Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan Volume 10 | Nomor 3
ISSN [e]: 2579-4264 | DOI: https://doi.org/10.26760/jrh.V10i3.318-331 November 2026

Extraction Tannins from Garlic and Onion Skins to Make Eco-Friendly Marker Ink

Lidiya Anggraini[1*], Mustain[2], Iriani Reka Septiana[3]

[1,2,3]Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

Email: lidiyaanggraini00@gmail.com

Received 20 Oktober 2026| Revised 27 Oktober 2026| Accepted 3 November 2026

ABSTRAK

Sintetis pada tinta spidol berpotensi melepaskan Volatile Organic Compounds yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Limbah kulit bawang putih (Allium sativum L.) dan kulit bawang merah (Allium cepa L.) dimanfaatkan sebagai sumber tanin pewarna alami. Penelitian bertujuan mengekstraksi tanin dari kulit bawang, menganalisis rasio ekstrak dan gom arab, serta menentukan formulasi optimum sesuai SNI. Ekstraksi maserasi menggunakan etanol 96%. Formulasi tinta dengan rasio ekstrak kulit bawang putih dan merah (0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0) serta massa gom arab (3, 4, 5 gram). Hasil pengujian kadar tanin kulit bawang merah (15,071%) dan kulit bawang putih (6,018%). Tinta menghasilkan densitas 1,10–1,26 g/mL, viskositas 1,00–3,16 cP, daya adhesi 21–39 detik, dan pH 6,19–7,96. Formulasi optimum diperoleh rasio 75:25 dengan 4 gram gom arab, menghasilkan viskositas 1,11 cP, densitas 1,11 g/mL, adhesi 28 detik, pH 7,15, serta warna pekat. Limbah kulit bawang berpotensi sebagai pewarna alami tinta spidol ramah lingkungan.

Kata kunci: *Allium cepa L., Allium sativum L., Gom Arab, Tanin, dan Tinta Spidol*

ABSTRACT

Synthetic in marker ink has the potential to release Volatile Organic Compounds that are harmful to health and the environment. Waste garlic peel (Allium sativum L.) and onion peel (Allium cepa L.) are used as a source of natural coloring tannins. The research aims to extract tannins from onion skins, analyze the ratio of extracts and gum arabic, and determine the optimal formulation according to SNI. The extraction of maceration uses 96% ethanol. Ink formulation with a ratio of garlic and red peel extract (0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0) and gum arabic mass (3, 4, 5 grams). The results of testing the tannin levels of onion peel (15.071%) and garlic peel (6.018%). The ink produces a density of 1.10–1.26 g/mL, a viscosity of 1.00–3.16 cP, an adhesion of 21–39 seconds, and a pH of 6.19–7.96. The optimum formulation was obtained in a ratio of 75:25 with 4 grams of gum arabic, resulting in a viscosity of 1.11 cP, a density of 1.11 g/mL, adhesion of 28 seconds, pH of 7.15, and a concentrated color. Onion peel waste has the potential to be a natural dye for eco-friendly marker ink.

Keywords*: Allium cepa L., Allium sativum L., Arabic Gum, Tannins, and Marker Ink*

1. PENDAHULUAN

Media tulis seperti spidol memiliki peranan penting sebagai sarana komunikasi, kegiatan presentasi, dan proses pembelajaran yang digunakan di lingkungan akademik ataupun lingkungan kerja. Spidol sebagai media visual kualitasnya bergantung komponen tinta yang digunakan. Tinta merupakan cairan yang berisi pigmen, pelarut, dan perekat [1]. Spidol yang digunakan pada umumnya masih terdapat pelarut organik sintetis yang melepaskan senyawa *Volatile Organic Compounds* (VOC) dengan jenis *xylene*. Jenis spidol tersebut jika digunakan dalam jangka lama memiliki potensi yang dapat mengganggu kesehatan seperti iritasi pada saluran pernapasan, gejala pusing, dan gangguan pada saraf [2]. Berdasarkan gangguan kesehatan yang berasal dari pengaruh penggunaan tinta spidol yang menggunakan zat kimia. Oleh karena itu, hal yang mendukung dalam penelitian ini ialah mengembangkan tinta spidol yang ramah lingkungan dengan tujuan meminimalisir gangguan kesehatan dari penggunaan tinta spidol.

Dalam pengembangan tinta spidol yang ramah lingkungan, bahan utama yang dibutuhkan yaitu tanin yang memberikan pigmen warna. Tanin adalah senyawa metabolit sekunder turunan polifenol yang disintesis oleh tumbuhan dan dicirikan oleh adanya gugus hidroksil serta gugus fungsi terkait seperti karboksil [3]. Salah satu bahan organik yang dapat dimanfaatkan yaitu mengolah limbah kulit bawang putih dan kulit bawang merah. Pada umumnya konsumsi tersebut menghasilkan jumlah yang cukup besar dan hanya dibuang sebagai sampah. Oleh karena itu, dilakukan upaya pemanfaatan limbah tersebut yang memiliki kandungan tanin sebagai senyawa pigmen pembuatan tinta, berdasarkan hasil analisa kandungan tanin dari kulit bawang putih dan bawang merah cukup tinggi sehingga berpotensi digunakan.

Bawang putih (*Allium sativum*) merupakan bahan organik yang terdapat senyawa *flavonoid* dan pigmen alami yang mendukung dalam proses pembuatan tinta [4]. Bahan organik lainnya yaitu bawang merah. Bawang merah (*Allium Cepa L*) adalah bahan organik yang mengandung *flavonoid, tanin, saponin,* minyak *atsiri, kaempferol, flavonglikosida, floroglusin, dihidroaliin, sikloaliin, metiallin, quercetin,* dan *polifenol* [5]. Berdasarkan penelitian sebelumnya, kandungan tanin bawang putih yang mendukung proses pembuatan dalam kondisi ini sekitar 1,77% [6]. Dengan adanya ekstrak etanol dan kulit bawang merah ditemukan kandungan tanin sebesar 14,57% [7].

Penelitian yang berkaitan dengan proses pengembangan tinta yang berasal dari kulit bawang putih dan kulit bawang merah telah dilakukan. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa sampel yang diuji, sampel yang mendekati standar tinta komersil adalah komposisi tinta dengan variasi gom arab 1 gram dengan agitasi 10 menit. Maka memperoleh massa jenis sebesar 1,14 gr/cm3, nilai viskositas sebesar 1,26 cP, dan intensitas transmisi sebesar sebesar 0 lux. Dengan pembanding standar tinta komersil yaitu: massa jenis sebesar 1,026 gr/cm3, nilai viskositas sebesar 1,1 Poise, dan intensitas transmisi sebesar sebesar 0 lux [8]. Adapun hasil penelitian lainnya yang mendukung dalam penelitian, hasilnya menyatakan bahwa tinta yang dikembangkan memiliki ciri-ciri warna hitam pekat, nilai viskositas sedang, tingkat goresan jelas, dan warna memiliki kestabilan berdasarkan observasi selama tujuh hari. Berdasarkan hasil yang dikembangkan, tinta masih mengeluarkan aroma hangus, oleh karena itu dalam penelitian ini masih memerlukan formulasi lanjutan dalam meningkatkan kualitas pigmen pada tinta. [9].

Berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya dapat dipahami bahwa penelitian yang berkaitan dengan proses pengembangan tinta dari bahan organik masih memerlukan inovasi yang berkesinambungan.

Penelitian sebelumnya menggunakan jenis kulit bawang secara terpisah untuk pengolahan tintanya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menggabungkan ekstrak kulit bawang putih dan bawang merah serta

menguji efek sinergis melalui metode ekstraksi maserasi. Selain itu, pada penelitian ini mengukur variasi rasio ekstrak serta variasi massa pengikat gom arab. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan formulasi optimum tinta spidol ramah lingkungan dengan kepekaan warna dan karakteristik fisikokimia yang memenuhi standar mutu SNI.

2. METODOLOGI

2.1 Metode

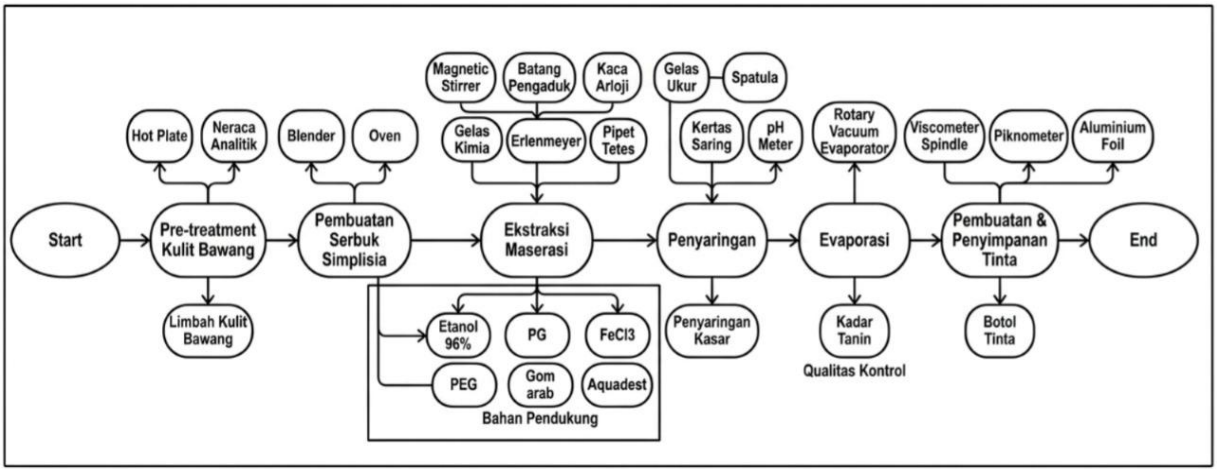
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Politeknik Negeri Sriwijaya jurusan Teknik Kimia. Untuk mendukung eksperimen ini, peneliti menggunakan metode ekstraksi maserasi. Upaya yang dilakukan berupa perendaman antara zat terlarut, pelarut, dan evaporasi untuk menguapkan larutan yang mengandung pelarut (*solvent*) yang mudah menguap dan zat terlarut (*solute*) yang sulit menguap.

Adanya proses ekstraksi ini bertujuan untuk meminimalisir kerusakan ketahanan senyawa jenis *flavonoid* yang apabila berada di suhu tinggi. Metode maserasi mendukung untuk melakukan pengembangan tinta pada penelitian ini. Kelebihannya yaitu: biaya terjangkau, mudah dilakukan, dan mempermudah peneliti untuk memecahkan senyawa pada limbah yang diekstrak dengan menggunakan gaya difusi. Yang perlu diperhatikan dalam proses penelitian ini yaitu durasi ekstraksi, semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak senyawa yang dipecahkan, selain itu untuk menghasilkan hasil ekstraksi yang sempurna kontak sampel dan pelarut perlu diperhatikan [10].

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa, dengan adanya metode ekstraksi secara maserasi menjadi tahapan yang penting dalam pembuatan tinta spidol yang ramah lingkungan dan dapat dilakukan dengan mandiri oleh peneliti. Selain itu, dengan adanya metode ekstraksi maserasi ini mencegah oksidasi senyawa *flavonoid* dan menghasilkan pigmen alami yang mana kontak pelarutnya optimal.

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Skema Alat dan Bahan Penelitian, berikut:



Gambar 1. Skema Alat dan Bahan Penelitian

Bahan utama yang dipakai pada penelitian berupa Limbah Kulit Bawang (Bawang Merah dan Bawang Putih), yaitu digunakan sebagai bahan baku utama karena kulit bawang kaya akan senyawa metabolit sekunder, khususnya pigmen alami flavonoid, antosianin, serta senyawa tanin. Senyawa-senyawa inilah yang berperan sebagai agen pewarna alami dalam pembuatan tinta. Pemanfaatan limbah ini juga merupakan bentuk penerapan *green chemistry* untuk mengonversi limbah organik menjadi produk yang bernilai guna [10].

Kemudian untuk bahan pendukung yang digunakan yaitu, Etanol 96% berfungsi sebagai pelarut universal yang bersifat polar-semi polar dalam metode ekstraksi maserasi. Etanol dipilih karena efektif menarik senyawa aktif flavonoid dan pigmen warna dari dalam sel kulit bawang tanpa merusak struktur kimianya, serta relatif aman dibandingkan pelarut organik berbahaya lainnya. [11]. Gom Arab berperan sebagai bahan pengikat (*binder*) dan zat penebal alami untuk meningkatkan viskositas (kekentalan) larutan sehingga tinta memiliki konsistensi yang baik dan menempel kuat pada media tulis. [12]. PEG (*Polyethylene Glycol*) dan PG (*Propylene Glycol*) bertindak sebagai zat pelembap (*humektan*) dan pemlastis yang berfungsi mencegah tinta cepat mengering pada ujung mata pena serta menjaga kestabilan fisik sediaan. [13]. $FeCl_3$ berfungsi sebagai agen pengompleks atau mordan yang bereaksi dengan senyawa fenolik/tanin dalam ekstrak kulit bawang untuk membentuk kompleks koordinasi berwarna gelap (hijau tua hingga kehitaman), sehingga meningkatkan intensitas kepekatan dan daya tahan warna tinta. [14]. Aquadest berperan sebagai pelarut polar tambahan dan pengencer untuk melarutkan bahan-bahan pendukung (seperti gom arab) secara homogen di atas pemanasan *hot plate*. [15]. Secara keseluruhan, kombinasi antara bahan utama dan bahan pendukung tersebut saling melengkapi dalam mengoptimalkan proses ekstrak pigmen alami kulit bawang hingga menghasilkan formulasi tinta yang stabil, pekat, serta memiliki ketahanan dan viskositas yang sesuai dengan standar sediaan tinta ramah lingkungan.

