

RESEARCH ARTICLE

Methyl Red Based Test Strip for Identification of Formalin Compounds in Fish Samples

(Test Strip Berbasis Metil Merah untuk Identifikasi Senyawa Formalin dalam Sampel Ikan)

Lina Sun Haji, Choirun Nisa Anida, Caleyda Aprilianti, Himayah Izmi Fauziyyah,
Diah Ayu Pitaloka, Zulfikar^{*)}

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37, Jember, Indonesia

ABSTRACT

Methyl red based test strips were introduced a simple method for formalin identification. The test strip was designed based on the feasibility of the formalin oxidation reaction using hydrogen peroxide in an alkaline medium and using the methyl red indicator which is detected at a wavelength of 526 nm, with a concentration range from 1.0 - 10.0 ppm. The test strip was designed by immobilizing methyl red and NaOH in a Whatman paper matrix number 40 for 40 minutes and it has been evaluated by adding formalin samples and oxidator to the surface of the test strip. Optimum measurement conditions were obtained at 0.05 mL of 0.06M methyl red, 0.2 mL of 0.001M NaOH and 0.25 mL of 2% H₂O₂. The test strip has a good performance to identify formalin in the concentration range of 1.0 - 7.5 ppm which is monitored by a color change from yellow to red. The feasibility of using the test strip is also carried out by analyzing real samples through a recovery test. Test strips still can be used to identify formalin until 30 days when it stored at room temperature, and 2 days when it stored in the refrigerator.

Test strip berbasis metil merah diperkenalkan sebagai metode sederhana untuk identifikasi formalin. *Test strip* dirancang berdasarkan kelayakan reaksi oksidasi formalin menggunakan hidrogen peroksida dalam media basa dan menggunakan indikator metil merah yang terdeteksi pada panjang gelombang 526 nm, dengan rentang konsentrasi 1,0 - 10,0 ppm. *Test strip* dirancang dengan cara imobilisasi metil merah dan NaOH dalam matriks kertas *whatman* nomor 40 selama 40 menit dan dilakukan evaluasi dengan menambahkan sampel formalin dan oksidator pada permukaan *test strip*. Kondisi pengukuran optimal diperoleh pada 0,05 mL metil merah 0,06M, 0,2 mL NaOH 0,001M dan 0,25 mL H₂O₂ 2%. *Test strip* mempunyai kinerja yang baik untuk mengidentifikasi formalin pada rentang konsentrasi 1,0 - 7,5 ppm yang dipantau dengan perubahan warna dari kuning menjadi merah. Kelayakan penggunaan *test strip* juga dilakukan dengan menganalisis sampel nyata melalui uji pemulihan. *Test strip* masih dapat digunakan untuk mengidentifikasi formalin hingga 30 hari jika disimpan pada suhu kamar, dan 2 hari jika disimpan di lemari es.

Keywords: Test strips, Formalin, Methyl red, Hydrogen peroxide, Whatman 40.

^{*)}Corresponding author:
Zulfikar
E-mail: zulfikar@unej.ac.id

PENDAHULUAN

Ikan merupakan salah satu sumber pangan yang dikonsumsi manusia untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya karena sumber protein hewani [1]. Protein dalam ikan mudah dicerna oleh tubuh dan dijadikan sebagai sumber energi. Ikan juga mengandung asam lemak tak jenuh, kolesterol rendah, dan omega 3 [2]. Ikan segar memiliki daya simpan yang rendah karena tingginya kandungan protein dan air. Ikan segar umumnya diawetkan dengan cara diberi es balok, namun cara tersebut tentunya membutuhkan banyak es balok dan harga yang relatif mahal, sehingga beberapa oknum memilih untuk menambahkan formalin[3]. Formalin mampu menambah daya

simpan ikan segar karena adanya gugus aldehid yang mampu melindungi protein, sehingga tidak mudah didegradasi oleh bakteri pembusuk [4].

