

## 2. Penguatan Metode Uji Vigor Untuk Deteksi Mutu Benih Padi Akibat Distribusi

Dalam upaya peningkatan produksi pangan, penyediaan dan penyaluran benih padi unggul bersertifikat menjadi hal yang sangat penting. Subsidi benih padi dan jagung bahkan meningkat dua kali lipat untuk mendukung ketersediaan pangan nasional, sesuai dengan arahan Menteri Pertanian yang menargetkan swasembada pangan dalam waktu tiga tahun. Namun, pelaksanaan program ini menghadapi beberapa kendala, terutama dalam proses pengecekan mutu benih bantuan.

Saat ini, pengecekan mutu benih bantuan yang dilakukan oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu minimal 3 hari untuk metode pemunculan radikula (RE) dan hingga 14 hari untuk uji daya berkecambah. Waktu pengecekan yang lama ini dapat memperlambat proses penyaluran benih bantuan yang harus segera ditanam, serta menambah biaya sewa gudang bagi penyedia benih. Selain itu, jika hasil uji mutu tidak memenuhi standar, benih harus ditarik kembali, yang menimbulkan beban tambahan bagi penyedia benih.

Penggunaan uji vigor sebagai metode untuk mendeteksi penurunan mutu benih menjadi salah satu solusi yang diusulkan. Uji vigor dinilai lebih cepat dan sensitif dalam mendeteksi kemunduran benih, terutama untuk benih bantuan yang didistribusikan antar daerah. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa benih mengalami penurunan mutu selama proses transportasi dan penyimpanan. Pada tahun 2022, penelitian menunjukkan bahwa benih dengan daya berkecambah awal di atas 85% mengalami penurunan sekitar 5% setelah transportasi selama 15 hari. Hal ini menunjukkan bahwa uji vigor memiliki potensi untuk menjadi tolok ukur yang lebih akurat dibandingkan uji daya berkecambah dalam mendeteksi penurunan mutu benih akibat distribusi.

Tujuan dari penguatan metode ini adalah untuk menentukan metode uji vigor yang sensitif dan cepat terhadap benih yang ditransportasikan dan didistribusikan dan untuk mengetahui tren penurunan mutu benih yang didistribusikan.

Kegiatan penguatan metode ini dilaksanakan pada bulan Januari s.d Desember 2024 di Balai Besar PPMBTPH dan lima laboratorium UPTD BPSB, yaitu Provinsi Banten, Jawa Barat, Kalimantan Barat, Sulawesi Selatan, dan Aceh.

Bahan dan alat yang digunakan dalam kegiatan pengembangan metode ini adalah benih padi, kemasan plastik PE, germinator kertas CD, pasir, aluminium foil, kertas label, timbangan analitik, grinder, oven, bak plastik dan tisu. Varietas padi yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Inpari 32 dan Ciherang yang merupakan varietas yang padi paling laris, disukai petani dan digunakan dalam program benih bantuan pemerintah. Masing-masing varietas padi terdiri dari 2 lot benih yang berasal dari sumber yang berbeda sehingga terdapat total 4 lot uji. Tingkat viabilitas benih masing-masing varietas yang digunakan sebagai bahan uji adalah yang memiliki tingkat viabilitas tinggi di atas 90% (Tabel 1.).

Tabel 1. Bahan uji kegiatan penguatan metode

Kode Bahan Uji	Varietas	Asal Benih	Data Label Benih					
			KA (%)	KM (%)	DB (%)	Tanggal Panen	Tanggal selesai uji	Tanggal Akhir Label
1	Ciherang	CV. Fiona Benih Mandiri	12,4	99,9	96	12 Oktober 2023	29 Januari 2024	29 Juli 2024
2	Ciherang	PP Kerja	11,9	99,7	89	17 Oktober 2023	2 Februari 2024	2 Agustus 2024
3	Inpari 32	CV. Fiona Benih Mandiri	12,7	99,9	94	15 Oktober 2023	29 Januari 2024	29 Juli 2024
4	Inpari 32	PT. Adijaya	12,2	98,3	92	2 Desember 2023	29 Januari 2024	29 Juli 2024

Rancangan yang digunakan pada masing-masing percobaan adalah rancangan acak kelompok tersarang. percobaan diulang sebanyak tiga kali per variabel pengamatan.

