

EFEKTIVITAS TEKNOLOGI PELAPISAN BEESWAX DAN NANO-KITOSAN PADA BENIH KEDELAI (*GLYCINE MAX L.*) VARIETAS BIOSOY UNTUK MENEKAN DETERIORASI DAN MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN

Apriandra Prastama^{1*}, Ema Sri Mulyani², R. Idris Suryadi³

¹Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Indonesia

^{2,3}BRMP Pascapanen Pertanian, Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian, Bogor, Indonesia

*Penulis korespondensi: apriandrastama001@gmail.com

ABSTRAK

Deteriorasi benih merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan mutu benih kedelai selama penyimpanan. Upaya untuk memperlambat proses deteriorasi dapat dilakukan melalui teknologi pelapisan (*coating*) benih kedelai menggunakan bahan polimer, seperti kitosan dan lilin lebah (*beeswax*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelapisan benih kedelai dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih selama masa penyimpanan. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dua faktor dengan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah jenis pelapisan yang terdiri atas kontrol (tanpa pelapisan), *nano coating* dan *wax coating*. Faktor kedua adalah lama penyimpanan hingga 5 bulan. Parameter yang diamati meliputi indeks vigor, daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimal. Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan lama penyimpanan menyebabkan penurunan indeks vigor dan daya berkecambah secara nyata. Perlakuan *nano coating* mampu mempertahankan daya berkecambah lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol maupun *wax coating*. Terdapat interaksi nyata antara jenis pelapisan dan lama penyimpanan terhadap kualitas benih. Pada parameter Indeks vigor, perlakuan kontrol menghasilkan rerata perlakuan lebih tinggi (65,33%) diikuti *nano coating* (60,93%) dan *wax coating* (57,47%). Sedangkan pada parameter daya berkecambah, rerata perlakuan *nano coating* menghasilkan nilai tertinggi (80,67%), namun tidak berbeda nyata dengan tanpa pelapisan/kontrol (76,13%). Setelah penyimpanan lima bulan, *nano coating* mampu mempertahankan daya berkecambah secara stabil. Sementara pada parameter potensi tumbuh maksimal, rerata perlakuan *nano coating* menghasilkan nilai tertinggi sebesar 90,47%, lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol dan *wax coating* sebesar 85,07% dan 82,80%.

Kata kunci: benih kedelai, vigor, deteriorasi, *nano-coating*, *wax*

1 PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max L.*) merupakan salah satu sumber protein nabati utama yang biasa digunakan sebagai bahan baku dalam industri olahan pangan. Beberapa contoh produknya adalah tempe, tahu, kecap, tauco dan susu kedelai yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia. Kedelai kaya akan protein nabati (35-40%), lemak sehat dan karbohidrat serta beberapa mineral lain yang dibutuhkan oleh tubuh seperti fosfor, besi, kalsium, vitamin B dengan komposisi asam amino yang lengkap (Badrudin et al., 2023). Selain itu, ampas kedelai juga memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi terutama protein dan serat. Ampas kedelai juga dapat dimanfaatkan menjadi

produk bernilai jual lebih baik seperti diolah menjadi nugget dan brownies sehingga menjadi alternatif sumber gizi masyarakat (Septifani et al, 2018).

Berdasarkan Data Statistik (BPS/Pusdatin Pertanian) konsumsi pangan komoditi kedelai tahun 2021 – 2022, mencatat impor kedelai sebanyak 2,47 – 2,60 juta ton dan produksi nasional hanya 0,61 – 0,63 juta ton dengan konsumsi nasional tetap berada pada kisaran 3,22 – 3,25 juta ton/tahun. Artinya produksi lokal hanya mampu berkontribusi 15 – 20 % terhadap permintaan kedelai dalam negeri. Dengan tren peningkatan konsumsi nasional setiap tahunnya (Santoso et al. 2023). Diproyeksikan impor kedelai akan mengalami peningkatan terus hingga tahun 2026. Oleh sebab itu, ketergantungan Indonesia terhadap impor kedelai perlu dikurangi secara bertahap dengan melakukan peningkatan produksi dalam negeri.