Formalin merupakan nama dagang dari formaldehida yang berbentuk cairan tidak berwarna dengan bau menyengat dan dapat larut dalam air [5]. Formalin digunakan sebagai bahan insektisida, disinfektan, atau pengawet mayat. Formalin termasuk bahan kimia yang dilarang untuk pengawetan makanan karena mampu menimbulkan efek buruk bagi kesehatan tubuh. Formalin dapat menyebabkan kanker, kerusakan organ tubuh, bahkan kerusakan sel [6]. Penggunaan formalin sebagai bahan pengawet makanan telah dilarang oleh pemerintah karena memiliki efek yang buruk bagi kesehatan tubuh.

Pemerintah telah menulis larangan tersebut dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1168/Menkes/PER/X/1999. Penggunaan formalin pada kenyataannya masih sering disalahgunakan sebagai bahan pengawet makanan karena memiliki harga yang ekonomis dan mudah didapatkan [7].

Berdasarkan maraknya penggunaan formalin sebagai bahan pengawet maka perlu dilakukan analisis formalin dalam makanan. Analisis formalin umumnya dilakukan dengan mereaksikan formalin dengan reagen spesifik yang dideteksi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Khulukhi dkk [8] menggunakan reagen asam kromatofat dalam asam sulfat yang bereaksi dengan formalin menghasilkan perubahan warna dari kuning menjadi ungu lembayung yang termonitor pada panjang gelombang 590 nm. Muluk dkk [9] melaporkan penggunaan reagen nash dan memberikan perubahan warna dari tidak berwarna menjadi kuning, serta termonitor pada panjang gelombang maksimum 413 nm. Tepchuay dkk [10] memperkenalkan penggunaan oksidator H_2O_2 yang bekerja dalam suasana basa untuk mengoksidasi formalin yang dimonitor menggunakan *indicator Bromthymol blue*. Perubahan warna terjadi dari biru menjadi kuning yang termonitor secara pada panjang gelombang 430 nm dan perubahan warna dapat dilihat secara kasat mata.

Metode alternatif yang cepat, praktis, dan ekonomis dibutuhkan untuk analisis formalin. Hal ini perlu dilakukan agar analisis formalin tidak hanya dilakukan dalam skala laboratorium. *Test strip* merupakan salah satu metode sederhana serta cepat yang didasarkan pada perubahan warna akibat reaksi antara analit dan reagen. Seebunrueng dkk. [11] melaporkan alat uji formalin secara *real time* berbasis kertas untuk menggunakan reagen nash. Hasil penelitian ini berhasil diaplikasikan pada sampel makanan dengan batas deteksi sebesar 0,11 mg/L. Sayyad dkk. [12] juga berhasil mengembangkan metode *test strip* untuk analisa formalin menggunakan reagen nash. *Test strip* formalin yang dikembangkan dapat diaplikasikan pada sampel susu dengan perubahan warna dari tidak berwarna menjadi kuning. Arsawiset dan Teepoo [13] membuat *test strip* yang digunakan untuk analisis formalin menggunakan reagen 3-aminopropyltriethoxysilane (APTES). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa *test strip* dapat digunakan untuk analisis formalin dengan

stabilitas yang baik. Riskyna dkk [14] melaporkan pengembangan *test strip* formalin menggunakan reagen pararosalina yang diaplikasikan pada sampel tahu. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa *test strip* dapat digunakan dalam analisis formalin dalam sampel tahu dan sesuai dengan metode spektrofotometer UV-Vis. *Test strip* formalin juga dapat dikembangkan menggunakan reagen Schiff seperti dilakukan oleh Khan dan Gurav, [15] yang diaplikasikan pada daging dan ayam. Namun, metode tersebut memerlukan reagen yang memiliki reaksi cukup kompleks, proses analisis dilakukan dalam laboratorium, sehingga diperlukan metode alternatif lainnya.

