

**PENGARUH VARIASI RASIO MOL 4-METOKSIBENZALDEHIDA DAN
SIKLOHEKSANON PADA SINTESIS 2-(4'-METOKSIBENZILIDEN)
SIKLOHEKSANON MENGGUNAKAN METODE MICROWAVE ASSISTED
ORGANIC SYNTHESIS**

**(THE EFFECT OF 4-METHOXYBENZALDEHYDE
AND CYCLOHEXANONE MOLE RATIO VARIATION
ON THE SYNTHESIS OF 2-(4'-METHOXYBENZYLIDENE)CYCLOHEXANONE
USING MICROWAVE ASSISTED ORGANIC SYNTHESIS METHODS)**

Elga Riesta Puteri dan Sri Handayani*

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta

Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta 55281

*e-mail: handayani@uny.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh variasi rasio mol dan rasio mol yang menghasilkan rendemen maksimal. Sintesis senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon dilakukan melalui reaksi kondensasi Claisen Schmidt dengan katalis NaOH. Variasi rasio mol 4-metoksibenzaldehida:sikloheksanon yang digunakan adalah 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, dan 1:8. Sintesis 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon menggunakan metode MAOS dibutuhkan waktu 120 detik. Senyawa hasil sintesis diidentifikasi menggunakan KLT, KLT scan, spektroskopi IR dan ¹H NMR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio mol 4-metoksibenzaldehida:sikloheksanon berpengaruh pada sintesis 2-(4'-metoksibenziliden)-sikloheksanon. Hal tersebut ditunjukkan dari perbedaan rendemen yang dihasilkan. Variasi rasio mol 4-metoksibenzaldehida:sikloheksanon 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, dan 1:8 menghasilkan rendemen 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon secara berurutan 0%; 59,272%; 64,122%; 46,782%; dan 45,555%. Rasio mol 4-metoksibenzaldehida: sikloheksanon yang memberikan rendemen maksimal adalah 1:4.

Kata kunci: sintesis, MAOS, 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon

Abstract

This research aims to determine the effect of mole ratio variation and mole ratio which produce maximum yield. Synthesis of 2-(4'-methoxybenzylidene)cyclohexanone was done through Claisen Schmidt condensation with NaOH as catalyst. Variation of 4-methoxybenzaldehyde:cyclohexanone mole ratio were 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, and 1:8. 2-(4'-methoxybenzylidene)cyclohexanone could be synthesized using MAOS methods for 120 seconds. Synthesis product was identified by TLC, TLC scan, spectroscopy IR, and spectroscopy ¹H NMR. The result of this research showed that the variation of 4-methoxybenzaldehyde:cyclohexanone mole ratio had an effect on the synthesis of 2-(4'-methoxybenzylidene)cyclohexanone. It was proven by the different of yields which have been produced. Variation of 4-methoxybenzaldehyde:cyclohexanone mole ratio 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, and 1:8 produced 2-(4'-methoxybenzylidene)cyclohexanone 0%; 59.272%; 64.122%; 46.782%; and 45.555% in yields respectively. The mole ratio of 4-methoxybenzaldehyde:cyclohexanone which gives the maximum yield is 1:4.

Keywords: synthesis, MAOS, 2-(4'-methoxybenzylidene)cyclohexanone

PENDAHULUAN

Saat ini telah banyak senyawa organik yang berhasil disintesis dari penggabungan molekul-molekul kecil menjadi molekul yang lebih besar melalui berbagai reaksi kimia. Berbagai modifikasi dalam sintesis dapat dilakukan, misalnya dengan memvariasi bahan awal, yaitu dengan memodifikasi gugus-gugus fungsional, atau mengganti dengan bahan lain yang setipe (Budimarwanti, 2009).

Dalam proses sintesis suatu senyawa, jumlah reaktan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap senyawa hasil sintesis. Nurcahyo (2014) melaporkan bahwa rasio mol sinamaldehyda : aseton berpengaruh terhadap rendemen senyawa sinamalaseton yang dihasilkan. Variasi rasio mol sinamaldehyda: aseton 1:1, 1:5, 1:10, 1:15 dan 1:20 menghasilkan rendemen senyawa sinamalaseton berturut-turut 7,269%; 29,810%; 54,530%; 22,443% dan 9,411%. Handayani dan Arty (2008) mensintesis beberapa senyawa dengan rasio mol aseton:benzaldehyda dan turunannya (1:1) menghasilkan benzalaseton, anisalaseton, veratralaseton dan sinamalaseton. Sedangkan dengan rasio mol aseton : benzaldehyda dan turunannya (1:2) menghasilkan dibenzalaseton, dianisalaseton, diveratralaseton dan disinamalaseton. Yuliyani (2016) memaparkan bahwa ada pengaruh variasi rasio mol sikloheksanon : benzaldehyda pada

