tambahkan larutan asam klorida bertetes-tetes. Pengadukan dilanjutkan selama 5 jam pada suhu 10°C . Endapan yang diperoleh kemudian disaring dan dimurnikan dengan cara rekristalisasi dengan pelarut etanol (McBride, 2005). Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan KLT, KLT scanner, spektrometer UV-Vis, FTIR dan NMR

Tahap 2. Sintesis 2-hidroksikalkon dalam suasana basa

Sebanyak 3 mL etanol, 3 mL akuades dan 0,5 g NaOH dicampur diaduk di dalam penangas es sampai semua NaOH larut. Selanjutnya tambahkan 0,005 mol asetofenon dan 0,005 mol 2-hidroksibenzaldehida bertetes sambil diaduk. Setelah pengadukan selama 5 jam, endapan yang timbul disaring dan dicuci dengan akuades. Setelah hasil penyaringan dikeringkan, selanjutnya senyawa hasil sintesis dimurnikan dengan cara rekristalisasi menggunakan pelarut etanol-akuades. Selanjutnya senyawa hasil sintesis yang sudah murni dikeringkan, ditimbang dan ditentukan sifat fisiknya meliputi warna, kemurnian dan titik lelehnya. Elusidasi struktur dilakukan menggunakan KLT, KLT-scanner, kemudian dianalisis menggunakan KLT, KLT scanner, spektrometer UV-Vis, FTIR dan NMR

Hasil Penelitian dan Pembahasan

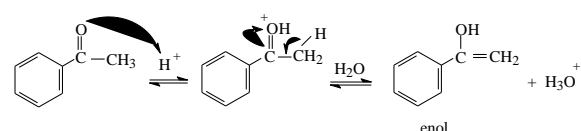
1. Hasil sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan katalis asam

Hasil sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan katalis asam tidak mendapatkan senyawa yang diharapkan, yaitu tidak diperoleh kristal. Hasil sintesis diperoleh larutan putih keruh berminyak. Percobaan telah diulang beberapa kali dengan melakukan modifikasi. Modifikasi dilakukan dengan mencoba menggunakan asetofenon berlebih (dua kali lipat dari mol benzaldehida), hasil reaksi tidak memperoleh kristal, tetapi tetap diperoleh larutan putih keruh berminyak. Demikian juga modifikasi dilakukan pada katalis asam yang digunakan, dengan mengganti asam klorida dengan asam sulfat pekat, juga tidak didapatkan kristal 2-hidroksikalkon, tetapi hanya diperoleh larutan putih kekuningan berminyak.

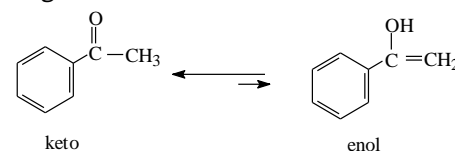
Dalam penelitian ini senyawa 2-hidroksikalkon tidak berhasil disintesis menggunakan katalis asam. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kondensasi aldol dengan katalis asam

mengikuti mekanisme enol. Langkah awal dalam mekanisme enol adalah tautomerisasi senyawa karbonil menjadi enol.

Tautomerisasi keto-enol senyawa asetofenon:

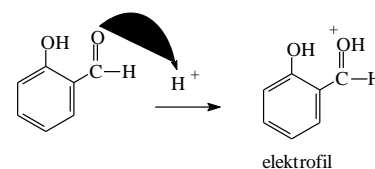


Senyawa karbonil, baik aldehida maupun keton dapat berada dalam dua bentuk, yaitu bentuk keto dan bentuk enol, peristiwa ini yang disebut dengan tautomeri. Namun senyawa karbonil lebih senang dalam bentuk keto, karena bentuk enol kurang stabil. Jika digambarkan reaksi kesetimbangan antara bentuk keto dan enol maka kesetimbangan akan bergeser ke arah bentuk keto.