Pelaksanaan pengembangan metode dilakukan dengan 3 tahapan sebagai berikut:

a. Pengujian mutu awal, viabilitas dan vigor benih. Adapun parameter yang diamati dalam pengujian ini meliputi:

1) Kadar Air (KA)

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode langsung menggunakan oven suhu tinggi konstan (130-133°C) penghancuran halus selama 2 jam (ISTA, 2023).

Kadar air benih dihitung dengan rumus:

$$KA(\%) = \frac{M2-M3}{M2-M1} \times 100\%$$

Keterangan:

M1 = berat cawan + tutup

M2 = berat benih + M1 sebelum dioven

M3 = berat benih + M1 setelah dioven

2) Daya Berkecambah (DB)

Persentase daya berkecambah dihitung berdasarkan jumlah persentase kecambah normal pada pengamatan pertama yang dilakukan pada hari ke-5 dan pengamatan kedua pada hari ke-14.

Daya berkecambah dihitung dengan rumus:

$$DB(\%) = \frac{\sum KN1 + \sum KN2}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\sum KN1$  = jumlah kecambah normal hari ke- 5

$\sum KN2$  = jumlah kecambah normal hari ke-14

3) *First Count Germination* (FGC)

*First count germination* merupakan persentase kecambah normal pada hitungan pertama (hari ke-5).

$$FCG (\%) = \frac{\sum KN1}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Keterangan :

$\sum KN1$  = jumlah kecambah normal hari ke-5

4) Pemunculan Radikula

Pemunculan radikula dihitung melalui persentase jumlah benih yang telah muncul radikulanya dengan kriteria panjang minimum radikula yang tumbuh yaitu 2 mm. Pemunculan radikula dihitung dengan rumus:

$$RE (\%) = \frac{\sum \text{benih yang muncul radikula min.2 mm}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Setiap varietas benih di uji RE pada suhu 25°C selama 66 jam. Setiap varietas diulang sebanyak tiga ulangan, satu ulangan benih dikecambahkan sebanyak 200 butir (2 x 100 butir) pada media kertas.

5) Daya Hantar Listrik (DHL)

Air yang digunakan untuk merendam benih adalah air bebas

ion (aquabidest) yang daya hantar listriknya tidak melebihi 5  $\mu\text{S}/\text{cm.g}$  pada suhu 20°C. Air yang akan digunakan diletakkan dalam lima glassjar yang sudah diberi label sesuai dengan perlakuan, yang mana satu glassjar nantinya dijadikan sebagai blanko (kontrol). Selanjutnya benih yang telah dihitung sebanyak 50 butir dan ditimbang dimasukkan ke dalam gelas yang berisi 100 ml aquabidest ke dalam gelas yang telah diberi label sesuai kode sampel.

Kemudian gelas tersebut dimasukkan ditutup rapat dengan aluminium foil dan dibiarkan pada suhu 20°C selama 24 jam. Pada setiap gelas diberi label yang menunjukkan waktu pada saat benih dimasukkan. Hal ini untuk menentukan waktu pengukuran yang tidak boleh lebih dari 15 menit antara gelas pertama hingga gelas terakhir. Setelah 24 jam gelas dibuka dan dilakukan pengukuran daya hantar listrik dengan *electrical conductivity* (EC) meter. Pengukuran diawali dengan mengukur larutan blanko, diikuti dengan pengukuran larutan contoh benih. Nilai DHL ( $\mu\text{S}/\text{g}$ ) dihitung menggunakan rumus:

$$\text{DHL } (\mu\text{S}/\text{g}) = \frac{\text{Nilai DHL benih} - \text{DHL blanko}}{\text{Berat setiap ulangan (g)}}$$

