

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Hasil analisis ragam pengaruh klon, periode simpan serta interaksinya terhadap vigor dan viabilitas benih karet dengan tolok ukur daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, kadar air benih, panjang hipokotil, panjang akar, panjang epikotil, dan bobot kering kecambah normal, dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel 13 sampai dengan Tabel 22, dan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh klon, periode simpan dan interaksinya terhadap semua tolok ukur vigor benih karet.

Tolok ukur	Perlakuan dan interaksinya			KK (%)
	K	P	KxP	
Benih Berjamur di Penyimpanan (%)	**	**	**	25,19
Daya Berkecambah (%)	**	**	**	2,51
Kecepatan Tumbuh (% etmal <sup>-1</sup> )	**	**	**	7,14
Indeks Vigor (%)	**	**	**	0,55
Keserempakan Tumbuh (%)	**	**	**	0,01
Panjang Hipokotil (cm)	**	**	**	2,91
Panjang Akar (cm)	**	**	**	0,82
Bobot Kering Kecambah Normal (g)	**	**	**	7,03
Panjang Epikotil (cm)	**	**	*	17,27
Kadar Air Benih (%)	**	**	tn	5,06

Keterangan: K (Klon), P (Periode Simpan), KK (Koefisien Keragaman), berdasarkan hasil uji F \*\* (berpengaruh sangat nyata pada taraf 5%), \* (berpengaruh nyata pada taraf 5%), tn (tidak berpengaruh nyata).

Rekapitulasi hasil analisis ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa interaksi klon dengan periode simpan memberikan pengaruh yang sangat nyata pada tolok ukur benih berjamur di penyimpanan, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, panjang akar, panjang hipokotil, bobot kering kecambah normal, berpengaruh nyata pada tolok ukur panjang epikotil, tapi tidak berpengaruh nyata pada tolok ukur kadar air benih. Faktor tunggal klon dan periode simpan memberikan pengaruh yang sangat nyata pada semua tolok ukur yaitu benih berjamur di penyimpanan, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, kadar air benih, panjang hipokotil, panjang akar, panjang epikotil, dan bobot kering kecambah normal.

### 4.1.1 Benih Berkecambah di Penyimpanan

Pada tolok ukur benih berkecambah pada penyimpanan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada benih yang berkecambah di dalam penyimpanan, artinya persentase benih berkecambah pada dua klon dan selama 8 minggu periode simpan adalah 0%, sehingga tidak dilakukan analisis ragam.

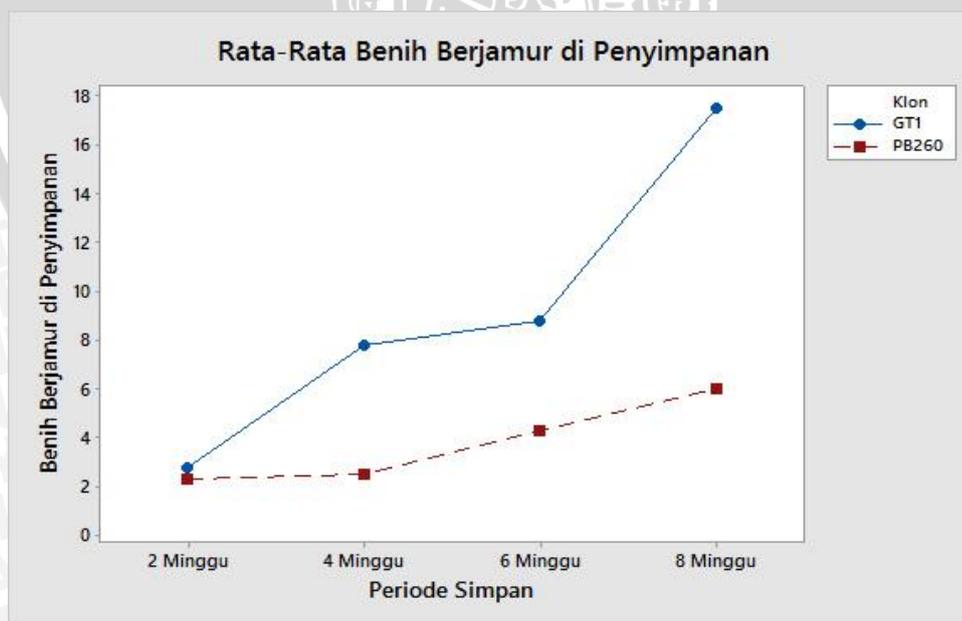
### 4.1.2 Benih Berjamur di Penyimpanan

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur daya berkecambah terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap benih berjamur di penyimpanan. Pengaruh interaksi klon dan periode simpan terhadap benih berjamur di penyimpanan disajikan pada Tabel 3 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur benih berjamur di penyimpanan disajikan pada Gambar 1.

Tabel 3. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Benih Berjamur di Penyimpanan (%)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	2.75 a	7.75 cd	8.75 d	17.50 e
PB260	2.25 a	2.50 a	4.25 ab	6.00 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 1. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Benih Berjamur di Penyimpanan

Berdasarkan data pada Tabel 3, pada tolok ukur benih berjamur, didapatkan nilai rata-rata yang berbeda pada setiap klon pada setiap periode simpan. Pada klon GT1 dengan periode simpan 2 minggu memiliki nilai 2,75%, pada periode simpan 4 minggu sebesar 7,75%, pada periode simpan 6 minggu sebesar 8,75%, dan pada periode simpan 8 minggu sebesar 17,50%. Sedangkan pada klon PB260 pada periode 2 minggu memiliki nilai sebesar 2,25%, pada periode simpan 4 minggu sebesar 2,50%, pada periode simpan 6 minggu sebesar 4,25%, dan pada periode simpan 8 minggu sebesar 6%. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa pada kedua klon, dengan semakin bertambahnya periode simpan, persentase benih berjamur semakin tinggi.

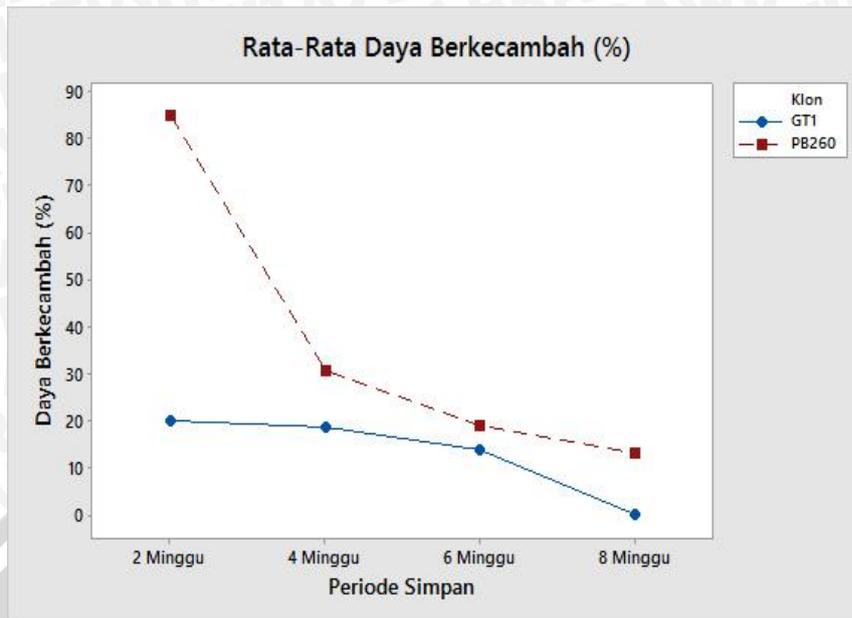
#### 4.1.3 Daya Berkecambah

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur daya berkecambah terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap daya berkecambah. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap daya berkecambah disajikan pada Tabel 4 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur daya berkecambah disajikan pada Gambar 2.