Berdasarkan reaksi yang diajukan oleh Tepchuay dkk. [10] maka dapat dikembangkan *test strip* untuk analisa formalin dengan mengimmobilisasi indikator metil merah dalam suasana basa dalam matriks kertas *whatman*. Reaksi oksidasi formalin dengan H_2O_2 pada *test strip* dapat diamati melalui perubahan warna dari indikator metil merah. Optimasi dilakukan terhadap jumlah reagen, NaOH, metil merah, waktu immobilisasi jenis kertas *whatman* dan ketebalannya. Uji kinerja *test strip* dilakukan pada analisis real sampel ikan segar yang diperoleh dari pedagang di Pasar Tanjung Jember.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu *bax* kedap udara, pisau, mikropipet, pipet tetes, pipet volume (1 mL, 2 mL, dan 10 mL), *ball* pipet, gelas ukur 50 mL, gelas beker (50 mL, 100 mL, dan 500 mL), labu ukur (50 mL, 100 mL, 250 mL dan 500 mL), tabung reaksi, rak tabung reaksi, neraca analitik, batang pengaduk, corong kaca, *chopper*, spektrofotometer UV-Vis model 752, dan tes kit formalin labtest. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuades, formalin merck, H_2O_2 smartlab, indikator metil merah Merck, etanol Merck, NaOH Merck, kertas *whatman*, lem akrilat superglue, akrilik, dan ikan segar.

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan optimasi kondisi pengukuran mulai dari kelayakan prosedur, konsentrasi H_2O_2 , serta kuantitas indikator metil merah, dan NaOH. Hasil optimasi dilanjutkan untuk membuat larutan standar dari 1-10 ppm dan pembuatan kurva kalibrasi dengan menggunakan

spektrofotometer UV-Vis. Penelitian dilanjutkan dengan mengembangkan *test strip* dan mengoptimasi kondisi pengukuran.

Test strip dikembangkan menggunakan polyacrylat yang berukuran 5,0 x 2,0 cm dengan ketebalan 0,6 cm. Bagian bawah disiapkan lubang untuk matriks berbentuk lingkaran dengan diameter 1 cm dan memiliki kedalaman 0,4 cm. Matriks kertas *whatman* direkatkan pada lubang tersebut. Proses immobilisasi secara absorpsi hanya untuk metil merah dan NaOH.

Parameter yang dioptimasi pada proses immobilisasi meliputi waktu immobilisasi, volume NaOH, volume H₂O₂, volume metil merah, jumlah kertas dan jenis kertas *whatman*. Variabel waktu immobilisasi yang dipelajari adalah 10, 20, 30, 40, 50 menit. Volume methyl merah 1, 2, 3, 4 dan 5 tetes dengan konsentrasi 0,06M. Volume NaOH yang digunakan dimulai dari 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mL dengan konsentrasi 0,001M, untuk volume H₂O₂, yang digunakan bervariasi dari 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 mL dengan konsentrasi 3% v/v. Sedangkan ketebalan matriks juga dipelajari berdasarkan jumlah kertas *whatman* yang digunakan dalam hal ini adalah 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis.

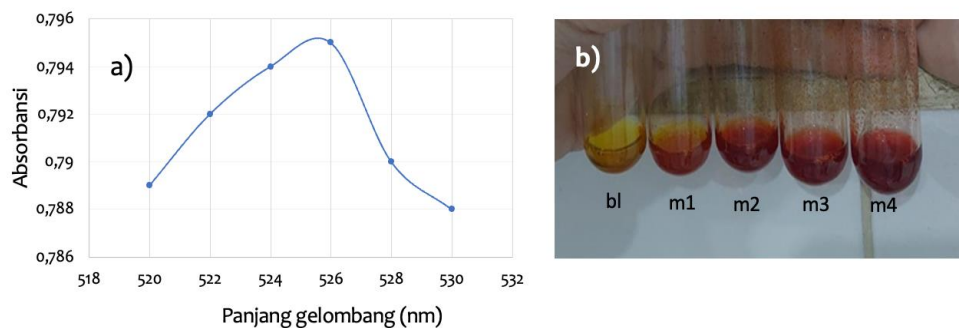
Demikian pula jenis matriks yang dipergunakan dievaluasi dari Kertas *whatman* no 1, 40, 41 dan 42. Uji

kinerja *test strip* dipelajari meliputi rentang kerja *test strip* menggunakan satu series konsentrasi formalin yaitu 1; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 ppm. Uji real sampel ikan dilakukan dan divalidasi menggunakan tes kit formalin komersial.