(Khairani, M, dkk, 2022)

b. Pengemasan bahan uji

Pengemasan bahan uji yang akan didistribusikan dilakukan menggunakan kemasan plastik PE 0,08 mm, dengan volume masing-masing kemasan sebesar 700 gram. Pelakuan kemasan terhadap masing-masing kelompok bahan uji diulang sebanyak 3 kali. Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Tanaman Pangan Nomor 147/HK.310/C/7/2022, Pengecekan mutu benih dilakukan terhadap setiap kelompok benih pada parameter pengujian analisa kemurnian dan daya berkecambah. Berdasarkan SK Dirjen Tanaman Pangan tersebut, kadar air tidak termasuk bagian parameter yang diuji, akan tetapi berpengaruh terhadap mutu benih. dimana kadar air yang meningkat dapat mengakibatkan terjadinya penurunan mutu benih. Oleh sebab itu, perlakuan kemasan yang dilubangi ditambahkan dalam kegiatan

pengembangan metode ini. Pelubangan dilakukan dengan alat probe dengan diameter lubang sebesar 3 mm pada setiap sudut kemasan dengan total sebanyak 8 lubang (4 lubang di depan dan 4 lubang di belakang kemasan) (Gambar 1.). Hal ini dilakukan untuk membandingkan tingkat kadar air benih yang didistribusikan dengan kemasan tanpa perlakuan dengan kadar air benih dengan kemasan yang dilubangi (sebanyak 8 lubang pada 4 sisi kemasan). Dengan demikian, akan dapat diketahui apakah terdapat perbedaan dalam kenaikan tingkat kadar air benih antara kedua perlakuan pengemasan tersebut. Selanjutnya, akan dapat diketahui apakah dengan kenaikan tingkat kadar itu mempengaruhi mutu daya berkecambah dan vigor benih yang akan didistribusikan.



Gambar 1. Alat pelubang dan lubang pada kemasan

c. Pendistribusian bahan uji

Bahan uji dikirim ke beberapa provinsi yaitu Banten, Jawa Barat, Kalimantan Barat, Sulawesi Selatan, dan Aceh yang berbeda melalui jasa pengiriman darat (jarak dekat) dan darat-laut (jarak sedang dan jauh) dengan disertakan alat pengukur suhu dan kelembaban untuk memonitor kondisi lingkungan selama transportasi. Kemasan bahan uji menggunakan wadah karung, masing-masing lokasi didistribusikan sebanyak 24 sampel uji.

d. Pengembangan metode

Perlakuan yang digunakan adalah 4 lot, 2 perlakuan dan 5 lokasi. Metode uji vigor yang digunakan adalah *first count germination* (FCG), pemunculan radikula (RE), daya hantar listrik (DHL). Alasan pemilihan metode yang diuji adalah metode RE lebih cepat dan mudah namun kendala yang mungkin dihadapi adalah fluktuasi atau perubahan suhu di masing-masing laboratorium,

metode DHL dipilih karena memiliki subyektivitas rendah dengan catatan alat yang digunakan memiliki tipe dan sensitifitas yang sama, sedangkan *First Count Germination* lebih lama namun sudah terbukti sensitif berdasarkan hasil tahun 2022.

Untuk perlakuan kemasan yang dilubangi dengan cara melubangi kemasan sebanyak 8 titik lubang jarum probe.

Parameter lainnya: kadar air, analisis kemurnian dan daya berkecambah. Perlakuan yang sama dilakukan untuk ke-5 laboratorium provinsi target.

Untuk laboratorium Balai Besar PPMBTPH melakukan pengujian terhadap seluruh parameter yang diujikan di laboratorium provinsi target saat benih akan dikirim dan setelah benih diterima oleh laboratorium provinsi target. Waktu pengiriman benih ke setiap lokasi dan jam benih diterima dicatat.

e. Analisa data

Analisa data terdiri dari statistik deskriptif, analisis variansi (NOVA Nested), uji T berpasangan, korelasi parameter, dan visualisasi data.