Tabel 4. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Daya Berkecambah (%)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	20.04 d	18.75 cd	13.94 bc	0.00 a
PB260	84.91 f	30.74 e	19.10 cd	13.04 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 2. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Daya Berkecambah

Berdasarkan data pada Tabel 4, benih klon PB260 dengan periode simpan 2 minggu memiliki nilai daya berkecambah yang masih tinggi, yaitu sebesar 84,91% sehingga dikatakan masih memenuhi standar yang ditentukan, namun tidak dapat bertahan setelah periode simpan 4 minggu karena nilai daya berkecambahnya menurun menjadi 30,74%. Setelah periode simpan 6 minggu dan 8 minggu, daya berkecambah benih terus menurun berturut-turut menjadi 19,10% dan 13,04%. Pada benih klon GT1 dengan periode simpan 2 minggu sudah tidak dapat mempertahankan nilai daya berkecambahnya karena memiliki nilai 20,04% dan terus menurun pada periode simpan berikutnya yaitu dengan periode simpan 4 minggu memiliki nilai daya berkecambah 18,75%, 6 minggu memiliki nilai daya berkecambah 13,94%, dan mencapai nilai nihil (0%) setelah periode simpan 8 minggu. Daya berkecambah klon GT1 pada periode simpan 6 minggu tidak berbeda nyata dengan periode simpan 2 minggu dan 4 minggu. Sedangkan pada klon PB260 dengan periode simpan 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu berturut-turut memiliki nilai daya berkecambah 30,74%, 19,10%, dan 13,04%. Pada klon PB260 dengan berbagai periode simpan memiliki nilai daya berkecambah yang berbeda nyata antar periode simpannya.

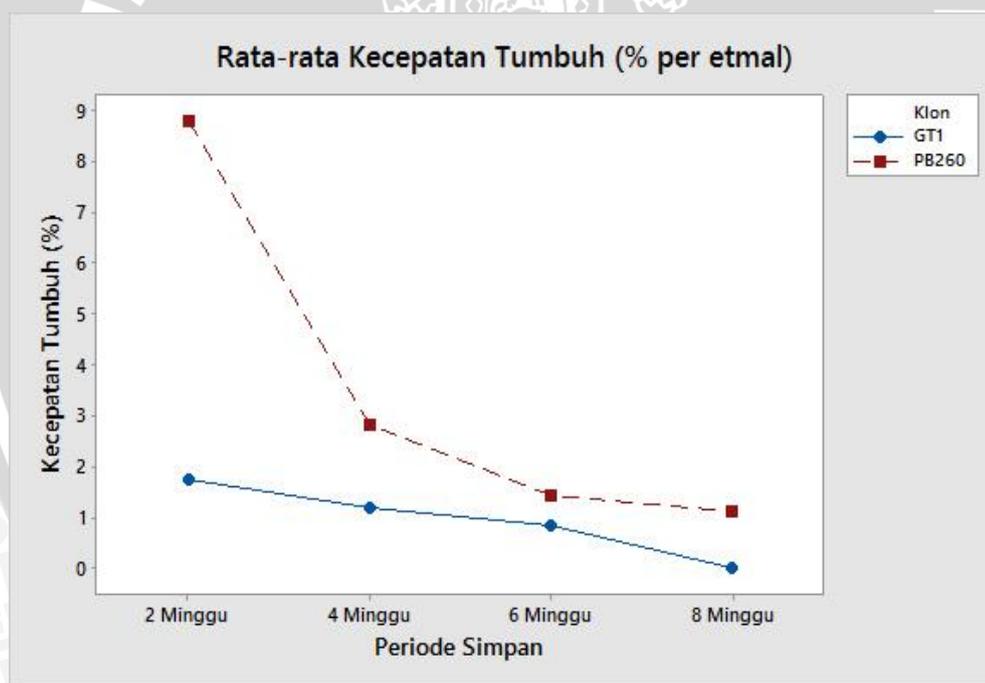
#### 4.1.4 Kecepatan Tumbuh

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur kecepatan tumbuh terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap kecepatan tumbuh. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap kecepatan tumbuh disajikan pada Tabel 5 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur kecepatan tumbuh disajikan pada Gambar 3.

Tabel 5. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Kecepatan Tumbuh (% etmal<sup>-1</sup>)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	1.72 c	1.18 bc	0.84 b	0.00 a
PB260	8.78 e	2.83 d	1.42 bc	1.12 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 3. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Kecepatan Tumbuh

Berdasarkan data pada Tabel 5, klon PB260 dengan periode simpan 2 minggu memiliki persentase kecepatan tumbuh tertinggi yaitu sebesar 8,78% etmal<sup>-1</sup>. Namun nilai tersebut terus menurun pada periode simpan setelahnya, yaitu 2,83% etmal<sup>-1</sup> pada periode simpan 4 minggu, 1,42% etmal<sup>-1</sup> pada periode

simpan 6 minggu, dan 1,11% etmal<sup>-1</sup> pada periode simpan 8 minggu. Kecepatan tumbuh pada klon PB260 pada periode simpan 8 minggu tidak berbeda nyata dengan kecepatan tumbuh pada periode simpan 6 minggu dan keduanya berbeda nyata dengan kecepatan tumbuh pada periode simpan 4 minggu. Kecepatan tumbuh klon GT1 pada periode simpan 6 minggu dengan nilai 0,84% etmal<sup>-1</sup> tidak berbeda nyata dengan kecepatan tumbuh pada periode simpan 4 minggu yang sebesar 1,18% etmal<sup>-1</sup> dan tidak berbeda nyata dengan kecepatan tumbuh pada periode simpan 2 minggu dengan nilai 1,72% etmal<sup>-1</sup> namun berbeda nyata dengan kecepatan tumbuh pada periode simpan 8 minggu dengan nilai kecepatan tumbuh 0% etmal<sup>-1</sup>.

#### 4.1.5 Indeks Vigor

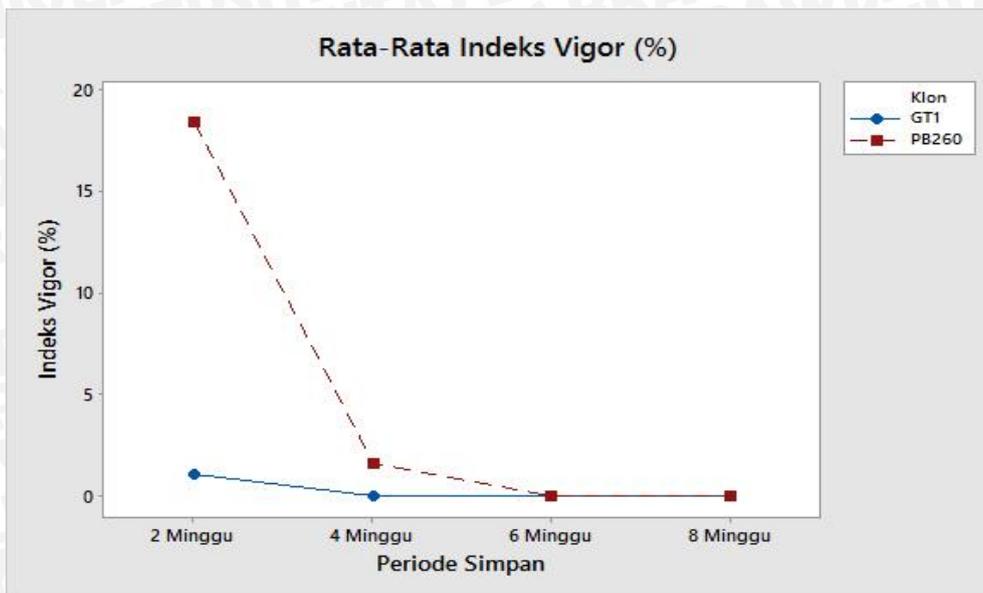
Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur indeks vigor terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap indeks vigor. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap indeks vigor disajikan pada Tabel 6 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur indeks vigor disajikan pada Gambar 4.