Namun terdapat beberapa faktor yang menyebabkan produksi kedelai dalam negeri mengalami kendala, salah satunya adalah kemerosotan kualitas benih selama penyimpanan atau deteriorasi. Deteriorasi benih kedelai menyebabkan berkurangnya ketersediaan benih bermutu sehingga berdampak terhadap produktivitas kedelai (Dewi et al., 2013). Aktivitas biokimia seperti degradasi lipid yang mempengaruhi kandungan tri-gliserida benih selama penyimpanan, peningkatan kadar asam lemak bebas, sterol dan fosfolipid yang secara bertahap dapat menurunkan kualitas (Sharma et al., 2007). Sebagai negara yang beriklim tropis, penyimpanan benih kedelai sulit dilakukan karena suhu dan kelembapan yang tinggi, faktor ini berkontribusi dalam penurunan viabilitas dan daya tumbuh benih (Arif et al., 2023). Berbeda dengan komoditas padi dan jagung, usaha perbenihan kedelai masih tertinggal, akibatnya petani lebih sering menggunakan benih dari hasil panen sebelumnya, tercatat dari total area pertanaman kedelai hanya 10% yang menggunakan benih bersertifikat (Azharini et al., 2020). Hal ini tentu sangat berpengaruh terhadap tingkat produktivitas. Biosoy adalah salah satu varietas kedelai hasil pemuliaan yang dikembangkan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian. Menurut Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, kedelai biosoy memiliki ukuran biji yang lebih besar dibandingkan varietas Anjasmoro dan Grobogan dengan berat 22,25 gr/100 biji dengan umur genjah berumur 83 – 84 hari. Namun kedelai varietas ini rentan terhadap persaingan dengan gulma terutama rumput, sehingga perlu sering dilakukan pengendalian gulma agar tidak menghambat pertumbuhan.

Penerapan teknologi pelapisan adalah cara yang dapat dilakukan untuk mempertahankan vigor benih selama penyimpanan. Salah satu bahan pelapis polimer alami yang banyak dimanfaatkan adalah kitosan, biopolimer terbesar kedua setelah selulosa yang jumlahnya berlimpah di alam. Kitosan merupakan biopolimer karbohidrat yang berasal dari deasetilasi kitin yang bisa ditemukan pada cangkang krustasea seperti cangkang udang dan rajungan. Kitosan selain edible juga bersifat hidrofobik yang hanya larut dalam asam, sehingga formulasi teknologi pelapisan menjadi nanosuspensi merupakan alternatif yang menjanjikan untuk mengatasi kelarutannya yang rendah (Winarti et al., 2023). Lilin lebah (*Beeswax*) adalah bahan alami yang diproduksi dari sarang lebah. Lilin lebah memiliki sifat *barrier* kelembapan karena memiliki senyawa lipid yang bersifat hidrofobik dan edible. Aplikasi teknologi pelapisan lilin lebah merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan dengan melapisi permukaan kulit buah. Pengaplikasian teknologi pelapisan pada benih kedelai varietas biosoy digunakan untuk menjaga kualitas benih dan memperpanjang umur simpan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh teknologi pelapisan dalam menekan deteriorasi pada benih kedelai selama penyimpanan.

2 METODE

2.1 Bahan dan Metode yang Digunakan

Penelitian dimulai pada bulan Juni 2023 sampai dengan Maret 2024 di Laboratorium Pengembangan dan Laboratorium Nanoteknologi, Balai Besar Perakitan dan Modernisasi Pascapanen Pertanian, Kementerian Pertanian. Bahan yang digunakan yaitu benih kedelai varietas Biosoy (KA: 9 – 10%) dengan vigor 75,67%, potensi tumbuh maksimal 98,67% per 50 benih, benih diperoleh dari BRMP Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, lalu nano kitosan, talkum, nano wax, kitosan, emulsi bees wax, kertas koran, plastik ukuran ½ kg, *aluminium foil* dan keranjang plastik. Peralatan dan instrumen pengujian yang digunakan antara lain alat *coating rotator*, *Particel Size Analyzer* (PSA), *stirer*, *magnetic stirer*, beaker glass 1L, timbangan elektrik, gelas ukur 25 ml, beaker glass 50 ml, spatula, loyang aluminium, plastik PP, kipas angin, gunting, corong plastik, *sealer*.

