

PENGEMBANGAN PEMBALUT BUNGA TELANG BERBASIS NANOTECHNOLOGY DAN AKURASI DALAM DETEKSI DINI KETUBAN PECAH DINI

*Development of Nanotechnology-Based Telang Flower Plants and Accuracy in
Early Detection Premature Rupture of Membrane*

Ating Miraningtyas^{1*}, Krisdiana Wijayanti², Muflihah Isnawati²

¹Magister Kebidanan Terapan, Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

²Program Studi Kebidanan, Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

*Email: atingmiraningtyas3@gmail.com

ABSTRACT

The incidence of premature rupture of membranes (PROM) reaches 12.3% of total births throughout the world. Efforts to detect early KPD still face problems, namely the use of litmus paper which is small in size and there are no regulations regarding its use, so a tool is needed that has the same function as litmus paper in detecting amniotic fluid which can be used and used by pregnant women independently. The study aimed to develop nanotechnology-based butterfly pea flower pads in early detection of PROM. The research method used is Quasy Experimental, with purposive sampling technique, using an observation sheet. The sanitary napkin design is designed with a telang flower indicator for PROM detection with a sanitary napkin length of 22 cm and a width of 7 cm. Testing was carried out on 30 pregnant women in Jati District, Blora Regency, at January 20 to February 19, 2024. Statistical analysis uses Anova, Multiple Comparison test and Tukey's Difference Test. The research results obtained accuracy, sensitivity and specificity values of 100%. Sanitary napkins do not cause irritation to the skin, have an ideal absorbency of 10x the initial weight, a chlorine concentration of 1.8 ppm with a total of 39 bacterial colonies which is still below the quality threshold for sanitary napkins. The study concluded that butterfly pea flower sanitary napkin products can accurately replace litmus paper as an indicator for early detection of PROM.

Keywords: accuracy, butterfly flower, Premature Rupture of Membranes (PROM), nanotechnology

ABSTRAK

Kejadian Ketuban Pecah Dini (KPD) mencapai 12,3% dari total kelahiran di seluruh dunia. Upaya deteksi dini KPD masih menghadapi masalah, yaitu penggunaan kertas lakmus yang memiliki ukuran kecil dan belum ada aturan mengenai penggunaannya, maka diperlukan suatu alat yang memiliki fungsi yang sama dengan kertas lakmus dalam deteksi air ketuban yang bisa digunakan oleh ibu hamil secara mandiri. Tujuan penelitian ini untuk melakukan pengembangan pembalut bunga telang berbasis *nanotechnology* untuk mendeteksi dini KPD. Metode penelitian yang digunakan adalah Quasi Eksperimental dengan teknik *purposive sampling*, menggunakan lembar observasi. Design pembalut dirancang dengan indikator bunga telang untuk deteksi KPD dengan panjang pembalut 22 cm lebar 7 cm. Pengujian dilakukan kepada 30 ibu hamil di Kecamatan Jati, Kabupaten Blora pada 20 Januari sampai 19 Februari 2024. Analisis statistik menggunakan Anova, uji *Multiple Comparison* dan Uji Beda *Tukey*. Hasil penelitian didapatkan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifitas sebesar 100%. Pembalut tidak menimbulkan iritasi pada kulit, memiliki daya serap ideal 10x dari bobot awal, konsentrasi klorin sebesar 1,8 ppm dengan total bakteri 39 koloni yang masih dibawah ambang batas kualitas pembalut. Kesimpulan penelitian ini bahwa produk pembalut bunga telang akurat dapat menggantikan kertas lakmus sebagai indikator deteksi dini KPD.

Kata Kunci: akurasi, bunga telang, KPD, *nanotechnology*

PENDAHULUAN

Ketuban Pecah Dini (KPD) merupakan indikasi bahwa persalinan akan segera terjadi, dan dapat terjadi sebelum persalinan dimulai atau selama persalinan sedang berlangsung [1]. KPD dapat mengakibatkan persalinan prematur, kesakitan dan kematian perinatal, infeksi dan risiko kematian bayi yang belum lahir (fetus/neonatus) [2]. Tindakan pencegahan komplikasi ibu dan bayi memerlukan penanganan yang cepat dan akurat [3]. Dalam kasus KPD, tindakan yang akurat dan segera sangat penting untuk menghindari komplikasi yang berpotensi membahayakan kesehatan ibu dan bayi. Tidak semua ibu dapat merasakan tanda-tanda pecahnya air ketuban dengan jelas. Ibu hamil mungkin tidak merasakan tanda-tanda tersebut atau bahkan salah mengira tanda-tanda tersebut dengan tanda-tanda lain seperti keputihan atau urine [4].

Beberapa alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi cairan antara lain: Ultrasonografi (USG), Tes Amnioskopi, IGFBP-1, Tes Ferning, Tes Nitrazine Paper/kertas Lakmus[5]. Penelitian ini menggunakan kertas lakmus sebagai kontrol. kertas lakmus ialah jenis kertas indikator pH [6] yang digunakan untuk menguji tingkat keasaman cairan pada area perineum. Jika cairan tersebut memiliki pH tinggi (alkalis) berarti menunjukkan adanya cairan ketuban. Kertas lakmus akan mengalami perubahan warna menjadi merah ketika terpapar dalam kondisi asam yaitu pH kurang dari 7 (pH rendah), sementara kertas lakmus akan berubah menjadi biru saat terpapar dalam keadaan basa yaitu pH lebih dari 7 (pH tinggi) [5]. PH (power of hydrogen), yang merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam tubuh [7]. Total skala pH berkisar dari 1 sampai 14, dengan 7 dianggap netral. Sebuah pH kurang dari 7 dikatakan asam dan larutan dengan pH lebih dari 7 basa atau alkali [8].