Tabel 6. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Indeks Vigor (%)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	1.03 b	0.00 a	0.00 a	0.00 a
PB260	18.41 c	1.52 b	0.00 a	0.00 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 6, menunjukkan hasil bahwa pada klon GT1 setelah periode simpan 2 minggu masih memiliki indeks vigor sebesar 1,03% tetapi telah kehilangan indeks vigor ketika periode simpannya ditambah, sehingga setelah periode simpan 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu nilai persentase indeks vigornya adalah 0%. Klon PB260 dengan periode simpan 2 minggu memiliki persentase indeks vigor tertinggi yaitu sebesar 18,41%, akan tetapi mengalami penurunan yang signifikan setelah periode simpannya ditambah menjadi 4 minggu menjadi 1,52% dan menjadi 0% setelah periode simpan 6 minggu dan 8 minggu.



Gambar 4. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Indeks Vigor

Nilai indeks vigor pada klon GT1 setelah periode simpan 4 minggu, 6 minggu, 8 minggu dan pada klon PB260 pada periode simpan 6 minggu dan 8 minggu tidak berbeda nyata karena sama-sama memiliki nilai indeks vigor 0%. Nilai indeks vigor pada klon PB260 pada periode simpan 4 minggu tidak berbeda nyata dengan nilai indeks vigor pada klon GT1 setelah periode simpan 2 minggu dan nilai indeks vigor pada klon PB260 pada periode simpan 2 minggu berbeda nyata dengan semua perlakuan yang lain.

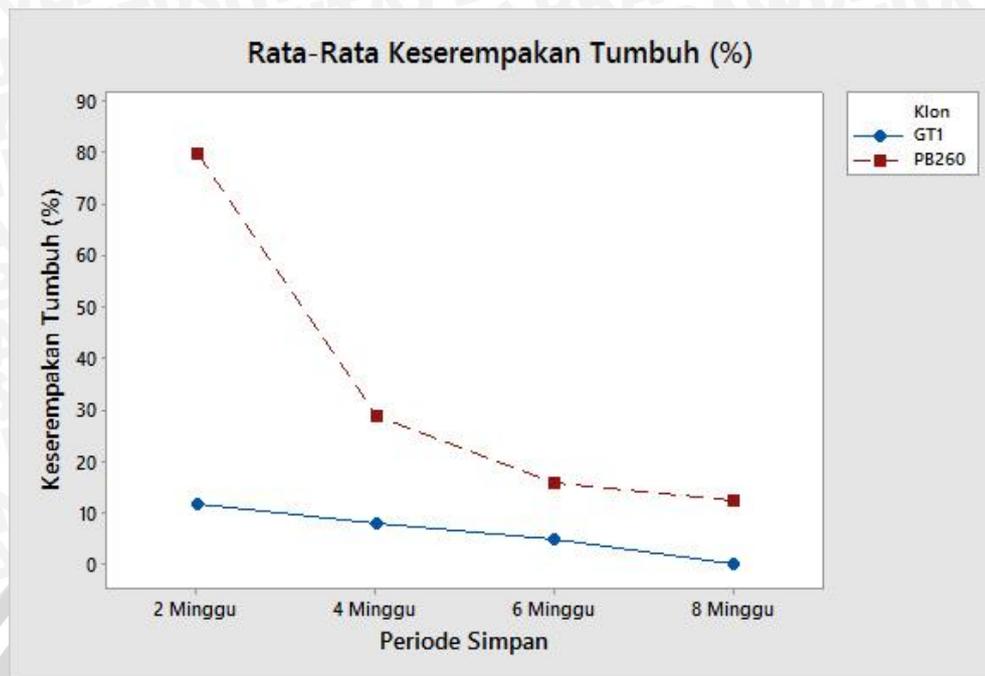
#### 4.1.6 Keserempakan Tumbuh

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur keserempakan tumbuh terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap keserempakan tumbuh. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap keserempakan tumbuh disajikan pada Tabel 7 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur keserempakan tumbuh disajikan pada Gambar 5.

Tabel 7. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Keserempakan Tumbuh (%)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	11.55 c	7.86 b	4.93 b	0.00 a
PB260	80.05 f	28.68 e	15.69 d	12.50 cd

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 5. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Keserempakan Tumbuh

Berdasarkan data pada Tabel 7, klon PB260 dengan periode simpan 2 minggu mempunyai persentase sebesar 80,05% yang secara nyata berbeda dari perlakuan yang lain. Nilai keserempakan tumbuh terus menurun seiring dengan bertambahnya periode simpan yaitu menjadi 28,68% pada periode simpan 4 minggu, 15,69 pada periode simpan 6 minggu, dan 12,50% pada periode simpan 8 minggu. Pada klon GT1 penurunan juga terjadi yaitu pada periode simpan 2 minggu memiliki persentase sebesar 11,55% kemudian menjadi 7,86% pada periode simpan 4 minggu, 4,93% pada periode simpan 6 minggu, dimana keduanya tidak berbeda nyata dan 0% pada periode simpan 8 minggu.

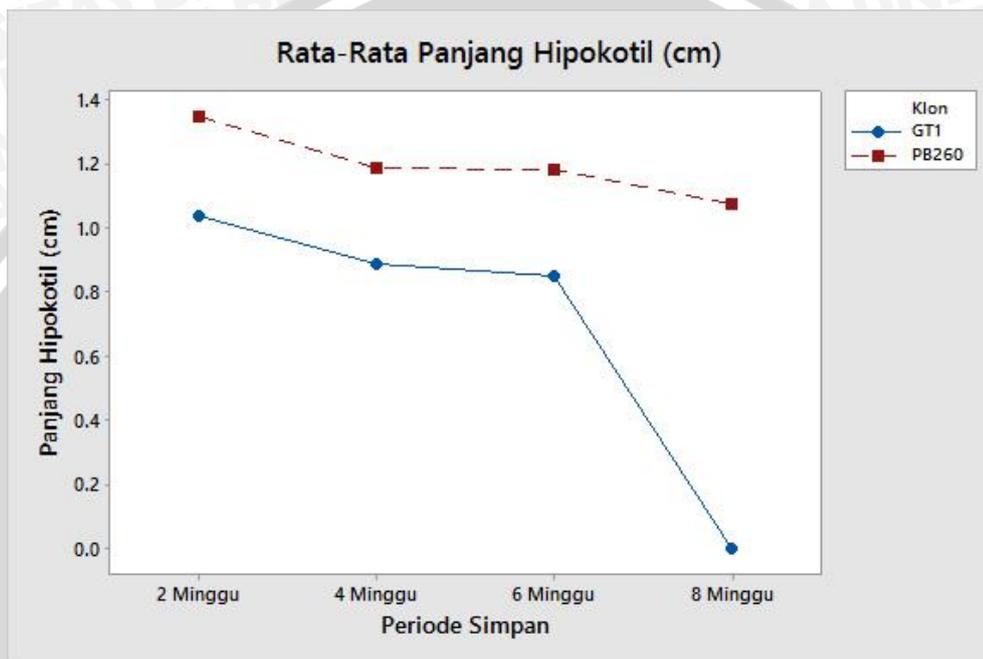
#### 4.1.7 Panjang Hipokotil

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur panjang hipokotil terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap panjang hipokotil. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap panjang hipokotil disajikan pada Tabel 8 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur panjang hipokotil disajikan pada Gambar 6.