Hasil Data

a. Perubahan Kadar Air (KA) selama distribusi

Kadar air benih sangat dipengaruhi oleh kelembapan relatif (RH) di lingkungan sekitarnya. Ketika RH tinggi (>70%), benih cenderung menyerap kelembapan dari udara, menyebabkan kadar air meningkat. Pada RH rendah (<50%), benih cenderung kehilangan kelembapan, sehingga kadar air menurun. Kondisi ini lebih sering terjadi pada perjalanan melalui wilayah dengan suhu tinggi dan RH rendah.

Tren Perubahan Kadar Air pada masing-masing lokasi sebagai berikut:

- 1) Banten (100 km): Kadar air menunjukkan peningkatan signifikan pada kemasan berlubang (13,7% dibandingkan 11,4% pada kemasan tanpa pelubangan). RH tinggi (75%) di wilayah ini memicu penyerapan kelembapan oleh benih, terutama pada kemasan berlubang yang memungkinkan udara luar masuk.

- 2) Jawa Barat (140 km): Kadar air tetap stabil pada kedua perlakuan (tanpa dan dengan pelubangan). RH yang relatif moderat (70%) dengan suhu yang tidak terlalu tinggi (29°C) menciptakan kondisi lingkungan yang lebih seimbang.
- 3) Kalimantan Barat (800 km): Kadar air menurun pada kemasan tanpa pelubangan (11,4%) dan tidak berubah signifikan pada kemasan berlubang (11,3%). RH rendah (65%) dan suhu tinggi (32°C) menyebabkan kehilangan kelembaban, bahkan pada kemasan berlubang.
- 4) Sulawesi Selatan (1600 km): Tidak ada perubahan signifikan pada kadar air untuk kedua perlakuan. Suhu tinggi (33°C) tetapi RH rendah (55%) menciptakan kondisi yang mendukung stabilitas kadar air karena tidak ada penyerapan atau pelepasan kelembaban yang signifikan.
- 5) Aceh (2300 km): Kadar air tetap stabil, dengan sedikit peningkatan pada kemasan berlubang. RH moderat (70%) dengan suhu yang relatif lebih rendah dibandingkan Sulawesi Selatan (31°C) menjaga kestabilan kadar air.

b. Perubahan mutu benih padi yang didistribusikan

Jika berdasarkan pada persyaratan teknis minimal mutu standar untuk benih padi berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 966/TP.010/C/04/2022 tentang Petunjuk Teknis Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dapat dilihat bahwa dengan mutu awal benih kadar air maksimum sebesar 12,7%, benih murni minimal sebesar 99,4% dan daya berkecambah minimal sebesar 90%, maka benih yang dikirim ke lokasi manapun dalam kegiatan ini, terjadinya perubahan mutu benih selama proses distribusi masih memenuhi standar minimal yang dipersyaratkan. Data FGC pada lokasi Provinsi Jawa Barat dapat diabaikan karena kesalahan persepsi dalam pelaksanaan pengujian sehingga hasilnya berbeda dengan laboratorium lain.

Berdasarkan uji T berpasangan (Tabel 2. dan 3.) yang dilakukan pada setiap parameter dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- 1) KA (Kadar Air): Hasil pengujian distribusi benih ke daerah tujuan Banten (100 km) dan Kalbar (800 km), terdapat perubahan signifikan dibandingkan dengan yang dikirimkan

ke daerah Depok, ditunjukkan dengan tanda bintang (\*). Hal serupa juga terjadi pada benih yang didistribusikan ke daerah Sulsel (1600 km) dan Aceh (2300 km) Dimana juga menunjukkan perubahan kadar air yang signifikan pada beberapa sampel uji. Perubahan kadar air mencerminkan sensitivitas terhadap jarak dan kondisi distribusi.