sintesis benziliden-sikloheksanon. Variasi rasio mol reaktan yang digunakan adalah sikloheksanon:benzaldehyda 1:1, 2:1, 4:1, 6:1, dan 8:1 menghasilkan rendemen benzilidensi-kloheksanon berturut-turut 4,54%; 8,52%; 9,95%; 12,73%; dan 2,79%. Rendemen maksimal yaitu pada rasio sikloheksanon : benzaldehyda 6:1. Dari beberapa hasil penelitian tersebut, terbukti bahwa rasio mol reaktan berpengaruh terhadap jumlah produk. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan variasi rasio mol reaktan pada sintesis senyawa 2-(4'-metoksibenziliden) sikloheksanon dari 4-metoksibenzaldehyda dan sikloheksanon.

Pada sintesis organik, penggunaan irradiasi gelombang mikro dalam proses sintesis mampu menghasilkan produk dengan cepat serta rendemen yang tinggi (Liu & Zhang, 2011). Sekhon (2010) penggunaan teknologi *microwave* dapat mengurangi waktu reaksi kimia dengan pemanasan langsung dan merata. Metode *Microwave Assisted Organic Synthesis (MAOS)* merupakan metode sintesis menggunakan teknik pemanasan dengan memanfaatkan energi dari gelombang mikro (Kuhnert, 2002). Metode tersebut didasarkan pada prinsip *Green Chemistry* (Wardencki, Curylo, & Namiesnik, 2005). Dari literatur di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan sintesis 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon menggunakan metode *Microwave Assisted Organic Synthesis (MAOS)*.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah krus, *microwave oven*, satu set alat rekristalisasi, *KLT scanner*, spektrofotometer inframerah dan spektrometer ¹H NMR.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa 4-metoksibenzal-dehida p.a, sikloheksanon p.a, NaOH, etanol p.a, kloroform p.a, n-heksana p.a, dan metanol p.a.

Prosedur penelitian sebagai berikut. Sebanyak 0,2 gram (0,005 mol) NaOH dimasukkan ke dalam krus kemudian ditambahkan dengan 2 mL pelarut etanol dan diaduk hingga larut. Sintesis pertama menggunakan rasio mol 4-metoksibenzaldehida:sikloheksanon 1:1. Sebanyak 0,49 gram (0,005 mol) sikloheksanon dan 0,68 gram (0,005 mol) 4-metoksibenzaldehida secara berturut-turut ditambahkan ke dalam krus berisi NaOH diaduk hingga bercampur. Krus yang berisi campuran ditutup menggunakan aluminium foil dan diberi lubang sebagai jalur sirkulasi udara. Setelah itu menyalakan *microwave oven* SIGMATIC SMO-25SSG. Campuran dalam krus dimasukkan ke dalam *microwave oven* dalam waktu 120 detik. Krus berisi endapan dikeluarkan dari *microwave oven* dan dibiarkan dalam suhu kamar. Setelah dingin krus berisi campuran ditimbang hingga berat konstan.

Prosedur diulang dengan mengganti rasio mol 4-metoksibenzaldehida:sikloheksanon 1:2, 1:4, 1:6, dan 1:8. Senyawa hasil sintesis diidentifikasi menggunakan *KLT Scanner* untuk menentukan kemurnian dan rendemen. Hasil sintesis dengan kemurnian tertinggi direkristalisasi dan dikarakterisasi menggunakan spektroskopi IR dan ¹H NMR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Senyawa Hasil Sintesis dengan KLT dan KLT Scanner

Hasil sintesis senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon berupa serbuk berwarna kuning. Data hasil sintesis disajikan pada Tabel 1. Senyawa hasil sintesis diidentifikasi menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT). Eluen yang digunakan adalah kloroform : n-heksana (3:2). Pada penelitian ini dilakukan pengkelompokan produk menjadi produk I dan produk II. Pengelompokan dilakukan berdasarkan nilai *R_f* yang bersebelahan. Berdasarkan pengelompokan tersebut, produk I memiliki nilai *R_f* yang lebih tinggi dibandingkan nilai *R_f* produk II, sehingga produk I bersifat lebih nonpolar daripada produk II.

