IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Matriks Rekapitulasi Signifikansi Perlakuan

Untuk memperoleh gambaran umum mengenai respons seluruh parameter terhadap perlakuan yang diberikan, dilakukan rekapitulasi tingkat signifikansi berdasarkan nilai P pada masing-masing hasil analisis sidik ragam. Rekapitulasi ini bertujuan untuk mempermudah identifikasi faktor dominan sebelum dilakukan pembahasan lebih rinci pada setiap perlakuan. Berdasarkan matriks rekapitulasi, faktor dosis menunjukkan pengaruh nyata hingga sangat nyata pada enam parameter. Faktor waktu secara tunggal hanya berpengaruh nyata pada diameter buah (P = 0,01) dan ketebalan mesokarp (P = 0,04). Interaksi antar waktu polinasi dan dosis polen menunjukkan pengaruh sangat nyata pada lima parameter. Ketebalan cangkang tidak menunjukkan pengaruh signifikan pada seluruh perlakuan (P > 0,05). Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa interaksi antara dosis polen dan waktu polinasi merupakan faktor utama yang menentukan respons tanaman dibandingkan waktu aplikasi secara tunggal yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 1. Matriks Rekapitulasi Signifikansi Pengaruh Waktu Polinasi, Dosis Polen, dan Interaksinya terhadap Parameter Pembentukan Buah Kelapa Sawit

Parameter	Waktu	Dosis	Waktu x Dosis
Buah Jadi	tn	sn	tn
Buah Partenokarpi	tn	sn	tn
Berat Buah	tn	sn	sn
Diameter Buah	n	n	sn
Panjang Buah	tn	n	sn
Ketebalan Mesokarp	n	tn	sn
Ketebalan Cangkang	tn	tn	tn
Diameter Kernel	tn	sn	sn

Keterangan: sn = berbeda sangat nyata pada taraf 5% (P 0,05), n = berbeda nyata pada taraf 5% (P 0,05), tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5% (P < 0,05).

4.1.2 Persentase Buah Jadi

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor dosis berpengaruh sangat nyata terhadap persentase buah jadi dengan nilai P sebesar 0,0000, sedangkan faktor waktu (P=0,19) dan interaksi waktu × dosis (P=0,9763) tidak berpengaruh nyatayang dapat dilihat pada Lampiran 19. Pada Tabel 7. menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pemberian polen (dosis 0) menghasilkan persentase buah jadi terendah (87,70%) pada seluruh waktu aplikasi. Pemberian dosis polen sebesar 0,1 hingga 0,5 g secara konsisten meningkatkan persentase buah jadi hingga di atas 96%. Nilai tertinggi diperoleh pada dosis 0,3 pada waktu siang, yaitu sebesar 99,64%.

Tabel 2. Rata-rata Persentase Buah Jadi (*Fruitset*) Kelapa Sawit pada Berbagai Dosis Polen

Dosis (g)	Waktu pagi (%)	Waktu siang (%)	Waktu sore (%)
0	87,7	87,7	87,7
0,1	98,95	97,35	97,11
0,2	99,37	96,39	98,59
0,3	99,04	99,64	98,49
0,4	98,72	99,29	98,06
0,5	98,87	98,45	97,56

4.1.3 Persentase Buah Partenokarpi

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor dosis berpengaruh sangat nyata terhadap persentase buah partenokarpi dengan nilai P sebesar 0,0000, sedangkan faktor waktu (P=0,4161) dan interaksi waktu × dosis (P=0,9763) tidak berpengaruh nyata yang dapat dilihat pada Lampiran 20. Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan tanpa polen (dosis 0) menghasilkan persentase partenokarpi tertinggi sebesar 12,29% pada seluruh waktu aplikasi. Pemberian dosis 0,1 hingga 0,5 menurunkan persentase partenokarpi secara signifikan hingga berada pada kisaran 0,63%–3,60%. Nilai terendah diperoleh pada dosis 0,2 waktu pagi (0,63%) dan dosis 0,4 waktu siang (0,71%), yang menunjukkan bahwa peningkatan dosis polen efektif menekan pembentukan buah tanpa biji.

Tabel 3. Rata-rata Persentase Buah Partenokarpi Kelapa Sawit pada Berbagai Dosis Polen

Dosis (g)	Waktu pagi (%)	Waktu siang (%)	Waktu sore (%)
0	12,29	12,29	12,29
0,1	1,02	1,65	2,90
0,2	0,63	3,60	1,40
0,3	0,96	2,36	1,51
0,4	1,27	0,71	1,94
0,5	1,13	1,55	2,43

4.1.4 Berat Buah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor dosis berpengaruh sangat nyata terhadap berat buah dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 5,09. Interaksi antara waktu dan dosis juga berpengaruh sangat nyata dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 5,02 yang dapat dilihat pada Lampiran 21. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis polen memengaruhi berat buah, dan efek tersebut berbeda pada setiap waktu aplikasi. Sebaliknya, faktor waktu secara tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap berat buah dengan nilai P sebesar 0,09. Tabel 9 menunjukkan bahwa berat buah tertinggi diperoleh pada kombinasi dosis 0,3 g waktu siang sebesar 12,01 g, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,1 g waktu siang sebesar 6,69 g.

Tabel 4. Rata-rata Berat Buah Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Dosis (g)	Waktu pagi (g)	Waktu siang (g)	Waktu sore (g)
0	11,08[a]	11,08[ab]	11,08[a]
0,1	11,06[a]	6,69[c]	8,24[ab]
0,2	8,40[ab]	9,50[abc]	8,39[ab]
0,3	8,03[b]	12,01[a]	7,48[b]
0,4	7,87[b]	10,72[ab]	9,00[ab]
0,5	8,98[ab]	8,36[bc]	8,83[ab]

4.1.5 Diameter Buah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor waktu berpengaruh nyata terhadap diameter buah dengan nilai P sebesar 0,01 dan F hitung 4,59. Faktor dosis juga berpengaruh nyata dengan nilai P sebesar 0,03 dan F hitung 2,43 yang dapat dilihat pada Lampiran 22. Selain itu, interaksi antara waktu dan dosis berpengaruh sangat nyata dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 4,67 yang dapat dilihat pada lampiran 3. Pada Tabel 10 menunjukkan bahwa diameter buah tertinggi diperoleh pada dosis 0,4 waktu siang sebesar 1,92 cm, diikuti dosis 0,3 waktu siang sebesar 1,90 cm.

Tabel 5. Rata-rata Diameter Buah Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Dosis (g)	Waktu pagi (cm)	Waktu siang (cm)	Waktu sore (cm)
0	1,80[ab]	1,80[a]	1,80[a]
0,1	1,84[a]	1,52[b]	1,71[ab]
0,2	1,64[ab]	1,70[ab]	1,54[b]
0,3	1,56[b]	1,90[a]	1,61[ab]
0,4	1,59[ab]	1,92[a]	1,54[b]
0,5	1,65[ab]	1,69[ab]	1,70[ab]

4.1.6 Panjang Buah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor dosis berpengaruh nyata terhadap panjang buah dengan nilai P sebesar 0,01 dan F hitung 2,99. Interaksi antara waktu dan dosis juga berpengaruh sangat nyata dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 2,69 yang dapat dilihat pada Lampiran 23. Sebaliknya, faktor waktu secara tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap panjang buah dengan nilai P sebesar 0,43. Hal ini menunjukkan bahwa panjang buah lebih dipengaruhi oleh variasi dosis polen dan kombinasi perlakuannya dibandingkan oleh waktu aplikasi secara tunggal. Tabel 11 menunjukkan bahwa panjang buah tertinggi diperoleh pada dosis 0,4 waktu sore sebesar 3,93 cm, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,3 waktu sore sebesar 3,21 cm.

Tabel 6. Rata-rata Panjang Buah Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Dosis (g)	Waktu pagi (cm)	Waktu siang (cm)	Waktu sore (cm)
0	3,67^{ab}	3,67^{a}	3,67^{ab}
0,1	3,87^{a}	3,78^{a}	3,30^{b}
0,2	3,43^{ab}	3,40^{a}	3,52^{ab}
0,3	3,33^{b}	3,66^{a}	3,21^{b}
0,4	3,42^{ab}	3,72^{a}	3,93^{a}
0,5	3,84^{ab}	3,58^{a}	3,60^{ab}

4.1.7 Ketebalan Mesocarp

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor waktu berpengaruh nyata terhadap ketebalan mesokarp dengan nilai P sebesar 0,04 dan F hitung 3,19. Interaksi antara waktu dan dosis juga berpengaruh sangat nyata dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 3,21 yang dapat dilihat pada Lampiran 6. Sebaliknya, faktor dosis secara tunggal tidak berpengaruh nyata dengan nilai P sebesar 0,20 yang dapat dilihat pada lampiran 24. Pada Tabel 12 menunjukkan bahwa ketebalan mesokarp tertinggi diperoleh pada dosis 0,3 g waktu siang sebesar 0,63 cm, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,2 g waktu pagi sebesar 0,43 cm. Pola ini memperkuat hasil sidik ragam sebelumnya bahwa terdapat pengaruh nyata faktor waktu serta interaksi antara waktu dan dosis terhadap ketebalan mesokarp, sehingga efektivitas perlakuan dosis sangat dipe ngaruhi oleh waktu aplikasi penyerbukan.