2.3 *Pre-treatment* Ekstrak Kulit Bawang Putih dan Bawang Merah

Pada tahap awal proses pembuatan diperlukan memisahkan kulit bawang putih dan bawang merah dari kotoran dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 70^0C selama 5 jam, kemudian menghaluskan kulit bawang putih dan bawang merah yang telah sampai menjadi simplisia serbuk, lalu mengekstrak sampel tersebut dengan cara metode ekstraksi maserasi pada perbandingan (w/v) 1:10 simplisia serbuk dengan pelarut etanol 96%, pada proses maserasi dilakukan dengan cara pengadukkan selama beberapa saat dalam waktu 1x24 jam, kemudian setelah dilakukan maserasi hasilnya disaring kasar dengan kain bersih, filtrat yang sudah didapatkan dari penyaringan halus kemudian diuapkan dengan menggunakan *rotary vacuum evaporator* sampai pelarut tidak menetes lagi, lalu ekstrak yang didapatkan diuji kadar tanin nya.

2.4 Pembuatan Tinta

Ekstrak kulit bawang putih dan bawang merah yang telah dipekatkan dengan alat *rotary vacuum evaporator* kemudian memasuki tahapan pembuatan tinta, lalu dicampurkan dengan bahan pendukung yaitu, gom arab dilarutkan dengan aquadest diaduk diatas hotplate pada suhu 70^0C, PEG (*Polyethylene Glycol*), PG (*Propylene Glycol*), $FeCl_3$, matikan *hotplate* hingga larutan berada di suhu ruang lalu masukkan etanol 96%, setelah homogen tinta dimasukkan dalam botol. [8]. Pada pembuatan tinta dilakukan dengan memanaskan campuran ekstrak pekat dan bahan pendukung pada suhu 70^0C, lalu ditambahkan etanol 96% saat larutan sudah dingin hingga homogen, dan diakhiri dengan pengemasan ke dalam botol.

2.5 Uji Densitas

Pengukuran densitas dilakukan menggunakan neraca analitik dengan mengacu pada standar SNI 06-1567-1999. Nilai massa jenis ini diperoleh melalui perbandingan antara massa zat dengan volume yang diukurnya. Setelah mengetahui nilai massa dan volume tinta, densitas tinta dapat dihitung menggunakan rumus berikut: [16]

$$\rho = (\frac{Massa\ Tinta}{Volume\ Tinta})$$

2.6 Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan menggunakan metode Oswald dengan alat viskometer Ostwald untuk mengukur waktu alir tinta. Tingkat kekentalan tinta diukur melalui pengujian viskositas yang mengacu pada SNI 06-1567-1999. Perhitungan nilai viskositas tersebut dilakukan berdasarkan rumus berikut: [17]

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho.t}{\rho.t0}$$

Pada rumus tersebut, η mewakili viskositas sampel tinta (g/cm·s), η0 adalah viskositas air (g/cm·s), dan ρ menunjukkan densitas (g/cm³), Sementara itu, variabel t dan t_0 berturut-turut menyatakan waktu alir tinta dan air dalam satuan detik.

2.7 Uji Adhesi

Daya hapus tinta diuji melalui metode *cross-cut tape* dengan mengaplikasikan tinta pada media papan tulis atau keramik. Setelah pengeringan selama 10 detik, pita perekat ditempelkan di atas permukaan tinta. Tingkat kemudahan penghapusan tinta diindikasi dari seberapa banyak jumlah tinta yang berpindah ke pita perekat [8].

2.8 pH Tinta

Pengujian pH dilakukan menggunakan pH meter untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan sampel tinta. Karakteristik pH yang terlalu asam berpotensi menyebabkan iritasi kulit serta bersifat korosif terhadap komponen spidol. Oleh karena itu, tinta yang baik harus memiliki nilai pH netral hingga mendekati basa, yaitu berada pada rentang 6–8 sesuai standar keamanan [16]. Selain pH, kualitas fisik tinta juga dievaluasi berdasarkan acuan standar mutu pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Standar SNI Tinta

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Berat Jenis atau Densitas	g/ml	0,9-1
2	Viskositas	cP	1,12
3	Waktu mengering	Sekon	Maks 40

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Ekstrak dan Kandungan Kimia Bahan Baku

Melakukan analisis kadar tanin dan mengidentifikasi karakteristik ekstrak bahan baku merupakan tahapan utama yang perlu dilakukan peneliti untuk menentukan senyawa yang berpotensi mendukung dalam proses pembuatan. Dengan adanya senyawa aktif dapat dijadikan sebagai pigmen alami yang dapat mencapai tujuan utama penelitian ini yaitu tinta spidol yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian karakteristik tinta spidol ramah lingkungan berbasis ekstrak kulit bawang putih dan

kulit bawang merah dengan variasi rasio ekstrak serta massa gom arab. Karakteristik tinta yang dianalisis meliputi densitas, viskositas, daya adhesi, dan pH. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan formulasi tinta yang memenuhi persyaratan mutu berdasarkan SNI 06-1567-1999.

Tinta merupakan cairan yang memiliki unsur warna, pelarut, dan pengikat yang dijadikan sebagai media tulis. Komposisi yang digunakan seperti bahan pelarut dengan jenis etanol digunakan dengan konsentrasi 96% dan bahan perekat seperti gom arab yang dapat memberikan pengaruh kestabilan. Selain sebagai pelarut, etanol dijadikan sebagai *drier agent* atau yang memberikan pengaruh waktu pengeringan tinta. Pada umumnya, gom arab dapat digunakan dalam bidang industri, tekstil, percetakan, produksi cat, lem, dan kosmetik. Selain itu, gom arab juga mendukung dalam proses pengembangan tinta seperti yang dilakukan pada penelitian sebelumnya dan memiliki peran dalam mengendalikan nilai viskositas [18]. Dan bahan yang diperlukan lainnya yaitu *polyethylene glycol* yang memberikan pengaruh terhadap kualitas tinta seperti mudah dihapus [1]. Dalam proses pembuatan tinta, konsentrasi PEG tidak lebih dari 10% dari komposisi tinta. Jika PEG tinggi, nilai viskositas tinggi dan tinta susah untuk dihapus [19]. Selain itu, bahan lainnya yang menjadi pendukung dalam penelitian ini yaitu $FeCl_3$ dan *propylene glycol*. Dengan adanya $FeCl_3$ dalam proses pembuatan tinta hal ini mendukung terbentuknya senyawa kompleks yang memberikan warna khas pada tinta [2]. $FeCl_3$ dijadikan sebagai larutan yang menguji senyawa tanin, hal ini dibuktikan dengan hasil akhir warna cokelat pekat yang menunjukkan adanya kandungan senyawa tersebut [20]. Dan mengenai *propylene glycol* dalam proses pembuatan tinta memiliki peran sebagai penyerap kelembapan dan memudahkan pengguna dalam menerapkannya [21].