Berdasarkan hasil *KLT scanner*, produk I memiliki pola puncak kromatogram yang hampir sama dengan senyawa pembanding 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon. Sedangkan produk II memiliki

Tabel 1

Data senyawa pembandingan dan hasil sintesis

Kode sampel	Rasio Mol (M:S)	Berat Hasil (g)	Produk I			Produk II		
			R _f	Kemurnian (%)	Rendemen	R _f	Kemurnian (%)	Rendemen
X	2:1	1,993	0,65	57,57	68,705	-	-	-
A	1:1	1,446	0,65	67,95	58,836	-	-	0
B	1:2	1,908	0,65	27,99	31,979	0,57	33,55	59,272
C	1:4	2,806	0,69	7,16	12,03	0,59	24,68	64,122
D	1:6	2,662	0,73	3,47	5,531	0,63	18,98	46,782
E	1:8	1,780	0,78	4,87	5,190	0,68	27,64	45,555

Keterangan: M = 4-metoksibenzaldehida, S = Sikloheksanon, X = Senyawa pembandingan 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon

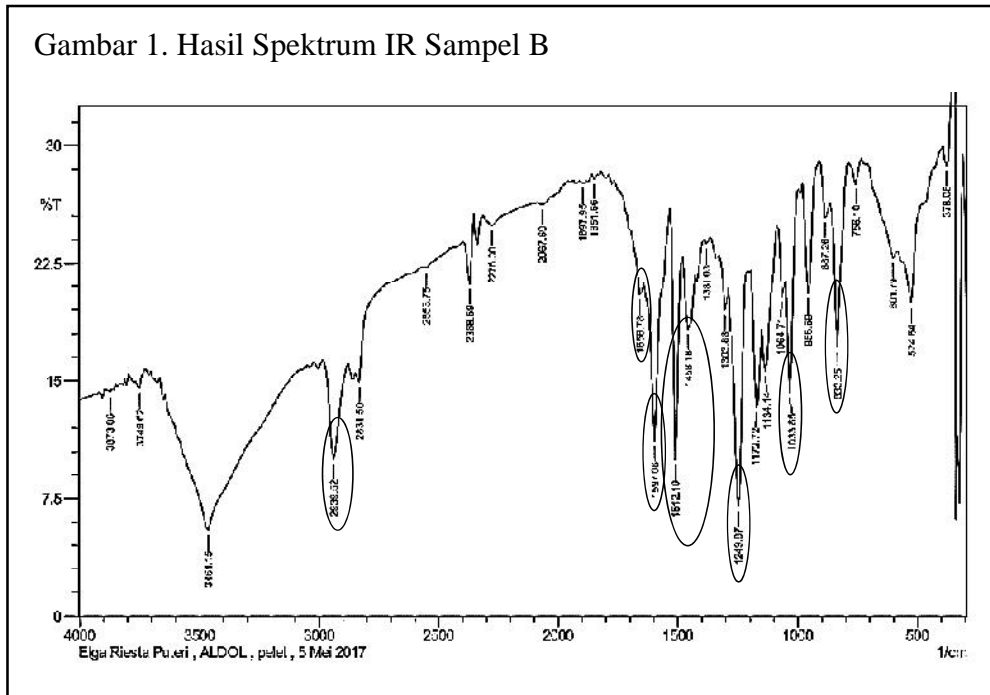
perbedaan. Sehingga diperkirakan produk II merupakan senyawa target. Hasil ini masih perlu dianalisis lebih lanjut dengan spektroskopi IR dan ¹H NMR. Produk II dengan kadar tertinggi yaitu sampel B direkrustalisasi untuk karakterisasi lebih lanjut. Berdasarkan hasil KLT *scanner* sampel B, setelah direkrustalisasi kadar produk II pada sampel B meningkat menjadi 83,81%.

Identifikasi Senyawa Hasil Sintesis dengan Spektroskopi IR

Hasil karakterisasi sampel B menggunakan spektrofotometer inframerah disajikan pada Gambar 1.

Berdasarkan spektrum IR senyawa hasil sintesis pada Gambar 1 dapat diidentifikasi bahwa terdapat serapan kuat pada daerah 2931,80 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus C-H alkana. Serapan pada daerah 1597,06 cm⁻¹ dengan intensitas kuat yang

merupakan serapan khas C=O karbonil. Pada umumnya serapan gugus C=O pada senyawa keton berada pada daerah sekitar 1715 cm⁻¹ tetapi berdasarkan hasil, daerah serapannya bergeser ke daerah serapan yang lebih rendah (Silverstein, Webster, & Kiemle, 2005). Pergeseran tersebut dapat terjadi karena adanya pengaruh lingkungan gugus C=O yang menyebabkan penurunan daerah serapan. Adanya konjugasi dengan sebuah ikatan C=C menyebabkan adanya pergeseran daerah serapan lebih rendah dan konjugasi lebih lanjut akan menghasilkan sedikit lagi penurunan daerah serapan. Serapan pada daerah 1512,19 cm⁻¹ dan 1458,18 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=C aromatik. Serapan pada daerah 1249,87 dan 1033,85 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C-O eter. Serapan pada daerah 833,25 cm⁻¹ menunjukkan adanya aromatik ter-substitusi para. Hasil karakterisasi tersebut