Tabel 7. Rata-rata Ketebalan Mesocarp Buah Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Dosis (g)	Waktu pagi (cm)	Waktu siang (cm)	Waktu sore (cm)
0	0,57^{a}	0,57^{ab}	0,57^{ab}
0,1	0,50^{ab}	0,46^{b}	0,53^{ab}
0,2	0,43^{b}	0,56^{ab}	0,60^{a}
0,3	0,49^{ab}	0,63^{a}	0,46^{b}
0,4	0,50^{ab}	0,56^{ab}	0,53^{ab}
0,5	0,52^{ab}	0,49^{b}	0,55^{ab}

4.1.8 Ketebalan Cangkang

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor waktu (P = 0,23), dosis (P = 0,40), maupun interaksi waktu aplikasi dan dosis polen (P = 0,34) tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan cangkang. Selain itu, faktor ulangan juga tidak menunjukkan pengaruh nyata (P = 0,10) yang dapat dilihat pada Lampiran 25. Tabel 13 menunjukkan bahwa nilai ketebalan cangkang relatif seragam pada seluruh perlakuan dengan kisaran 0,09 cm - 0,13 cm. Tidak terlihat pola peningkatan atau penurunan yang konsisten antar dosis maupun waktu aplikasi. Hal ini sejalan dengan hasil sidik ragam yang menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata perlakuan terhadap parameter ketebalan cangkang. Hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu dan dosis polen dalam penelitian ini tidak

memberikan perubahan signifikan terhadap ketebalan cangkang, sehingga parameter ini relatif stabil terhadap perlakuan yang diberikan.

Tabel 8. Rata-rata Ketebalan Cangkang Buah Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Dosis (g)	Waktu pagi (cm)	Waktu siang (cm)	Waktu sore (cm)
0	0,11	0,11	0,11
0,1	0,13	0,11	0,12
0,2	0,10	0,11	0,12
0,3	0,09	0,12	0,11
0,4	0,11	0,11	0,12
0,5	0,10	0,91	0,12

4.1.9 Diameter Kernel

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa faktor dosis berpengaruh sangat nyata terhadap diameter kernel dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 4,98. Interaksi antara waktu dan dosis juga berpengaruh sangat nyata dengan nilai P sebesar 0,0000 dan F hitung 2,97. Sementara itu, faktor waktu secara tunggal tidak berpengaruh nyata (P = 0,27) yang dapat dilihat pada lampiran 26. Pada Tabel 14 menunjukkan bahwa diameter kernel tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol (dosis 0) sebesar 0,66 cm pada seluruh waktu aplikasi, serta pada dosis 0,2 g dan 0,4 g waktu siang sebesar 0,60 cm. Nilai terendah terdapat pada dosis 0,3 g waktu sore sebesar 0,37cm dan dosis 0,5 g waktu pagi sebesar 0,42 cm.

Tabel 9. Rata-rata Diameter Kernel Buah Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Dosis (g)	Waktu pagi (cm)	Waktu siang (cm)	Waktu sore (cm)
0	$0,66^{a}$	$0,66^{a}$	$0,66^{a}$
0,1	$0,65^{a}$	$0,39^{b}$	$0,52^{ab}$
0,2	$0,59^{ab}$	$0,60^{a}$	$0,51^{ab}$
0,3	$0,47^{ab}$	$0,56^{ab}$	$0,37^{b}$
0,4	$0,55^{ab}$	$0,60^{a}$	$0,50^{ab}$
0,5	$0,42^{b}$	$0,57^{ab}$	$0,58^{a}$

4.1.10 *Oil to Wet Mesocarp*

Pada parameter *Oil to Wet Mesocarp*, nilai standar deviasi relatif kecil pada dosis 0,1 g di waktu siang (14,14 ± 0.99%) yang diikuti oleh dosis 0,5 g pada waktu pagi (32.70±2.87%), serta dosis 0,4 g di waktu siang (13.96±1.47%) yang sudah tercantum pada Tabel 15. Nilai standar deviasi yang rendah pada perlakuan tersebut menunjukkan bahwa respon sampel relatif seragam dan konsisten terhadap perlakuan yang diberikan. Sedangkan nilai standar deviasi yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan 0,5 g pada waktu sore sebesar 24.78±13.10% dan kontrol sebesar 10.20±6.63% pada seluruh waktu aplikasi. Nilai standar deviasi yang tinggi menunjukkan adanya variasi atau perbedaan yang cukup besar antar ulangan pada perlakuan tersebut.

Tabel 10. Rata-rata *Oil to Wet Mesocarp* Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi (Mean ± SD)

Dosis (g)	Pagi (Mean ± SD) (%)	Siang (Mean ± SD) (%)	Sore (Mean ± SD) (%)
0	10.20 ± 6.63	10.20 ± 6.63	10.20 ± 6.63
0.1	16.70 ± 3.74	14.14 ± 0.99	15.84 ± 4.42
0.2	21.23 ± 6.18	25.65 ± 10.58	19.51 ± 8.70
0.3	16.02 ± 4.49	17.23 ± 3.93	19.26 ± 9.36
0.4	35.84 ± 15.20	13.96 ± 1.47	26.24 ± 12.79
0.5	32.70 ± 2.87	19.83 ± 7.48	24.78 ± 13.10

4.1.11 Rasio *Oil to Dry Mesocarp*

Pada parameter rasio *Oil to Dry Mesocarp*, nilai standar deviasi relatif kecil pada dosis 0,4 g di waktu sore (1,11 ± 0,15%), dosis 0,2 g pada waktu siang (1,32 ± 0,24%), dosis 0,1 g di waktu sore (0,60 ± 0,10%), serta dosis 0,1 g waktu siang (0,81 ± 0,17%) yang sudah tercantum pada Tabel 16. Nilai standar deviasi yang rendah pada perlakuan tersebut menunjukkan bahwa respon sampel relatif seragam dan konsisten terhadap perlakuan yang diberikan. Sebaliknya nilai standar deviasi yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan 0,5 g pada waktu sore (1,37 ± 0,83%), dosis 0,5 g waktu siang (0,99 ± 0,35%), dosis 0,2 g pada waktu sore (0,54 ± 0,28%), dosis 0,3 g pada waktu sore (0,91 ± 0,45%), serta pada dosis 0,2 g pada waktu pagi (1,35 ± 0,68%). Nilai standar deviasi yang tinggi menunjukkan adanya variasi atau perbedaan yang cukup besar antar ulangan pada perlakuan tersebut.

Tabel 11. Rata-rata Rasio *Oil to Dry Mesocarp* Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi (Mean ± SD)

Dosis (g)	Pagi (Mean ± SD) (%)	Siang (Mean ± SD) (%)	Sore (Mean ± SD) (%)
0	0.55 ± 0.23	0.55 ± 0.23	0.55 ± 0.23
0.1	0.97 ± 0.38	0.81 ± 0.17	0.60 ± 0.10
0.2	1.35 ± 0.68	1.32 ± 0.24	0.54 ± 0.28
0.3	0.83 ± 0.22	0.87 ± 0.14	0.91 ± 0.45
0.4	0.18 ± 0.04	1.01 ± 0.59	1.11 ± 0.15
0.5	1.62 ± 0.40	0.99 ± 0.35	1.37 ± 0.83

4.1.12 *Oil to Dry Mesocarp*

Pada parameter *Oil to Dry Mesocarp*, nilai standar deviasi relatif kecil pada dosis 0,4 g di waktu sore (111.42 ± 15.38%), dosis 0,2 g pada waktu siang (131.66 ± 24.35%), dosis 0,1 g di waktu sore (59.80 ± 9.88%), serta dosis 0,1 g waktu siang (80.99 ± 16.65%) yang sudah tercantum pada Tabel 17. Nilai standar deviasi yang rendah pada perlakuan tersebut menunjukkan bahwa respon sampel relatif seragam dan konsisten terhadap perlakuan yang diberikan. Sebaliknya nilai standar deviasi yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan 0,5 g pada waktu sore (136.51 ± 82.64%), dosis 0,5 g waktu siang (98.51 ± 35.12%), dosis 0,2 g pada waktu sore (54.15 ± 38.38%), dosis 0,3 g pada waktu sore (90.67 ± 45.47%), serta pada dosis 0,2 g pada waktu pagi (134.59 ± 68.35%). Nilai standar deviasi yang

tinggi menunjukkan adanya variasi atau perbedaan yang cukup besar antar ulangan pada perlakuan tersebut.