Penggunaan bahan-bahan alami seperti ekstrak daun, bunga dan beberapa tanaman obat banyak dikembangkan sebagai indikator pH alami menggantikan kertas lakmus sintesis [9], salah satu tanaman yang dapat digunakan yaitu bunga telang [10]. Bunga telang mengandung *antosianin* [11] yang bersifat polar yang termasuk golongan flavonoid yang dapat digunakan sebagai indikator pH karena dapat berwarna merah, ungu, biru tergantung dengan pH larutan [12].

Warna ekstrak dari bunga telang pada penelitian sebelumnya memiliki fungsi atau kegunaan sebagai indikator dalam titrasi asam-basa[13] sebagai kertas alternatif indikator asam basa bunga telang (*Clitoria ternatea l*) menggunakan media kertas *Whatman* [14], dapat juga dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif indikator dan alternatif eksperimen di sekolah [15], peneliti terdahulu juga meneliti indikator pH dari bunga telang dalam sistem kemasan pintar yang diaplikasikan pada penyimpanan daging sapi dan pembuatan sensor kesegaran bahan pangan berbasis imobilisasi ekstrak bunga telang (*clitoria ternatea l*) pada membran nata de coco untuk penyimpanan fillet ikan nila [16].

Penelitian ini menggunakan ekstrak bunga telang berbasis nanoteknologi untuk mendeteksi ketuban pecah dini pada ibu hamil, yang berbeda dari penelitian sebelumnya dalam beberapa aspek penting. Fokus penelitian ini adalah pada aplikasi medis khusus untuk mendeteksi ketuban pecah dini, sementara penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada aplikasi sebagai indikator pH dalam berbagai konteks seperti titrasi asam-basa, kertas indikator alternatif, eksperimen sekolah, dan sistem kemasan pintar untuk penyimpanan makanan. Penelitian ini memanfaatkan teknologi nano untuk meningkatkan sensitivitas dan akurasi deteksi melalui perubahan warna yang disebabkan oleh perbedaan pH cairan amnion. Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode konvensional untuk mengaplikasikan ekstrak bunga telang tanpa teknologi nano. Oleh karena itu, penelitian ini menambahkan nilai

inovatif dengan menggabungkan nanoteknologi untuk aplikasi klinis, memberikan solusi praktis untuk deteksi cepat ketuban pecah dini pada ibu hamil.

Salah satu cara untuk menjaga stabilitas pigmen warna yang efektif adalah menggunakan teknologi nano[17]. Nanoteknologi mempertahankan struktur atau sifat suatu bahan [18] tanpa mengorbankan kemampuannya untuk menembus atau melewati media tertentu [19]. Proses nano bunga telang dimulai dengan ekstraksi menggunakan *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE), sebuah metode yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa aktif [20] dari bunga telang. Setelah proses UAE, ekstrak yang diperoleh kemudian diproses lebih lanjut untuk menghasilkan nanopartikel dengan menggunakan teknik nanoenkapsulasi. Teknik ini mengubah ekstrak bunga telang menjadi partikel-partikel berukuran nano, yang meningkatkan stabilitas dan efektivitasnya [21] dalam aplikasi seperti deteksi ketuban pecah dini.

Nanoteknologi pada pembalut bunga telang untuk mendeteksi ketuban pecah dini bekerja dengan prinsip reaksi kimia dan perubahan warna [22]. Pembalut ini dilapisi dengan nanopartikel yang mengandung ekstrak bunga telang, yang dikenal memiliki sifat pH-sensitif. Ketuban yang pecah menyebabkan keluarnya cairan amnion yang memiliki pH basa, berbeda dengan pH asam cairan vagina normal. Saat cairan amnion bersentuhan dengan pembalut yang mengandung nanopartikel bunga telang, terjadi perubahan warna yang signifikan akibat reaksi kimia antara ekstrak bunga telang dan pH cairan amnion. Perubahan warna ini dapat dilihat dengan mata telanjang, memberikan deteksi cepat dan mudah terhadap ketuban pecah dini, sehingga memungkinkan intervensi medis segera untuk mencegah komplikasi lebih lanjut pada ibu dan janin.

Inovasi pembuatan alat deteksi dini KPD yang mudah dan praktis digunakan oleh ibu hamil sangat penting dilakukan, yaitu pendeteksi cairan ketuban dengan menggunakan bunga telang sebagai indikator pH dengan *nanotechnology* system nanoenkapsulasi menggunakan kitosan yang kemudian di aplikasikan ke pembalut wanita. Adapun keunggulan alat ini lebih mudah digunakan oleh ibu hamil karena berupa pembalut yang umum digunakan. Kemampuan untuk mendeteksi cairan ketuban dengan mudah di rumah dapat membantu ibu hamil memantau kesehatan mereka sendiri secara lebih nyaman. Ibu hamil dapat melakukan pemeriksaan dengan privasi di rumah mereka sendiri, yang dapat mengurangi rasa malu atau ketidaknyamanan yang mungkin terjadi dengan pemeriksaan yang dilakukan oleh tenaga medis. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pendeteksi cairan ketuban berbasis *Nanotechnology* berupa pembalut berbahan dasar bunga telang.

METODE

Jenis penelitian ini adalah *Quasi Eksperimental*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Februari 2024 dimana pembuatan pembalut bunga telang dan pengujian kualitas pembalut dilakukan mulai dari ekstraksi bulang telang hingga desain produk di Laboratorium Cendekia Nanotech Utama Semarang Jawa Tengah. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Poltekkes Kemenkes Semarang dengan nomor etik 010/EA/KEPK/2024.