3.2 Data Penelitian

Dapat dilihat pada tabel 2 bahwa nilai densitas tertinggi ada pada rasio 50:50 dengan gom arab 5 gram, nilai viskositas tertinggi ada pada rasio 50:50 dengan gom arab 5 gram, nilai adhesi yang mendekati maksimal ada pada rasio 100:0 dengan gom arab 5 gram, nilai pH terendah ada pada rasio 100:0 dengan gom arab 5 gram. Sedangkan nilai formulasi optimum yang mendekati standar SNI 06-1567-1999 yaitu, ada pada rasio 75:25 dengan gom arab 4 gram.

Tabel 2. Data Analisa Tinta Spidol dari Kulit Bawang Putih dan Bawang Merah

Gom Arab (gr)	Tanin (ml)		Proporsi Campuran (%)	Hasil Analisa			
	Bawang Putih	Bawang Merah		Densitas (g/ml)	Viskositas (cP)	Adhesi (Sekon)	pH
3 gr	0ml	15ml	0% : 100%	1,14	1,52	29	7,53
4 gr	0ml	15ml	0% : 100%	1,17	2,01	35	7,66
5 gr	0ml	15ml	0% : 100%	1,20	2,30	38	7,86
3 gr	3,75ml	11,25ml	25% : 75%	1,21	2,24	21	7,76
4 gr	3,75ml	11,25ml	25% : 75%	1,20	2,29	23	7,96
5 gr	3,75ml	11,25ml	25% : 75%	1,21	2,42	31	7,56
3 gr	7,5ml	7,5ml	50% : 50%	1,11	2,14	24	7,96
4 gr	7,5ml	7,5ml	50% : 50%	1,12	1,02	29	7,06
5 gr	7,5ml	7,5ml	50% : 50%	1,26	3,16	37	7,53
3 gr	11,25ml	3,75ml	75% : 25%	1,12	1,40	22	7,23
4 gr	11,25ml	3,75ml	75% : 25%	1,11	1,11	28	7,15
5 gr	11,25ml	3,75ml	75% : 25%	1,15	2,10	35	7,56
3 gr	15ml	0ml	100% : 0%	1,10	1,00	25	6,36
4 gr	15ml	0ml	100% : 0%	1,10	1,20	29	6,42
5 gr	15ml	0ml	100% : 0%	1,10	1,20	39	6,19
SNI 06-1567-1999				0,9-1	1,12	Maks 40	7

Hasil penelitian menyatakan bahwa proses ekstraksi menunjukan adanya perbedaan signifikan pada kadar tanin antara kedua jenis bahan baku. Sehingga didapatkan hasil pengujian kadar tanin dari ekstrak kulit bawang merah dan bawang putih disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Analisa Kandungan Tanin

No	Nama Sampel	Parameter Uji	Metode Uji	Hasil Analisa (%)
1	Ekstrak Bawang Merah	Kadar Tanin	Spektrofotometri UV-Vis	15,071
2	Ekstrak Bawang Putih			6,018

Pengecekan kadar tanin pada penelitian ini menggunakan metode Spektrofotometri UV-Vis, Spektrofotometri UV-Vis merupakan cara tunggal yang paling bermanfaat untuk mengidentifikasi struktur flavonoid. Karena flavonoid mengandung sistem aromatis yang terkonjugasi dan dapat menunjukkan pita serapan kuat pada daerah UV-Vis. Metode tersebut juga dapat digunakan untuk melakukan uji secara kuantitatif untuk menentukan jumlah flavonoid yang terdapat dalam ekstrak yang dilakukan dengan mengukur nilai absorbansinya.[15]. Oleh karena itu alat UV-Vis sangat berguna karena bisa melakukan dua hal sekaligus mengenali struktur flavonoid dari pola serapan cahayanya, dan mengukur kadar pasti flavonoid tersebut dalam ekstrak.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, hasil analisa kandungan tanin dari ekstrak kulit bawang putih dan kulit bawang merah disajikan pada Tabel 3, sedangkan perbandingan dengan hasil penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Kandungan Tanin Terdahulu

No	Nama Sampel	Parameter Uji	Metode Uji	Hasil Analisa (%)
1	Ekstrak Bawang Merah	Kadar Tanin	Spektrofotometri UV-Vis	14,570
2	Ekstrak Bawang Putih			1,770

Pada Tabel 3. Analisa Kandungan Tanin yang terkandung pada ekstrak bawang merah signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak bawang putih, dengan selisih perbedaan mencapai 9,053%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak bawang merah memiliki potensi kandungan senyawa tanin yang lebih kaya jika dibandingkan dengan ekstrak bawang putih pada metode pengujian Spektrofotometri UV-Vis yang sama.

Ketika dibandingkan dengan studi terdahulu yang tercantum pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa tren yang dihasilkan sejalan dengan penelitian sebelumnya. Kulit Bawang Merah: Kadar tanin yang diperoleh dalam penelitian ini (15,071%) menunjukkan hasil yang sangat konsisten dan mendekati penelitian Sofihidayati (2020) yang melaporkan kadar tanin sebesar 14,570%. [7] Kulit Bawang Putih: Kadar tanin yang didapatkan (6,018%) menunjukkan nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian C. Pardede (2020) yang mencatat angka 1,770%. [6]

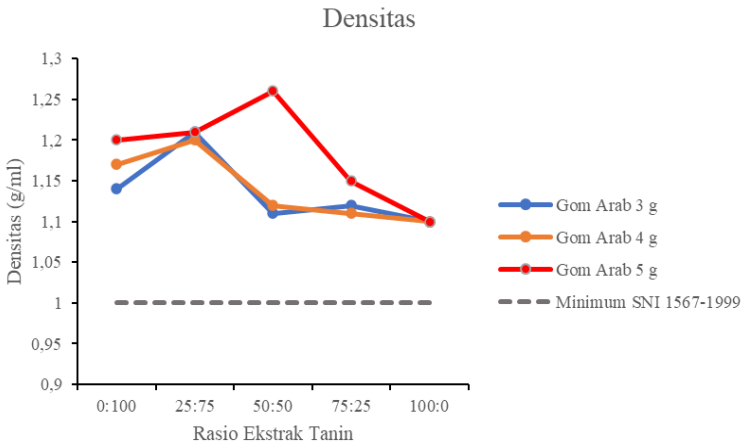
Tinggi kadar tanin pada kulit bawang merah berkolerasi dengan melimpahnya senyawa polifenol dan pigmen flavonoid seperti antosianin yang menyusun jaringan luar organ tanaman tersebut. Sementara itu, kandungan tanin pada kulit bawang putih berkontribusi dalam memberikan warna dasar serta memperkuat kestabilan kompleks pewarna alami.