Metode penelitian yang diterapkan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial 2 faktor. Faktor pertama yaitu pengaplikasian teknologi pelapisan yaitu *non coating*/kontrol (P0), pelapisan dengan teknologi nano/*nano coating* (P1), dan pelapisan dengan teknologi wax/*non nano coating* (P2). Faktor kedua yaitu lama penyimpanan antara lain 1 bulan, 2 bulan, 3 bulan, 4 bulan, 5 bulan. Maka diperoleh sebanyak 15 kombinasi perlakuan dari dua faktor tersebut. Kemudian dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada setiap kombinasi perlakuan, sehingga diperoleh sebanyak 45 Unit sampel. Parameter yang diamati antara lain persentase vigor (V), daya berkecambah (DB), potensi tumbuh maksimal (PTM), efektivitas pelapisan terhadap deteriorasi benih. Pelaksanaan penelitian ini meliputi kegiatan preparasi larutan pelapisan, pengaplikasian pelapisan pada benih, perkecambahan benih, pemantauan dan analisa data. Analisis data penelitian menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dilanjutkan dengan Uji Beda Jujur (BNJ) dengan taraf 5% jika terjadi perbedaan nyata.

2.2 Preparasi Sampel Penelitian

2.2.1 Pembuatan Larutan Pelapisan

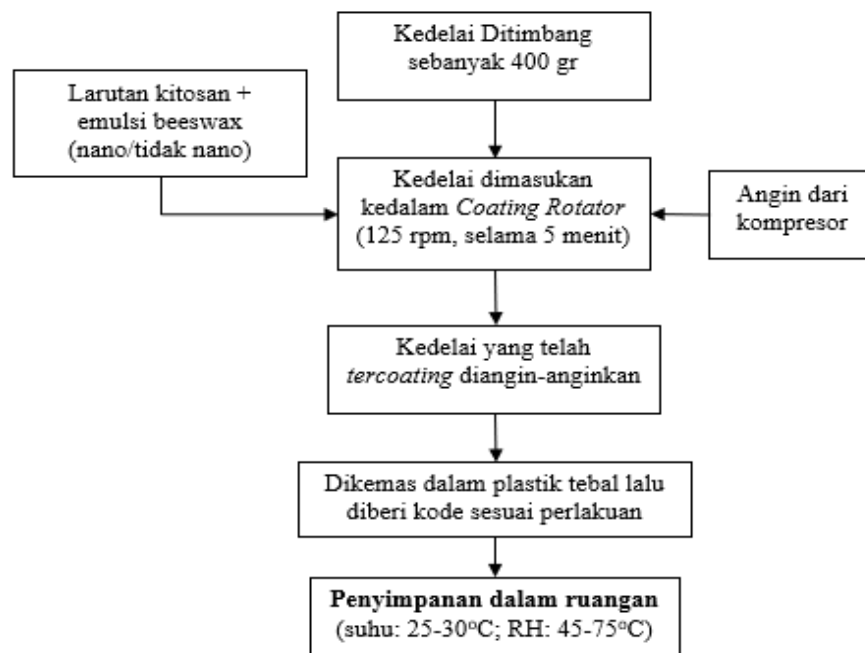
Larutan nano kitosan dibuat dengan metode gelas ionik dengan anion tripolifosfat. Rasio kitosan: NaTPP yang digunakan adalah 5:3. Kitosan yang sudah dilarutkan dalam asam asetat ditambahkan asam askorbat sebanyak 250 mg kemudian pH diatur hingga 5,6 - 6 dengan menggunakan NaOH 1M. Setelah pH tercapai ditetesi perlahan dengan larutan Na.TPP kemudian *distirer* kembali dengan kecepatan 700 rpm selama 60 menit dan endapkan. Setelah terbentuk 2 lapisan, larutan bening bagian atas dipisahkan dan yang digunakan sebagai nano kitosan adalah yang mengendap. Nano emulsi wax dibuat dengan metode ultraturax difusi spontan. Carnauba dan beeswax ditimbang dengan perbandingan 1:1 dilelehkan diatas *hotplate* dengan suhu 120°C. Asam oleat 10 gr dan tween 80 sebanyak 20 gr dicampurkan bersama dengan wax yang sudah meleleh dan diaduk rata dengan *stirer* hingga semua bahan tercampur rata. Larutan ini adalah fasa minyaknya. Fasa minyak ditambahkan kedalam fasa air dengan suhu 90°C sedikit demi sedikit sambil di *ultraturax* dengan kecepatan 11.000 rpm selama 5 menit lalu dinginkan. Kitosan ditimbang 5 gr dan dilarutkan dalam asam asetat. Ditambahkan asam askorbat sebanyak 100 mg, lalu ditambahkan gliserol. *Stirer* semua bahan hingga homogen. *Adjust* pH menjadi 5,6 dengan NaOH 1M. Larutan kitosan selesai. Beeswax sebanyak 60 gr ditimbang lalu dilelehkan di atas *hotplate*, lalu tambahkan asam oleat dan TEA dengan perbandingan 1:2. Kemudian homogenasi semua bahan tersebut. Lalu campuran tadi ditambahkan kedalam air suhu 90°C dan *blender* dengan kecepatan tertinggi selama 1 menit lalu dinginkan.