Teknik pengambilan sampel yaitu *purposive sampling* yang dilakukan dengan cara memilih subjek berdasarkan kriteria yang telah ditentukan peneliti berdasarkan batasan karakteristik dan ciri-ciri dalam kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yaitu ibu hamil inpartu yang mengeluarkan cairan dari jalan lahir, dan kriteria eksklusi yaitu ibu hamil inpartu yang mengeluarkan cairan dari jalan lahir yang memiliki alergi terhadap pembalut. Subjek penelitian yaitu 30 ibu hamil yang akan melahirkan di Puskesmas Kecamatan Jati Kabupaten Blora. Dasar pengambilan 30 subjek ini adalah didasarkan pada jumlah minimal sampel penelitian eksperimental dengan analisis Anova yaitu 30-50 dalam satu

kelompok. 30 subjek ini untuk 2 kali perlakuan yaitu perlakuan pertama dengan pembalut bunga telang dan kemudian dilakukan pengujian ulang dengan kertas lakmus, untuk membuktikan kesamaan atau perbandingan dan keakuratannya. Sampel 30 ibu hamil diberi nomor, dan masing-masing A dan B (1A, 1B, 2A, 2B,30A, dan 30B), sehingga total sampel sebanyak 30 sampel pemakaian pembalut bunga telang dan 30 cairan dan lendir usapan vagina. Hasil usapan akan diusapkan 1 kali, yaitu pada kertas lakmus (kode B) sedangkan pemakaian pembalut bunga telang pada ibu hamil (kode A). Pembalut bunga telang atau kertas lakmus setelah digunakan dan diusap cairan dan lendir usapan vagina bila berwarna Biru (hasil ukur) sebagai pertanda bahwa sudah terjadi ketuban pecah dini. Pembuktian bahwa pembalut bunga telang dapat digunakan untuk mendiagnosa ketuban pecah dini, hasil ukur (warna biru hingga biru atau tidak berubah warna) baik pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol.

Teknologi yang digunakan dalam memproduksi ekstrak bunga telang menjadi partikel nano adalah gelas ionik. Pengukuran konsentrasi nanopartikel menggunakan uji *Partical Size Analyzer* (PSA). Koloid nano ekstrak bunga telang yang sudah dibuat 3 variasi konsentrasi yaitu 0,1 0,3 dan 0,5 selanjutnya diuji menggunakan *Particel Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui distribusi ukuran partikel[23].

Uji kadar klorin menggunakan klorin detector[24]. Uji iritasi dilakukan pada uji coba 3 sampel dengan cara menempelkan pembalut bunga telang pada lengan atas yang didiamkan selama 1-2 jam, kemudian dilakukan pengamatan apakah timbul kemerahan, gatal, atau bengkak pada daerah kontak[25].

Uji daya serap menggunakan gelas beaker dan neraca analitik dengan penimbangan pembalut sebelum dan sesudah diberikan cairan. Pengujian daya serap pembalut yang digunakan menggunakan metode SNI 16-6363-2000, yaitu dengan penimbangan pembalut sebelum dan sesudah diberikan cairan [26]

Uji bakteri dengan perhitungan koloni pada cawan dengan kaidah *Schlegel*. Pengujian bakteri pada pembalut bunga telang dilakukan untuk mengetahui tingkat steril pada pembalut. Setelah pembuatan pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* produk di sterilisasi menggunakan UV sterilizer yang diharapkan mampu membunuh bakteri yang ada saat proses pembuatan pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* [27].

Uji akurasi menggunakan 2 cara yaitu sensitivitas dan spesifitas menggunakan *confusion matrix*. Data positif adalah data dimana warna kertas lakmus dan pembalut berubah warna menjadi Biru sedangkan data untuk kondisi negatif tidak menunjukkan perubahan warna/non biru. Perbandingan kondisi aktual dan kondisi prediksi akan menghasilkan nilai *True Positive* (TP) jika keduanya memiliki nilai positif pada sistem, dimana kertas lakmus berubah warna menjadi biru dan pembalut berubah warna menjadi Biru. Perbandingan kondisi aktual dan kondisi prediksi akan mendapatkan nilai *False Negatif* (FN) jika kondisi aktual positif dan kondisi prediksi negatif yang dalam sistem ini kertas lakmus berwarna biru namun pembalut bunga telang berwarna non biru. Nilai *False Positive* (FP) diperoleh jika kondisi aktual negatif dan kondisi prediksi positif yang dalam sistem ini kertas lakmus berwarna non biru tetapi pembalut bunga telang berwarna Biru. Nilai *True Negatif* (TN) diperoleh jika kondisi aktual negatif dan kondisi prediksi negatif yang dalam sistem kertas lakmus dan pembalut bunga telang tidak menunjukkan perubahan warna biru[28].

Analisis menggunakan uji Anova, uji *Multiple Comparison* yaitu Uji Beda *Tukey* untuk mengetahui perbedaan spesifik antara rata-rata kelompok. Uji *multiple comparisons* bertujuan untuk mengetahui perbedaan spesifik antara rata-rata kelompok. Uji *multiple comparison* digunakan karena hasil uji ANOVA tidak memberikan informasi terperinci mengenai perbedaan di antara berbagai kombinasi kelompok. Uji *multiple comparisons* menggunakan uji *Tukey*. Uji *Tukey* juga sering disebut sebagai uji beda nyata atau HSD (*honestly Significant difference*). Uji *Tukey* membutuhkan satu nilai

tunggal HSD yang digunakan sebagai pembanding. Jika beda dua nilai tengah perlakuan lebih besar dari nilai HSD maka kedua perlakuan dapat dinyatakan berbeda[29].

HASIL

Konsentrasi Nanopartikel Bunga Telang

Tabel 1. Hasil Distribusi Ukuran Partikel Nano Ekstrak Bunga Telang

Konsentrasi (%)	Ukuran Partikel (nm)	Rata-rata
0,1	576,9	588,767
0,3	637,2	
0,5	552,2	

Berdasarkan tabel 1. hasil pengujian rata-rata distribusi ukuran partikel nano ekstrak bunga telang menggunakan PSA memiliki ukuran partikel sebesar 588,767 nm.