Tabel 12. Rata-rata *Oil to Dry Mesocarp* Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi (Mean ± SD)

Dosis (g)	Pagi (Mean ± SD) (%)	Siang (Mean ± SD) (%)	Sore (Mean ± SD) (%)
0	54.72 ± 23.17	54.72 ± 23.17	54.72 ± 23.17
0.1	97.28 ± 38.14	80.99 ± 16.65	59.80 ± 9.88
0.2	134.59 ± 68.35	131.66 ± 24.35	54.15 ± 38.38
0.3	83.24 ± 21.91	87.07 ± 13.60	90.67 ± 45.47
0.4	17.73 ± 4.16	100.88 ± 59.02	111.42 ± 15.38
0.5	161.70 ± 40.24	98.51 ± 35.12	136.51 ± 82.64

4.1.13 *Oil to Fruit*

Pada parameter *Oil to Fruit*, nilai standar deviasi relatif kecil pada dosis 0,1 g di waktu pagi (10.39 ± 0.92%), dosis 0,4 g pada waktu siang (8.98 ± 1.29%), serta dosis 0,1 g di waktu siang (7.67 ± 1.28%), yang sudah tercantum pada Tabel 18. Nilai standar deviasi yang rendah pada perlakuan tersebut menunjukkan bahwa respon sampel relatif seragam dan konsisten terhadap perlakuan yang diberikan. Sebaliknya nilai standar deviasi yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan 0,5 g pada waktu pagi (24.01 ± 14.85%), dosis 0,5 g waktu sore (98.51 ± 35.12%), serta pada kontrol (dosis 0 g) (5.79 ± 3.25%). Nilai standar deviasi yang tinggi menunjukkan adanya variasi atau perbedaan yang cukup besar antar ulangan pada perlakuan tersebut.

Tabel 13. Rata-rata *Oil to Fruit* Kelapa Sawit pada Berbagai Kombinasi Dosis Polen dan Waktu Polinasi (Mean ± SD)

Dosis (g)	Pagi (Mean ± SD) (%)	Siang (Mean ± SD) (%)	Sore (Mean ± SD) (%)
0	5.79 ± 3.25	5.79 ± 3.25	5.79 ± 3.25
0.1	10.39 ± 0.92	7.67 ± 1.28	9.69 ± 2.43
0.2	12.60 ± 3.26	16.48 ± 6.68	11.61 ± 4.15
0.3	9.77 ± 3.63	10.71 ± 2.57	12.41 ± 5.57
0.4	20.40 ± 7.18	8.98 ± 1.29	15.51 ± 7.39
0.5	24.01 ± 14.85	11.16 ± 4.63	15.41 ± 8.45

4.1.14 Parameter yang Dipengaruhi Interaksi Antara Waktu Polinasi dan Dosis Polen

Dominan pengaruh interaksi waktu polinasi dan dosis polen dibandingkan faktor tunggal menunjukkan bahwa perubahan berat buah, diameter buah, panjang buah, ketebalan mesocarp, dan diameter kernel terjadi secara stimulan sebagai respon terhadap kombinasi waktu aplikasi dan dosis polen. Dengan demikian, keberhasilan perkembangan buah kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh besarnya dosis polen atau waktu aplikasi secara terpisah tetapi oleh kombinasi keduanya. Hasil analisis interaksi menunjukkan bahwa kombinasi waktu aplikasi dan dosis polen menghasilkan respon yang berbeda setiap parameter. Tabel 19

menunjukkan pengaruh interaksi waktu aplikasi dan dosis polen sangat nyata terhadap berat buah pada dosis 0,3 g pada waktu siang sebesar 12,01 g, sedangkan untuk nilai terendah pada dosis 0,1 g pada waktu siang sebesar 6,69 g. Parameter diameter buah berpengaruh sangat nyata pada dosis 0,4 g pada waktu siang sebesar 1,92 cm namun tidak berbeda nyata dengan beberapa perlakuan lainnya pada waktu yang sama, sedangkan untuk nilai terendah pada dosis 0,1 g waktu siang sebesar 1,52 cm. Parameter ketebalan mesokarp berpengaruh sangat nyata pada dosis 0,3 g pada waktu siang sebesar 0,63 cm, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,2 g waktu pagi sebesar 0,43 cm. Parameter diameter kernel berpengaruh sangat nyata pada dosis 0 g pada semua waktu sebesar 0,66 cm, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,3 g pada waktu sore sebesar 0,37 cm. Parameter panjang buah berpengaruh sangat nyata pada dosis 0,4 g pada waktu sore sebesar 3,93 cm, sedangkan nilai terendahnya terdaat pada dosis 0,3 g waktu sore sebesar 3,21 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas dosis polen tidak sama pada setiap waktu aplikasi sehingga kombinasi perlakuan tertentu menghasilkan respons yang lebih optimal dibandingkan penggunaan dosis tanpa mempertimbangkan waktu.

4.1.15 Uji Korelasi Antar Parameter Morfologi Dan Kualitas Minyak

Berdasarkan hasil uji korelasi pada Tabel 20 beberapa parameter menunjukkan hubungan yang signifikan dengan tingat keeratan yang berbeda-beda. Berat buah memiliki hubungan positif terhadap diameter buah, panjang buah, ketebalan mesocarp, diameter kernel. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan berat buah diikuti dengan peningkatan parameter morfologi buah lainnya. Diameter buah juga menunjukkan hubungan positif dan sangat nyata terhadap panjang buah, ketebalan mesocarp, dan diameter kernel. Pada parameter kualitas minyak, O/WM menunjukkan nilai positif dan sangat nyata terhadap rasio O/DM, O/DM, dan O/F. Selain itu rasio O/DM juga berkorelasi positif dan sangat nyata terhadap O/DM dan O/F). Pada parameter O/F juga berkorelasi positif dan sangat nyata pada O/DM serta berkorelasi positif dan nyata pada panjang buah. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan minyak cenderung diikuti oleh peniingkatan minyak lainnya. Namun hasil korelasi juga menunjukkan hasil negatif pada ketebalan mesocarp terhadap diameter kernel, O/WM, dan O/F. Selain itu, diameter kernel juga menunjukkan hasil korelasi negatif terhadap O/WM, rasio O/DM, O/DM, dan O/F. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan mesocarp maupun diameter kernel cenderung diikti oleh penurunan parameter kualitas minyak.

Tabel 14. Rekapitulasi Parameter Morfologi Buah Kelapa Sawit yang Dipengaruhi oleh Interaksi Dosis Polen dan Waktu Polinasi

Parameter Pengamatan	Dosis (g)	Waktu Pagi		Waktu Siang		Waktu Sore	
Berat Buah	0	11,08	a	11,08	ab	11,08	a
	0,1	11,06	a	6,69	c	8,24	ab
	0,2	8,40	ab	9,50	abc	8,39	ab
	0,3	8,03	b	12,01	a	7,48	b
	0,4	7,87	b	10,72	ab	9,00	ab
	0,5	8,98	ab	8,36	bc	8,83	ab
Diameter Buah	0	1,80	ab	1,80	a	1,80	a
	0,1	1,84	a	1,52	bc	1,71	ab
	0,2	1,64	ab	1,70	ab	1,54	b
	0,3	1,56	b	1,90	a	1,61	ab
	0,4	1,59	ab	1,92	a	1,54	b
	0,5	1,65	ab	1,69	ab	1,70	ab
Panjang Buah	0	3,67	ab	3,67	a	3,67	ab
	0,1	3,87	a	3,78	a	3,30	b
	0,2	3,43	ab	3,40	a	3,52	ab
	0,3	3,33	b	3,66	a	3,21	b
	0,4	3,42	ab	3,72	a	3,93	a
	0,5	3,84	ab	3,58	a	3,60	ab
Ketebalan Mesocarp	0	0,57	a	0,57	ab	0,57	ab
	0,1	0,50	ab	0,46	b	0,53	ab
	0,2	0,43	b	0,56	ab	0,60	a
	0,3	0,49	ab	0,63	a	0,46	b
	0,4	0,50	ab	0,56	ab	0,53	ab
	0,5	0,52	ab	0,49	b	0,55	ab
Diameter Kernel	0	0,66	a	0,66	a	0,66	a
	0,1	0,65	a	0,39	b	0,52	ab
	0,2	0,59	ab	0,60	a	0,51	ab
	0,3	0,47	ab	0,56	ab	0,37	b
	0,4	0,55	ab	0,60	a	0,50	ab
	0,5	0,42	b	0,57	ab	0,58	a