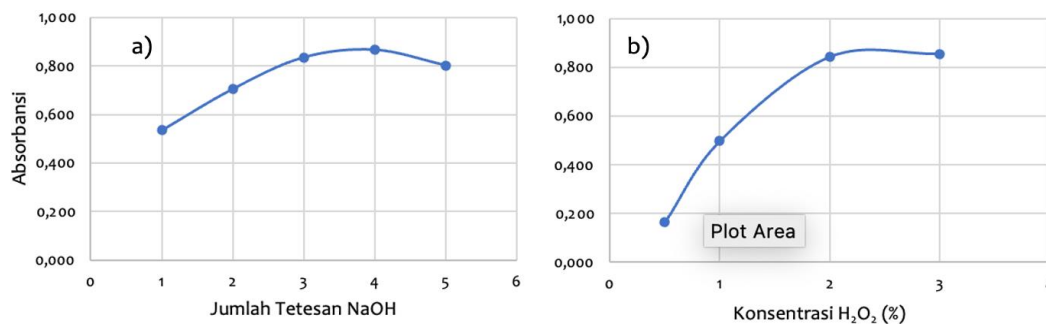
HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Kondisi Pengukuran menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Penetapan panjang gelombang maksimum untuk pengukuran asam formiat dengan indikator metil merah dilakukan dengan memindai panjang gelombang dalam rentang 520 - 530 nm. Nilai absorbansi maksimum didapat pada panjang gelombang 526 nm hasil disederhanakan dalam Gambar 1a. Optimasi penggunaan methyl merah dilakukan secara organoleptis dengan mengamati perubahan warna dan hasil menunjukkan bahwa 1 tetes methyl merah sudah dapat memberikan perubahan warna seperti yang ditampilkan pada Gambar 1b.



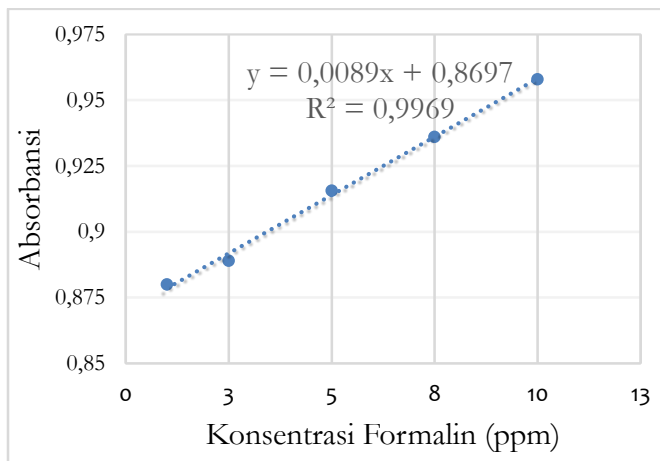
Gambar 1. a) Hasil *scanning* reaksi antara H₂O₂ dengan Formalin b) m1 = 1 tetes, m2= 2 tetes, m3= 3 tetes, m4= 4 tetes, dan m5= 5 tetes



Gambar 2. a) Nilai absorbansi terhadap Variasi NaOH, b) nilai absorbansi terhadap Variasi H₂O₂

Selanjutnya dioptimasi jumlah NaOH dan konsentrasi H₂O₂, hasil menunjukkan bahwa absorbansi tertinggi didapat pada penggunaan 4 tetes NaOH dan konsentrasi H₂O₂ sebesar 2%, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 a dan b.

Pada kondisi optimum dilakukan kalibrasi pengukuran untuk menetapkan daerah kerja yang dapat diacu dalam pengembangan *test strip*, kalibrasi larutan standar formalin pada panjang gelombang 526 nm menunjukkan adanya hubungan linier antara konsentrasi dengan absorbansi pada daerah 1-10 ppm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva kalibrasi formalin 1; 2,5; 5; 7,5; 10 ppm pada panjang gelombang max 526 nm.