2.2.2 Pengecekan Ukuran Partikel Larutan Pelapisan

Pada tahap setelah pra-homogenasi (pencampuran dua bahan), dilakukan pengamatan ukuran partikel dari masing-masing larutan *nano coating* dan *wax coating* dengan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran dari setiap partikel campuran. Dari hasil pengujian diperoleh campuran nano kitosan dan nano emulsi beeswax memiliki ukuran nano yaitu 176,2 nm. Sementara ukuran partikel campuran larutan kitosan dan emulsi beeswax masih cukup besar dan berada di ukuran 4.804 nm (masih dalam ukuran mikrometer).

2.2.3 Aplikasi Pelapisan Pada Benih Kedelai

Aplikasi kedelai (P1) dengan teknologi pelapisan nano (*Nano coating*) menggunakan campuran larutan nano kitosan dan emulsi nano beeswax. Sedangkan aplikasi kedelai (P2) dengan teknologi pelapisan wax (*Non nano Coating*) menggunakan campuran larutan kitosan dan emulsi beeswax biasa. Pencampuran larutan kitosan dan beeswax dilakukan dengan perbandingan 1:1 dan diaduk sampai homogen. Setelah proses homogenasi masing-masing perlakuan pelapisan (*coating*) disiapkan serbuk talkum sebagai bahan tambahan yang tidak dicampurkan pada campuran. Talkum diaplikasikan setelah benih kedelai selesai terlapisi larutan *coating* dengan menggunakan *coating rotator*. Setelah selesai penambahan talkum, kedelai dilakukan penirisan agar dapat dikering-anginkan. Sementara itu, pada kedelai kontrol (P0) tidak dilakukan pelapisan sama sekali. Pada gambar 1 dapat dilihat diagram alir proses pelapisan (*coating*) benih kedelai.



Gambar 1. Diagram alir proses pelapisan (*coating*) benih kedelai

2.2.4 Teknik Perkecambahan Benih

Metode yang digunakan untuk pengecambah benih adalah metode UKDdp (Uji Kertas Digulung Didirikan dalam Plastik) (Mora et al., 2022). Proses pengecambahan dilakukan sesuai kode bulan pengamatan dari bulan ke-1 sampai bulan ke-5 pada kemasan benih yang dipersiapkan.

Cara penggulungan adalah dengan melembabkan kertas merang sebanyak 4 lembar untuk satu kali percobaan, Benih kedelai yang digunakan sebanyak 50 butir disusun 4 baris secara horizontal dengan susunan 13x12x13x12 biji hingga memenuhi setengah bagian kertas merang. Kemudian menutup setengah bagian kertas merang yang telah diletakkan benih tadi dengan melipat setengah bagian kertas merang yang masih kosong tadi, sehingga benih tertutup dengan lipatan kertas yang kosong. Lalu menggulungnya dari sisi bawah ke atas. Dimasukan kedalam plastik transparan yang telah diberi label sesuai perlakuan. Langkah selanjutnya adalah meletakkan gulungan yang telah diberi label tadi ke dalam ruangan pengecambah benih dengan kelembapan terkontrol. Pengamatan dilakukan pada hari ke-5 dan ke-8 sejak pengecambahan benih.



Gambar 2. Susunan Benih Kedelai dengan Metode UKDdp

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Vigor Benih

Vigor merupakan salah satu faktor penentu mutu benih. Vigor benih didefinisikan sebagai sifat-sifat benih yang menentukan potensi pemunculan kecambah yang cepat, seragam dan mampu menghasilkan kecambah normal pada kondisi lapangan yang bervariasi (Hartati, 2018). Pengujian vigor dilakukan sama dengan pengujian daya berkecambah, tetapi hasil yang dihitung adalah jumlah kecambah normal hitungan pertama daya berkecambah.