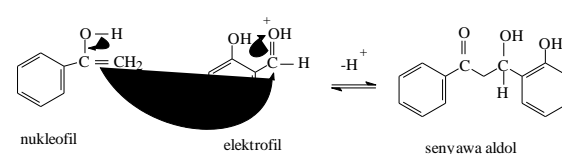


Karena bentuk enol kurang stabil maka bentuk enol akan berubah menjadi bentuk keto lagi. Peran enol dalam mekanisme reaksi kondensasi aldol di sini adalah sebagai nukleofil yang akan menyerang atom C gugus karbonil molekul benzaldehida yang telah terprotonasi.

Protonasi atom O gugus karbonil 2-hidroksibenzaldehida:



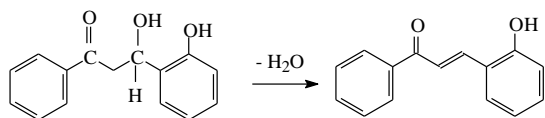
Kondensasi aldol:



Reaksi kondensasi aldol diakhiri dengan dehidrasi sehingga menghasilkan senyawa karbonil tak jenuh α,β .

Dehidrasi senyawa aldol:

Efektivitas Katalis Asam...



Dalam sintesis senyawa 2-hidroksikalkon seharusnya mengikuti mekanisme reaksi di atas. Tetapi karena bentuk enol yang dalam mekanisme reaksi ini berperan sebagai nukleofil kurang stabil maka reaksi selanjutnya tidak terjadi.

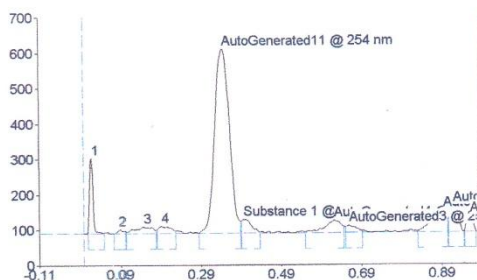
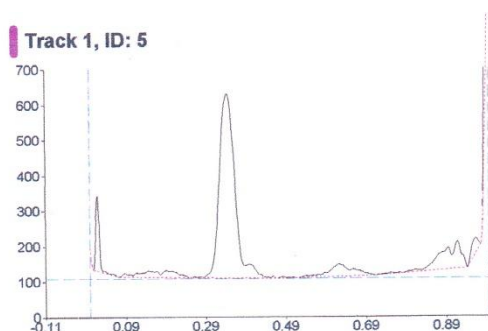
2. Hasil sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan katalis basa

Hasil sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan katalis basa disajikan pada Tabel 1. Kristal senyawa hasil sintesis kemudian ditentukan kemurniannya dengan KLT scanner. Analisis kromatografi lapis tipis yang dilanjutkan dengan KLT scanner bertujuan untuk menentukan tingkat

kemurnian suatu senyawa hasil sintesis. Pemilihan eluen dalam kromatografi lapis tipis ini sebaiknya digunakan campuran pelarut organik yang mempunyai polaritas serendah mungkin. Hal ini bertujuan untuk mengurangi serapan dari setiap komponen dari campuran pelarut sehingga sampel lebih terikat pada fasa diam dari pada fasa geraknya. Dari *trial and error* diperoleh eluen etil asetat : heksana = 1 : 4. Hasil KLT dengan eluen campuran pelarut tersebut menunjukkan pemisahan yang baik, karena hasil pemisahan menghasilkan bercak noda atau cuplikan tunggal, dan tidak berekor. Selanjutnya plat hasil KLT di-scann, kromatogram KLT scanner disajikan pada Gambar 3. Senyawa hasil sintesis memiliki harga Rf= 0,34 dengan luas area 64%, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kemurnian kristal senyawa hasil sintesis sebesar 64%.