Tabel 15. Uji Korelasi Parameter Morfologi dan Kualitas Minyak

Parameter		Berat Buah	Diameter Buah	Panjang Buah	Ketebalan Mesocarp	Diameter Kernel	O/WM	Rasio O/DM	O/DM
Berat Buah	r	-	-	-	-	-	-	-	-
	P-value	-	-	-	-	-	-	-	-
Diameter Buah	r	0,592***	-	-	-	-	-	-	-
	P-value	< 0,001	-	-	-	-	-	-	-
Panjang Buah	r	0,287***	0,256***	-	-	-	-	-	-
	P-value	< 0,001	< 0,001	-	-	-	-	-	-
Ketebalan Mesocarp	r	0,274***	0,244***	0,036	-	-	-	-	-
	P-value	< 0,001	<0,001	0,634	-	-	-	-	-
Diameter Kernel	r	0,256***	0,328***	0,099	-0,014	-	-	-	-
	P-value	< 0,001	<0,001	0,185	0,856	-	-	-	-
O/WM	r	0,212	0,167	0,233	-0,105	-0,018	-	-	-
	P-value	0,125	0,227	0,090	0,451	0,895	-	-	-
Rasio O/DM	r	0,121	-0,059	0,210	0,176	-0,055	0,428**	-	-
	P-value	0,383	0,674	0,128	0,203	0,693	0,001	-	-
O/DM	r	0,120	-0,059	0,208	0,175	-0,055	0,430**	1.00***	-
	P-value	0,389	0,673	0,131	0,205	0,693	0,001	< 0,001	-
O/F	r	0,234	0,172	0,308*	-0,097	-0,007	0,895***	0,498***	0,499***
	P-value	0,089	0,215	0,024	0,484	0,960	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5% (P 0,05), ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1% (P 0,01), *** = berbeda sangat nyata pada taraf 0,1% (P < 0,001)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Dosis Polen terhadap *Fruitset* dan Kualitas Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis polen berpengaruh signifikan terhadap *fruitset* dan kualitas minyak, sehingga Hipotesis 1 diterima. Pada indikator *fruitset*, dosis berpengaruh sangat nyata terhadap buah jadi (F = 5,09; P = 0,0000) dan buah partenokarpi (F = 29,13; P = 0,0000).

4.2.1.1 *Fruitset*

Perentase buah jadi dan buah partenokarpi digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan penyerbukan karena semakin tinggi nilai partenokarpi menunjukkan semakin rendah keberhasilan penyerbukan. Perhitungan buah jadi dan buah partenokarpi dilakukan menggunakan aplikasi ClickMaster berdasarkan pengamatan visual citra tandan. Buah jadi diidentifikasi sebagai buah yang terbentuk dan berkembang secara normal, sedangkan buah partenokapi diidentifikasi dari bunga yang tidak berkembang menjadi buah serta bagian bawah tandan yang tidak terserbuki. Oleh karena itu, peningkatan persentase buah jadi yang diikuti penurunan buah partenokarpi mencerminkan meningkatnya keberhasilan penyerbukan dan pembuahan.

Pola rataan memperkuat temuan ini: perlakuan kontrol (dosis 0) menghasilkan persentase buah jadi terendah (87,70%) dan partenokarpi tertinggi (12,29%). Pada penelitian Socha *et al.,* (2019) mengatakan bahwa penyerbukan buatan dengan dosis 0,1 g dan 0,15 g mencapai nilai *fruitset* hingga 90%. Selain itu, pada penelitian Sobari *et al.,* (2018) yang menunjukkan hasil yang positif terhadap pembentukan *fruitset* hasil penyerbukan buatan pada dosis 0,25 g dengan persentase diatas 80%. Pada buah jadi nilai tertinggi diperoleh pada dosis 0,3 pada waktu siang, yaitu sebesar 99,64%. Sementara itu, pada persentase buah partenokarpi nilai terendah diperoleh pada dosis 0,2 waktu pagi (0,63%) dan dosis 0,4 waktu siang (0,71%), yang menunjukkan bahwa peningkatan dosis polen efektif menekan pembentukan buah tanpa biji. Hal ini, sesuai dengan penelitian Widiastuti dan Palupi., (2008) menyatakan bahwa semakin banyak serbuk sari yang digunakan dapat meningkatkan pembentukan buah normal berkisar 70-76% dan menurunkan jumlah buat partenokarpi. Temuan ini sejalan dengan laporan penelitian polinasi buatan yang menunjukkan perlakuan polinasi memengaruhi *fruitset*, buah jadi, dan partenokarpi secara nyata. Studi Banfun *et al*., (2024) melaporkan bahwa perlakuan *assisted polination* memberikan nilai *fruitset* dan komponen hasil lebih baik dibanding kontrol, serta menekan partenokarpi. Selain itu, review Gintoron *et al*., (2023) menekankan bahwa kuantitas dan kualitas polen merupakan faktor biotik kunci yang menentukan keberhasilan polinasi dan *fruitset* pada kelapa sawit. Secara fisiologis, peningkatan dosis polen dapat meningkatkan peluang terjadinya fertilisasi hingga mencapai dosis optimum karena semakin banyak polen yang menenpel pada stigma reseptif yang memanfaatkan eksudat stigma unruk berkecambah, kemudian membentuk tabung polen yang tumbuh menuju bakal biji dan mengalami fertilisasi menjadi lebih besar. Namun, setelah kebutuhan polen untuk membuahi seluruh bakal biji terpenuhi, penambahan dosis polen tidak berpengaruh terhadap peningkatan *fruitset*. Kondisi ini disebabkan oleh keterbatasan kapasitas stigma dalam mendukung perkecambahan polen serta terbatasnya jalur pertumbuhan tabung polen menuju bakal biji sehingga terjadi kejenuhan penyerbukan dan kompetisi antar tabung polen (Tandon *et al.,* 2001).

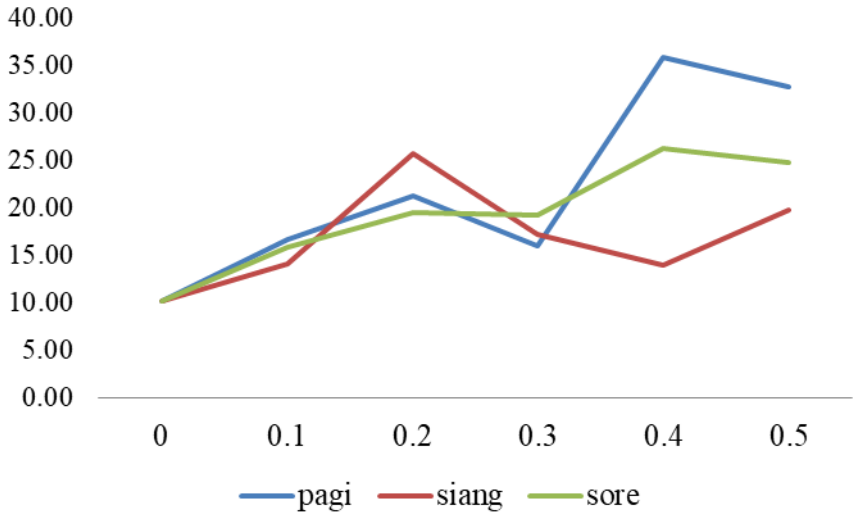
4.2.1.2 *Oil to Wet Mesocarp*(O/WM)

Pada aspek kualitas minyak, faktor dosis juga menunjukkan pengaruh terhadap seluruh parameter minyak yang diuji. *Oil to Wet Mesocarp* (O/WM) merupakan parameter yang menunjukkan persentase kandungan minyak pada mesokarp dalam kondisi basah. Berdasarkan hasil grafik O/WM, pada dosis 0 g ketiga waktu polinasi (pagi, siang, sore) menunjukkan nilai yang relatif sama, yaitu sekitar 10. Pada dosis 0,1 g terjadi peningkatan pada seluruh waktu polinasi, dengan nilai tertinggi pada pagi hari dengan mean (16,70%), diikuti sore (15,84%) dan siang (14,14%). Selanjutnya pada dosis 0,2 g, nilai O/WM tertinggi justru terdapat pada waktu siang (25,65%), sementara pagi (21,23%) dan sore (19,51) menunjukkan nilai yang lebih rendah. Namun pada dosis 0,3 g terjadi penurunan nilai OW/M pada pagi (16,21%) dan siang (17,23%), sedangkan sore relatif stabil (19,26%). Peningkatan paling signifikan terjadi pada dosis 0,4 g, di mana waktu pagi mencapai nilai mean tertinggi (35,85%), diikuti sore (26,24%), sementara siang mengalami penurunan (13,96%). Pada dosis 0,5 g, nilai pagi sedikit menurun (32,70%), sore relatif stabil (24,78%), dan siang kembali meningkat (19,83%).

Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis polen tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan nilai O/WM pada semua waktu polinasi. Hal ini mengindikasikan adanya interaksi antara ketersediaan polen dan kondisi fisiologi tanaman pada saat penyerbukan berlangsung. Pada penelitian Murgianto *et al*., (2021%) rasio O/WM sangat dipengaruhi oleh akumulasi minyak selama proses pematangan buah. Pada waktu sore menunjukkan pola peningkatan yang lebih stabil meskipun tidak mencapai nilai maksimum seperti pada pagi hari serta menunjukkan hubungan paling kuat (R^2 = 0,8905) yang menandakan bahwa respon dosis polen lebih konsisten. Sebaliknya, pada waktu pagi menghasilkan nilai O/WM tertinggi pada dosis 0,4 g (mean 35,85%) yang menunjukkan hubungan yang kurang stabil (R^2 = 0,7605) akibat adanya fluktuasi pada beberapa dosis. Adapun pada waktu siang, hubungan yang paling lemah (R^2 = 0,1499) yang mengindikasikan adanya pengaruh faktor lingkungan seperti suhu tinggi terhadap penurunan efektivitas polen. Menurut Radha., (2019) suhu tinggi pada siang hari dapat menyebabkan cekaman abiotik yang mengganggu proses fisiologi tanaman, termasuk viabilitas polen dan gangguan pada metabolisme pengisian biji dan produksi bahan kering. Kondisi ini menyebabkan alokasi asimilat lebih banyak digunakan untuk adaptasi stres dibandingkan sintesis minyak sehingga nilai O/WM tidak stabil. Sebaliknya, kondisi pagi yang lebih optimal mendukung peningkatan nilai O/WM, meskipun tetap dipengaruhi oleh variasi dosis akibat perubahan beban sink pada buah.

Selain rata-rata, tingkat keragaman data juga dapat dilihat pada nilai koefisien keragaman (CV). Pada penelitian ini, waktu pagi pada dosis 0,5 g menunjukkan nilai CV terendah (0,088) yang menandakan data lebih stabil dan seragam dibandingkan perlakuan lainnya. Sementara itu, waktu pagi pada dosis 0,4 g menghasilkan nilai O/WM tertinggi (35,48%) meskipun begitu, memiliki nilai CV yang tinggi sehingga menunjukkan adanya variasi respon antar sampel. Pada waktu sore, nilai CV cenderung lebih tinggi, terutama pada dosis 0,5 g sebesar 0,592 yang mengindikasikan keragaman data yang lebih besar yang dapat

dilihat pada Lampiran 27. Perbedaan CV tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis polen tidak hanya mempengaruhi tingginya kandungan minyak tetapi juga kestabilan akumuliasi minyak pada mesocarp. Hubungan tersebut diperkuat pada uji korelasi yang menunjukkan bahwa parameter O/WM memiliki korelasi positif dan sangat nyata terhadap rasio O/DM (r = 0,428; p 0,001), O/DM (r = 0,430; p 0,001), dan O/F (r = 0,895; p < 0,001). Hasil ini mengindikasi bahwa tingginya kandungan minyak pada mesocarp basah diikuti dengan meningkatnya akumulasi minyak pada buah serta mesocarp kering.



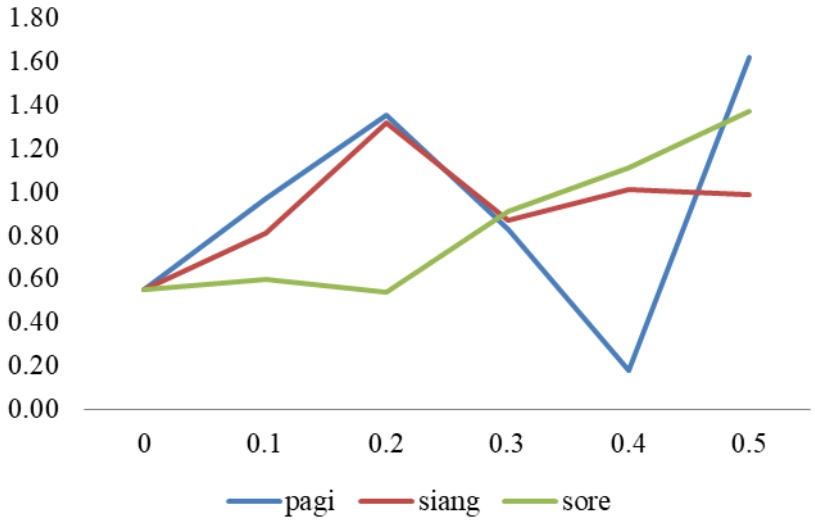
Gambar 1. Grafik *Oil to Wet Mesocarp* (O/WM)

4.2.1.3 *Rasio Oil to Dry Mesocarp* (O/DM)

Rasio Oil to Dry Mesocarp (O/DM) merupakan parameter yang menggambarkan perbandingan kandungan minyak terhadap bobot kering mesokarp, sehingga dapat digunakan untuk menilai efisiensi akumulasi minyak pada buah kelapa sawit. Parameter ini lebih stabil dibandingkan O/WM karena tidak dipengaruhi oleh kadar air, sehingga memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai efisiensi akumulasi minyak dalam jaringan mesokarp (Murgianto *et al.*, 2021). Berdasarkan grafik *Rasio Oil to Dry Mesocarp* (O/DM), pada dosis 0 g ketiga waktu polinasi (pagi, siang, dan sore) menunjukkan nilai mean yang relatif sama, yaitu berkisar antara 0,55. Pada dosis 0,1 g terjadi peningkatan nilai rasio O/DM pada waktu pagi (mean 0,97) dan siang (mean 0,81), sementara pada sore hari cenderung stabil (mean 0,6). Peningkatan lebih lanjut terlihat pada dosis 0,2 g, di mana nilai tertinggi dicapai pada waktu pagi dan siang (mean 1,32-1,35), sedangkan pada sore hari justru mengalami sedikit penurunan (mean 0,54). Pada dosis 0,3 g waktu sore menunjukkan nilai rasio O/DM tertinggi (mean 0,91), sedangkan pada sore dan pagi hari mengalami penurunan (mean 0,87-0,83). Namun, pada dosis 0,4 g terjadi perbedaan yang mencolok, di mana waktu pagi mengalami penurunan tajam (mean 0,18), sedangkan waktu siang (mean 1,01) dan sore (mean 1,11) justru menunjukkan peningkatan. Pada dosis 0,5 g, nilai O/DM pada waktu pagi kembali meningkat signifikan (mean 1,62), diikuti sore (mean 1,37), sementara siang relatif stabil (mean 0,99).

Pola tersebut menunjukkan bahwa respons rasio O/DM terhadap peningkatan dosis polen tidak bersifat linear dan sangat dipengaruhi oleh waktu polinasi. Polinasi pada waktu sore menunjukkan hubungan linear yang paling konsisten dengan nilai R^2 = 0,8715 yang menandakan bahwa peningkatan dosis polen diikuti kenaikan hasil yangrelatif stabil. Hal ini sesuai dengan laporan Nurhermawati *et al*., (2023) yang mengatakan bahwa kondisi lingkungan yang stabil dan penggunaan dosis yang tepat mendukung proses fertilisasi dan akumulasi asimilat pada jaringan mesocarp. Sebaliknya, polinasi pada waktu pagi memberikan respon yang tinggi pada dosis 0,2 g dan 0,5 g, namun memiliki nilai R^2 = 0,0631 yang menunjukkan hubungan yang sangat lemah dan tidak stabil akibat adanya fluktuasi yang cukup tajam pada dosis 0,4 g. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas polen pada pagi hari sangat sensitif terhadap variasi dosis maupun kondisi lingkungan. Fenomena ini sejalan dengan Radha., (2019) yang menjelaskan bahwa perubahan suhu dan kelembaban dapat memengaruhi viabilitas polen serta keberhasilan tabung polen. Sementara itu, polinasi waktu siang cenderung menunjukkan pola yang lebih stabil meskipun tidak menghasilkan nilai maksimum tertinggi dengan nilai R^2 = 0,2432 yang mengindikasikan bahwa peningkatan dosis polen memberikan pengaruh yang terbatas terhadap rasio O/DM dengan kecenderungan respon yang tidak konsisten. Hal ini didukung Khan *et al.,* (2023) yang mengatakan bahwa suhu tinggi dapat menyebabkan stres fisiologis, menurunkan efisiensi reproduksi, serta mengganggu asimilat ke jaringan mesocarp.

Selain nilai rata-rata, kestabilan data pada setiap perlakuan juga dapat dilihat dari nilai koefisien keragaman (CV). Pada penelitian ini, waktu sore pada dosis 0,4 g menunjukkan nilai CV terendah (0,136) yang menandakan data lebih stabil dan seragam dibandingkan perlakuan lainnya yang dapat dilihat pada Lampiran 28. Sementara itu, waktu sore pada dosis 0,5 g menunjukkan nilai CV tertinggi sebesar 0,606 yang menandakan adanya variasi antar sampel yang lebih besar. Pada waktu pagi dosis 0,5 g menghasilkan nilai rasio O/DM tertinggi (mean 1,62) dengan nilai CV relatif rendah (0,249) sehingga menunjukkan kombinasi perlakuan yang cukup baik dalam mendukung akumulasi minyak pada bahan kering mesocarp. Hubungan tersebut diperkuat oleh hasil uji korelasi yang menunjukkan nilai rasio O/DM berkorelasi positif dan sangat nyata terhadap O/F ($r = 0,498$; $p < 0,001$). Selain itu, rasio O/DM juga berkorelasi positif pada parameter O/WM (r = 0,428; p 0,001). Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan akumulasi minyak pada mesocarp kering diikuti oleh peningkatan efisiensi pembentukan minyak pada buah.