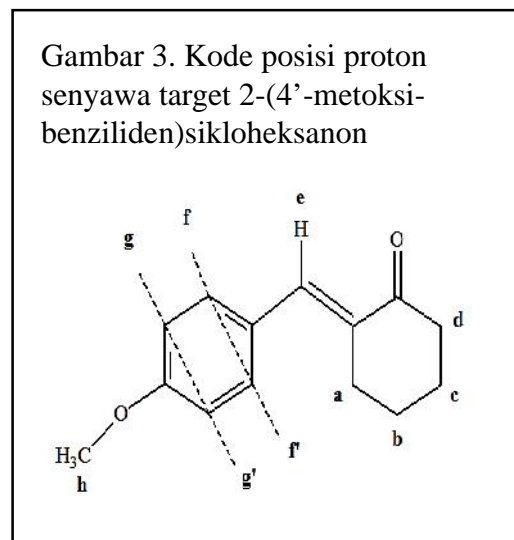


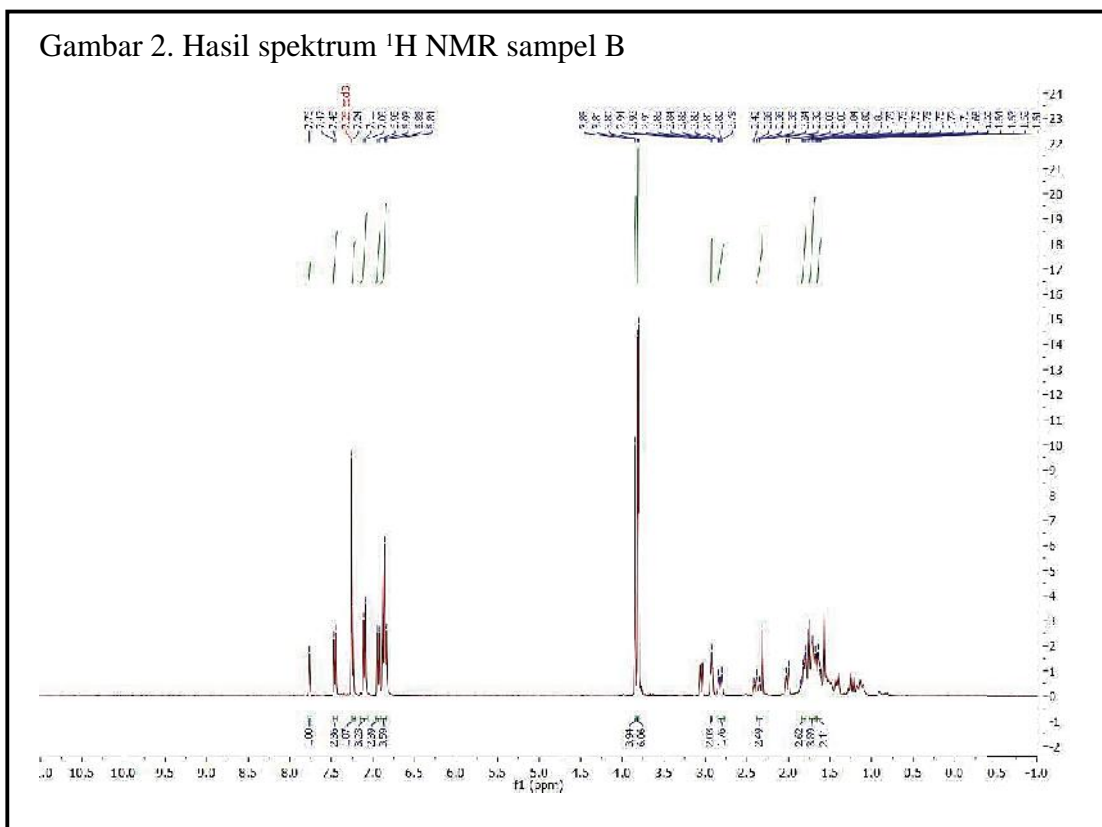
menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis dapat berupa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon ataupun 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon. Hal ini disebabkan gugus fungsi yang dimiliki kedua senyawa sama. Dengan demikian perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut menggunakan spektroskopi ^1H NMR.

Identifikasi Senyawa Hasil Sintesis dengan Spektroskopi ^1H NMR

Hasil karakterisasi sampel B menggunakan spektrometer ^1H NMR disajikan pada Gambar 2. Kode posisi proton senyawa target 2-(4'-metoksi-benziliden)sikloheksanon yang disajikan pada Gambar 3 dan hasil analisis spektrum ^1H NMR senyawa target disajikan pada Tabel 2.