Tabel 1. Hasil sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan katalis basa

Waktu Reaksi (jam)	Berat Hasil Sintesis (gram)	Rendemen Hasil Sintesis (%)	Titik Lebur (°C)	Bentuk Hasil Sintesis	Warna Hasil Sintesis
5	0,544	31,22	148	Kristal	Orange

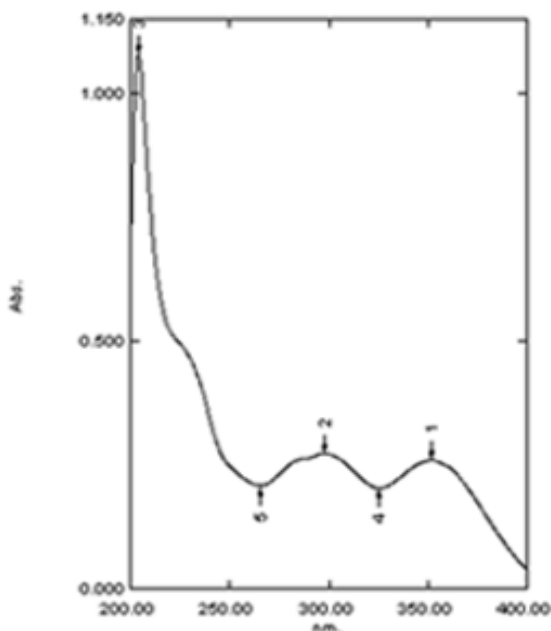


Peak	Start Rf	Start Height	Max Rf	Max Height	Max %	End Rf	End Height	Area	Area %	Assigned substance
1	0.01	8.2	0.02	212.3	20.01	0.05	2.2	941.6	6.00	unknown *
2	0.08	0.9	0.09	11.3	1.06	0.10	5.7	98.0	0.62	unknown *
3	0.11	4.8	0.15	18.6	1.75	0.18	8.8	436.4	2.78	unknown *
4	0.18	11.4	0.19	20.7	1.95	0.23	8.0	346.2	2.21	unknown *
5	0.28	1.2	0.34	520.5	49.06	0.39	34.5	10039.2	64.00	AutoGenerated11
6	0.39	34.6	0.40	38.5	3.63	0.44	2.7	511.0	3.26	Substance 1
7	0.55	4.6	0.62	35.3	3.33	0.65	18.3	763.2	4.87	AutoGenerated4
8	0.65	16.3	0.66	20.7	1.95	0.69	5.9	285.9	1.82	AutoGenerated3
9	0.83	4.3	0.90	62.0	5.84	0.91	38.2	1146.9	7.31	AutoGenerated7
10	0.91	40.6	0.92	76.2	7.19	0.95	0.1	736.6	4.70	AutoGenerated6
11	0.95	6.2	0.96	44.9	4.23	0.98	1.0	381.0	2.43	AutoGenerated12