3.2 Pengaruh Variasi Rasio Ekstrak Kulit Bawang Putih Dan Bawang Merah

Dengan adanya penggabungan dua jenis kulit bawang melalui metode ekstraksi maserasi dengan variasi massa gom arab hasilnya menunjukkan adanya pengaruh sifat fisik maupun kimia pada hasil tinta. Untuk menguji ada pengaruh atau tidaknya, peneliti menggunakan parameter melalui uji densitas, viskositas, daya adhesi, dan pH. Proses uji yang dilakukan untuk menentukan keefektivan aliran tinta pada spidol yang digunakan, daya rekat pigmen pada papan tulis, dan keamanan bahan baku tinta sesuai standar pada umumnya.

3.2.1 Nilai Densitas

Densitas merupakan salah satu maasa jenis yang mengacu pada massa pada setiap volume dengan standar pengukuran kg/m3 atau g/c [22]. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dipahami bahwa, densitas merupakan salah satu tolak ukur yang menjadi acuan dalam menentukan karakteristik aliran tinta. Nilai densitas yang terlalu tinggi aliran tinta terhambat, sedangkan densitas yang terlalu rendah kualitas warna berkurang. Hasil pengujian densitas pada berbagai variasi rasio ekstrak dan massa gom arab ditunjukkan pada Gambar 2.



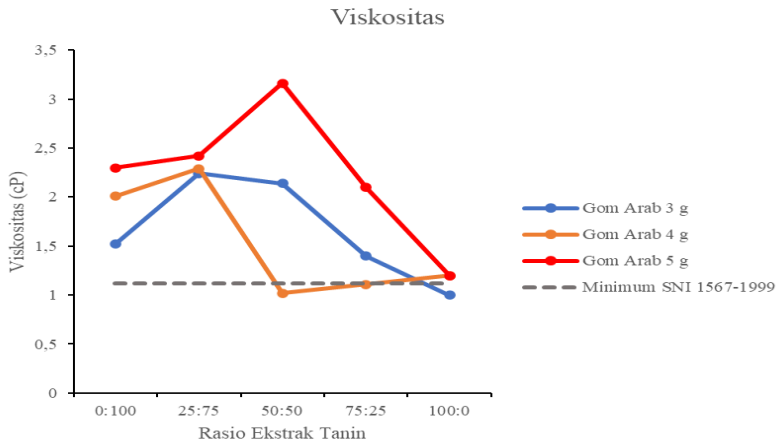
Gambar 2. Pengaruh Rasio Ekstrak dan Gom Arab Terhadap Densitas

Berdasarkan Gambar 2 dapat dinyatakan bahwa peningkatan massa gom arab cenderung meningkatkan nilai densitas pada seluruh variasi rasio ekstrak. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah padatan terlarut dalam sistem sehingga massa per satuan volume menjadi lebih besar. Gom arab merupakan polisakarida yang mampu meningkatkan konsentrasi total padatan sehingga densitas tinta meningkat. Selain pengaruh gom arab, rasio ekstrak kulit bawang juga memengaruhi densitas tinta. Perbedaan kandungan tanin dan senyawa fenolik pada kulit bawang putih dan kulit bawang merah menyebabkan variasi jumlah padatan yang terlarut sehingga menghasilkan nilai densitas yang berbeda pada setiap formulasi [23]. Penurunan densitas dapat terjadi akibat berkurangnya total padatan terlarut dalam sistem atau meningkatnya proporsi pelarut dibandingkan komponen padatan. Perubahan komposisi ekstrak dan gom arab dapat menyebabkan jumlah material yang terdispersi menjadi lebih sedikit sehingga massa per satuan volume menurun dan menghasilkan densitas yang lebih rendah [24]. Hal yang mempengaruhi nilai densitas tinta yaitu, pigmen dalam tinta cetak. Semakin tinggi pigmen warna tinta kualitasnya juga meningkat [25]. Nilai densitas semakin besar jika jumlah perekat banyak, hal ini mempengaruhi kualitas formula tinta selain itu juga terdapat kerapatan pada konsentrasi zat [26].

Berdasarkan Standar SNI 06-1567-1999, densitas tinta yang dipersyaratkan berada pada rentang 0,9 1,0 g/mL. Seluruh hasil penelitian menunjukkan nilai densitas sedikit lebih tinggi dibandingkan standar tersebut. Namun demikian, formulasi rasio 100:0 menghasilkan densitas sebesar 1,10 g/mL yang merupakan nilai terdekat dengan standar SNI, diikuti rasio 50:50 dan 75:25 pada penggunaan gom arab 3–4 gr dengan nilai sekitar 1,11–1,12 g/mL.

3.2.2 Nilai Viskositas

Viskositas merupakan tingkat kekentalan tinta atau ukuran hambatan internal (gaya gesekan dalam) suatu cairan terhadap alirannya, dengan alat ukur viskometer (*Centipoise* atau cP). Ciri tinta yang berkualitas tergantung kepada tingkat kentalnya dan kadar pigmen. Hal ini dapat dilihat dari tingkat aliran saat digunakan dan juga warna yang dikeluarkan oleh spidol tersebut. Selain itu bahan pengencer atau vernis perlu diperhatikan saat proses pembuatan tinta, karena mempengaruhi tingkat kekentalan tinta [27]. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bawah, viskositas Adalah tolak ukur berdasarkan Tingkat kekentalan tinta spidol. Apabila tinta terlalu kental maka akan menyumbat aliran tinta, namun apabila tinta terlalu cair kadar pigmen warna yang dihasilkan tidak terlalu pekat. Hasil pengujian viskositas disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Rasio Ekstrak dan Gom Arab Terhadap Viskositas

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa peningkatan massa gom arab menyebabkan viskositas meningkat pada seluruh variasi rasio ekstrak. Hal tersebut terjadi karena gom arab membentuk jaringan koloid yang meningkatkan hambatan aliran cairan. Semakin tinggi konsentrasi gom arab, semakin besar gaya gesek antar molekul sehingga tinta menjadi lebih kental. Penurunan viskositas pada beberapa formulasi diduga terjadi akibat distribusi komponen yang lebih homogen sehingga gaya gesek antar partikel kecil. Selain itu, interaksi antara senyawa tanin, fenolik, dan gom arab dalam sistem tidak selalu menghasilkan jaringan polimer yang lebih rapat. Pada kondisi tertentu, efisiensi gom arab dalam meningkatkan viskositas dapat menurun akibat perubahan struktur larutan sehingga menyebabkan viskositas yang dihasilkan lebih rendah [24]. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dipahami bahwa, peningkatan gom arab mempengaruhi tingkat kekentalan kualitas tinta yang dihasilkan dan juga dipengaruhi gaya gesek antar partikel.