Kadar Klorin Pembalut Bunga Telang

Hasil uji menunjukkan kadar klorin pada pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* sebesar 1,8 ppm

Uji Iritasi

Tabel 2. Hasil Pengujian Iritasi Pembalut Bunga Telang

Responden	Pengamatan		Hasil Uji
Sampel 1			Tidak iritasi
	Sebelum	Sesudah	
Sampel 2			Tidak iritasi
	Sebelum	Sesudah	
Sampel 3			Tidak iritasi
	Sebelum	Sesudah	

Berdasarkan tabel 2 hasil uji iritasi pada ketiga responden, penggunaan pembalut bunga telang tidak menimbulkan reaksi gatal, rasa terbakar, bercak kemerahan, ataupun bengkak.

Daya Serap Pembalut Bunga Telang

Tabel 3. Data Pengujian Daya Serap Pembalut Bunga Telang

Massa Awal (g)	Masa Akhir (g)	Daya Serap	Keterangan
6,741	69,781	10,352	Cepat menyerap

Massa pembalut awal sebesar 6,741 g dan setelah diberikan cairan dengan kapasitas 55 ml massa pembalut menjadi 69,781 g. Daya serap yang dihasilkan oleh pembalut sebesar 10,352 kali.

Uji Bakteri Pembalut Bunga Telang

Tabel 4. Hasil Uji Total Bakteri pada Pembalut Bunga Telang

Jenis Sampel	Pengenceran	Volume sampel yang diinokulasikan (mL)	Jumlah koloni dalam cawan petri
Pembalut Bunga Telang	10 ⁻⁵	0,1	39

Perhitungan TPC Pembalut Bunga Telang

Jumlah koloni = 39

FP (Faktor pengenceran) = $10^{-5} \times 0,1 = 10^{-6}$

Koloni per mL atau gr (cfu/mL atau cfu/gr) = $39 \times (1/FP)$

= $39 \times (1/10^{-6}) = 3,9 \times 10^7$ cfu/mL atau cfu/gr

Koloni bakteri dalam cawan petri dihitung setelah masa inkubasi selesai. Berdasarkan hasil uji total bakteri yang ada pada pembalut bunga telang berjumlah 39 koloni (tabel 4).

Analisis Pembalut Bunga Telang

Penambahan jumlah konsentrasi ekstrak bunga telang kedalam pembalut berpengaruh terhadap warna yang dihasilkan. 3 variasi konsentrasi yang digunakan, yaitu 0,1; 0,3; dan 0,5% ekstrak. Berdasarkan hasil percobaan konsentrasi 0,5% memberikan perubahan warna yang lebih kontras, sehingga lebih mudah untuk diamati sebagai indikator perubahan warna.

Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan mengukur intensitas warna RGB (*Red Green Blue*) strip indikator bunga telang setiap konsentrasi menggunakan kolorimeter. Kolorimeter digunakan untuk mengukur warna yang sensitif terhadap cahaya. Nilai RGB memiliki rentang antara 0 sampai 255 yang dapat menghasilkan lebih dari 16 juta warna. Nilai 0 menunjukkan warna hitam, sedangkan nilai 255 menunjukkan warna putih, artinya semakin rendah nilai RGB maka warna yang dihasilkan semakin gelap, sedangkan semakin tinggi nilai RGB akan menghasilkan warna yang lebih cerah atau warna akan terlihat memudar^[30].

Tabel 5. Hasil Uji Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2162.019	2	6081.009	17.436	0,000
Within Groups	36619.639	105	348.758		
Total	48781.657	107			

*Anova

Hasil uji ANOVA pada tabel 5 menunjukkan penolakan H₀, dimana $F_{statistic} > F_{critic}$ $p\text{-value} < \alpha$, maka dilanjutkan dengan uji *multiple comparisons*.

Hasil uji *Multiple Comparisons* dan hasil uji Tukey ditampilkan pada tabel 6 dan tabel 7 berikut

Tabel 6. Hasil Uji Multiple Comparisons

Konsentrasi		Mean Difference	Sig.
Kons 0,1	Kons 0,3	8.25000	0,151
	Kons 0,5	25.47222	0,000
Kons 0,3	Kons 0,1	-8.25000	0,151
	Kons 0,5	17.22222	0,000
Kons 0,5	Kons 0,1	-25.47222	0,000
	Kons 0,3	-17.22222	0,000

Tabel 7. Hasil Uji Tukey (Uji Beda Nyata)

Konsentrasi	Subset for alpha= 0,05	
	1	2
Kons 0,5	207.9444	
Kons 0,3		225.1667
Kons 0,1		233.4167
Sig.	1,000	0,151

Tabel 6 dan 7 di atas menjelaskan bahwa rata – rata nilai RGB konsentrasi 0,1 (233,1467) dibandingkan dengan nilai RGB konsentrasi 0.3 (225.1667) menunjukkan bahwa perbedaan warna antara konsentrasi 0,1 dengan 0,3 tidak berbeda secara signifikan (0,151), sedangkan rata-rata nilai RGB konsentrasi 0,1 dibandingkan dengan nilai RGB konsentrasi 0,5 (207.9444) menunjukkan bahwa perbedaan warna antara konsentrasi 0,1 dengan 0,5 berbeda secara signifikan (0,000). Begitu juga dengan rata – rata nilai RGB konsentrasi 0,3 dibandingkan dengan nilai RGB konsentrasi 0,5 menunjukkan bahwa perbedaan warna antara konsentrasi 0,3 dengan 0,5 berbeda secara signifikan (0,000), sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 0,5 menghasilkan warna yang berbeda secara signifikan ketika dibandingkan dengan konsentrasi 0,1 dan 0,3.

Berdasarkan hasil olah data SPSS pada tabel 6 bahwa konsentrasi 0,5% menunjukkan perubahan warna yang paling signifikan sehingga konsentrasi 0,5% digunakan sebagai dasar penambahan ekstrak pada pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology*.