Tabel 8. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Panjang Hipokotil (cm)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	1.04 c	0.88 b	0.85 b	0.00 a
PB260	1.35 e	1.18 d	1.18 d	1.07 cd

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 6. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Panjang Hipokotil

Berdasarkan data pada Tabel 8, pada tolak ukur panjang hipokotil pada klon PB260 setelah periode simpan 2 minggu memiliki panjang sebesar 1,35 cm dan secara nyata lebih tinggi dari perlakuan lain. Meskipun pada periode simpan selanjutnya nilai panjang hipokotil tidak berbeda nyata, namun terus mengalami penurunan pada yaitu menjadi 1,19 cm setelah periode simpan 4 minggu, 1,18 cm setelah periode simpan 6 minggu, dan 1,07 cm setelah 8 minggu periode simpan.

Pada klon GT1 setelah periode simpan 2 minggu memiliki nilai yang lebih rendah dan tidak berbeda nyata dengan klon PB260 setelah 8 minggu periode simpan, yaitu sebesar 1,04 cm. Klon GT1 juga mengalami penurunan seperti klon PB260 pada periode simpan 4 minggu, 6 minggu, dan 8 minggu yang memiliki nilai berturut-turut 0,88 cm, 0,85 cm, dan 0 cm.

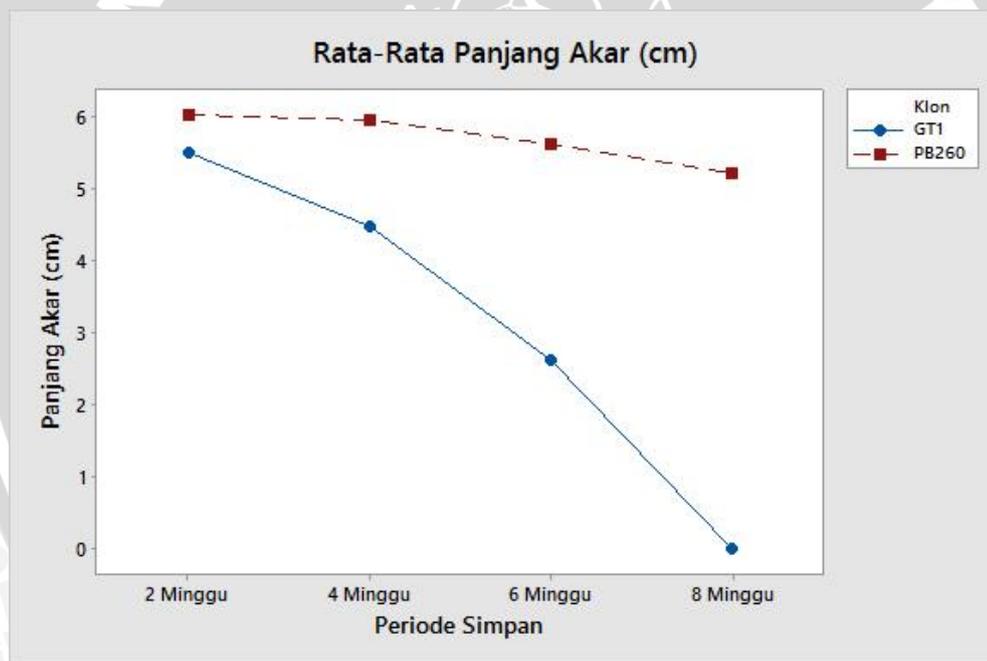
#### 4.1.8 Panjang Akar

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur panjang akar terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap panjang akar. Pengaruh interaksi klon dan periode simpan terhadap panjang akar disajikan pada Tabel 9 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur panjang akar disajikan pada Gambar 7.

Tabel 9. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Panjang Akar (cm)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	5.49 cd	4.48 c	2.61 b	0.00 a
PB260	6.02 d	5.95 d	5.61 cd	5.21 cd

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 7. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Panjang Akar

Berdasarkan data pada Tabel 9, klon PB260 dengan perlakuan periode simpan 2 minggu, menghasilkan nilai panjang akar tertinggi yaitu 6,02 cm. Nilai tersebut tidak berbeda nyata dibandingkan dengan klon PB260 dengan periode simpan yang lebih lama, yaitu periode simpan 4 minggu sebesar 5,95 cm, 6 minggu sebesar 5,61 cm, dan 8 minggu sebesar 5,21 cm. Pada klon GT1 dengan periode simpan 2 minggu sebesar 5,49 cm, kemudian pada periode simpan 4

minggu dengan nilai 4,48 cm berbeda nyata dengan panjang akar pada periode simpan 6 minggu dengan nilai 2,61 cm dan juga berbeda nyata lagi dengan panjang akar pada periode simpan 8 minggu yang merupakan panjang akar terkecil yaitu 0 cm.



(a) (b)  
Gambar 8. Panjang Akar perlakuan (a) K2L1 dan (b) K1L3

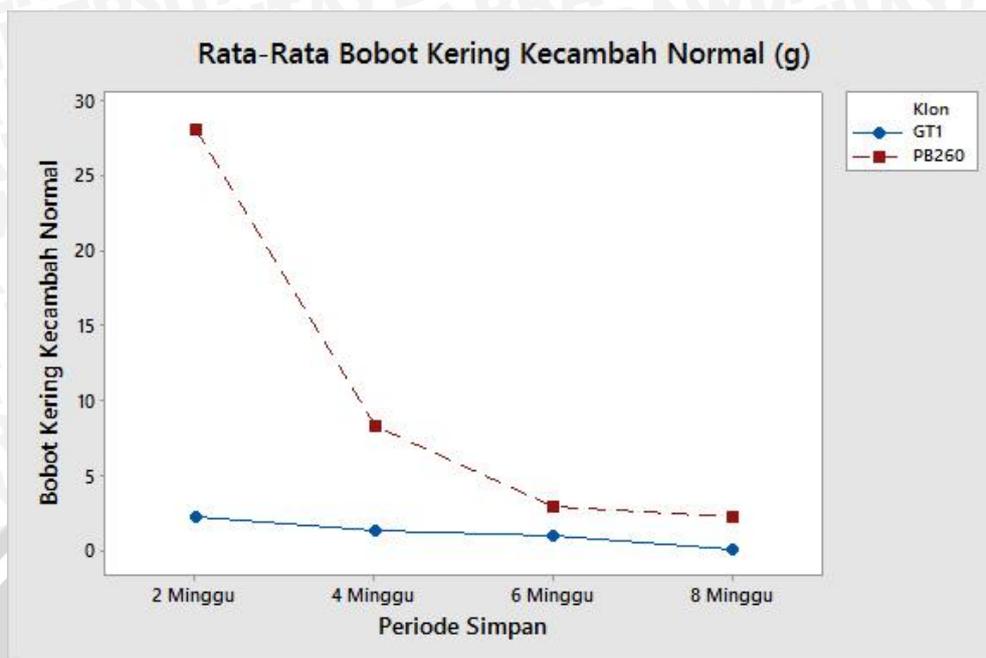
#### 4.1.9 Bobot Kering Kecambah Normal

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur bobot kering kecambah normal terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap bobot kering kecambah normal. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap bobot kering kecambah normal disajikan pada Tabel 10 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur bobot kering kecambah normal disajikan pada Gambar 9.