Kode posisi proton senyawa hasil samping 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon disajikan pada Gambar 4 dan hasil karakterisasi puncak-puncak yang muncul pada spektrum ^1H NMR selain puncak-puncak senyawa target diperkirakan





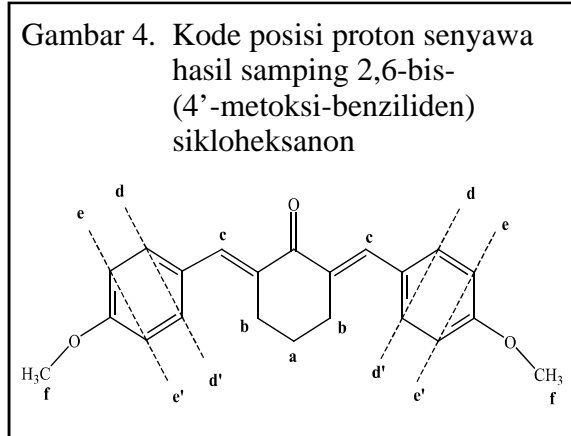
Tabel 2
Hasil Analisis Spektrum ^1H NMR Senyawa Target Pada Sampel B

Kode	Chemdraw (ppm)	Target (ppm)	H	Multiplisitas	Perkiraan Proton
a	1,37	1,63	2	m	-CH ₂ -
b	1,96	1,72	4	t	-CH ₂ -
c	7,38	7,24	2	s	CH alkena
d, d'	7,19	7,47	4	d	CH aromatik
e, e'	6,72	6,95	4	d	CH aromatik
f	3,73	3,80 3,81	6	s	-OCH ₃

kan adalah senyawa hasil samping disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan spektrum ^1H NMR senyawa hasil pada Gambar 2 diketahui bahwa muncul puncak-puncak serapan

selain puncak-puncak senyawa target 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon sehingga diperkirakan senyawa hasil sintesis masih berupa senyawa campuran. Senyawa lain yang teridentifikasi diperkirakan adalah



hasil samping berupa senyawa 2,6-bis-(4'-metoksi-benziliden)sikloheksanon. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya serapan khas dari proton metoksi ($-OCH_3$) yang muncul lebih dari satu puncak serta puncak-puncak lain yang mendukung. Selain itu muncul puncak-puncak kecil pada daerah sekitar 1 ppm yang diperkirakan adanya sisa bahan sikloheksanon atau hasil reaksi *self-aldol condensation* antarsikloheksanon dalam suasana basa.

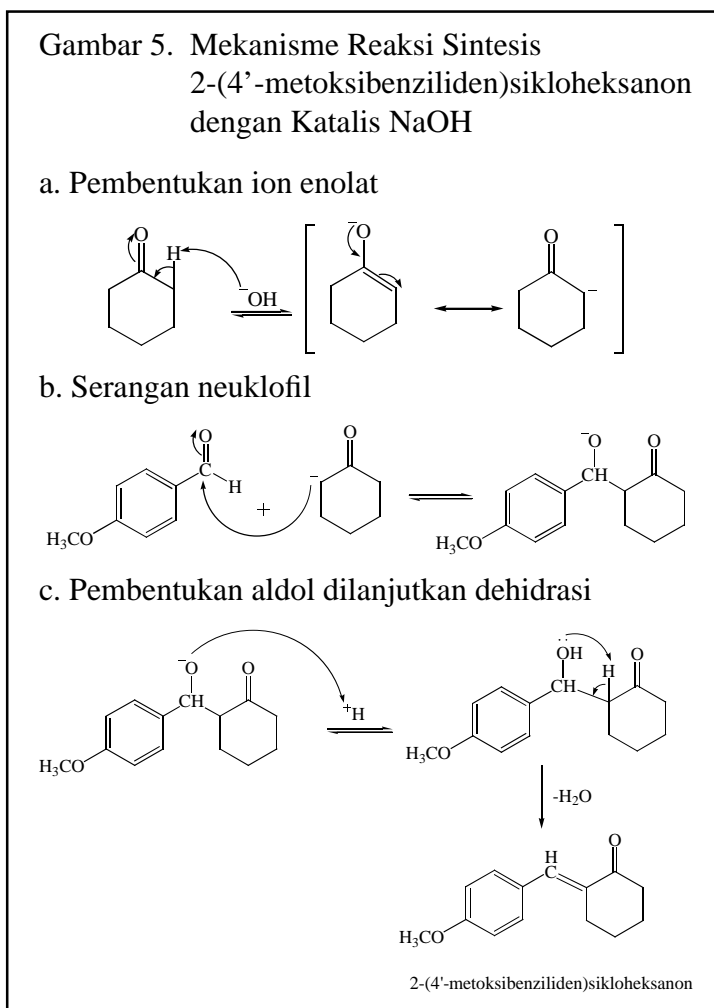
Reaksi Kondensasi Claisen Schmidt antara 4-Metoksibenzaldehida dengan Sikloheksanon