Akurasi Pembalut Bunga Telang

Nilai akurasi merupakan rasio prediksi benar (positif dan negatif) berdasarkan hasil keseluruhan data pengujian. Perhitungan nilai akurasi dapat menggunakan rumus berikut ini [31]:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= (TP)+(TN)/(TP)+(FP)+(FN)+(TN) \\
 &= (29+1)/(29+0+0+1) \\
 &= 30/30 \\
 &= 1 \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Nilai akurasi yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan adalah 100% yang berarti bahwa pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* mampu melakukan klasifikasi dengan nilai akurasi yang sangat baik.

Nilai sensitivitas adalah rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif. Perhitungan sensitivitas dapat menggunakan rumus berikut ini [31]:

$$\begin{aligned}
 \text{Sensitifitas} &= TP/(TP+FN) \\
 &= 29/(29+0) \\
 &= 1 \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai sensitivitas diperoleh sebesar 100% yang menunjukkan bahwa produk memiliki akurat dalam mengidentifikasi objek-objek yang relevan. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa produk sangat baik dalam melakukan deteksi dini KPD.

Nilai spesifitas merupakan kebenaran memprediksi negatif dibandingkan dengan keseluruhan data negatif. Perhitungan nilai spesifitas dapat menggunakan rumus berikut ini [31]:

$$\begin{aligned}
 \text{Spesifitas} &= TN/(TN+FP) \\
 &= 1/(1+0) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

= 100%

Hasil perhitungan nilai spesifitas diperoleh sebesar 100% yang menunjukkan bahwa produk tidak memiliki kesalahan positif. Hal ini dapat dikatakan bahwa pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* mampu mencapai akurasi tinggi dan mampu menyeimbangkan antara presisi dan sensitivitas dengan baik.

PEMBAHASAN

Konsentrasi nanopartikel bunga telang adalah sebesar 588,767 nm, hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel dikategorikan dalam nano ukuran partikel halus karena memiliki ukuran 100-2500 nm [32].

Kelayakan produk pembalut bunga telang memiliki beberapa pengujian, antara lain daya serap, uji klorin, uji iritasi, dan uji total bakteri. Daya serap yang dihasilkan oleh pembalut bunga telang sebesar 10,352 g dengan waktu penyerapan 9 detik. Pembalut bunga telang dapat dikatakan memenuhi kriteria pembalut wanita menurut SNI 16-6363 dengan persyaratan minimal 10 kali dari bobot awal [26].

Belum ada standar aman kandungan klorin dalam pembalut. Namun beberapa jenis produk pembalut yang beredar di Indonesia memiliki klorin yang cukup tinggi, yaitu berkisar 6,05 – 54,73 ppm [33]. Jika dibandingkan dengan hasil uji pembalut yang beredar di Indonesia, kadar pembalut bunga telang memiliki kandungan klorin yang paling rendah. Klorin yang terdapat dalam pembalut memiliki senyawa beracun yang disebut dioksin. Kadar dioksin yang dapat ditolerir oleh tubuh manusia menurut EPA (*Environment Protection Agency*) di Amerika Serikat adalah 0,006 pikogram per kilogram berat badan [34]. Terdapat tiga cara senyawa dioksin dapat keluar dari tubuh manusia, yaitu melalui waktu paruh (*chemical half time*), melalui placenta dari ibu ke janin dan melalui ASI (Air Susu Ibu) ke bayi. Namun, saat ini acuan tentang ambang batas klorin tidak dicantumkan di persyaratan internasional maupun ISO di dalam pembalut wanita.

Uji iritasi dilakukan dengan tujuan untuk mencegah kemungkinan timbulnya efek samping pada kulit pengguna, seperti iritasi atau reaksi alergi. Dengan demikian, hasil dari uji iritasi ini menjadi faktor kunci dalam memastikan bahwa pembalut bunga telang aman untuk digunakan tanpa mengganggu kesehatan kulit pengguna. Hasil uji iritasi dengan 3 responden [35] tidak menimbulkan iritasi. Hal ini ditandai dengan tidak munculnya rasa gatal, panas yang disebabkan oleh adanya dilatasi pembuluh darah pada daerah yang terpapar senyawa asing [36]. Selain itu pada pembalut memiliki kadar klorin yang aman dan tidak mengandung bahan berbahaya seperti pewangi maupun formaldehide [37].

Hasil uji total bakteri yang ada pada pembalut bunga telang berjumlah 39 koloni atau $3,9 \times 10^7$ CFU/mL. Belum ada aturan mengenai ambang batas maksimum total bakteri pada pembalut di Indonesia. Namun jumlah bakteri yang layak bila ditentukan sesuai dengan US *Pharmacopoeia* (USP) jumlah mikroba aerobik maksimal 200 koloni dan jamur maksimal 20 CFU/ml serta harus bebas dari *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, *candida albicans* dan *Pseudomonas aeruginosa*, dan lain-lain [38]. Hasil uji menunjukkan bahwa pembalut berada dibawah ambang batas maksimum yang ditetapkan USP sehingga produk aman digunakan. Berdasarkan keseluruhan hasil uji pembalut layak digunakan karena tidak menimbulkan iritasi, memiliki kadar klorin yang rendah, memiliki daya serap yang ideal serta memiliki jumlah bakteri yang kecil.

Pengolahan data uji akurasi dengan pengukuran kinerja sistem/produk. Alat yang digunakan untuk evaluasi kinerja produk pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan metode pengukuran untuk mengevaluasi kinerja dan tingkat keakuratan suatu proses klasifikasi antara kondisi aktual dan kondisi prediksi hasil dari system [39].

Penelitian ini menguji produk yang telah dirancang untuk deteksi dini KPD pada ibu hamil. Ketuban pecah dini (KPD) dapat terjadi baik menjelang akhir kehamilan ataupun

jauh sebelum waktu perkiraan persalinan. KPD preterm ialah kondisi ketika KPD terjadi sebelum usia kehamilan mencapai 37 minggu. KPD yang berlangsung >12 jam sebelum persalinan dimulai disebut KPD yang memanjang [40].