Tabel 10. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Bobot Kering Kecambah Normal (g)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	2.16 bc	1.29 b	0.90 ab	0.00 a
PB260	28.09 e	8.22 d	2.87 c	2.17 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 9. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Bobot Kering Kecambah Normal

Berdasarkan data pada Tabel 10, pada klon PB260 baik setelah periode simpan 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, maupun 8 minggu memiliki nilai BKKN yang lebih tinggi daripada klon GT 1 meskipun terus mengalami penurunan, yaitu memiliki nilai berturut-turut 28,09 g, 8,22 g, 2,87 g, dan 2,17 g. BKKN pada K2P4 tidak berbeda nyata dengan BKKN pada K2P3, sedangkan BKKN K2P1 dan K2P2 secara nyata lebih baik daripada perlakuan yang lain. Pada klon GT1 dari periode simpan pertama (2 minggu) memiliki BKKN yang rendah yaitu 2,16 g, 1,30 g setelah periode simpan 4 minggu, 0,90 g setelah periode simpan 6 minggu, dan 0 g setelah periode simpan 8 minggu.

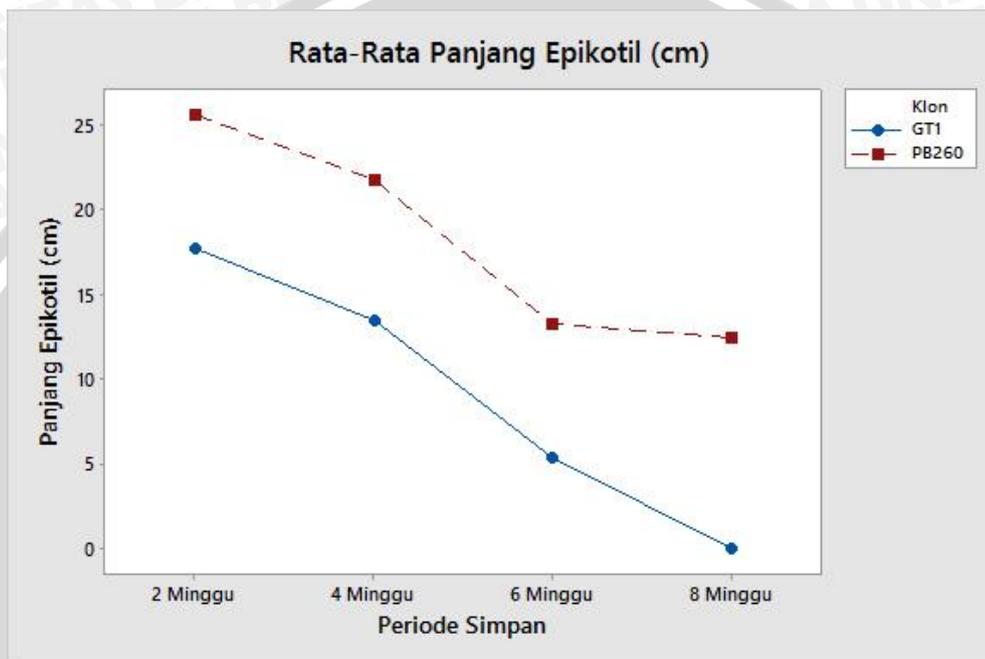
#### 4.1.10 Panjang Epikotil

Berdasarkan analisis ragam dari tolok ukur panjang epikotil terdapat interaksi yang sangat nyata antara klon dan periode simpan terhadap panjang epikotil. Pengaruh Interaksi klon dan periode simpan terhadap panjang epikotil disajikan pada Tabel 11 dan respon klon terhadap periode simpan pada tolok ukur panjang epikotil disajikan pada Gambar 10.

Tabel 11. Pengaruh Interaksi Klon Dan Periode Simpan Terhadap Panjang Epikotil (cm)

Klon	Periode Simpan			
	2 Minggu	4 Minggu	6 Minggu	8 Minggu
GT1	17.73 c	13.41 c	5.39 b	0.00 a
PB260	25.57 e	21.69 de	13.24 cd	12.39 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.



Gambar 10. Respon Klon terhadap Periode Simpan pada Tolok Ukur Panjang Epikotil

Berdasarkan data pada Tabel 11, klon PB260 dengan perlakuan periode simpan 2 minggu, menghasilkan nilai panjang epikotil 25,57 cm. Nilai tersebut tidak berbeda nyata dibandingkan dengan klon PB260 dengan periode simpan 4 minggu sebesar 5,95 cm. Panjang epikotil pada periode simpan 4 minggu tersebut tidak berbeda nyata dengan panjang epikotil pada periode simpan 6 minggu sebesar 5,61 cm, dan panjang epikotil pada periode simpan 6 minggu tersebut tidak berbeda nyata dengan panjang epikotil pada periode simpan 8 minggu sebesar 5,21 cm. Pada klon GT1 dengan periode simpan 2 minggu sebesar 17,73 cm tidak berbeda nyata dengan periode simpan 4 minggu dengan nilai 13,41 cm. Pada periode simpan 6 dan 8 minggu panjang epikotil terus menurun dengan nilai

5,39 cm pada periode simpan 6 minggu dan berbeda nyata dengan panjang akar pada periode simpan 8 minggu yang merupakan panjang akar terkecil yaitu 0 cm.

#### 4.1.11 Kadar Air

Berdasarkan analisis ragam terdapat interaksi yang tidak nyata antara klon dan periode simpan terhadap kadar air benih, namun faktor tunggal klon dan periode simpan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air benih (Tabel 9). Hasil analisis uji lanjut faktor tunggal klon dan periode simpan terhadap tolok ukur kadar air disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh Perlakuan Klon dan Periode Simpan Terhadap Kadar Air (%)

<b>Perlakuan</b>	<b>Kadar Air (%)</b>
<b>Klon</b>	
GT1	17.8 a
PB260	21.2 b
<b>Periode Simpan</b>	
2 Minggu	28.4 d
4 Minggu	21.4 c
6 Minggu	16.1 b
8 Minggu	12.0 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 12, pada perlakuan klon menunjukan bahwa klon GT1 memiliki rata-rata kadar air yang lebih rendah daripada klon PB260 (K2). Klon GT1 memiliki nilai rata-rata kadar air sebesar 17,77% yang berbeda nyata dengan klon PB260 yang memiliki nilai rata-rata kadar air 21,24%. Sedangkan berdasarkan periode simpan dapat dilihat bahwa semakin lama periode simpan benih, maka kadar air benih mengalami penurunan. Pada periode simpan 2 minggu, nilai rata-rata kadar air adalah 28,42%, pada periode simpan 4 minggu menjadi 21,43%, pada periode simpan 6 minggu menjadi 16,14% dan pada periode simpan 8 minggu menjadi 12,05%. Nilai rata-rata kadar air tersebut berbeda nyata pada setiap periode simpannya.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pengaruh Klon dan Periode Simpan terhadap Vigor dan Viabilitas Benih

Perkecambahan merupakan batas antara benih yang masih tergantung pada sumber makanan dari induknya dengan tanaman yang mampu berdiri sendiri dalam mengambil unsur hara. Proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian kompleks dari perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia (Utomo, 2006). Mutu benih meliputi mutu fisik, mutu genetik, dan mutu fisiologis benih. Penetapan mutu fisik benih dicerminkan dari bentuk, ukuran, kebersihan, keseragaman, warna, dan kecerahan benih. Mutu genetik dimaksudkan untuk menilai kemurnian dan keunggulan varietas dalam suatu lot benih. Sementara mutu fisiologis untuk menilai daya tumbuh suatu lot benih, kadar air benih, dan vigor benih (Sumpena, 2005).