Gambar 3: Kromatogram KLT scanner senyawa hasil sintesis dengan katalis basa

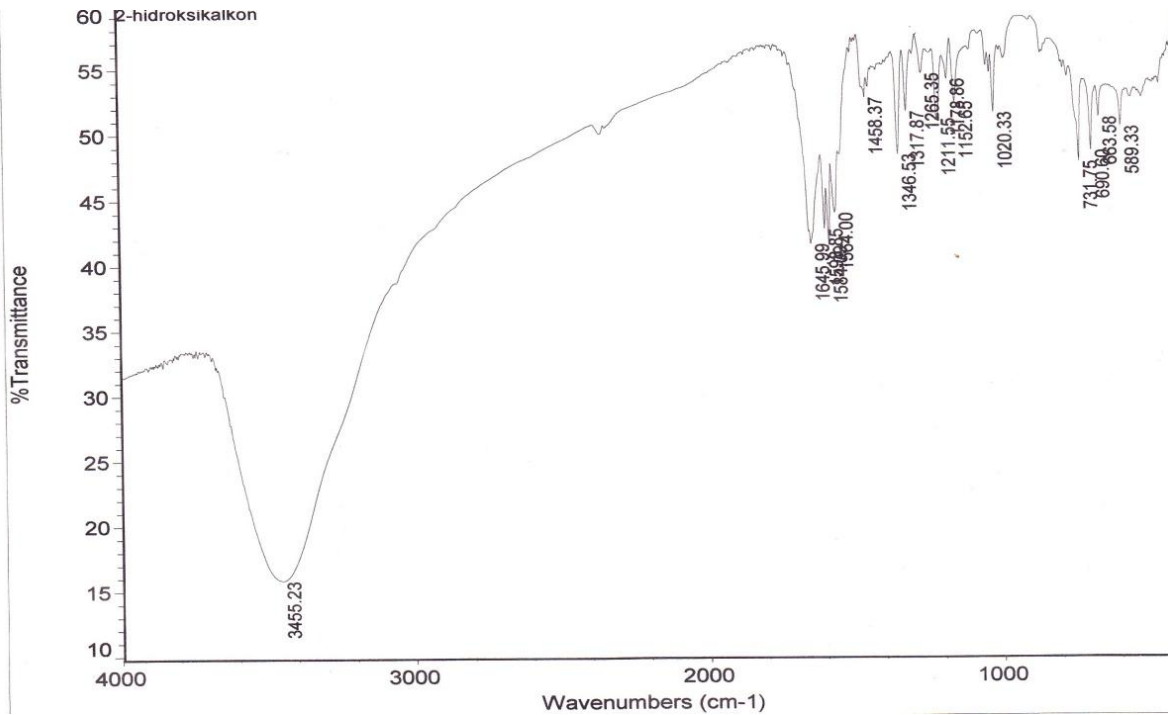
Selanjutnya dilakukan analisis spektroskopi UV-Vis, analisis UV-Vis berguna untuk menentukan gugus kromofor yang terdapat dalam suatu senyawa organik dilihat dari serapan panjang gelombang maksimumnya. Spektrum UV-Vis senyawa 2-hidroksikalkon hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 4. Senyawa kalkon merupakan senyawa flavonoid yang mempunyai serapan spektrum UV-Vis pita I pada daerah 340 – 390 nm, dan pita II pada daerah 230 – 270 nm. Hasil spektrum UV-Vis senyawa 2-hidroksikalkon memiliki λ maks 351,60 nm dan 298 nm, yang merupakan panjang gelombang maksimum yang berada pada daerah rentangan serapan UV-Vis untuk senyawa flavonoid.

spektrum IR senyawa hasil sintesis. Spektrum IR senyawa hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4: Spektrum UV-Vis senyawa hasil sintesis.