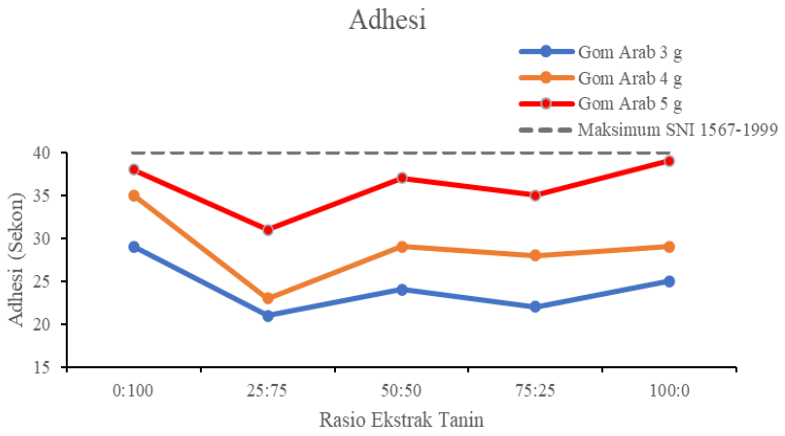
Viskositas tinta dari masing-masing formulasi dipengaruhi secara langsung oleh variasi komposisi ekstrak kulit bawang dan konsentrasi gom arab. Tingginya viskositas pada sampel dengan proporsi ekstrak kulit bawang merah yang dominan berhubungan dengan tingginya kandungan tanin di dalamnya dibandingkan dengan ekstrak kulit bawang putih. Tanin merupakan senyawa alami yang memiliki banyak gugus -OH

sehingga mampu berinteraksi dengan molekul lain melalui ikatan H2 dan memengaruhi sifat reologi suatu larutan. Kandungan fenolik dan flavonoid yang tinggi pada kulit bawang juga dilaporkan meningkatkan jumlah komponen terlarut dalam sistem [26]. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa, dengan adanya uji viskositas terhadap penggabungan limbah kulit bawang hasil variasi rasionya menyatakan tingkat viskositas lebih tinggi apabila variasi kulit bawang merah lebih besar dari kulit bawang putih/

Berdasarkan Standar SNI 06-1567-1999, viskositas tinta yang disyaratkan adalah 1,12 cP Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi rasio 50:50 dengan gom arab 4 gr menghasilkan viskositas 1,02 cP, sedangkan rasio 75:25 dengan gom arab 4 gr menghasilkan viskositas 1,11 cP yang merupakan nilai paling mendekati standar SNI, meskipun belum sepenuhnya memenuhi nilai mutlak yang disyaratkan.

3.2.3 Nilai Adhesi

Adhesi adalah respon antar dua partikel yang tidak sejenis saling tarik menarik [1]. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dipahami bahwa, proses tarik menarik antar partikel dapat dibuktikan dengan kemampuan tinta melekat pada permukaan media tulis sekaligus kemudahan tinta dihapus kembali. Hasil pengujian adhesi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Rasio Ekstrak dan Gom Arab Terhadap Adhesi

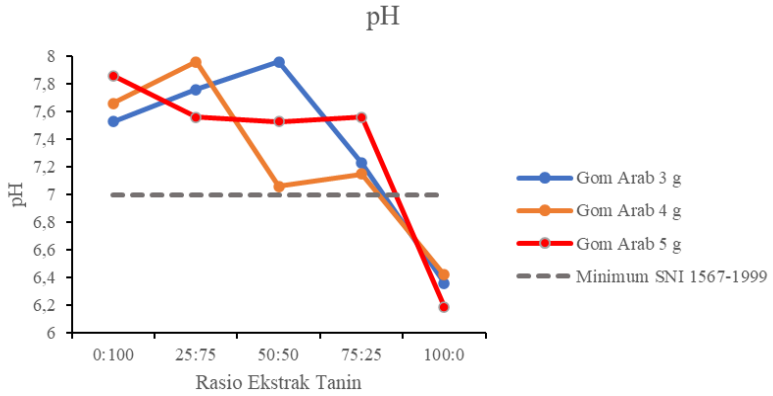
Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa menunjukkan hubungan antara rasio ekstrak kulit bawang putih dan kulit bawang merah terhadap daya rekat tinta, terlihat bahwa peningkatan massa gom arab menyebabkan nilai peningkatan adhesi terjadi karena penambahan gom arab meningkatkan kemampuan tinta membentuk lapisan film pada permukaan media tulis. Gom arab berfungsi sebagai binder yang membantu pigmen dan komponen tinta melekat lebih kuat pada permukaan sehingga daya lekat meningkat [8]. Penurunan adhesi dapat terjadi akibat meningkatnya konsentrasi bahan pengikat yang menyebabkan kemampuan pembasahan permukaan menurun. Peningkatan sudut kontak mengurangi luas kontak efektif antara tinta dan permukaan sehingga energi adhesi menjadi lebih rendah [28]. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan dapat diketahui bahwa adalah uji nilai adhesi fokus pada daya rekat tinta yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan, apabila jumlah gom arab lebih banyak maka tinta membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pengeringan dan merekat di papan tulis.

Berdasarkan Standar SNI 06-1567-1999, waktu pengeringan atau adhesi maksimum yang diperbolehkan adalah 40 detik. Seluruh formulasi pada penelitian ini masih berada di bawah batas maksimum tersebut,

sehingga memenuhi standar yang ditetapkan. Formulasi dengan adhesi tertinggi diperoleh pada rasio 100:0 dengan penggunaan gom arab 5 gr yaitu sebesar 39 detik karena memiliki daya lekat paling tinggi namun masih memenuhi persyaratan SNI.

3.2.4 Nilai pH

pH adalah tingkat kebebasan suatu larutan atau dikenal dengan istilah tingkat keasaman [29]. Berdasarkan penyataan tersebut dapat dipahami bahwa, dalam menentukan pengaruh variasi rasio ekstrak kulit bawang putih dan bawang merah nilai pH dijadikan sebagai tolak ukur dalam mengetahui kestabilan tinta pada saat penyimpanan ataupun penggunaan. Berikut hasil nilai pH disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Rasio Ekstrak dan Gom Arab Terhadap pH

Perbedaan nilai pH pada setiap formulasi dipengaruhi oleh kandungan senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin yang terdapat dalam ekstrak kulit bawang putih maupun kulit bawang merah. Senyawa-senyawa tersebut memiliki gugus fenolik yang dapat melepaskan ion hidrogen sehingga memengaruhi tingkat keasaman larutan. Selain itu, penambahan gom arab sebagai bahan pengikat juga dapat memengaruhi pH melalui interaksi dengan komponen fenolik dalam sistem. Meskipun terjadi sedikit fluktuasi nilai pH antar formulasi, seluruh sampel masih berada pada rentang pH yang relatif stabil dan aman untuk aplikasi tinta berbasis bahan alam [25]. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dipahami bahwa kandungan yang ada pada jenis kulit bawang yang digunakan terdapat senyawa fenolik yang mempengaruhi tingkat keasaman. Pada proses pembuatan tinta, kadar pH berguna untuk menghindari kerusakan komponen internal pen spidol (busa dan isi plastik) menentukan keamanan bagi pengguna apabila terdapat kontak langsung dengan kulit.