- 2) KM (Analisis Kemurnian): tidak terdapat perbedaan signifikan pada KM di semua lokasi, menunjukkan kadar mutu relatif stabil selama distribusi.
- 3) DB (Daya Berkecambah): DB benih yang didistribusikan ke Banten dan Kalbar menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan yang dikirimkan ke Depok, menandakan jarak dan lingkungan mempengaruhi parameter ini.
- 4) *Radicle Emergence* (RE): hasil pengujian RE terhadap benih yang didistribusikan ke daerah Jawa Barat, Kalbar, dan Sulsel menunjukkan terjadinya perubahan yang signifikan. Kondisi lingkungan di lokasi distribusi dapat memengaruhi kemampuan benih untuk memunculkan radikula.
- 5) *First Germination Count* (FGC): terdapat perubahan signifikan pada hampir semua lokasi (Banten, Jawa Barat, Sulsel, Aceh). Parameter ini tampak lebih sensitif terhadap jarak dan kondisi distribusi.
- 6) Daya Hantar Listrik (DHL): benih yang didistribusikan ke daerah Banten, Kalbar, Sulsel, dan Aceh menunjukkan terjadinya perubahan parameter DHL yang signifikan dibandingkan yang didistribusikan ke Depok. Parameter ini mencerminkan terjadinya penurunan kualitas benih pada jarak distribusi yang lebih jauh.

Tabel 2. Data mutu benih tanpa perlakuan di masing-masing lokasi

Parameter/ Lokasi	Depok (0)	Banten (100)	Jawa Barat (140)	Kalbar (800)	Sulsel (1600)	Aceh (2300)
KA	12,1	11,4*	12	11,4*	12,1	12,1
KM	99,7	99,6	99,8	99,7	99,6	99,7
DB	94	96*	94	97*	95	95
RE	90	90	83*	97*	93*	88
FGC	90	95*	7*	90	89	86*
DHL	19,3	19,7	19	20,8	21,2*	20,9*

Ket: data dianalisis dengan Uji T berpasangan

\*: berbeda signifikan

Tabel 3. Data mutu benih dengan perlakuan di masing-masing lokasi

Parameter/ Lokasi	Depok (0)	Banten (100)	Jawa Barat (140)	Kalbar (800)	Sulsel (1600)	Aceh (2300)
KA	12,2	13,7*	12,1	11,3*	12,1*	12,1*
KM	99,6	99,7	99,8	99,8	99,7	99,7
DB	94	97*	94	97*	95	94
RE	91	90	85*	98*	93	90
FGC	83	95*	2*	84	91*	87*
DHL	19,1	20,0*	19,5	20,9*	21,0*	20,7*

Ket: Data dianalisis dengan Uji T berpasangan

\*: berbeda signifikan

Parameter KA, RE, FGC, dan DHL menunjukkan perubahan signifikan pada beberapa lokasi distribusi, terutama pada jarak menengah (300-800 Km) hingga jauh (800 km ke atas). Berdasarkan nilai KM yang relatif stabil, menunjukkan bahwa distribusi benih melalui transportasi tidak banyak berpengaruh terhadap perubahan mutu benih. Terjadinya perubahan DB benih yang didistribusikan pada lokasi tertentu, mengindikasikan pengaruh kondisi distribusi terhadap kemampuan berkecambah. Dalam pengelolaan kondisi distribusi direkomendasikan untuk mengontrol suhu dan kelembaban selama distribusi untuk mengurangi perubahan pada parameter sensitif seperti KA, RE, FGC, dan DHL dan menetapkan standar kualitas benih berdasarkan jarak distribusi dan kondisi lingkungan untuk memastikan kualitas benih tetap terjaga saat sampai ke lokasi tujuan.

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan ANOVA bersarang diperoleh hasil analisis sebagai berikut:

- 1) Parameter Kadar Air: Lokasi adalah faktor dominan yang memengaruhi KA (kontribusi 79,95% terhadap varians total). Perlakuan (tanpa pelubangan dan dengan pelubangan) juga signifikan, meskipun kontribusinya lebih kecil (5,00%). Untuk menjaga kadar air selama distribusi dapat tercapai jika ada kontrol yang baik terhadap kondisi lingkungan di setiap lokasi. Penggunaan perlakuan pelubangan memberikan hasil yang beragam: dapat meningkatkan kadar air di lokasi dengan RH tinggi, tetapi tidak efektif di lokasi dengan RH rendah.