Tabel 1. Indeks Vigor (V)

Perlakuan	Penyimpanan Bulan Ke-					Rerata Perlakuan
	1	2	3	4	5	
Kontrol (P0)	74,00	66,67	66,00	62,00	58,00	65,33a
Nano Coating (P1)	66,67	66,00	64,00	56,00	52,00	60,93b
Wax Coating (P2)	60,67	58,00	58,00	57,33	53,33	57,47c
Rerata Penyimpanan	67,11a	63,56ab	62,67ab	58,44bc	54,44c	

Keterangan: angka pada kolom atau baris diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata dalam uji lanjut BNJ 5%

Pengamatan ini dilakukan pada hari ke-5 sebagai pengamatan pertama. Berdasarkan Tabel 1 dapat diinterpretasikan bahwa perlakuan kontrol (P1) memiliki indeks vigor lebih tinggi (65,33%), diikuti perlakuan *nano coating* (60,93%) dan *wax coating* (57,47%). Indeks vigor pada perlakuan *nano coating* lebih stabil dibandingkan dengan perlakuan *wax coating* biasa. Keterlambatan vigor benih pada perlakuan *nano coating* dan *wax coating* terjadi karena proses pelapisan yang

dilakukan. Benih melakukan penyesuaian dengan perubahan yang terjadi karena faktor eksternal yaitu pelapisan (Agustiansyah, 2016). Lama penyimpanan menyebabkan penurunan indeks vigor yang cukup signifikan sebesar 18,88%. Pada penelitian ini, penurunan indeks vigor selama penyimpanan menunjukkan bahwa proses deteriorasi benih tetap berlangsung, namun pada perlakuan *nano coating* menghasilkan indeks vigor yang lebih tinggi dibandingkan wax coating biasa. Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran partikel nano memungkinkan lapisan yang tercipta lebih tipis dan merata sehingga pertukaran gas dan penyerapan air masih dapat berlangsung lebih baik selama perkecambahan (Reed, et. al. 2022). Perlakuan kontrol tetap memberikan vigor tertinggi karena tidak terdapat hambatan fisik dari lapisan pelindung.



Gambar 3. Pengamatan Benih Kedelai dengan Metode UKDdp

3.2 Daya Berkecambah

Viabilitas benih/daya berkecambah menunjukkan kemampuan benih untuk tetap hidup dan melanjutkan proses perkecambahan, aktif secara metabolis dan memiliki enzim yang dapat mengkatalisis reaksi metabolis yang diperlukan dalam proses perkecambahan dan pertumbuhan kecambah (Marcos-Filho, J, 2015). Parameter ini digunakan sebagai indikator utama viabilitas benih dan menggambarkan kemampuan benih untuk tumbuh menjadi tanaman normal.

Tabel 2. Viabilitas Benih/Daya Berkecambah

Perlakuan	Penyimpanan Bulan Ke-					Rerata Perlakuan
	1	2	3	4	5	
Kontrol (P0)	84,67a	82,00a	75,33ab	71,33bc	67,33c	76,13
Nano Coating (P1)	82,67a	82,00a	81,33a	79,33a	78,00ab	80,67
Wax Coating (P2)	80,00a	77,33ab	72,67bc	71,33bc	70,00bc	74,27
Rerata Penyimpanan	82,44	80,44	76,44	74,00	71,78	

Keterangan: angka pada kolom atau baris diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata dalam uji lanjut BNJ 5%

Parameter penelitian berupa bentuk-bentuk kecambah normal diamati pada umur 8 hari setelah tanam (HST) dengan kondisi optimum. Pada Tabel 2 tersebut terlihat bahwa perlakuan *nano*

coating menunjukkan kemampuan mempertahankan daya berkecambah lebih baik dan stabil yaitu 82,67% di bulan pertama dan menjadi 78,00% pada bulan ke lima dibandingkan perlakuan lainnya, terutama pada bulan ke-3 dan ke-5. Selain itu, perlakuan nano juga menghasilkan rerata daya berkecambah tertinggi sebesar 80,67%. Namun lama penyimpanan tetap menyebabkan penurunan daya berkecambah disemua perlakuan karena pengaruh kerusakan membran sel, penurunan aktivitas enzim, peningkatan kebocoran elektrolit dan degradasi cadangan energi (Xing, M., et al. 2023). Terlihat fenomena daya berkecambah/viabilitas benih kedelai dengan perlakuan *coating* benih menggunakan bahan polimer membentuk penghalang dapat mempengaruhi perlambatan respirasi sel dan mengganggu imbibisi air yang berakibat pada keterlambatan perkecambahan pada benih kedelai. Namun, dengan adanya kitosan yang bersifat anti mikroba dapat membantu menjaga mutu fisiologis benih selama penyimpanan.