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa seluruh formulasi menghasilkan pH pada kisaran ± 7,30 Perbedaan rasio ekstrak kulit bawang serta massa gom arab tidak memberikan perubahan pH yang terlalu signifikan karena kedua bahan tersebut memiliki sifat yang relatif stabil dalam sistem.

Berdasarkan standar penelitian ini yang menetapkan pH sekitar 7, formulasi dengan rasio 50:50 (7,5 mL ekstrak kulit bawang putih dan 7,5 mL ekstrak kulit bawang merah) ditambah 4 gram gom arab menghasilkan pH sebesar 7,06, yang paling mendekati nilai netral. Oleh karena itu, formulasi ini dapat dianggap sebagai pilihan terbaik dari segi pH karena paling sesuai dengan standar tinta yang diinginkan.

3.3 Penentuan Formulasi Tinta

Upaya formulasi optimum dilakukan untuk mengidentifikasi hasil analisis secara keseluruhan mengenai tolak ukur kondisi fisik dan kimia tinta mengenai variasi rasio ekstrak dan massa gom arab yang seimbang.

Dengan adanya formulasi yang sudah dipilih berdasarkan hasil uji coba, langkah berikutnya peneliti melakukan evaluasi formulasi sesuai SNI 06-1567-1999 dengan menyesuaikan karakteristik tinta spidol pada umumnya dalam menentukan kelayakan tinta yang dikembangkan. Penentuan formulasi mempertimbangkan nilai densitas, viskositas, daya adhesi, dan pH secara bersamaan. Berikut pada Tabel 5 mengenai formulasi optimum tinta terbaik yang didapat:

Tabel 5. Variasi Data Terbaik

Gom Arab (gr)	Tanin (ml)		Hasil Analisa			
	BP	BM	Viskositas (cP)	Densitas (g/ml)	Adhesi (Sekon)	pH
4 gr	7,5ml	7,5ml	1,02	1,12	29	7,06
4 gr	11,25ml	3,75ml	1,11	1,11	28	7,15
SNI 06-1567-1999			0,9-1	1,12	Maks 40	7

Berdasarkan Tabel 5, formulasi kedua menggunakan 4 gram gom arab, 11,25 mL ekstrak kulit bawang putih, dan 3,75 mL ekstrak kulit bawang merah merupakan formulasi terbaik karena menghasilkan karakteristik fisik yang paling mendekati standar SNI. Formulasi tersebut memiliki nilai densitas sebesar 1,11 g/ml, kekentalan sebesar 1,11 cP, daya adhesi sebesar 28 detik, dan pH sebesar7,15. Dengan demikian, formulasi tersebut berpotensi digunakan sebagai tinta spidol ramah lingkungan berbasis ekstrak kulit bawang putih dan kulit bawang merah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, peneliti memperoleh hasil analisis dari pengaruh variasi rasio ekstrak kulit bawang putih dan bawang merah serta massa gom arab berdasarkan standar SNI. Yang menjadi fokus utama pada hasil analisis ini mengenai nilai densitas, viskositas, daya adhesi, dan pH. Dengan adanya prosedur pengembangan tinta spidol yang dilakukan secara sistematis, peneliti memperoleh formulasi optimum yang diperoleh pada rasio ekstrak bawang putih dan bawang merah 75:25 dan massa gom arab sebesar 4 gram. Formulasi optimum ini menghasilkan tinta spidol dengan karakteristik fisikokimia terbaik, meliputi nilai densitas (1,11 g/mL), viskositas (1,11 cP), daya adhesi (28 detik), dan pH (7,15) yang seluruhnya telah memenuhi standar SNI 06-1567-1999 serta memiliki kualitas yang mendekati tinta spidol komersial.

Penelitian ini membuktikan bahwa limbah kulit bawang putih dan bawang merah dari sampah rumah tangga dapat diolah secara efektif menjadi tinta spidol ramah lingkungan melalui metode ekstraksi maserasi. Penambahan gom arab sebagai bahan pengikat (*binder*) terbukti mengoptimalkan kualitas fisikokimia tinta, sehingga produk ini berpotensi menjadi alternatif pengganti tinta sintetis yang lebih aman dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Kimia, Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya atas fasilitas laboratorium yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. P. Rengganis, T. Darsono, dan D. P. Fajar, "Fabrikasi tinta spidol whiteboard berbahan dasar pigmen organik dari endapan minuman kopi," vol. VI, hal. 105–112, 2017.

[2] I. T. Anova dan H.- Muchtar, "Pemanfaatan Gambir sebagai Bahan Dasar Pembuat Tinta Spidol Ramah Lingkungan," *J. Litbang Ind.*, vol. 7, no. 2, hal. 101, 2017, doi: 10.24960/jli.v7i2.3368.101-109.

[3] M. F. Nasrudin, "Senyawa Metabolit Sekunder (Tanin) Pada Tanaman Sebagai Antifungi *Secondary Metabolite Compounds (Tannins) In Plants As Antifungi*," *J. Eng. Res.*, no. 15, hal. 16–22, 2023.

[4] Juwairiah, Raju Gobal, Yusnia Sinambela, dan Nurianti Sitorus, "Implementasi Teknologi Sederhana Pembuatan Tinta Alami dari Limbah Kulit Bawang Putih pada Siswa SMK Grafika," *Abdi Ilm. untuk Masy.*, vol. 2, no. 1, hal. 17–22, 2026, doi: 10.64850/abhima.v2i1.249.

[5] O. D. F. Riswanto *et al.*, "Review Article Kandungan Kimia dan Potensi Bawang Merah (*Allium cepa L.*)sebagai Inhibitor SARS-CoV-2," *J.Chemom.Pharm.Anal*, vol. 1, no. 3, hal. 143–155, 2021, [Daring]. Tersedia pada: www.journal.ugm.ac.id/v3/IJCPA

[6] C. Pardede *et al.*, "*Extraction of Tannin From Garlic Skins by Using Microwave With Ethanol as Solvent*," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/801/1/012054.

[7] T. Sofihidayati, "Penetapan Kadar Flavonoid dan Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Kulit Bawang Merah (*Allium cepa L.*) Terhadap *Staphylococcus aureus*," *J. Ilm. Farm.*, vol. 8, no. 2, 2018.

[8] Y. A. Pratama, S. Juhara, dan R. Kurniasari, "Efektivitas Limbah Kulit Bawang Putih Sebagai Pigmen Organik Dalam Pembuatan Tinta Spidol," vol. 9, no. 2, hal. 126–133, 2022.