Optimasi kondisi pengukuran pada *test strip*

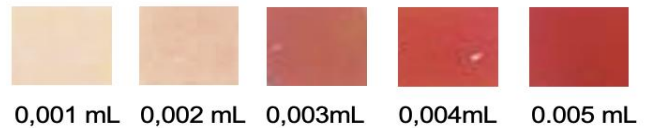
Imobilisasi methyl merah dan NaOH dilakukan dengan cara absorpsi dalam beberapa variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50 menit. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perubahan warna kuning menjadi merah terjadi setelah ditambahkan formalin dan H₂O₂. Perubahan warna sangat tergantung oleh waktu imobilisasi, semakin lama waktu imobilisasi menunjukkan perubahan warna yang semakin merah, menunjukkan semakin banyak reagen yang terserap dan tidak mudah *leaching* atau terlepas kembali dari matriksnya. Hal ini tampak dari perubahan warna dari 10 menit sampai dengan 40 menit, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah 40 menit peningkatan waktu sudah tidak memberikan perubahan warna secara signifikan yang mengindikasikan bahwa *test strip* sudah dapat digunakan dalam proses identifikasi.



Gambar 4. Perubahan warna kuning ke merah berdasarkan lama waktu imobilisasi.

Optimasi kuantitas methyl merah yang dipergunakan sebagai *indicator* dilakukan dengan memvariasikan volume methyl 0,001, 0,002, 0,003, 0,004 dan 0,005 mL dengan konsentrasi 0,006M. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar volume yang ditambahkan maka semakin kuat perubahan warna kuning ke merah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

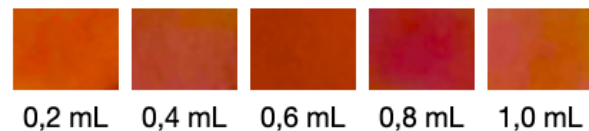
Sehingga ditetapkan kuantitas optimum untuk methyl merah adalah 0,005 mL dengan konsentrasi 0,006M yang selanjutnya dipergunakan untuk menetapkan jumlah NaOH optimum.



Gambar 5. Perubahan warna kuning ke merah berdasarkan kenaikan volume methyl merah.

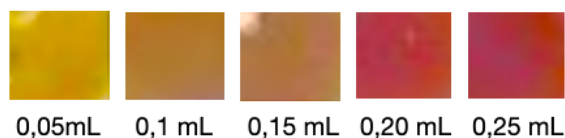
Optimasi penggunaan NaOH dipelajari dengan memvariasikan penambahan NaOH yaitu 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 dan 1,0 mL dengan konsentrasi 0,001M. Hasil pengamatan bahwa peningkatan volume NaOH menyebabkan peningkatan kepekatan warna kuning sebelum dioergunakan sebagai indikator reaksi oksidasi formalin. Setelah terjadi reaksi oksidasi perubahan warna kuning ke merah memerlukan waktu yang cukup lama dan gradasi perubahan warna merah tidak signifikan seiring dengan meningkatnya volume NaOH, seperti dtampilkan pada Gambar 6.

Perubahan *test strip* dari kuning menjadi merah secara cepat teramati pada penambahan Volume NaOH 0,2 mL dengan konsentrasi 0,001M.



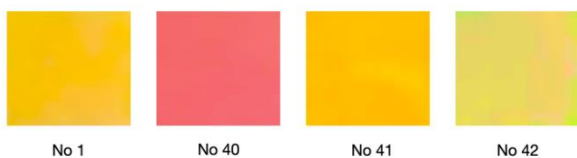
Gambar 6. Perubahan warna kuning ke merah berdasarkan kenaikan volume NaOH

Pengaruh oksidator H_2O_2 , dipelajari dengan bervariasi volumenya 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 ml pada konsentrasi 2% v/v. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada volume 0,05 sampai 0,15 mL menunjukkan warna merah pudar, yang mengindikasikan jumlah H_2O_2 belum cukup maksimal untuk mengoksidasi formalin yang ditambahkan. Pada penambahan H_2O_2 sebanyak 0,20 mL dan 0,25 mL perubahan warna kuning menjadi merah lebih jelas dan optimum pada volume 0,25 mL dimana formalin yang ditambahkan data teroksidasi maksimal. Perubahan warna dari berbagai konsentrasi H_2O_2 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh penambahan volume H_2O_2 terhadap perubahan warna kuning ke merah.