Cairan ketuban bersifat basa yang memiliki pH antara 6,9 – 8,255 [41]. Hasil pengujian dari pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* dalam deteksi dini KPD diperoleh pengukuran dengan nilai ketepatan 100% artinya produk yang dirancang dapat dikatakan valid dan dapat digunakan. Produk dikatakan akurat dalam mengidentifikasi objek-objek yang relevan.

Nilai sensitivitas diperoleh sebesar 100% yang menunjukkan bahwa produk akurat dalam mengidentifikasi objek-objek yang relevan. Nilai spesifitas yang diperoleh sebesar 100% yang menunjukkan bahwa produk tidak memiliki kesalahan positif. Hal ini dapat dikatakan bahwa pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* mampu mencapai akurasi tinggi dan mampu menyeimbangkan antara presisi dan sensitivitas dengan baik.

Sifat perubahan warna bunga telang yang memiliki kandungan antosianin dapat dimanfaatkan sebagai indikator pada berbagai tingkat pH. Pengaplikasian pembalut bunga telang pada penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan antosianin dapat digunakan sebagai indikator asam basa perubahan warna [14]. Warna akan berubah dari merah menjadi Biru ketika suasana basa atau alkali. Hal tersebut sama dengan prinsip kerja kertas lakmus asam yang apabila terkena cairan basa akan berubah dari merah menjadi biru dalam suasana alkali [42]. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa larutan hasil maserasi bunga telang dapat digunakan sebagai indikator dalam membedakan tingkat keasaman dan kebasaan pada suatu larutan (indikator asam-basa) [14]. Berdasarkan rangkaian hasil pengujian dapat dikatakan bahwa pengembangan pembalut bunga telang berbasis *nanotechnology* akurat dalam mendeteksi dini KPD.

Penelitian inovasi pembalut bunga telang berbasis nanoteknologi dalam deteksi ketuban pecah dini memiliki beberapa kekuatan signifikan, seperti kemampuan deteksi awal yang cepat dan akurat pada 30 subjek, kemudahan penggunaan yang non-invasif, serta ketersediaan dan aksesibilitas yang lebih baik bagi banyak wanita, terutama di daerah dengan akses terbatas ke fasilitas medis. Selain itu, teknologi ini lebih efektif dibandingkan tes laboratorium atau alat medis canggih lainnya, dan penggunaan bunga telang sebagai bahan dasar memberikan pendekatan alami yang ramah lingkungan. Inovasi ini tidak hanya dapat mengurangi kecemasan dan meningkatkan kualitas hidup ibu hamil dengan memberikan rasa aman selama kehamilan, tetapi juga membuka peluang untuk pengembangan teknologi kesehatan wanita lebih lanjut.

Namun, penelitian inovasi pembalut bunga telang berbasis nanoteknologi dalam deteksi ketuban pecah dini memiliki beberapa keterbatasan, terutama karena uji coba iritasi hanya dilakukan pada tiga subjek, yang tidak cukup representatif untuk memastikan keamanan penggunaan secara luas. Selain itu, pengujian replikasi jumlah bakteri dan daya serap hanya dilakukan satu kali, yang membatasi validitas dan reliabilitas hasil penelitian. Keterbatasan ini mengurangi kemampuan untuk menarik kesimpulan yang kuat tentang efektivitas dan keamanan pembalut ini dalam situasi nyata, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih besar dan uji coba yang lebih komprehensif untuk mengatasi keterbatasan ini dan memastikan aplikasi klinis yang lebih dapat diandalkan.

Hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus mengeksplorasi penggunaan pembalut dengan ekstrak bunga telang untuk deteksi dini ketuban pecah dini, meskipun sudah banyak penelitian yang menyatakan bahwa bunga telang dapat menunjukkan keadaan asam dan basa.

SIMPULAN

Pengembangan produk pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* memiliki akurasi, sensitivitas, spesifitas sebesar 100%. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan agar