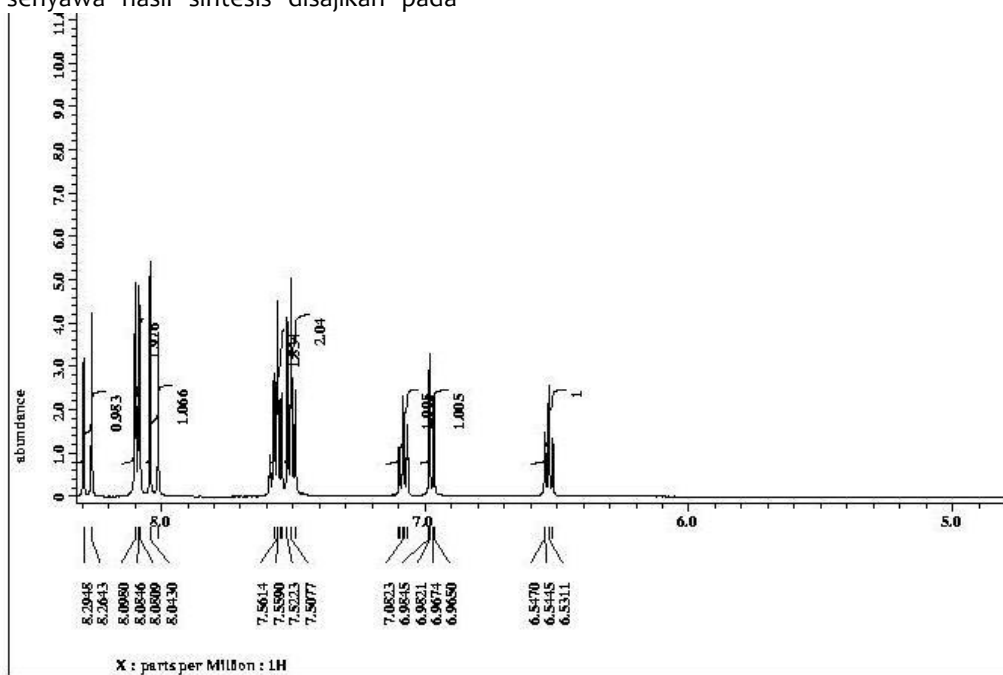
Hasil analisis spektroskopi IR menunjukkan adanya gugus hidroksil ($-OH$) dengan adanya serapan melebar dengan puncak di $3455,23\text{ cm}^{-1}$, gugus karbonil ($C=O$) pada daerah $1645,99\text{ cm}^{-1}$, $C=C$ alkena pada daerah $1598,85\text{ cm}^{-1}$, $C=C$ aromatik pada daerah $1584,09\text{ cm}^{-1}$, substituen pada kedudukan orto pada cincin aromatik pada daerah $731,75\text{ cm}^{-1}$, $C-O$ fenol pada daerah $1150,65\text{ cm}^{-1}$. Serapan $=C-H$ aromatik maupun alkena di atas 3000 cm^{-1} terlalu lemah sehingga tidak terbaca pada



Gambar 5: Spektrum IR senyawa hasil sintesis

Analisis senyawa dengan menggunakan spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dapat memberikan informasi mengenai jumlah, sifat dan lingkungan atom hidrogen dalam suatu molekul. Spektrum $^1\text{H NMR}$ senyawa hasil sintesis disajikan pada

Gambar 6. Berdasarkan data spektrum $^1\text{H NMR}$ senyawa hasil sintesis tersebut muncul serapan-serapan seperti disajikan pada Tabel 2.



Gambar 6: Spektrum $^1\text{H NMR}$ senyawa hasil sintesis

Tabel 2. Data Spektrum ¹H NMR senyawa hasil sintesis

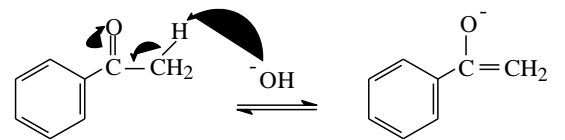
No Atom C	Δ (ΣH, m, J Hz)
3'	8,09 (1H, d, 6,7 Hz)
4'	6,97 (1H, dd, 7,35 Hz)
5'	6,53 (1H, t, 7,95 Hz)
6'	8,09 (1H, d, 8,55 Hz)
2'' & 6''	7,51 (2H, d, 7,35 Hz)
3'' & 5''	7,56 (2H, d, 7,65 Hz)
4''	7,08 (1 H, t, 6,7 Hz)
2	8,28 (1H, d, 15,25 Hz)
3	8,03 (1H, d, 15,25 Hz)

Berdasarkan data spektrum ¹H NMR senyawa hasil sintesis muncul serapan-serapan pada daerah 8,09 ppm ((1H, d, 6,7 Hz); 6,97 ppm (1H, dd, 7,35 Hz); 6,53 ppm (1H, t, 7,95 Hz); 8,09 ppm (1H, d, 8,55 Hz) yang menunjukkan proton-proton dari cincin aromatik B. Serapan pada 8,28 ppm (1H, d, 15,25 Hz) dan 8,03 ppm (1H, d, 15,25 Hz) menunjukkan proton-proton pada gugus -CH=etilena dengan posisi trans. Serapan-serapan yang muncul pada daerah 7,51 ppm (2H, d, 7,35 Hz); 7,56 ppm (2H, d, 7,65 Hz); dan 7,08 ppm (1 H, t, 6,7 Hz) menunjukkan proton-proton pada cincin aromatik A. Berdasarkan hasil spektrum ¹H-NMR dan didukung analisis spektrum IR, maka dapat disimpulkan bahwa kemungkinan struktur senyawa hasil sintesis seperti terlihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Perkiraan posisi proton senyawa hasil sintesis