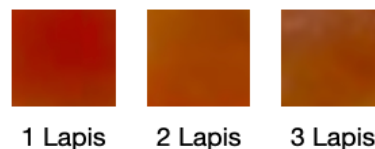
Penggunaan matriks absorbent berupa kertas *whatman* dengan berbagai tingkat kepadatan dan yang berbeda yaitu kertas *whatman* No. 1, 40, 41 dan 42 dipelajari. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan kertas *whatman* No. 1 tidak mengalami perubahan yang signifikan masih berwarna kuning pudar perubahan warna. Hal tersebut mungkin disebabkan pori-pori yang cukup besar, sehingga zat yang terimobilisasi mudah lepas, namun mudah *leaching*. Sedangkan pada kertas *whatman* No. 41 dan 42, tanpa bahwa proses adsorpsi tidak berlangsung dengan baik, sehingga perubahan warna tidak berjalan dengan baik. Kinerja tersebut ditunjukkan oleh kertas *whatman* No 40, yang memberikan warna Merah. Hasil disajikan dalam Gambar pada perubahan warna seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. *Response* perubahan warna dari kuning menjadi merah ditunjukkan pada kertas *whatman* No. 40

Selain ukuran pori juga dipelajari ketebalan kertas matriks, dengan memvariasikan jumlah matriksnya yaitu 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis. Berdasarkan komposisi

larutan yang dipergunakan dan jenis kertas *whatman* yang dipakai, memberikan efek pada ketebalan, dimana perubahan warna terbaik jika menggunakan kertas *whatman* No. 40 hanya satu lapis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Perubahan warna kuning menjadi merah dari matriks kertas *whatman* 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis.

Penggunaan kertas *whatman* 2 dan 3 lapis mengakibatkan jumlah NaOH yang terimobilisasi semakin besar, sehingga memungkinkan jumlah asam yang menyebabkan perubahan warna berkurang. Ketebalan kertas 1 lapis menunjukkan perubahan warna menjadi merah secara signifikan. Hal tersebut karena volume NaOH tidak berlebih dan reaksi oksidasi dapat terjadi.

Dalam penyiapan *test strip* dan mempertimbangkan penghematan, maka volume zat yang digunakan diperkecil dengan menjaga rasio yang sesuai dengan kondisi optimum. *Test strip* selanjutnya dipergunakan dan dipelajari kinerjanya dalam mengidentifikasi formalin. *Test strip* berhasil mengidentifikasi formalin dan memberikan perubahan warna dari kuning menjadi merah, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 10.



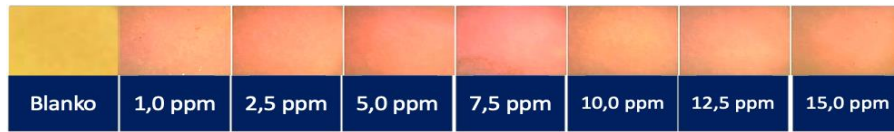
Gambar 10. Perubahan warna formalin menjadi formiat dengan indikator metil merah yang terimobilisasi matriks kertas *whatman* 40

Range Kerja dari *Test Strip*

Test strip dengan komposisi dan kondisi pengukuran optimum selanjutnya dipergunakan untuk menetapkan daerah kerja *test strip* dengan mengacu Kurva kalibrasi reaksi antara formalin dan H_2O_2 menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil menunjukkan bahwa *test strip* dapat mendeteksi perubahan warna secara baik, yang meningkatkan kepekatan warna merahnya dari konsentrasi 1,0 ppm sampai dengan 7,5 ppm,

diatas 7,5 ppm perubahan warna sudah tidak setajam 7,5 ppm. sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah kerja *test strip* dalam rentang 1,0 - 7,5 ppm. Perubahan

warna dari *test strip* dalam menguji larutan standar disajikan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Uji *test strip* pada satu series konsentrasi formalin untuk menetapkan daerah kerja.