produk pembalut bunga telang berbasis *Nanotechnology* dapat dikembangkan uji masa simpan pembalut serta pengaplikasian strip indikator pada pembalut yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] R. Alexander, A. Rahimi, Z. Mukhtar, Djohan, R. Chandra, and S. A. Nasution, "Hubungan Antara Ketuban Pecah Dini dengan Nilai Apgar pada Kehamilan Aterm," *J. Prima Med. Sains*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.34012/jpms.v3i1.1775>.
- [2] M. Andalas, C. R. Maharani, E. R. Hendrawan, Muhammad Reva Florean, and Z. Zulfahmi, "Ketuban Pecah Dini dan Tatalaksananya," *J. Kedokt. Syiah Kuala*, vol. 19, no. 3, pp. 188–92, 2019, doi: <https://doi.org/10.24815/jks.v19i3.18119>.
- [3] R. Afifatussalamah, A. Wibowo, and C. U. Wahyuni, "Pencatatan dan Pelaporan Pemantauan Ibu Hamil Risiko Tinggi di Puskesmas Kanor," *J. Med. Heal. Sci.*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.21070/anamnetic.v1i1.1583>.
- [4] E. Wijayanti, F. N. Damayanti, M. U. K. Dewi, and N. N. Anggraini, "Laporan Kasus Asuhan Kebidanan Persalinan pada Ny. A dengan Ketuban Pecah Dini di Puskesmas Bangetayu Kota Semarang," *Semin. Nas. Kebidanan UNIMUS*, 2023, [Online]. Available: <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/SHPPM/article/viewFile/1654/1660>
- [5] K. K. R. Indonesia, "Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Komplikasi Kehamilan."
- [6] R. S. Wibowo, "Alat Pengukur Warna Dari Tabel Indikator Universal pH yang Diperbesar Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Edukasi Elektro*, vol. 3, no. 2, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.21831/jee.v3i2.28545>.
- [7] A. Harvyandha, "Telemetri Pengukuran Derajat Keasaman Secara Real Time Menggunakan Raspberry Pi," *J. Telecommun. Netw.*, vol. 9, no. 4, 2019, doi: <https://doi.org/10.33795/jartel.v9i4.158>.
- [8] I. Pratiwi, M. N. Widyawati, and H. S. Suryono, "Akurasi Kunyit Sebagai Media Diagnosa Ketuban Pecah Dini," Poltekkes Kemenkes Semarang, 2017. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/document/449860546/AKURASI-KUNYIT-SEBAGAI-MEDIA-DIAGNOSA-KETUBAN-PECAH-DINI>
- [9] V. Aziza *et al.*, "Keragaman Fenotipik Bunga Telang Double Petal Asal Indonesia dan Thailand Berdasarkan Morfologi Bunga," *Al-Kaunyah J. Biol.*, vol. 14, no. 1, pp. 78–89, 2021, doi: DOI: 10.15408/kaunyah.v14i1.15558.
- [10] H. Hawari, B. Pujiasmanto, and E. Triharyanto, "Morfologi dan kandungan flavonoid total bunga telang (*Clitoria Ternatea* L.) di berbagai ketinggian," *J. Kultiv.*, vol. 21, no. 1, 2022, doi: DOI: 10.24198/kultivasi.v21i1.36327.
- [11] Purwaniati, A. R. Arif, and A. Yuliantini, "Analisis Kadar Antosianin Total pada Sediaan Bunga Telang (*Clitoria Ternatea*) dengan Metode Ph Diferensial Menggunakan Spektrofotometri Visible," *J. Farmagazine*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.47653/farm.v7i1.157>.
- [12] C. B. S. Fitri and R. A. Fikroh, "The Potential Of *Clitoria Ternatea* L. Extracts As An Alternative Indicator In Acid-Base Titration," *J. IPA Pembelajaran IPA*, vol. 5, no. 4, 2021, doi: <https://doi.org/10.24815/jipi.v5i4.23183>.
- [13] U. M. Ramdan, Y. Aryanti, and Y. Mulyana, "Efektivitas Konsentrasi Etanol Untuk Ekstraksi Pewarna Alami Kembang Telang (*Clitoria Ternatea* L.) Dan Aplikasinya Sebagai Alternatif Indikator Asam Basa," *J. Kesehat. Bakti Tunas Husada*, vol. 17, no. 1, 2017, doi: DOI: 10.36465/jkbth.v17i1.208.
- [14] N. N. Ariwidiani, A. Anulus, P. D. Metriani, and M. W. Diarti, "Keranjang (Inovasi Kertas Indikator Asam Basa Dari Bunga Telang)," *J. Anal. Med. Biosains*, vol. 2, no. 2, pp. 329–335, 2015, doi: DOI: <https://doi.org/10.32807/jambs.v2i2.44>.
- [15] C. B. S. Fitri, "Analisis Potensi Ekstrak Bunga Telang Sebagai Pengganti Indikator Sintesis Pada Pembelajaran Kimia Materi Asam Basa," UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2021. [Online]. Available: <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/47305/>

- [16] F. Aprilliani, L. P. Ayuningtyas, and H. A. Lestari, "Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) Sebagai Indikator pH dalam Sistem Kemasan Pintar," *Agroteknika*, vol. 5, no. 2, pp. 87–97, 2022, doi: DOI: 10.55043/agroteknika.v5i2.133.
- [17] N. Ningsih, S. Yasni, and S. Yuliani, "Sintesis Nanopartikel Ekstrak Kulit Manggis Merah dan Kajian Sifat Fungsional Produk Enkapsulasinya," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 28, no. 1, pp. 27–35., 2017, doi: DOI: 10.6066/jtip.2017.28.1.27.
- [18] F. Mita, A. Jumarni, R. Wati, A. Patimah, and D. Y. Rahman, "Perkembangan Penerapan Nanoteknologi di Bidang Pelapisan (Coating)," *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 5, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.31851/jupiter.v5i2.14518>.
- [19] T. Cisilya, L. N. Lestario, and M. N. Cahyanti, "Kinetika Degradasi Serbuk Antosianin Daun Miana (*Coleous scutellarioides* L. Benth) Var. *Crispa* Hasil Mikroenkapsulasi," *Chim. Nat. Acta*, vol. 5, no. 3, 2017, doi: DOI: 10.24198/cna.v5.n3.16063.
- [20] B. Baihaqi, N. Nuraida, D. Fridayati, P. Studi, and K. Al Adam, "Ekstraksi Oleoresin Pala Menggunakan Metode UAE (Ultrasound Assisted Extraction)," *J. Sains Pertan.*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: <https://doi.org/10.51179/jsp.v7i2.1995>.
- [21] Ferdiansyah, Heriyanto, C. H. Wijaya, and L. Limantara, "Pengaruh Metode Nanoenkapsulasi terhadap Stabilitas Pigmen Karotenoid dan Umur Simpan Minyak dari Buah Merah (*Pandanus Conoideus* L.)," *Agritech*, vol. 37, no. 4, 2017, doi: DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.15467>.
- [22] Q. A. Hafidha and N. Kusumawati, "Pengaruh Variasi pH pada Kombinasi Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) dan Daun Mangga (*Mangifera indica* L.) sebagai Photosensitizer Alami terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)," *Pros. Semin. Nas. Kim.*, vol. 1, 2022, [Online]. Available: <https://proceeding.unesa.ac.id/index.php/psnk/article/view/65>
- [23] Z. Fanani, Y. Mundriyastutik, R. Murharyanti, and B. A. Desi, "The Effect Of Silver Nano-Particles (Ag-NP) Concentration Results Of The Biosynthesis Mangosteen Peel Decoction On The Physical Quality Of Serum," *Farmagazine*, vol. 9, no. 1, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.47653/farm.v9i1.562>.
- [24] Nuradi, Mawar, Hasnawati, N. Naim, and Rafika, "Counseling the Effect of Chlorine on Health and How to Examine it in Puskesmas Minasa Upa, Urban Village of Minasa Upa City of Makassar," *Media Implementasi Ris. Kesehatan.*, vol. 3, no. 1, 2022, doi: <https://doi.org/10.32382/mirk.v3i1.2614>.
- [25] A. R. Alvita, T. S. Wardani, and T. A. Listyani, "Formulasi Sediaan Gel Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) Sebagai Terapi Pengobatan Luka Bakar Terhadap Kelinci New Zeland White," *J. Med. Nasant.*, vol. 1, no. 4, 2023, doi: <https://doi.org/10.59680/medika.v1i4.628>.
- [26] B. S. Nasional., "Pembalut Wanita : BSN Tengah Kaji Ulang SNI 16-6363-2000 Pembalut Wanita." [Online]. Available: https://bsn.go.id/main/berita/berita_det/6399/Siaran-Pers--BSN-Tengah-Kaji-Ulang-SNI-16-6363-2000-Pembalut-Wanita
- [27] A. Nurainti *et al.*, "Aplikasi Scanning Probe Microscope (SPM) untuk Deposisi Material dan Karakterisasi (Applications of Scanning Probe Microscope (SPM) for Material Deposition and Characterization)," *Lect. Work. Ser. Nanotechnol. Nanomater. Proceeding Chem. Conf.*, vol. 2, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/pcc/article/download/15052/12240#page=59>
- [28] H. Imaduddin, B. A. Hermansyah, and F. A. Salsabilla, "Arison Of Support Vector Machine And Decision Tree Methods In The Classification Of Breast Cancer," *Cybersp. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/410292-comparison-of-support-vector-machine-and-7b938258.pdf>
- [29] N. Fauziyah, "Analisis Data Menggunakan Independent T Test, Dependent T Test dan Analisis of Varian (ANOVA) Test di Bidang Kesehatan Masyarakat dan Klinis," Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung, 2023. [Online]. Available:

- <https://repo.poltekkesbandung.ac.id/7618/>
- [30] R. Adawiyah, U. Udiantoro, and A. Nugroho, "Brightness and Consistency of Yellow Color of Four Natural Dye Extracts," *Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknol. Pangan)*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: <https://doi.org/10.29303/profood.v5i2.106>.
- [31] K. L. Kohsasih and Z. Situmorang, "Analisis Perbandingan Algoritma C4.5 Dan Naïve Bayes Dalam Memprediksi Penyakit Cerebrovascular," *J. Inform.*, vol. 12, no. 7, 2022, doi: DOI: 10.31294/inf.v9i1.11931.
- [32] W. Priyo, "Manfaat Nanopartikel di Bidang Kesehatan," *Maj. Farmasetika*, vol. 2, pp. 1–3, 2017, doi: <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v2i4.15891>.
- [33] T. J. Post., "All Sanitary Pads In Indonesia Contain Chlorine: YLKI," The Jakarta Post. [Online]. Available: <https://www.thejakartapost.com/news/2015/07/07/all-sanitary-pads-indonesia-contain-chlorine-ylki.html>
- [34] V. A. Devianti and C. H. Yulianti, "Identifikasi dan Penetapan Kadar Klorin Dalam Pembalut Wanita yang Beredar di Kelurahan Ketintang dengan Metode Titrasi Iodimetri," *J. Pharm. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2018, [Online]. Available: <https://scholar.archive.org/work/eytv6bs7vzhynj3enknw56r6cm/access/wayback/http://www.ejournal.akfarsurabaya.ac.id/index.php/jps/article/download/67/pdf>
- [35] D. University, *Core Guide: Pilot and Feasibility Studies Part Of A Series Addressing Common Issues In Statistical and Epidemiological Design and Analysis*. Durham: Global Health Institute, 2020. [Online]. Available: https://sites.globalhealth.duke.edu/rdac/wp-content/uploads/sites/27/2020/08/Core-Guide_Pilot-and-Feasibility-Studies_10-05-17.pdf
- [36] N. K. Sumarni, "Uji Iritasi Sediaan Topikal dari Tumbuhan Herbal," *J. Jejaring Mat. dan Sains*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: DOI: 10.36873/jjms.2021.v4.i1.703i1.703.
- [37] Y. Trisetiyaningsih, D. Yati, and A. Lutfiyati, "Pencegahan Pruritus Vulvae pada Remaja Putri Saat Menstruasi Melalui Edukasi Audiovisual di SMP Negeri 1 Gamping," *J. Pengabd. Masy. Karya Husada*, vol. 3, no. 1, pp. 10–15, 2020, [Online]. Available: <https://www.jurnal.poltekkeskhjogja.ac.id/index.php/jpmkh/article/view/428/276>
- [38] M. I. Aboh, M. Ekpo, F. A. Khalid-Salako, and P. O. Oladosu, "Consumers' Perception on Safety and Microbiological Assessment of Sanitary Pads Sold in The Federal Capital Territory (FCT), Nigeria," *J. Phytomedicine Ther.*, vol. 20, no. 1, 2021, doi: DOI: 10.4314/jopat.v20i1.1.
- [39] A. A. R. Lubis, S. I. Purnama, and M. A. Afandi, "Sistem Pendeteksi Kantuk Berbasis Metode Haar Cascade untuk Aplikasi Computer Vision," *Techno*, vol. 22, no. 3, 2023, doi: DOI:10.33633/tc.v22i3.8464.
- [40] S. Prawirohardjo, *Ilmu Kebidanan*. Jakarta: Yayasan Bina Pustaka Sarwono Prawirohardjo., 2018.
- [41] P. Ika and S. Rahayu, "Pengukuran pH Cairan Ketuban," *J. Midwifery*, vol. 6, no. 2, 2018, doi: DOI:10.37676/jm.v6i2.628.
- [42] M. Z. Siregar, M. Adam, and A. Azis, "Pengenalan Sifat Asam Basa Bahan Makanan Dengan Menggunakan pH Indikator dan Kertas Lakmus di Yayasan Layar Dakwah," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 2, no. 4, 2022, doi: <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i4.4310>.