Tolok ukur daya berkecambah adalah tolak ukur viabilitas benih yang menunjukkan kemampuan benih untuk berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi lingkungan yang optimum, sedangkan nilai indeks vigor adalah nilai yang dapat mewakili kecepatan perkecambahan benih yang mengindikasikan benih tersebut vigor (Copeland dan McDonald, 1995). Benih yang vigor mampu tumbuh pada berbagai macam kondisi di lapangan (Sadjad, 1994).

Vigor benih yang dapat diamati dari penelitian ini adalah vigor daya simpan, vigor kekuatan tumbuh, dan vigor genetik. Keserempakan tumbuh mengindikasikan vigor daya simpan, karena keserempakan tumbuh menunjukkan adanya hubungan dengan daya simpan. Artinya bahwa keserempakan tumbuh yang tinggi mengindikasikan daya simpan kelompok benih yang tinggi pula. Benih yang mempunyai kecepatan tumbuh dan keserempakan tumbuh yang tinggi memiliki tingkat vigor yang tinggi (Sadjad *et al.*, 1999). Menurut Sadjad (1994), kecambah yang tumbuh homogen atau serempak menandakan kekuatan tumbuh lot benih itu tinggi.

Sedangkan kecepatan tumbuh merupakan salah satu tolak ukur dari parameter vigor kekuatan tumbuh. Kecepatan tumbuh berhubungan erat dengan vigor benih, benih yang kecepatan tumbuhnya tinggi, tanaman yang dihasilkan cenderung lebih tahan terhadap keadaan lingkungan yang sub optimum. Hal ini dapat ditunjukkan bahwa semakin tinggi vigor kekuatan tumbuh benih ditunjang

dengan kemampuan benih untuk membentuk panjang hipokotil yang optimal (Iriani, 2015). Salah satu bagian yang menunjang perkembangan kecambah adalah panjang hipokotil dimana hipokotil merupakan calon batang (Adie dan Krisnawati, 2007).

Kemampuan tumbuh benih di berbagai macam kondisi lapang didukung dengan keberadaan akar yang berfungsi dalam penyerapan air yang digunakan benih untuk tumbuh. Semakin panjang akar, maka kemampuan untuk menyerap air juga lebih optimal. Akar adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dari tanaman dan mempunyai fungsi yang sama pentingnya dengan bagian atas tanaman, potensi pertumbuhan akar perlu dicapai sepenuhnya untuk mendapatkan potensi pertumbuhan bagian atas tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995).

Purcell, Salmeron, dan Ashlock (2014) menjelaskan bahwa, akar adalah struktur pertama yang muncul pada proses perkecambahan. Akar yang optimal diperlukan dalam mendukung kehidupan tanaman, karena berfungsi sebagai penyerap unsur hara (Adie dan Krisnawati 2007). Menurut Lakitan (2004), unsur hara yang diserap akar tanaman, baik yang digunakan dalam sintesis senyawa organik maupun yang masih tetap dalam bentuk ionik dalam jaringan tanaman tetap akan memberikan kontribusi terhadap berat kering tanaman. Struktur tumbuh kecambah normal tentu mempunyai kesempurnaan tumbuh yang dicerminkan dari bobot bahan keringnya (Sadjad, 1994).

Tolok ukur vigor kekuatan tumbuh bibit didukung dengan tolak ukur tinggi bibit, lebar daun, panjang daun, dan bobot kering total bibit dengan nilai yang berbanding lurus. Semakin besar tinggi bibit, lebar daun, panjang daun, serta bobot kering total bibit, semakin besar pula nilai vigor kekuatan tumbuh bibit yang dihasilkan (Iriani, 2015). Menurut Arsyad (2004), kemampuan benih mempertahankan kecepatan tumbuh selama periode simpan dapat menunjukkan bahwa benih tersebut memiliki kekuatan tumbuh yang tetap tinggi dan benih tersebut dapat memperlambat laju kemunduran benih.

Apabila benih berada dalam periode simpan, kemunduran benih dipengaruhi oleh faktor internal atau faktor genetik dan faktor eksternal atau faktor lingkungan simpan. Kedua faktor itu yang mudahnya disebut faktor dalam benih dan faktor luar benih memengaruhi tingkat vigor daya simpan benih. Hasil

analisis pada penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara klon dan periode simpan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap tolok ukur benih berjamur di penyimpanan, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, panjang hipokotil, panjang akar, bobot kering kecambah normal, dan memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang epikotil.

Interaksi antara klon dan periode simpan ini ditunjukkan dengan perbedaan respon yang oleh masing-masing klon terhadap periode penyimpanan yang diberikan. Benih klon PB260 yang menunjukkan respon yang lebih baik mempunyai vigor daya simpan, vigor kekuatan tumbuh, dan vigor genetik yang lebih baik daripada klon GT1. Hal itu dapat dilihat dari tolok ukur daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, panjang hipokotil, panjang akar, dan panjang epikotil pada klon PB260 yang selalu memiliki nilai lebih tinggi dari klon GT1.

Perbedaan respon yang signifikan dari kedua klon dapat dikarenakan vigor genetik yang berbeda. Vigor benih terdiri atas vigor genetik dan vigor fisiologis, dimana vigor genetik merupakan vigor benih dari galur genetik yang berbeda. Perbedaan asal dan tetua dari kedua klon menunjukkan bahwa antara klon GT1 dan klon PB260 memiliki vigor genetik yang berbeda. Perbedaan respon tersebut juga dapat dipengaruhi oleh kualitas benih. Kualitas benih dapat sangat dipengaruhi oleh berbagai kondisi lingkungan dari tahap kematangan fisiologis untuk panen. Faktor-faktor seperti kesehatan tanah, ketersediaan nutrisi tanaman, kekurangan gizi selama pertumbuhan tanaman, kerusakan karena hama dan penyakit dapat mempengaruhi kualitas benih sebelum panen. Benih yang sehat dan tidak rusak dapat disimpan untuk jangka waktu yang lebih lama saat dibandingkan dengan bibit yang rusak (Parimala, Subramanian, Kannan, dan Vijayalakshmi, 2013).

Selain itu ukuran biji bisa berpengaruh terhadap daya kecambah dan pertumbuhan selanjutnya. Hal ini telah diuji dan dilaporkan tahun 1986 di Pusat Penelitian Tanaman Perkebunan Getas, Salatiga. Hasil yang diperoleh yaitu biji dengan ukuran besar lebih baik dari biji ukuran kecil (Anonim, 2008). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini dimana biji klon PB260 berukuran lebih besar daripada biji klon GT1.

Metode utama dalam penelitian ini yaitu pemberian PEG 6000 dan fungisida juga mempunyai pengaruh penting dalam mempertahankan viabilitas serta menjaga agar benih tidak berkecambah dan menekan perkembangan jamur benih dalam penyimpanan. Molekul PEG yang berada di luar membran sel membentuk selaput tipis pada benih yang melidungi dan bertindak sebagai penyeimbang keluar masuknya air dan oksigen, untuk mencegah perkecambahan benih tanpa menyebabkan kerusakan atau kemunduran pada viabilitas benih karena tekanan osmotik yang dihasilkan oleh PEG (Copeland dan Mc Donald, 1985).

#### **4.2.2 Pengaruh Klon terhadap Vigor dan Viabilitas Benih**

Vigor benih adalah kemampuan benih tumbuh normal pada kondisi lapang dan lingkungan suboptimum (Justice dan Bass, 2002). Vigor benih tinggi memiliki kekuatan tumbuh yang tinggi serta daya simpan yang tinggi. Vigor benih terdiri atas vigor genetik dan vigor fisiologis. Vigor genetik merupakan vigor benih dari galur genetik yang berbeda, sedangkan vigor fisiologis adalah vigor yang dapat dibedakan dalam galur genetik yang sama (Sutopo, 2004).