Gambar 2. Grafik Rasio *Oil to Dry Mesocarp*

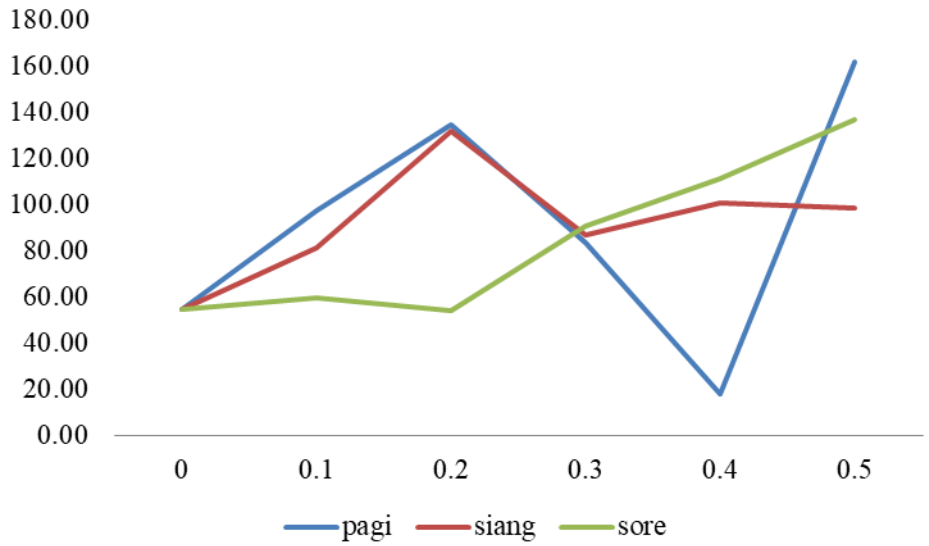
4.2.1.4 *Oil to Dry Mesocarp*(O/DM)

Oil to Dry Mesocarp (O/DM) pada bagian ini menunjukkan jumlah minyak yang terkandung dalam mesokarp berdasarkan bobot kering. Parameter ini menggambarkan kapasitas akumulasi minyak yang lebih representatif karena telah menghilangkan pengaruh kadar air. Dari grafik *Oil to Dry Mesocarp* (ODM), pada dosis 0 g ketiga waktu polinasi menunjukkan nilai yang relatif sama (mean 0,55%), kemudian meningkat pada dosis 0,1 g dan mencapai puncak pada dosis 0,2 g, khususnya pada waktu pagi (mean 134,59%) dan siang (mean 131,66%), sementara sore lebih rendah (mean 59,80%). Pada dosis 0,3 g waktu sore menunjukkan nilai rasio O/DM tertinggi (mean 90,67), sedangkan pada sore dan pagi hari mengalami penurunan (mean 87,07% hingga 83,24%). Namun, pada dosis 0,4 g terjadi penurunan tajam pada waktu pagi (mean 17,73%), sementara siang (mean 100,88%) dan sore (mean 111,42%) justru meningkat. Pada dosis 0,5 g, nilai pagi kembali meningkat sangat signifikan (mean 161,70%), diikuti sore (mean 136,31%), sedangkan siang relatif stabil (mean 98,51%).

Berdasarkan pola ini menunjukkan bahwa respons O/DM sangat dipengaruhi oleh interaksi antara dosis polen dan waktu polinasi. Nilai O/DM tertinggi terdapat pada dosis 0,5 g pada waktu pagi (mean 161,70) yang menunjukkan bahwa kombinasi tersebut mampu menghasilkan minyak yang optimal meskipun memiliki hubungan yang sangat lemah dengan nilai R^2 = 0,0626 yang mengindikasi adanya fluktuasi yang tinggi terhadap perubahan dosis. Sementara itu, waktu siang menunjukkan respon yang kurang konsisten dengan nilai R^2 = 0,2423. Sebaliknya, pada waktu sore menunjukkan konsistensi yang paling stabil dengan nilai R^2 = 0,8747 sehingga mengindikasikan adanya interaksi kuat antara dosis polen dan waktu aplikasi dalam menentukan kualitas minyak kelapa sawit. Hal ini sesuai dengan laporan Nurhermawati *et al*., (2023) yang mengatakan bahwa kondisi lingkungan yang stabil dan penggunaan dosis yang tepat mendukung proses fertilisasi dan akumulasi asimilat pada jaringan mesocarp sehingga meningkatkan efisiensi pembentukan minyak.

Selain nilai rata-rata, nilai koefisisen keragaman (CV) pada parameter O/DM menunjukkan tingkat variasi data antar perlakuan. Pada parameter O/DM,

nilai CV terendah terdapat pada waktu sore dosis 0,4 g yaitu sebesar 0,138 yang dapat dilihat pada Lampiran 29. Hal ini menunjukkan bahwa data antar sampel lebih seragam dan stabil dibandingkan perlakuan lainnya. Sementara itu, nilai CV tertinggi terdapat pada waktu sore dosis 0,5 g yaitu sebesar 0,605 meskipun menghasilkan nilai nilai O/DM yang cukup tinggi (136,5%). Nilai CV yang tinggi tersebut menunjukkan adanya variasi respon antar sampel yang lebih besar. Pada waktu pagi, dosis o,5 g menghasilkan nilai O/DM yang tinggi yaitu seesar 161,7% dengan nilai CV sebesar 0,249 yang menunjukkan bahwa peningkatan kandungan minyak masih diikuti degan kestabilan yang cukup baik. Hubungan tersebut diperkuat pada hasil uji korelasi antar parameter minyak yang menunjukkan bahwa O/DM memiliki korelasi positif dan sangat nyata terhadap rasio O/DM ($r = 1,00$; $p < 0,001$), O/F ($r = 0,499$; $p < 0,001$), dan O/WM ($r = 0,430$; p 0,001). Nilai korelasi yang tinggi menunjukkan bahwa peningkatan kandungan minyak pada mesocarp kering sejalan dengan meningkatnya kandungan minyak pada mesocarp basah dan persentase minyak terhadap buah.



Gambar 3. Grafik *Oil to Dry Mesocarp* (O/DM)

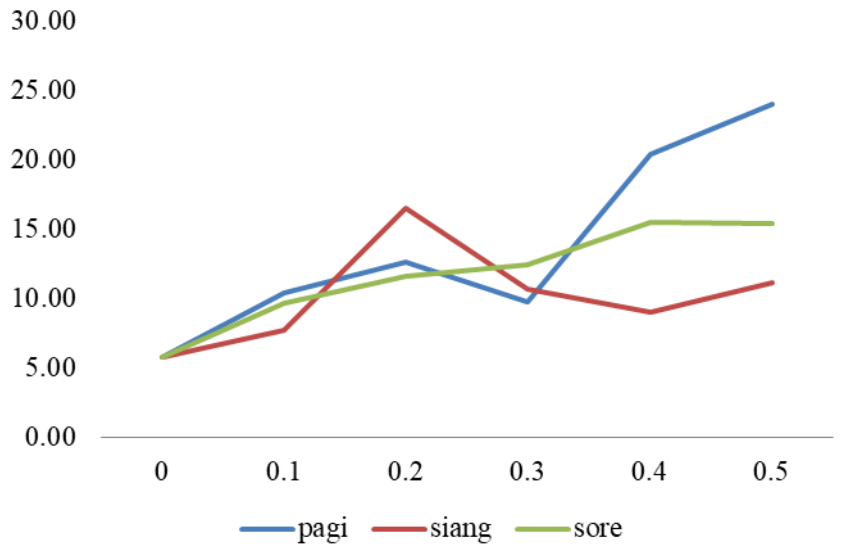
4.2.1.5 *Oil to Fruit* (O/F)

Oil to Fruit (O/F) merupakan parameter yang menunjukkan persentase kandungan minyak terhadap keseluruhan bobot buah. Parameter ini mencerminkan efisiensi akhir produksi minyak karena mempertimbangkan seluruh komponen buah, sehingga menjadi indikator penting dalam evaluasi produktivitas. Berdasarkan grafik *Oil to Fruit* (O/F), pada dosis 0 g ketiga waktu polinasi menunjukkan nilai mean yang sama yaitu 5,79%. Pada dosis 0,1 g terjadi peningkatan pada semua waktu, dengan nilai pagi (mean 10,39%), sore (mean 9,69%), dan siang (mean 7,67%). Puncak awal terjadi pada dosis 0,2 g, di mana waktu siang menunjukkan nilai tertinggi (mean 16,48%), diikuti pagi (mean 12,60%) dan sore (mean 11,61%). Pada dosis 0,3 g, nilai O/F cenderung menurun pada pagi (mean 9,77%) dan siang (mean 10,71%), sementara sore relatif stabil (mean 12,41). Selanjutnya pada dosis 0,4 g terjadi peningkatan signifikan pada

pagi (mean 20,40%), diikuti sore (mean 15,51%), sedangkan siang justru menurun (mean 8,98%). Pada dosis 0,5 g, nilai pagi kembali meningkat dan mencapai nilai tertinggi (mean 24,01%), diikuti sore (mean 15,41%), sementara siang hanya mengalami peningkatan moderat (mean 11,16%).

Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis polen berpengaruh terhadap peningkatan nilai O/F, namun responnya sangat dipengaruhi oleh waktu polinasi. Hal ini didukung oleh nilai koefisien determinasi pada masing-masing grafik, di mana waktu sore menunjukkan hubungan linear paling kuat dengan nilai R^2 = 0,9285 yang mencerminkan bahwa perubahan nilai O/F paling konsisten meskipun nilainya relatif lebih rendah pada dosis tinggi dibandingkan waktu lainnya. Konsistensi hubingan ini didukung oleh penelitian Corley dan Tinker., (2016) yang menyatakan bahwa keberhasilan pembentukan buah kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang optimal serta efisiensi proses fertilisasi yang menentukan distribusi asimilat ke buah. Pada waktu pagi memberikan hubungan linear yang kuat dengan nilai R^2 = 0,8286 serta menghasilkan nilai O/F paling optimal terutama pada dosis 0,5 g dengan nilai mean 24,01%. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi fisiologis pada pagi hari masih mendukung aktivitas reproduksi tanaman. Sebaliknya, waktu siang cenderung fluktuatif dan lebih rendah dengan nilai R^2 = 0,1315 yang meunjukkan adanya dominasi faktor lingkungan. Hal ini sesuai dengan laporan (Harahap *et al.*, 2025) yang menyatakan bahwa suhu tinggi dapat menurunkan efisiensi penyerbukan, megganggu viabilitas polen, serta menghambat distribusi asimilat ke jaringan buah sehingga menurunkan stabilitas pembentukan hasil.

Selain rata-rata, tingkat keragaman juga dapat dilihat dari nilai koefisien keragaman (CV). Pada waktu pagi dosis 0,1 g menunjukkan nilai CV terendah (0,088) yang menandakan data lebih stabil dan seragam dibandingkan perlakuan lainnya. Sebaliknya, waktu pagi pada dosis 0,5 g menghasilkan nilai O/F tertinggi (24,01%) namun memiliki nilai CV tertinggi sebesar 0,619 sehingga menunjukkan variasi respon antar sampel. Sementara itu, pada waktu siang dosis 0,4 g memiliki nilai CV relatif rendah yaitu sebesar 0,144 meskipun nilai rata-rata O/F relatif kecil (8,987) yang dapat dilihat pada Lampiran 30. Perbedaan nilai CV tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis tidak hanya memengaruhi tingginya nilai O/F tetapi juga kestabilan respon fisiologis tanaman terhadap perlakuan yang diberikan. Hubungan tersebut diperkuat hasil uji korelasi antar parameter minyak yang menunjukkan bahwa O/F memiliki korelasi positif dan sangat nyata terhadap O/DM ($r = 0,499$; $p < 0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan minyak terhadap buah diikuti oleh peningkatan kandungan minyak pada mesocarp kering.

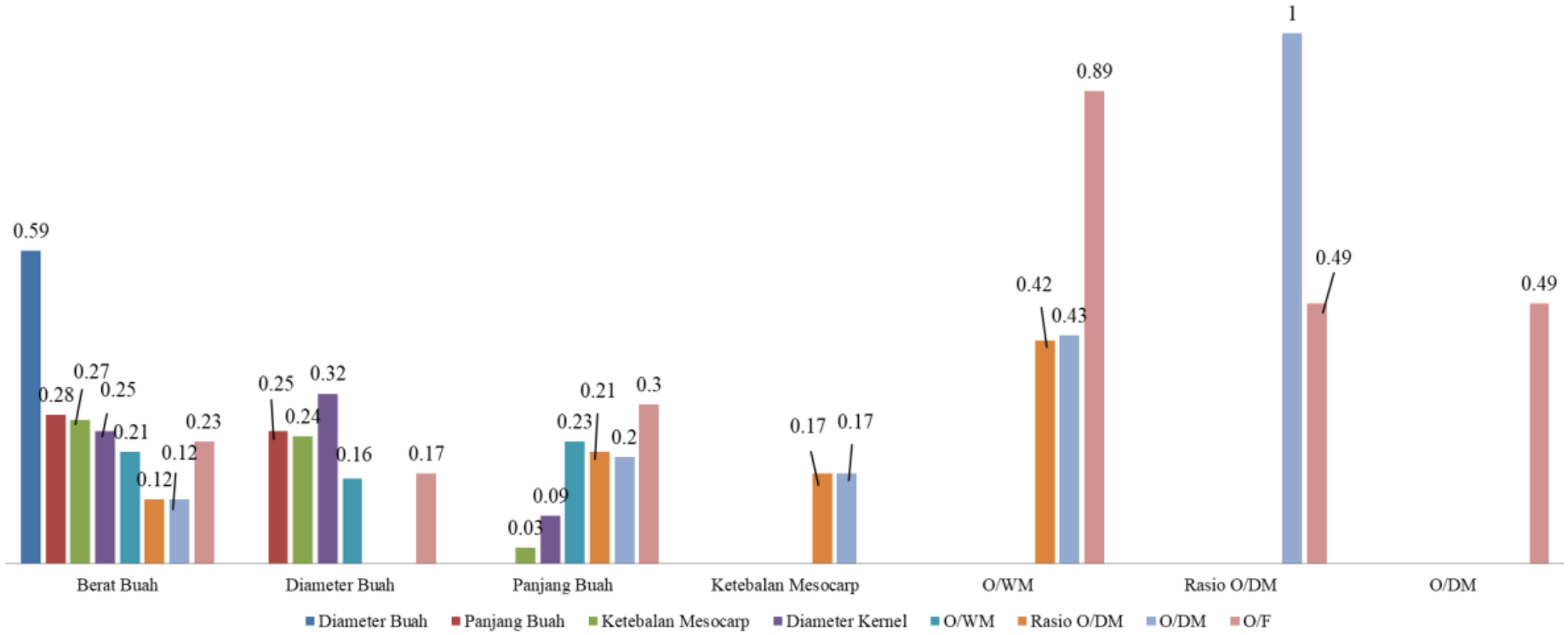


Gambar 4. Grafik *Oil to Fruit* (O/F)

Tingginya *fruitset* sebagai hasil keberhasilan polinasi buatan mendorong optimasi perkembangan jaringan mesocarp sebagai sink utama dalam akumulasi asimilat. Ketebalan mesocarp tertimggi pada penelitian ini mencapai 0,63 cm pada dosis 0,3 g pada waktu siang. Nilai tersebut melewati batas standar buah matang yang dilaporkan Ngalle *et al.*, (2013) sebesar 0,40 cm, serta sejalan dengan penelitian Munir *et al.*, (2021) pada tanaman kurma menunjukkan bobot mesocarp tertinggi pada penyerbukan pukul 11.00. Hal ini juga dilaporkan Mugianto *et al.*, (2021) peningkatan ketebalan mesocarp berkaitan dengan meningkatnya rendemen minyak, yang dalam studinya ditunjukkan nilai O/WM, (51,65%), O/DM (79,87%), dan O/F (30,32%). Pada penelitian ini, parameter O/WM menunjukkan hubungan positif terhadap beberapa karakter morfologi buah, yaitu berat buah (r = 0,212), diameter buah (r = 0,167), dan panjang buah (r = 0,233), meskipun seluruh hubungan tersebut tergolong lemah. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan ukuran dan bobot buah cenderung diikuti oleh peningkatan kandungan minyak terhadap mesocarp basah. Parameter rasio O/DM juga menunjukkan korelasi positif tetapi lemah terhadap berat buah (r = 0,121), panjang buah (r = 0,210), dan ketebalan mesocarp (r = 0,176). Pola ini hampir serupa dengan para meter O/DM yang berkorelasi positif terhadap berat buah (r = 0,120), panjang buah (r = 0,208), dan ketebalan mesocarp (r = 0,175) dengan tingkat hubungan yang masih tergolong lemah. Sementara itu, parameter O/F menunjukkan hasil korelasi positif terhadap berat buah (r = 0,234) dan diameter buah (r = 0,172) yang kategori hubungan lemah, namun memiliki hubungan yang kuat terhadap panjang buah dengan nilai korelasi sebesar 0,308 yang dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai tersebut mengindikasi bahwa panjang buah memiliki keterkaitan yang lebih nyata terhadap peningkatan kandungan minyak per buah dibandingkan morfologi buah lainnya. Semakin panjang buah yang terbentuk, maka kecenderungan akumulasi minyak dalam buah juga akan semakin meningkat.