Pada sintesis 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon terjadi reaksi kondensasi aldol silang antara sikloheksanon dan 4-metoksibenzaldehida dengan katalis basa kuat NaOH. Reaksi ini berlangsung dalam suasana basa sehingga mengalami mekanisme enolat. Mekanisme reaksi sintesis 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon ditunjukkan pada Gambar 5.

Senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon yang dihasilkan masih memiliki H dapat mengalami reaksi lebih lanjut melalui serangan ion $-OH$ terhadap H pada 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon membentuk ion enolat. Ion enolat menyerang gugus karbonil pada 4-metoksibenzaldehida membentuk ion alkoksida. Selanjutnya terjadi pembentukan aldol dilanjutkan dehidrasi dan terbentuk

Tabel 3
Hasil Analisis Spektrum 1H NMR Senyawa Hasil Samping pada Sampel B

Kode	Chemdraw (ppm)	Target (ppm)	H	Multiplisitas	Perkiraan Proton
a	1,37	1,63	2	m	
b	1,96	1,72	4	t	$-CH_2-$
c	7,38	7,24	2	s	CH alkena
d, d'	7,19	7,47	4	d	CH aromatik
e, e'	6,72	6,95	4	d	
f	3,73	3,80 3,81	6	s	$-OCH_3$



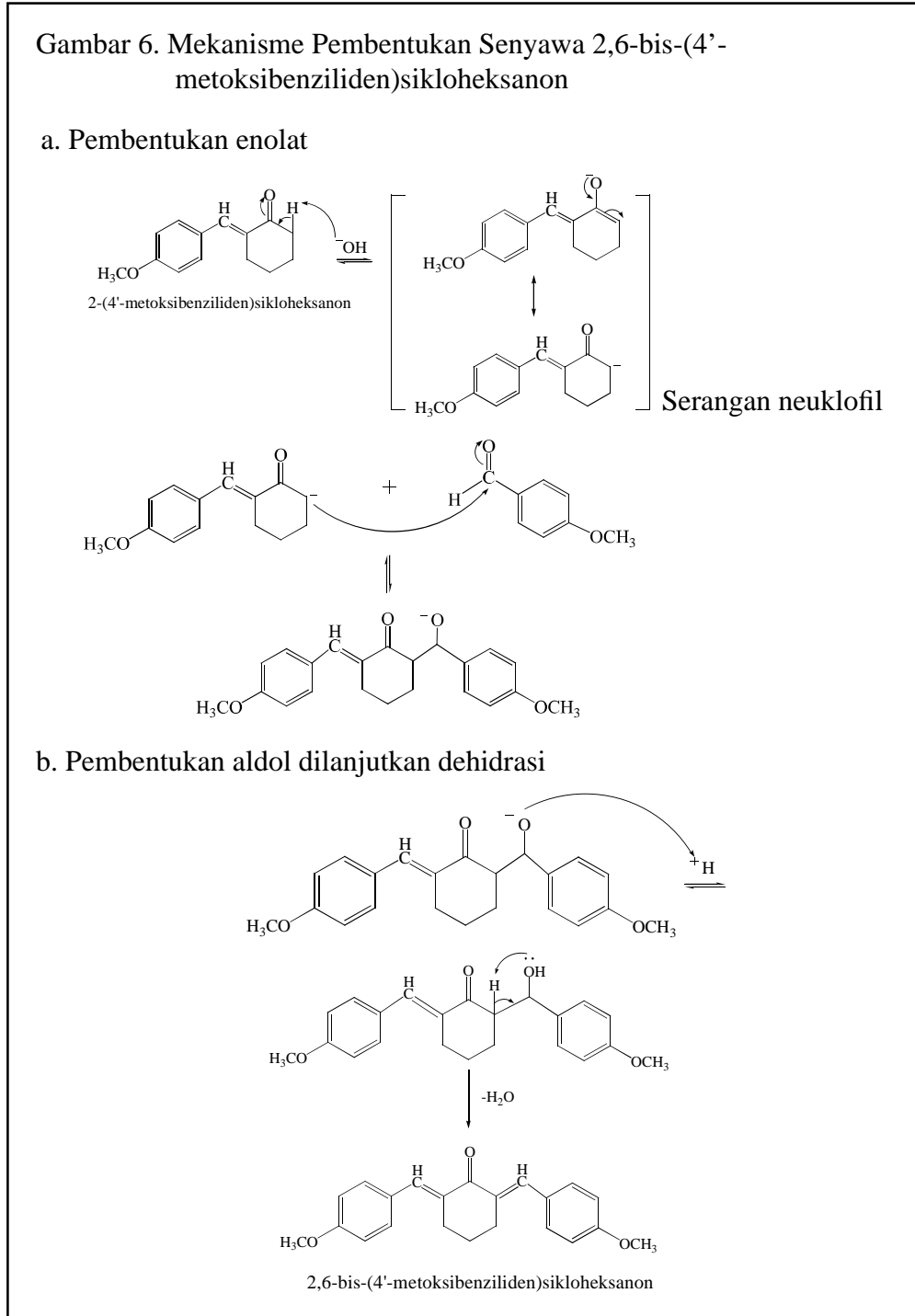
2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon. Mekanisme reaksi terbentuknya 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengaruh Variasi Rasio Mol 4-Metoksibenzaldehida : Sikloheksanon pada Sintesis 2-(4'-Metoksibenziliden)sikloheksanon