[9] R. P. Josua, W. Windriyanti, dan R. Mahendra, "Karakterisasi Senyawa Pestisida pada Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum L* .) dan Uji Mortalitas Terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera Litura F* .) di Laboratorium," vol. 13, no. 4, hal. 2718–2729, 2025.

[10] S. Rahayu, S. Kurnia, Nunung Amalia, Vina., 2015. "Ekstraksi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Limbah Kulit Bawang Merah sebagai Antioksidan Alami," *al-Kimiya*, vol. 2, no. 1, hal. 1–8, 2015.

[11] A. Budi, S. Lestari, dan Y. Dwiatmaka, "Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Sirih Merah (Piper crocatum) Hasil Optimasi Pelarut Etanol-Air (*Antioxidant Activity of Red Bettle Leaves Extract (Piper crocatum) as a Result of Optimization of Ethanol-Water Solvents)*," vol. 12, no. 1, hal. 75–79, 2014.

[12] S. A. Mohamed, Shaymaa A.Elsherbini, Asmaa M.Alrefaey, Heba R.Adelrahman, KareemMoustafa, AlshaimaaEgodawaththa, Nishal M.Crawford, Kaitlyn E.Nesnas, NasriSabra, Sally A., "*Gum Arabic: A Commodity with Versatile Formulations and Applications*," *Nanomaterials*, vol. 15, no. 4, hal. 1–46, 2025, doi: 10.3390/nano15040290.

[13] J. Ilmiah dan W. Pendidikan, "Pemanfaatan Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium Cepa L.*) Sebagai Sediaan Lip Balm Tutik 1 , Ulfa Nafila Umri 2 , Putri Amalia 3 Fakultas Ilmu Kesehatan Program Studi Farmasi Universitas Malahayati," vol. 10, no. November, hal. 1282–1291, 2024.

[14] H. Muchtar dan dan G. Y. , Inda Three Anova, "Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Kehalusan Gambir Serta Variasi Komposisi Terhadap Beberapa Sifat Fisika Dalam Pembuatan Tinta Cetak," hal. 131–139, 2015.

[15] P. U. Hapsari, *Rudi Heribertus, Djonaedi Emmidia.*, "Formulasi Tinta Batik Hitam Berbasis Sabut Kelapa Melalui Proses Pirolisis Abstrak," *SNIV Semin. Nas. Inov. Vokasi*, vol. 4, no. 1, hal. 510–515, 2025.

[16] H. Anisa, R. Sirait, F. Material, J. Fisika, dan F. Sains, "Pengaruh Variasi Ekstrak Gambir dalam Pembuatan Tinta Spidol Whiteboard Ramah Lingkungan," vol. 13, no. 3, hal. 315–321, 2024.

[17] dan M. S. Najmawati Sulaiman, Elok Faiqoh, "Jurnal Litbang Industri Utilization of red spinach leaf type as raw material for making natural stamp ink," hal. 27–32, 2022.

[18] F. Inegbedion, V. U. Okojie, dan F. Egharevba, "*Physicochemical Properties of Gum Arabic*," *Org. Polym. Mater. Res.*, vol. 2, no. 2, hal. 13–15, 2021, doi: 10.30564/opmr.v2i2.2592.

[19] R. Fath Marsya dan Zaenuddin, "Kulit Buah Naga sebagai Spidol Papan Tulis Ramah Lingkungan: Solusi untuk Pendidikan," *J. Inov. Pembelajaran*, vol. 1, no. 4, hal. 201–211, 2025, doi: 10.71049/57kh9s51.

[20] Idha Silviyati, Hilwatullisan, Rusdianasari, A. Mujiyanti, dan H. S. Nainggolan, "*Characteristics of Eco-Friendly Marker Ink by Utilizing Natural Dyes From Noni Leaf Extract (Morinda Citrifolia L.)*," *Int. J. Res. Vocat. Stud.*, vol. 4, no. 1, hal. 35–39, 2024, doi: 10.53893/ijrvocas.v4i1.268.

[21] Lambang Wicaksono, "Prarancangan Pabrik *Propylene Glycol* Dengan Proses Hidrolisis *Propylene Oxide* dan Air Menggunakan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 85.000 Ton/Tahun," *Jur. Tek. Kim. Fak. Tek. Univ. Malikussaleh Lhokseumawe*, 2025.

[22] N. Abdurrojaq Devitasari, Rossy DAisyah, Lies, A Nur Faturrahman, Bahtiar Saepul, Sujarwati, WidiWibowo Cahyo S, Anggarani Riesta, Maymuchar., "Perbandingan Uji Densitas Menggunakan Metode ASTM," *Lembaran Publ. Miny. dan Gas Bumi*, vol. 55, no. 1, hal. 47–55, 2021.

[23] S. Susanti, V. P. Bintoro, dan D. R. Amanullah, "Karakteristik Fisik , Total Padatan dan Hedonik Velva Nangka dengan Penambahan Gum Arab Sebagai Penstabil *Characteristic of Physicals, Total Solids and Hedonik of Jackfruit Velva with Addition of Arabic Gum as Stabilizer*," vol. 21, no. 2, hal. 137–144, 2021.

[24] A. Yemenicio, "*Invited review A review of current and future food applications of natural hydrocolloids*," no. Mcc, hal. 1389–1406, 2020, doi: 10.1111/ijfs.14363.

[25] D. R. Maryuni, D. A. Prameswari, S. D. Astari, S. Permata, dan D. N. Putri, "Identification of Active Compounds In Red Onion (*Allium cepa L*) *Peel Extract By LC-ESI-QTOF-MS/MS and Determination of Its Antioxidant Activity*," *J. Teknol. Has. Pertan.*, vol. 15, no. 1, hal. 20–33, 2022.

[26] A. R. Kumar, M . Barbhai MD.Hasan M, Dhumal S, Singh S, Pandiselvam R, Rais N, Natta S, Senapathy M, Sinha N, "*Onion (Allium cepa L.) peel: A review on the extraction of bioactive compounds, its antioxidant potential, and its application as a functional food ingredient.*," 2022.

[27] T. F. Rahayu dan S. Fatimah, "Pengaruh Variasi Konsentrasi Karbon Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Tinta Spidol *Whiteboard* Ramah Lingkungan *The Effect of Variations in Coconut Shell Carbon Concentration on the Characteristics of Environmentally Friendly Whiteboard Marker Inks*," *J. Kartika Kim.*, vol. 4, no. 2, hal. 77–82, 2021.

[28] M. Fioretti Matias, Torres Maria Fernanda, Becerra Federico Filippa, Mauricio, Kolodziej, Yiancarlo Diaz Dario, Masuelli Martin., "*Chañar Brea Gum as a Paper Adhesive*," hal. 1–25, 2025, doi.org/10.3390/adhesives1040012.

[29] E. Mufida, R. S. Anwar, R. A. Khodir, dan I. P. Rosmawati, "Perancangan Alat Pengontrol pH Air untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno," *J. Inov.*, vol. 1, no. 1, hal. 13–19, 2020.