Tabel 1. Aplikasi *Test Strip*

No	Sampel	Hasil		Gambar	Uji Tes Kit
		Negatif	Positif		
1	Blanko	-	-		
2	Ikan Bandeng	✓			
3	Ikan Nila	✓			
4	Ikan Dorang	✓			

Tabel 2. Uji recovery

No	Sampel	Hasil		Gambar
		Negatif	Positif	
1	Ikan Bandeng	-	✓	

Formalin dalam renyang konsentrasi akan menjadi rujukan untuk penentuan *range* kerja dari *test strip*. Linearitas dari kurva kalibrasi ditunjukkan pada konsentrasi 1-10 ppm. Hal tersebut akan menjadi landasan dalam mencari *range* kerja *test strip* yang telah dibuat. *Range* kerja dari *test strip* ditunjukkan dengan perubahan warna signifikan dari konsentrasi 1-7,5 ppm. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 11.

Aplikasi *Test Strip* untuk Uji Formalin dalam Ikan Segar























Test strip akan diujikan pada sampel ikan, yaitu bandeng, nila, dan dorang. Hasil uji menunjukkan *test strip* dapat digunakan dalam uji terhadap *real* sampel. Hasil uji sampel ikan menunjukkan negatif mengandung formalin karena tidak mengalami perubahan warna menjadi merah. Hasil uji ini divalidasi menggunakan alat tes kit formalin komersial yang juga menunjukkan hasil negatif mengandung

formalin karena tidak mengalami perubahan warna menjadi ungu. Oleh karena itu, dilakukan uji *recovery* untuk mengetahui kinerja dari *test strip*. Hasil uji *recovery* dilakukan pada sampel ikan bandeng yang menunjukkan positif mengandung formalin karena mengalami perubahan warna menjadi merah. Hasil dari uji dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Uji *Life Time*

Uji *life time* pada test strip menunjukkan bahwa *test strip* pada suhu ruang dapat berkerja sampai 2 hari dan suhu dingin bekerja sampai 6 jam. Hasil menunjukkan bahwa *test strip* lebih baik disimpan pada suhu ruang dibandingkan suhu dingin. Warna *test strip* sebelum dan sesudah disimpan tetap berwarna kuning sampai hari ke-30 pada suhu ruang dan dingin. Warna *test strip* dapat dikatakan baik ketika berubah warna dari kuning menjadi merah ketika diuji menggunakan formalin. Hasil uji *life time* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji *life time*

No	Waktu	Suhu			
		Ruang	Keterangan	Dingin	Keterangan
1	1 menit		Merah	-	-
2	2 menit		Merah	-	-
3	20 menit		Merah		Merah
4	40 menit		Merah		Merah
5	1 jam		Merah		Merah
6	2 jam		Merah		Merah
7	4 jam		Merah		Merah
8	6 jam		Merah		Merah
9	1 hari		Merah		Merah pudar
10	2 hari		Merah		Kuning
11	4 hari		Merah pudar		Kuning
12	15 hari		Kuning		Kuning
13	30 hari		Kuning		Kuning

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah reagen hidrogen peroksida dan indikator metil merah layak digunakan untuk mengidentifikasi formalin dalam sampel ikan. Analisis formalin dilakukan dengan mereaksikan antara analit dengan hidrogen peroksida yang akan diidentifikasi menggunakan metil merah. *Test strip* dapat mendeteksi formalin dalam rentang konsentrasi 1 - 7,5 ppm dan *Test strip* juga dapat mengidentifikasi formalin dalam ikan yang dilakukan dengan *test recovery*. *Test strip* yang dipreparasi dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi formalin sampan dengan 30 hari dan disimpan pada *shut* kamar, Namun memiliki masa pakai yang lebih rendah maka disimpan dalam kulkas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. R. Ritonga, R. Eryati, and A. Rafii, "Deteksi formalin pada ikan dan seafood asin dari beberapa pasar lokal di Kota Samarinda, Kalimantan Timur," *J. Inov. Pendidik. Dan Sains*, vol. 3, no. 3, pp. 93-97, 2022, doi: 10.51673/jips.V3i3.1181.
- [2] K. Kunci, H. Simanjuntak, and V. Silalahi, "Kandungan formalin pada beberapa ikan segar di pasar tradisional parluasan kota Pematangsiantar," *J. Sains Dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 223-228, 2022, doi: <https://dx.doi.org/10.23887/jst-undiksha.v11i1>
- [3] F. P. Kafiar, "Analisis kandungan formalin pada ikan kakap segar dan ikan kakap kering (asin) bernilai ekonomis yang terdapat di pasar tradisional Kota Jayapura," *Avogadro*, vol. 4, no. 1, pp. 1-23, 2020.
- [4] U. Mardiyah and S. N. A. Jamil, "Identifikasi kandungan formalin pada ikan segar yang dijual di Pasar Mimbo dan Pasar Jangkar Kabupaten