- 2) Parameter Analisis Kemurnian: Lokasi bukan faktor dominan yang memengaruhi KM, dengan kontribusi 0,00% terhadap varians total. Sebaliknya, lot adalah faktor dominan dengan kontribusi sebesar 61,18% terhadap varians total. Perlakuan (tanpa pelubangan dan dengan pelubangan) tidak signifikan, meskipun memberikan kontribusi kecil terhadap varians (4,76%). Untuk menjaga peresentase benih murni selama distribusi, diperlukan pengawasan yang lebih ketat pada proses produksi dan penyimpanan di setiap lot, karena variasi mutu lot memberikan pengaruh terbesar.
- 3) Parameter Daya Berkecambah: Lot adalah faktor utama yang memengaruhi DB (87,76% dari varians total), sementara lokasi dan perlakuan tidak signifikan. Mutu daya berkecambah dapat terjaga jika ada kontrol mutu yang ketat pada setiap lot selama proses produksi dan sebelum distribusi. Perlakuan (pelubangan kemasan) tidak memberikan dampak signifikan terhadap DB.
- 4) Parameter RE: Lokasi adalah faktor dominan yang memengaruhi RE, dengan kontribusi 55,12% terhadap varians total. Lot memberikan kontribusi sebesar 9,99%, sementara perlakuan (tanpa pelubangan dan dengan pelubangan) juga signifikan, dengan kontribusi sebesar 8,83%. Untuk menjaga kemampuan pemunculan radikula selama distribusi, diperlukan pengawasan yang baik terhadap kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembaban relatif, di lokasi distribusi. Perlakuan pelubangan menunjukkan pengaruh signifikan terhadap RE, tetapi hasilnya dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan di setiap lokasi.
- 5) Parameter First Germination Count (FGC): Lot (34,57%) dan perlakuan (15,30%) memberikan kontribusi signifikan terhadap variabilitas FGC. Lokasi tidak signifikan. FGC sensitif terhadap perlakuan, tetapi variasi antar lot tetap menjadi tantangan dalam menjaga kestabilannya selama distribusi. Penerapan perlakuan pelubangan menunjukkan

hasil yang beragam, sehingga tidak efektif untuk menjaga stabilitas FGC.

- 6) Parameter Daya Hantar Listrik (DHL) (Tabel 19): Lot (73,07%) dan perlakuan (17,69%) adalah faktor dominan yang memengaruhi DHL, sedangkan lokasi tidak signifikan. Parameter ini menunjukkan konsistensi yang baik selama distribusi, sehingga dapat menjadi indikator yang andal untuk mutu benih.

c. Korelasi Parameter DB, FGC, RE dan IV

Berdasarkan Tabel Korelasi dan Grafik Pearson, hubungan antar parameter mutu benih dianalisis untuk memahami interaksi antar variabel dalam menilai kualitas benih, baik dalam kondisi tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan pelubangan kemasan.

- 1) DB dengan DHL ( $\rho = 0.659$ ,  $P < 0.01$ ): Hubungan yang kuat antara daya berkecambah (DB) dan daya hantar listrik (DHL) menunjukkan bahwa DHL dapat digunakan sebagai indikator yang andal untuk memprediksi daya berkecambah. Nilai korelasi tinggi ini mengindikasikan bahwa penurunan DHL umumnya beriringan dengan penurunan DB. Aplikasi: Pengukuran DHL dapat diprioritaskan sebagai metode pengujian cepat mutu benih dalam distribusi.
- 2) DB dengan FGC ( $\rho = 0.260$ ): Korelasi lemah antara DB dan first germination count (FGC) menunjukkan bahwa perkecambahan awal (FGC) tidak selalu mencerminkan daya berkecambah total (DB). Aplikasi: Parameter FGC lebih relevan digunakan untuk memantau vigor awal, tetapi bukan prediktor utama DB.
- 3) DB dengan RE ( $\rho = 0.247$ ): Hubungan lemah antara DB dan pemunculan radikula (RE) menunjukkan bahwa RE tidak secara langsung menentukan DB. Faktor lain, seperti mutu benih atau lingkungan, mungkin lebih berperan dalam DB. Aplikasi: Parameter RE perlu didukung oleh parameter lain,

seperti DHL, untuk memberikan gambaran komprehensif tentang mutu benih.