Berdasarkan hasil penelitian, pada Tabel 1 dicantumkan bahwa terbentuk produk I dan produk II. Berdasarkan

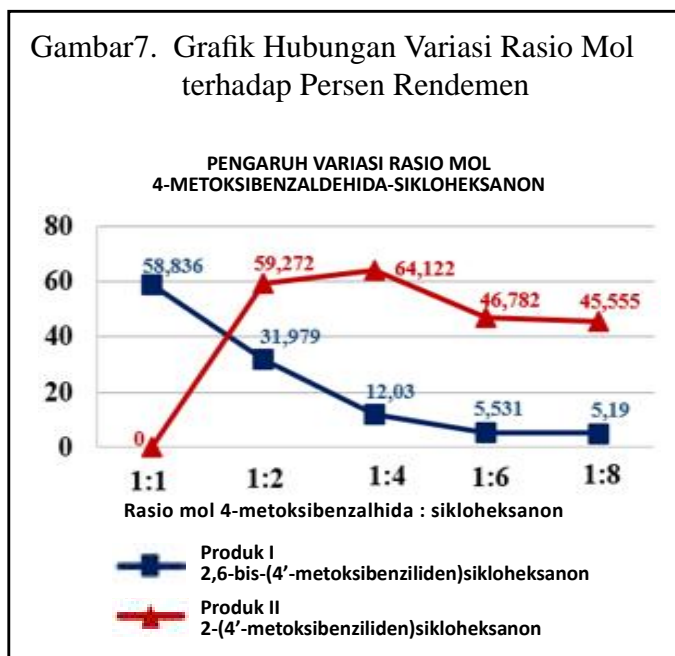
hasil identifikasi, dapat dijelaskan bahwa produk I merupakan 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon dan produk II merupakan 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon. Produk pada setiap variasi rasio mol 4-metoksibenzaldehida : sikloheksanon dengan rendemen hasil disajikan pada Gambar 7.

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa rendemen 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon maksimal pada rasio mol 4-metoksibenzaldehida : sikloheksanon (1:4)



sebesar 64,122%. Produk berupa serbuk berwarna kuning. Rendemen maksimal senyawa 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)-sikloheksanon pada rasio mol 4-metoksi-

benzaldehida : sikloheksanon (1:1) sebesar 58,836%. Produk berupa serbuk berwarna kuning. Berdasarkan grafik hubungan rasio mol dengan rendemen



pada Gambar 7 dapat dijabarkan bahwa senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon tidak terbentuk pada rasio mol 4-metoksibenzaldehida : sikloheksanon (1:1) sedangkan secara teoritis seharusnya 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon dapat dihasilkan dengan menggunakan rasio mol tersebut. Pembentukan produk samping 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon tidak dapat dihindari karena senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon hasil sintesis masih memiliki H . Senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon dapat bereaksi kembali dalam suasana basa membentuk 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon. Oleh karena itu, penambahan jumlah sikloheksanon dapat mengurangi pembentukan hasil samping senyawa 2,6-bis-

(4'-metoksibenziliden)-sikloheksanon. Senyawa 2-(4'-metoksi-benziliden)sikloheksanon bersifat lebih polar jika dibandingkan dengan 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon. Nilai R_f 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon lebih rendah dibandingkan dengan 2,6-bis-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon.