- Situbondo,” *Samakia J. Ilmu Perikan.*, vol. 11, no. 2, pp. 135-140, 2020, doi: 10.35316/jsapi.v11i2.827.
- [5] Sudarman, L. Karimuna, and M. S. Sadimantara, “Analisis kualitatif dan kuantitatif kandungan formalin pada ikan asin yang diperdagangkan di Pasar Sentral Kota dan Pasar Sentral Wua-Wua,” *J. Sains Dan Teknol. Pangan*, vol. 4, no. 6, pp. 2658-2664, 2019, doi: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/jstp/article/view/11553>
- [6] S. Sulfiani and S. Sukmawati, “Pemanfaatan ekstrak bunga mawar merah (*rosa hybrida*) asal Desa Bonto Majannang Kabupaten Bantaeng sebagai indikator formalin pada ikan asin,” *J. Abdidas*, vol. 1, no. 5, pp. 478-486, 2020, doi: 10.31004/abdidas.v1i5.99.
- [7] Intan Lestari, Gebi Sangra Pratiwi, and Yuliawati, “Analisis kandungan formalin pada ikan asin kepala batu yang berada di Pasar Tradisional Kota Jambi,” *J. Ilm. Manuntung*, vol. 8, no. 1, pp. 47-54, 2022, doi: 10.51352/jim.v8i1.483.
- [8] W. Ahdillah Khulukhi and E. Trisnawati, “Identifikasi kandungan bahan berbahaya pangan boraks dan formalin dengan metode spektrofotometri Uv-Vis,” *Pharm. Perad. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 151-158, 2024.
- [9] A. A. Muluk, F. Qonitah, and A. Ahwan, “Analisis kandungan formalin pada mie basah di pasar beringharjo dan pasar Kota Gede Yogyakarta,” *Ijob Indones. J. Public Heal.*, vol. 1, no. 3, pp. 286-293, 2023, doi: 10.61214/ijoh.v1i3.109.
- [10] Y. Thepchuay, W. Chairit, N. Saengsane, P. Porrawatkul, and R. Pimsen, “Simple and green colorimetric method for the detection of formaldehyde in vegetable samples,” *J. Food Compos. Anal.*, vol. 111, no. january, p. 104623, 2022, doi: 10.1016/j.jfca.2022.104623.
- [11] K. Seebunrueng *et al.*, “A Sensitive paper-based vapor-test kit for instant formalin detection in food products,” *Food Chem.*, vol. 451, no. April, p. 139402, 2024, doi: 10.1016/j.foodchem.2024.139402.
- [12] F. Sayyad, K. Gandhi. R. Sharma, T. M. Amrutha, P. B. Gautam and C. G. Harshita “Development and validation of paper-based strip method for the detection of formalin in milk,” *J. Food Sci. Technol.*, 2024, [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-024-06003-2>
- [13] S. Arsawiset and S. Teepoo, “Ready-To-Use, functionalized paper test strip used with a smartphone for the simultaneous on-site detection of free chlorine, hydrogen sulfide and formaldehyde in wastewater,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 1118, pp. 63-72, 2020, doi: 10.1016/j.aca.2020.04.041.
- [14] A. Riskyna, B. Kuswandi, and I. P. Sary, “Pengembangan strip tes berbasis pararosanilina untuk deteksi formalin pada sampel tahu,” *Pustaka Kesehat.*, vol. 6, no. 3, p. 416, 2018, doi: 10.19184/pk.V6i3.9869.
- [15] S. J. M. H. G. Khan, “Formulation of strip based kit for rapid detection of formalin and ammonia forms due to the presence of food borne pathogens and design methods to remove them from raw,” *JETIR*, vol. 9, no. 5, pp. 337-352, 2022.