Berdasarkan hasil penelitian, faktor tunggal klon memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap semua tolok ukur, yaitu benih berjamur di penyimpanan, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, panjang hipokotil, panjang akar, panjang epikotil, bobot kering kecambah normal dan kadar air.

Perbedaan kadar air awal dari kedua klon memengaruhi perkembangan benih saat perkecambahan. Kadar air benih awal pada klon GT1 memiliki rata-rata 27,56% sedangkan pada klon PB260 memiliki rata-rata 31,65%. Setelah periode simpan 2 minggu baik klon GT1 maupun klon PB260 mengalami penurunan kadar air benih sekitar 1% menjadi 26,71% pada klon GT1 dan 30,12% pada klon PB260. Penurunan kadar air benih terus terjadi sehingga pada periode simpan 4 minggu benih ke-dua klon mengalami penurunan sekitar 7% menjadi 19,65% pada klon GT1 dan 23,2% pada klon PB260, pada periode simpan 6 minggu turun sekitar 5-6% menjadi 14,37% pada klon GT1 dan 17,91% pada klon PB260, dan pada periode simpan 8 minggu turun sekitar 4% menjadi 10,33% pada

klon GT1 dan 13,74% pada klon PB260. Pada kedua klon benih diketahui bahwa terjadi penurunan kadar air sekitar 17% selama periode simpan 8 minggu.

Dari hasil akhir kadar air dapat diketahui bahwa ketidakmampuan klon GT1 untuk berkecambah setelah periode simpan 8 minggu adalah karena kadar air yang dimiliki hanya sebesar 10,33% dimana nilai tersebut telah dibawah kadar air kritis dari benih karet. Kadar air kritis benih karet adalah 12%, dan ketika benih telah memiliki kadar air dibawah nilai tersebut maka benih akan mati.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa perbedaan kadar air awal benih memengaruhi mutu fisiologis dari kedua klon benih. Hal ini dapat dilihat pada tolok ukur daya bekecambah, kecepatan tumbuh, keserempakan tumbuh, dan bobot kering kecambah normal perbedaan respon diantara kedua klon sudah terjadi sejak periode simpan minggu kedua. Hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan nilai yang sangat besar dari kedua klon pada minggu kedua tersebut. Pada periode penyimpanan 4 dan 6 minggu, perbedaan nilai tersebut mengecil namun membesar kembali pada periode simpan 8 minggu. Pada tolok ukur indeks vigor perbedaan respon juga terjadi sejak periode simpan 6 minggu dan mengecil pada periode simpan 4 minggu. Akan tetapi respon yang sama terjadi pada kedua klon setelah periode simpan 6 dan 8 minggu karena memiliki nilai yang sama yaitu 0%.

Pada tolok ukur panjang hipokotil dan panjang epikotil, perbedaan respon hanya terjadi setelah periode simpan 8 minggu. Sedangkan pada tolok ukur panjang akar dan benih berjamur di penyimpanan, perbedaan respon mulai terjadi setelah periode simpan 4 minggu dan terus membesar sampai setelah periode simpan 8 minggu.

Perbedaan respon pada tolok ukur daya bekecambah, kecepatan tumbuh, keserempakan tumbuh, bobot kering kecambah normal, dan indeks vigor yang sudah terjadi sejak setelah periode simpan 2 minggu diduga berhubungan erat dengan kadar air yang dimiliki oleh benih. Penurunan yang terjadi pada tolok ukur tersebut juga diduga dipengaruhi oleh penurunan dari kadar air benih.

Sedangkan ketika perbedaan respon belum terlihat setelah periode simpan 2 minggu seperti pada tolok panjang hipokotil, panjang epikotil, dan panjang akar diduga bahwa kadar air awal tidak terlalu berpengaruh terhadap tolok ukur

tersebut, namun penurunan nilai terus terjadi seiring dengan bertambahnya periode simpan dan menurunnya daya kecambah benih.

Pentingnya kadar air bagi perkecambahan tanaman karet didukung oleh hasil analisis korelasi antara kadar air dengan daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh, dan keserempakan tumbuh. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa penurunan kadar air benih mengakibatkan turunnya daya berkecambah benih dengan nilai korelasi ( $r$ ) sebesar 0,805 (80%). Sedangkan nilai korelasi ( $r$ ) antara kadar air benih dengan indeks vigor adalah 0,682 (68%), dengan kecepatan tumbuh 0,751 (75%), dan dengan keserempakan tumbuh sebesar 0,784 (78%). Fakta ini didukung oleh Sukarman dan Rusmin (2000) bahwa penurunan kadar air pada benih rekalsitran dapat mengakibatkan kerusakan sehingga viabilitas (daya berkecambah) benih menurun.

Kemampuan benih untuk mempertahankan kadar air dan cadangan makanan terutama karbohidrat merupakan upaya benih untuk mempertahankan kehidupannya. Kadar air berpengaruh besar terhadap benih rekalsitran, termasuk juga benih karet. Biji karet termasuk kedalam jenis benih rekalsitran yang tidak dapat disimpan pada kadar air rendah (Hartawan dan Yulistati, 2012). Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa klon PB260 memiliki kemampuan mempertahankan kehidupannya lebih lama dari klon GT1.

#### **4.2.3 Pengaruh Periode Simpan terhadap Vigor dan Viabilitas Benih**

Daya simpan benih ialah kemampuan benih untuk berapa lama disimpan. Benih yang mempunyai daya simpan lama berarti mampu melampaui periode simpan yang panjang. Teknologi benih selalu berupaya untuk dapat menghasilkan benih yang mampu melampaui periode simpan sepanjang mungkin. Artinya, benih sesudah melampaui penyimpanan masih memiliki vigor kekuatan tumbuh yang tinggi. Benih demikian dikatakan memiliki vigor daya simpan yang tinggi (Sadjad, Murniati, dan Ilyas, 1999).

Sutopo (1998) mengelompokan faktor-faktor yang memengaruhi viabilitas benih dalam penyimpanan, yakni faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam terdiri dari jenis dan sifat benih, viabilitas awal benih dan kandungan air benih sedangkan faktor luar terdiri dari temperatur, kelembaban, gas disekitar benih dan mikroorganisme.

Berdasarkan hasil penelitian, faktor tunggal periode simpan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap semua tolok ukur, yaitu benih berjamur di penyimpanan, daya berkecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh, panjang hipokotil, panjang akar, panjang epikotil, bobot kering kecambah normal dan kadar air.

Peubah-peubah kualitas benih saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya terutama dalam proses penyimpanan (Sadjad *et al.*, 1999). Dari hasil penelitian Samjaya, Djafar, Negara, Hasmeda, dan Suryaningtiyas (2010) disebutkan bahwa penurunan mutu benih berkorelasi positif dengan lamanya benih karet disimpan karena adanya proses respirasi yang mengakibatkan hampir semua cadangan makanan termasuk protein, lemak, dan karbohidrat berkurang selama benih disimpan. Sedangkan menurut Sulaiman, Samjaya, dan Agustiana (2010), penurunan mutu dan daya hidup benih ini disebabkan adanya kerusakan membran.