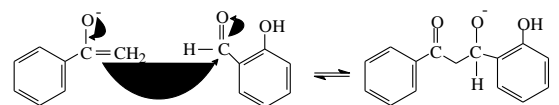
Senyawa 2-hidroksikalkon berhasil disintesis menggunakan katalis basa. Reaksi kondensasi aldol dengan katalis basa mengikuti mekanisme enolat. Basa yang digunakan biasanya ion hidroksida atau alkoksida. Reaksi aldol terjadi dengan serangan nukleofilik oleh resonansi enolat pada gugus karbonil terhadap molekul karbonil yang lain. Produk reaksi ini adalah garam alkoksida.

Pembentukan enolat:

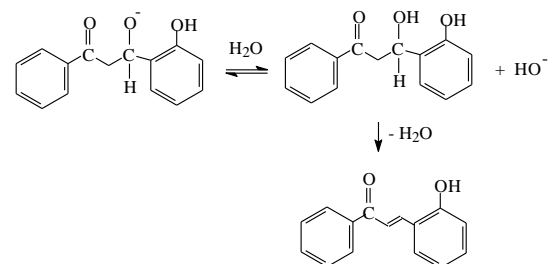


enolat sebagai nukleofil

Serangan nukleofil:

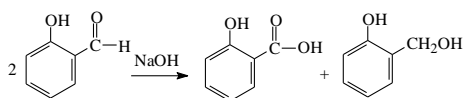


Pembentukan senyawa aldol, dilanjutkan dehidrasi:



Jika dilihat dari hasil yang diperoleh rendemennya masih kecil (31,22%) dimungkinkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- senyawa 2-hidroksibenzaldehida merupakan senyawa fenolik, karena memiliki gugus -OH yang terikat pada cincin benzena. Senyawa fenolik bersifat asam, sehingga NaOH yang digunakan untuk membentuk ion enolat juga akan bereaksi dengan gugus -OH fenolik membentuk ion fenoksida, menyebabkan pembentukan ion enolat kurang efektif, dengan demikian reaksi selanjutnya juga kurang efektif.
- terjadi reaksi Cannizzaro, 2-hidroksibenzaldehida merupakan senyawa yang tidak memiliki atom H_α, dengan adanya basa kuat seperti NaOH. Satu molekul 2-hidroksibenzaldehida akan teroksidasi menjadi asam 2-hidroksibenzoat, sedangkan satu molekul akan tereduksi menjadi 2-hidroksibenzil alkohol dengan reaksi sebagai berikut:



2-hidroksibenaldehida asam 2-hidroksibenzoat 2-hidroksibenzil alkohol

- reaksi dehidrasi senyawa aldol yang terbentuk dari hasil kondensasi kurang efektif. Hasil penelitian Iwan Setiawan (2010) menunjukkan dengan penambahan HCl sebagai dehidrator pada sintesis senyawa 3-hidroksikalkon diperoleh senyawa dengan rendemen 56,25%. Pada penelitian ini tidak ditambahkan HCl sebagai dehidrator, meskipun secara teoritis reaksi dehidrasi dapat berlangsung secara spontan karena dehidrasi menghasilkan suatu ikatan rangkap yang berkonjugasi dengan suatu cincin aromatik.