Rendemen senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon mengalami peningkatan dari rasio mol 4-metoksibenzaldehida : sikloheksanon 1:1 hingga 1:4 kemudian mengalami penurunan pada rasio mol 1:6 hingga 1:8. Dengan demikian, rasio mol 4-metoksibenzaldehida : sikloheksanon yang menghasilkan rendemen maksimal adalah 1:4. Peningkatan rendemen hasil terjadi karena pada sintesis senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon,

bahan sikloheksanon yang digunakan berlebih sehingga pembentukan hasil samping dapat diminimalisir. Namun, penggunaan sikloheksanon berlebih juga memungkinkan terjadi reaksi *self-aldol condensation* atau produk sintesis yang dihasilkan masih terdapat sisa sikloheksanon. Secara teori, reaksi yang dapat terjadi karena penggunaan keton berlebih dalam suasana basa adalah reaksi kondensasi aldol antar senyawa keton (*self-aldol condensation*). Pada reaksi ini, sikloheksanon bertindak sebagai elektrofil dan nukleofil dalam suatu reaksi kondensasi aldol. Produk berupa α -hidroksiketon dapat mengalami dehidrasi membentuk keton tak jenuh, jika dilakukan pemanasan produk adisi aldol (Bruice, 2007). Produk ini diperkirakan muncul pada spektrum ^1H NMR di daerah sekitar 1 hingga 2 ppm pada Gambar 2 (Pavia, Lampman, Kriz, & Vyvyan., 2001).

Reaksi lain yang mungkin terjadi adalah reaksi Cannizzaro. Bahan 4-metoksibenzaldehyda yang digunakan dalam sintesis merupakan senyawa aldehida aromatik yang tidak memiliki H sehingga dapat mengalami reaksi Cannizzaro jika direaksikan dengan basa kuat. Putri (2009) berhasil melakukan reaksi Cannizzaro 4-metoksibenzaldehyda tanpa pelarut dengan basa KOH menghasilkan asam 4-metoksibenzoat dan (4-metoksifenil)metanol.

SIMPULAN

Senyawa 2-(4'-metoksibenziliden)-sikloheksanon dapat disintesis dari senyawa 4-metoksibenzaldehyda dan sikloheksanon dengan katalis NaOH menggunakan metode MAOS dengan waktu reaksi 120 detik. Variasi rasio mol 4-metoksibenzaldehyda : sikloheksanon berpengaruh terhadap rendemen hasil yang dihasilkan. Rendemen rasio mol 4-metoksibenzaldehyda:sikloheksanon 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, dan 1:8 secara berurutan adalah 0%; 59,272%; 64,122%; 46,782%; dan 45,555%. Rasio mol 4-metoksibenzaldehyda:sikloheksanon yang menghasilkan rendemen 2-(4'-metoksibenziliden)sikloheksanon maksimal adalah 1:4.

DAFTAR PUSTAKA

- Budimarwanti. (2009). Penyediaan senyawa berkhasiat obat secara sintesis dengan analisis retrosintesis. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Bruice, P. Y. (2007). *Organic chemistry* (5th ed.). USA: Pearson Prentice Hall.
- Handayani, S., & Arty, I. S. (2008). Synthesis of hydroxyl radical scavengers from benzalacetone and its derivatives, *Journal of Physical Science*, 19(2), 61-68.
- Kuhnert, N. (2002). Microwave-assisted reactions in organic synthesis-are there

- any non-thermal microwave effects? *Angew. Chem. Int. Ed.*, 41(11), 1863-1866.
- Liu, H., & Zhang, L. (2011). *Microwave heating in organic synthesis and drug discovery*. Shanghai: State Key Laboratory of Drug Research, Shanghai Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Sciences.
- Nurchahyo, A. D. (2014). *Pengaruh Variasi rasio mol sinamaldehida-aseton pada sintesis 6-fenil-3,5-heksadien-2-on (Sinamalaseton) menggunakan metode MAOS (Microwave Assisted Organic Synthesis)* (Skripsi tidak diterbitkan). FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2001). *Introduction to spectroscopy*. Philadelphia: Saunders College.
- Putri, S. A. (2009). *Aplikasi reaksi canizzaro terhadap benzaldehida dan p-Anisaldehida dengan kondisi tanpa pelarut* (Skripsi tidak diterbitkan). FMIPA UNS, Surakarta.
- Sekhon, B. S. (2010). Microwave-assisted pharmaceutical synthesis: An overview. *International Journal of PharmTech Reasearch*, 2(1), 827-833.
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle D. J. (2005). *Spectrometric identification of organic compounds* (7th ed.). New York: John Wiley & Sons Inc.
- Wardencki, W., Curylo, J., & Namiesnik, J. (2005). Green chemistry-current and future issues. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), 389-395.
- Yuliyani, N. R. (2016). *Pengaruh variasi rasio mol sikloheksanon-benzaldehida pada sintesis benzilidinsikloheksanon* (Skripsi tidak diterbitkan). FMIPA UNY, Yogyakarta.