3.3 Potensi Tumbuh Maksimal (PTM)

Potensi tumbuh maksimal adalah persentase semua benih yang hidup atau menunjukkan gejala hidup, baik menghasilkan kecambah normal maupun abnormal. Oleh karena itu, nilai PTM pada umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan daya berkecambah karena kecambah abnormal juga ikut dihitung sebagai benih yang masih hidup (Syaranamual., et al. 2024).

Tabel 3. Potensi Tumbuh Maksimal (PTM)

Perlakuan	Penyimpanan Bulan Ke-					Rerata Perlakuan
	1	2	3	4	5	
Kontrol (P0)	96,00a	88,67bc	85,33de	80,00fg	75,33h	85,07
Nano Coating (P1)	95,33a	92,00ab	89,33bc	88,33bc	87,33cd	90,47
Wax Coating (P2)	87,33cd	84,00ef	83,33ef	80,00fg	79,33g	82,80
Rerata Penyimpanan	92,89	88,22	86,00	82,78	80,67	

Keterangan: angka pada kolom atau baris diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata dalam uji lanjut BNJ 5%

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh bahwa perlakuan *nano coating* (P1) menghasilkan PTM tertinggi (90,47%), sedangkan *wax coating* (P2) dengan nilai terendah (82,80%). Perlakuan ini juga mampu mempertahankan perkecambahan pada bulan ke lima hingga 87,33% sedangkan kontrol hanya 75,33%. Secara biologis, hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi pelapisan nano kitosan dan beeswax mampu mempertahankan lebih banyak benih tetap hidup selama penyimpanan dibandingkan perlakuan lainnya. Lapisan nano membentuk penghalang (semipermeabel) yang lebih homogen hingga berkontribusi menjaga kelembapan dan oksidasi sehingga laju deteriorasi lebih lambat. Sementara perlakuan *wax coating* membentuk lapisan kurang homogen sehingga menghasilkan perkecambahan lebih rendah. Selain itu, hubungan antara potensi tumbuh maksimal dan daya berkecambah juga terlihat berhubungan, berdasarkan penelitian (Izhar et al. 2025) menyatakan bahwa PTM dan daya berkecambah memiliki korelasi sangat kuat ($r = 0,98$) sehingga peningkatan PTM umumnya diikuti dengan peningkatan daya berkecambah.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa terdapat korelasi antara pelapisan benih dan lama penyimpanan terhadap mutu fisiologis benih kedelai. Indeks vigor, daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimal cenderung menurun seiring bertambahnya waktu penyimpanan akibat deteriorasi benih. Namun perlakuan *nano coating* (campuran nano kitosan dan nano beeswax)