Pada penelitian ini senyawa 2-hidroksikalkon yang berhasil disintesis juga masih memiliki kemurnian 64%. Pemurnian kristal dilakukan dengan rekristalisasi menggunakan pelarut etanol-akuades. Untuk mendapatkan kristal yang lebih murni lagi dapat dilakukan

rekristalisasi ulang atau menggunakan kromatografi kolom.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kondensasi aldol silang dalam sintesis senyawa 2-hidroksikalkon lebih efektif menggunakan katalis basa. Hasil sintesis senyawa 2-hidroksikalkon dengan katalis asam tidak mendapatkan senyawa yang diharapkan, yaitu tidak diperoleh kristal. Hasil sintesis diperoleh larutan putih keruh berminyak, sedangkan dengan katalis basa berhasil diperoleh senyawa 2-hidroksikalkon, berbentuk kristal oranye, dengan titik lebur 148°C, rendemen 31,22%, dan kemurnian 64%.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kondisi reaksi yang berbeda, misalnya jenis pelarut, suhu reaksi, waktu reaksi untuk memperoleh hasil yang optimal.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2006, Mixed Aldol Condensations, University of west Florida
- Arty I.S., 1996, Synthesis, anti inflammatory and antioxidant activities of benzilidenacetophenones analogues, disertasi, Pascasarjana UGM
- Arty I.S, 2000, Synthesis of benzilidenacetophenones and their inhibition of lipid peroxidation.
- Bruice, P. Y., 2007. Organic Chemistry, Fifth edition, New York.
- Iwan Setiawan, 2010, Sintesis Senyawa 1-Fenil-(3'-hidroksifenil)-2-propen-1-on dan Uji Potensinya Sebagai Senyawa Tabir Surya, Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Affandi, Muhammad Yusuf, 2008, Sintesis p-Hidroksibenaldehida dengan Aseton, Skripsi, UGM
- McBride, K., 2005. Synthesis of Dibenzalacetone by the Aldol Condensation, www.susuqu.edu, (24/1/2006)
- Pudjono, Sismindari dan Widada, H., 2008, Synthesis of 2,5-bis-(4'-hydroxybenzylidene)cyclopentanone and 2,5-bis-(4'-chlorobenzylidene)cyclopentanone compounds and Antiproliferative Test to Hela Cells, Majalah Farmasi Indonesia 19(1), 48-55.
- Sardjiman, 2000, Synthesis of some New series of Curcumin Analogues, Antioxidative, Antiinflammatory, Antibacterial Activities and Qualitative-Structure Activity Relationship, Disertasi, Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sri Handayani, 2000, Sintesis 4'-metoksiflavanon Menggunakan o-hidroksiasetofenon

dan p-anisaldehyda dari minyak Adas,
Tesis, Yogyakarta, Pascasarjana, UGM

Sri Handayani, 2004, Sintesis dan karakterisasi 4-
metoksikalkon dari Minyak Adas,
Eksakta, Jurnal Ilmu-ilmu MIPA, LP2M
FMIPA UII, Yogyakarta, 19-23.

Sri Handayani, Sabirin Matjeh, Chairil Anwar, Sri
Atun, 2010, Synthesis and Activity Test
as Antioxidant of Two
Hydroxybenzalacetones, PACCON,
Thailand, 686-698

Titik T, 2005, Synthesis of p-Methoxy-Cinnamil-p-
Methoxycinamate from Ethyl-p-
Methoxycinamate was Isolated from
Dried Rhizome Kaempferia galanga L
As Sunscreen Compound,
Indo.J.Chem., 5(3), 193-197.

Tutik D, 1996, Oksidasi Anetol dan Kajian Pengaruh
Gugus Metoksi Turunan benzaldehyde
Terhadap Reaksi Kondensasi Benzoin
dan Aldol Silang, Thesis, Pascasarjana
UGM.

Wade L.G. Jr, 1999, Organic Chemistry, fourth
edition, Prentice Hall, New Jersey.

Webexhibits.org/causeofcolor/7.html(10-04-
2007).