Nilai korelasi antar parameter mutu benih (DB, FGC, RE, dan DHL) dalam kondisi tanpa perlakuan. Korelasi antara RE dan DB meningkat dengan nilai  $\rho = 0,388$  ( $P = 0,042$ ), menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara perlakuan terhadap DB dan RE. Hubungan antara RE dan FGC tetap signifikan ( $\rho = 0,555$ ,  $P = 0,002$ ), menunjukkan bahwa pengaruh FGC terhadap RE tetap kuat dengan atau tanpa perlakuan.

Berdasarkan hasil analisis data dan korelasi parameter (DB, FGC, RE, dan DHL) dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Parameter mutu yang konsisten
  - 1) Parameter DHL paling konsisten dalam mendeteksi perubahan mutu benih selama distribusi, baik untuk jarak dekat maupun jauh. Hal ini menjadikannya sebagai indikator utama terhadap mutu benih dalam kegiatan distribusi.
  - 2) Parameter seperti RE dan FGC menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap perubahan lingkungan (suhu, kelembaban), terutama untuk jarak distribusi yang lebih jauh (>800 km).
- b. Efektivitas perlakuan pelubangan kemasan
  - a) Perlakuan pelubangan kemasan memberikan dampak yang signifikan pada parameter tertentu seperti Kadar Air dan DHL. Namun, efektivitasnya tergantung pada kondisi lingkungan di lokasi distribusi.
  - b) Di lokasi dengan kelembaban tinggi ( $RH > 70\%$ ), pelubangan kemasan meningkatkan kadar air benih. Sebaliknya, di lokasi dengan  $RH$  rendah ( $< 50\%$ ), pelubangan kemasan justru membantu menjaga kadar air tetap stabil.
- c. Sensitivitas parameter
  - a) Parameter seperti RE dan FGC menunjukkan perubahan signifikan di beberapa lokasi distribusi, mengindikasikan bahwa keduanya sensitif terhadap kondisi lingkungan selama transportasi.

- b) Parameter DB relatif stabil di sebagian besar lokasi, kecuali di Banten dan Kalimantan Barat, dimana jarak distribusi dan kondisi lingkungan memberikan pengaruh.
- d. Relevansi tujuan  
Tujuan utama untuk:
  - a) Mengembangkan metode uji vigor yang sensitif dan cepat: tercapai melalui hasil yang menunjukkan keandalan DHL sebagai metode utama.
  - b) Mengetahui tren penurunan mutu selama distribusi: berhasil diidentifikasi, dengan perbedaan parameter mutu antara lokasi distribusi dekat, sedang, dan jauh (Tabel 4.).

Tabel 4. Tren penurunan mutu berdasarkan jarak

Parameter	Jarak Dekat (<300 km, Depok - Jawa Barat/Banten)	Jarak Sedang (300-1200 km, Kalimantan Barat)	Jarak Jauh (>1200 km, Sulawesi Selatan/Aceh)
DB (Daya Berkecambah)	Stabil (94%-96%)	Menurun sedikit (94%-97%)	Menurun pada beberapa lokasi (93%-95%)
FGC (First Germination Count)	Stabil (90%-95%)	Menurun signifikan (84%-90%)	Penurunan nyata (86%-91%)
RE (Radicule Emergence)	Stabil (90%)	Naik di beberapa lokasi (97%)	Menurun (88%-93%)
DHL (Daya Hantar Listrik)	Stabil (19.0-19.7)	Naik sedikit (20.8-20.9)	Naik signifikan (21.0-21.2)

Untuk memastikan akurasi uji vigor (DHL) sebagai metode dalam mendeteksi mutu benih, diperlukan uji lanjut dengan analisis korelasi antara DHL dan Daya Berkecambah (DB) dengan menggunakan beberapa tingkat vigor. Pengujian ini harus dilakukan dalam kondisi dengan dan tanpa perlakuan, dengan target korelasi yang mendekati 0,8 hingga 0,9 yang menunjukkan bahwa DHL dapat diandalkan sebagai metode cepat untuk mengevaluasi mutu benih selama distribusi.