mampu mempertahankan viabilitas dan vigor benih lebih baik dibandingkan *wax coating* konvensional, terutama pada parameter daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimal selama penyimpanan 5 bulan. *Nano coating* menghasilkan rerata daya berkecambah tertinggi (80,67%) dan potensi tumbuh maksimal (90,47%), sedangkan kontrol menunjukan indeks vigor tertinggi (65,33%). Hasil ini menunjukan bahwa teknologi *nano coating* berpotensi memperlambat kemunduran benih (deteriorasi) melalui perlindungan yang lebih efektif terhadap faktor-faktor penyebab kerusakan selama penyimpanan, sehingga dapat memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu benih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Ibu Christina Winarti yang merupakan Peneliti pada kegiatan penelitian Teknologi *Coating* pada benih kedelai, serta Bapak R. Idris Suryadi dan Ibu Ema Sri Mulyani yang telah berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan. Juga kepada Ibu Eko Yuliasuti atas masukan dan sarannya dalam penyempurnaan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiansyah. (2016). *Efek Bahan Coating dan Aditif Pada Viabilitas dan Vigor Benih Kedelai (Glycine Max L. Merrill) Selama Penyimpanan*. Prosiding Seminar Nasional Perhorti Dan Peragi. ISBN: 978-602-70240-0-7
- Arif, A. Bin, Yuliani, S., Hernani, Q., Agustinisari, I., & Winarti, C. (2023). *Effects of chitosan nanoparticles coating on delaying of seed soybean (Glycine max) deterioration*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(3), 232–241. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i3.2982>
- Azharini, R., Chrisna, O., Pradana, P., Wahyuni, A., Studi, P., Perbenihan, T., Budidaya, J., Pangan, T., & Negeri, P. (2020). *Storability of Soybean Seed (Glycine max (L.) Merrill) Anjasmoro Variety in Different Storage Conditions*. In *Jurnal Planta Simbios* (Vol. 2, Number 2).
- Badrudin, U., Jazilah, S., Adi Supriyanto, E., Ardiyani, K., Asvindra Saksono, M., & Pekalongan, U. (2023). *Pengaruh Macam Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Beberapa Varietas Kedelai Yang Dikembangkan Secara Wick System Pada Lahan Terdampak Rob*. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 25(1).
- Dewi, R., Sutrisno, H., Jurusan, N., Tanaman, B., Politeknik, P., Lampung, N., Soekarno-Hatta, J., & Lampung, R. B. (2013). *Pemulihan Deteriorasi Benih Kedelai (Glycine Max L.) dengan Aplikasi Giberelin Recovery Deterioration Seed Soybean (Glycine Max L.) with Gibberellin Applications*. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 13(2), 116–122.
- Izhar, M., Munawarrah, & Ma'arif, S. (2025). *Evaluasi Potensi Tumbuh Benih 21 Varietas Padi melalui Analisis PCA dan Korelasi*. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 6(1).
- Mora, Y. F., Rafli, M., Ismadi, I., Faisal, F., & Nilahayati, N. (2022). *Uji Perkecambahan Benih Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt) Pada Berbagai Media Kertas Menggunakan Alat Perkecambahan Benih F&F Manual Germinator*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 1(3), 58. <https://doi.org/10.29103/jimatek.v1i3.9754>

- Hartati, P. (2019). *Hubungan Deteriorasi Dengan Umur Simpan Benih Melalui Penggunaan Indikator Pengujian Viabilitas dan Vigor Pada Benih Wijen (Sesamum Indicum L.)*. Tesis. Program Pascasarjana Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal. (2021). *Buletin Konsumsi Pangan*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Reed, R.C., Bradford, K.J., & Khanday, I. (2022). *Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate*. *Heredity*, 128(6), 450–459.
- Santoso, R. A., Widi, R.H., Nuraini. C., (2023). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Kedelai di Kota Bandung. *Jurnal Agristan*. Vol. 5 No. 2. Halaman. 264 – 273. DOI: <https://doi.org/10.37058/agristan.v4i1.8862>
- Seed Science and Technology Marcos-Filho, J. (2015). *Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective*. *Scientia Agricola*, 72(4), 363–374. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0007.
- Seed Technology Xing, M., et al. (2023). *Physiological Alterations and Nondestructive Test Methods of Crop Seed Vigor: A Comprehensive Review*. *Agriculture*, 13(3), 527.
- Septifani, R., Umam, Khotibul., (2018). Pemanfaatan Ampas Kedelai Sebagai Produk Pangan Dengan Nilai Tambah Ekonomis di UKM Susu Kedelai Kota Batu. *Journal of Innovation and Applied Technology*. Volume 04, Number 02, 2018. e-ISSN:2477-7951 - p-ISSN:2502-4973.
- Sharma, S., Gambhir, S., Munshi, S.K., (2017). Changes in Lipid and Carbohydrate Composition of Germinating Soybean Seeds Under Defferent Storage Conditions. *Asian Journal of Plant Sciences* 6 (3). ISSN 1682-3974.
- Syaranamual, S., Muyan, Y., & Sarungallo, A.S. (2024). *Uji Daya Kecambah dan Uji Daya Tumbuh Benih Beberapa Tanaman Pangan: Suatu Pendekatan untuk Hasil Berkelanjutan*. AgriPeat.
- Winarti, C., Sulistyaningrum, A., Rahayu, E., & Hadipernata, M. (2023). Chitosan-based Multi-layer Coating to Maintain the Soybean Seed Quality during Storage. *E3S Web of Conferences*, 444. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344404016>.