Kadar air benih yang tinggi memiliki peranan dalam mengaktifkan beberapa enzim dalam proses pemecahan makanan cadangan (protein, lemak dan karbohidrat) seperti; enzim protease merombak protein, enzim lipase merombak lemak, dan enzim amilase merombak karbohidrat. Makanan cadangan dalam benih diurai menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui proses respirasi (Sukarman dan Rusmin, 2000). Energi dan Senyawa hasil proses respirasi digunakan benih untuk tumbuh dan berkembang.

Faktor paling penting yang mempengaruhi kelangsungan hidup benih selama penyimpanan adalah kadar air benih. Sukarman dan Rusmin (2000) menyatakan bahwa selama dalam penyimpanan terjadi penurunan kandungan makanan cadangan dan penurunan kadar air. Mempertahankan kadar air dan kandungan karbohidrat benih merupakan langkah untuk mempertahankan kualitas benih karet (Hartawan dan Yulistiati, 2012).

Penurunan kadar air benih diduga adanya peningkatan penguapan dari benih selama penyimpanan. Sejalan dengan hasil penelitian Samjaya *et al.* (2010), yang melaporkan adanya hubungan kadar air benih karet dengan lamanya periode simpan, dalam penelitian ini didapatkan semakin lama benih disimpan semakin turun kadar air benih karet karena tingginya laju respirasi.

Menurut pendapat Roberts dan King (1980), benih karet merupakan benih rekalsitran yang tidak tahan terhadap desikasi sehingga benih karet apabila disimpan dalam waktu yang cukup lama akan mengalami kemunduran viabilitas. Kemunduran benih ini berlaku terhadap hampir sebagian besar benih yang tergolong kedalam benih rekalsitran. Kemunduran benih dapat dilihat dari vigor fisiologis.

Penurunan mutu fisiologis yang menjadi indikator benih ini terjadi pada kedua klon, baik pada klon GT1 maupun pada klon PB260. Penurunan mutu fisiologis ini yang ditunjukkan dengan penurunan daya berkecambah, penurunan keseragaman tumbuh benih juga penurunan kecepatan berkecambah. Penurunan tersebut erat kaitannya dengan penurunan kadar air yang mengakibatkan benih menjadi rusak. Kerusakan tersebut disebabkan karena terhambatnya transportasi cadangan makanan ke *embryonix axis* yang mengakibatkan radikal kerdil dengan pertumbuhan akar sekunder yang lebat, ujung akar primer dan pucuk kecambah tumpul, penurunan daya kecambah, serta radikal menerobos tanpa diikuti pertumbuhan lebih lanjut (Hartawan dan Yulistati, 2012).

Pada penelitian ini, secara keseluruhan didapatkan hasil bahwa sejalan dengan masa penyimpanan benih, kandungan makanan cadangan menurun dan diikuti dengan menurunnya daya kecambah dan kecepatan berkecambah. Hal yang sama juga didapatkan oleh Hartawan, Djafar, Negara, Hasmeda, dan Zulkarnain (2011) bahwa penurunan cadangan makanan menyebabkan substrat untuk respirasi menurun sehingga energi yang dihasilkan tidak mencukupi proses perkecambahan fisiologis. Kemampuan benih untuk mempertahankan cadangan makanan (karbohidrat) menyebabkan benih masih menyimpan suplai energi yang akan digunakan oleh embrio untuk tumbuh dan berkembang.

Persoalan yang timbul adalah kadar air berbanding lurus dengan respirasi. Pada saat kita berusaha mempertahankan kadar air benih tetap tinggi maka laju respirasi akan terus meningkat, padahal respirasi akan merombak cadangan makanan yang akan digunakan oleh benih untuk tumbuh dan berkembang. Artinya upaya mempertahankan kadar air benih bukan merupakan ide yang baik bila penyimpanan dilakukan pada suhu ruang (sekitar 27°C). Upaya mempertahankan kadar air akan baik bila penyimpanan benih pada suhu rendah (sejuk) sekitar 18

sampai 20°C dimana laju respirasi benih akan menurun karena suhu agak rendah (Hartawan dan Yulistiati, 2012). Hal ini telah diupayakan dalam penelitian ini yaitu benih disimpan dalam suhu rendah, yaitu pada suhu 7-10°C karena diasumsikan bahwa respirasi yang terjadi pada penyimpanan suhu rendah lebih lambat daripada penyimpanan suhu ruang.

Pemberian PEG 6000 efektif dalam menghambat perkecambahan benih (Bewley dan Black, 1978). Tekanan osmotik yang tinggi pada media penyimpanan menghasilkan sulitnya imbibisi oleh air sehingga itu dapat memperlambat perkecambahan (Copeland dan Mc Donald, 1985). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa tidak ada benih yang berkecambah selama 8 minggu periode simpan benih.

Sedangkan pemberian fungisida efektif dalam menekan perkembangan jamur dengan mengganggu pembentukan dinding sel, pembentukan membran sel, sintesis protein dan perubahan reaksi energi yang bergabung dengan transport elektron mitokondria (Budiarti dan Yulmiarti, 1997). Charloq (2011) melaporkan bahwa fungisida sistemik dengan bahan aktif *pyraclostrobin* + *metiram* adalah yang terbaik untuk penyimpanan benih karet.

Toruan (1982) dan Sutjiati dan Saenong (2002) menemukan bahwa hasil infeksi jamur pada penyimpanan benih tidak disebabkan karena hasil metabolisme yang terjadi pada metabolisme benih dan diduga karena terbawanya penyebab penyakit di jaringan atau bersama benih. Oleh karena itu, persentase benih berjamur pada tiap kombinasi perlakuan tidak dikarenakan metabolisme jamur dalam penyimpanan, akan tetapi dimungkinkan jamur tersebut terbawa saat masih di pohon atau pengolahan pasca panen. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa jamur yang terdapat pada benih selama penyimpanan bukan dari benih, tapi terbawa benih ketika di lapang.

Namun proses respirasi di dalam penyimpanan juga memengaruhi perkembangan jamur dalam penyimpanan. Menurut Copeland dan Mc Donald (2001) dan Walters, Pammenter, Berjak, dan Crane (2001), proses respirasi benih yang sangat tinggi membuat benih memiliki metabolisme yang cepat dan panas yang dihasilkan membuat benih lembab, sehingga benih dengan mudah terkontaminasi mikroba dan mengalami kerusakan lebih cepat. Benih karet yang

terinfeksi jamur menyebabkan kerusakan pada bagian penting dari benih seperti kotiledon, *embryonic axis* dan radikula sebagai sumber gizi patogen. Kegagalan perkecambahan dan serangan jamur diduga karena kandungan air yang tinggi dari benih saat disimpan yang memicu peningkatan keasaman lemak. Hidrolisis biji atau aktivitas lipase dari jamur di ruang penyimpanan membuat biji memiliki kerusakan kronologis (Yuniarti, Syamsuwida, dan Aminah, 2008). Hal itu dibuktikan dalam penelitian ini, yaitu dengan semakin berkurangnya kadar air yang sejalan dengan meningkatnya laju respirasi, persentase benih berjamur di penyimpanan juga semakin tinggi.

Peningkatan kebutuhan karet yang terjadi karena adanya program peremajaan besar-besaran yang sedang dilakukan pemerintah membutuhkan ketersediaan benih dengan viabilitas yang tinggi. Sifat benih karet yang termasuk dalam benih rekalsitran merupakan kendala dalam penyiapan benih dalam skala besar. Kendala tersebut ditambah dengan produksi biji karet yang hanya berlangsung selama 1,5-3 bulan saja. Penyimpanan benih dengan menemukan teknologi baru dan atau memanfaatkan teknologi yang telah ada dapat dilakukan untuk mengatasi kendala ini sehingga dapat memperpanjang periode simpan dari benih karet yang juga tetap memiliki vigor dan viabilitas yang tinggi.