Peningkatan ini juga berhubungan dengan penguatan *oil content* akibat perluasan ruang jaringan mesocarp sehingga mesocarp memiliki kandungan minyak yang lebih tinggi (Sujadi *et al.*, (2016). Namun demikian, kemampuan

mesocarp dalam mensintesis minyak dapat dilihat melalui rasio O/DM yang relatif seragam baik pada tandan bagian dalam maupun luar, serta tidak dipengaruhi oleh tingkat *fruitset* (Harun dan Noor., 2002). Hal ini menandakan bahwa peningkatan dosis tidak hanya meningkatkan keberhasilan buah jadi, namun juga berkorelasi dengan peningkatan akumulasi minyak pada mesokarp serta efisiensi minyak terhadap buah. Hubungan antar parameter minyak juga menunjukkan korelasi positif yang cukup kuat. Parameter O/WM berkorelasi kuat terhadap O/F dengan nilai r 0,895 yang menunjukkan bahwa peningkatan kadungan minyak pada mesocarp basah akan diikuti peningkatan kandungan minak terhadap buah secara keseluruhan. Selain itu rasio O/DM juga memiliki hubungan positif dengan O/F dengan nilai r = 0,498 serta berkorelasi sedang terhadap O/WM (r = 0,428) yang dapat dilihat pada Gambar 8. Pola ini meunjukkan adanya peningkatan efisiensi minyak dalam mesocarp kering berkontribusi terhadap peningkatan rendemen minyak buah. Korelasi positif antar parameter minyak tersebut memperlihatkan bahwa proses pengisian minyak pada mesocarp berlangsung secara terintegrasi sehingga peningkatan perkembangan jaringan mesocarp hasil polinasi buatan turut mendukung peningkatan akumulasi minyak pada buah kelapa sawit.



Gambar 5. Grafik Korelasi Parameter Morfologi dan Kualitas Minyak

4.2.2 Pengaruh waktu polinasi terhadap *fruitset* dan kualitas minyak

Berdasarkan hasil sidik ragam, waktu polinasi tidak berpengaruh signifikan terhadap sebagian besar parameter *fruitset* dan kualitas minyak, sehingga Hipotesis 2 tidak sepenuhnya terbukti ditolak untuk *fruitset*. Pada *fruitset*, waktu tidak berpengaruh nyata terhadap buah jadi (P = 0,09) dan partenokarpi (P = 0,4161), yang mengindikasikan bahwa keberhasilan pembentukan buah dipengaruhi beberapa faktor lain, seperti viabilitas polen (Widiastuti dan Palupi., 2008), kompabilitas genetik (Sobari *et al*., 2019), serta aktivitas penyerbuk dibandingkan waktu polinasi (Pernando *et al.,* 2022). Hal ini sejalan dengan penelitian Sobari *et al*., (2018) mengatakan bahwa perbedaan waktu polinasi tidak selalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *fruitset*. Selain itu, Rendón *et al*., (2022) juga menunjukkan bahwa metode atau strategi polinasi dapat meningkatkan keberhasilan pembentukan buah dan efisiensi hasil, yang pada praktiknya sangat bergantung pada kondisi lapangan saat aplikasi dilakukan.

Berdasarkan teoritisnya waktu poliasi dapat dapat memengaruhi peluang kontak serta keberhasilan perkecambahan polen pada stigma. Proses penempelan polen terjadi secara optimal ketika lobus stigma telah membuka penuh dan mengeluarkan cairan eksudat yang menandakan bahwa putik berada dalam masa reseptif. Kesiapan putik ini didukung oleh aktivitas fisiologis di mana bunga betina melepaskan senyawa volatil pada pukul 08.00, 12.00, dan 15.00 dengan puncak pelepasan senyawa volatil terjadi pada pukul 12.00 yang menunjukkan bahwa bunga betina sangat siap untuk menerima polen (Lubis *et al.,* 2023). Setelah polen menempel pada papila stigma, bulir polen tersebut akan mulai berkecambah dalam waktu dua jam setelah penyerbukan. Selanjutnya, tabung polen tumbuh ke bawah melewati permukaan papila dan berhasil masuk ke bagian tengah alur stigma dalam waktu tiga jam setelah penempelan. Pertumbuhan ini terus berlanjut hingga tabung polen memasuki saluran stilus pada 5 jam setelah penyerbukan, dan akhirnya tabung polen akan mencapai serta masuk ke dalam bakal biji (lokus) dalam waktu 18 hingga 20 jam setelah polen pertama kali nempel (Tandon *et al*., 2001).

Dengan demikian, dalam praktiknya di lapangan pengaruh runtutan waktu biologis tersebut sangat bergantung pada dinamika kondisi lingkungan sekitar. Meskipun tidak menjadi indikator penentu utama pada *fruitset*, waktu aplikasi polen tetap berpengaruh pada parameter morfologi tertentu, yaitu diameter buah (F = 4,59; P = 0,01). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Munir *et al.,* (2021) mengatakan bahwa pada tanaman kurma diameter buah mencapai nilai maksimum 2,36 cm pada waktu siang dan nilai terendah 2,11 cm pada waktu pagi, begitu pula dengan ketebalan mesokarp (F = 3,19; P = 0,04). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu siang cenderung menghasilkan diameter buah dan ketebalan mesocarp lebih besar dibanding pagi dan sore. Sementara itu, pada parameter *oil content* yang meliputi *Oil to Wet Mesocarp*, rasio *Oil to Dry Mesocarp, Oil to Dry Mesocarp,* dan *Oil to Fruit* juga memperlihatkan adanya variasi akibat perbedaan waktu polinasi. Pengaruh terhadap parameter minyak mengindikasikan bahwa waktu polinasi juga berperan pada fase pengisisan biji dan akumulasi asimilat ke jaringan mesokarp. Pada fase ini, distribusi hasil fotosintesis sangat menentukan pembentukan minyak sehingga perbedaan waktu polinasi dapat memengaruhi efisiensi konversi asimilat menjadi mesocarp Murgianto *et al.,* (2021). Hal ini menunjukkan bahwa waktu aplikasi lebih tampak efeknya pada fase pembesaran jaringan (morfologi) dan minyak, bukan pada indikator utama *fruitset*.

Waktu yang berbeda dapat berkaitan dengan kondisi mikroklimat seperti suhu, kelembaban, dan intesitas cahaya yang berpengaruh terhadap aktivitas fisiologis tanaman, termasuk laju fotosintesis dan transport asimilat ke buah (Setiawan., 2009), serta memengaruhi proses penempelan polen, hidrasi polen, atau kondisi permukaan stigma, yang kemudian

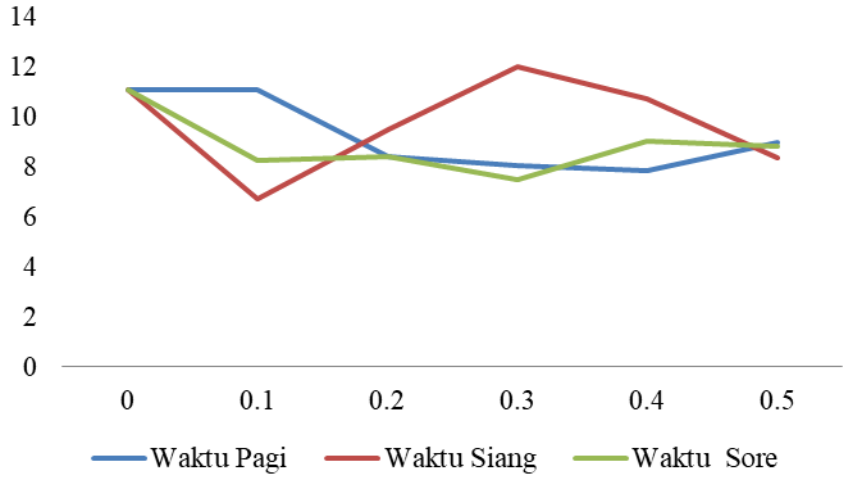
berdampak pada dinamika pertumbuhan jaringan buah (Milawatie., 2007). Selain itu, faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi efektivitas polinasi. Pada Review Gintoron *et al*., (2023) menekankan kuatnya pengaruh faktor abiotik seperti kelembapan, suhu, dan curah hujan terhadap efisiensi polinasi, termasuk aktivitas penyerbuk (*Elaeidobius kamerunicus*) dan viabilitas polen.

4.2.3 Interaksi dosis polen dan waktu polinasi terhadap Morfologi Buah

Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi antara dosis polen dan waktu polinasi pada beberapa parameter, sehingga Hipotesis 3 terbukti sebagian (parsial): diterima pada beberapa komponen, namun tidak pada seluruh parameter. Interaksi antara dosis polen dan waktu polinasi berpengaruh sangat nyata terhadap perkembangan buah, yaitu berat buah (F = 5,02; P = 0,0000), diameter buah (F = 4,67; P = 0,0000), panjang buah (F = 2,69; P = 0,0000), ketebalan mesokarp (F = 3,21; P = 0,0000), dan diameter kernel (F = 2,97; P = 0,0000).

4.2.3.1 Berat Buah (cm)

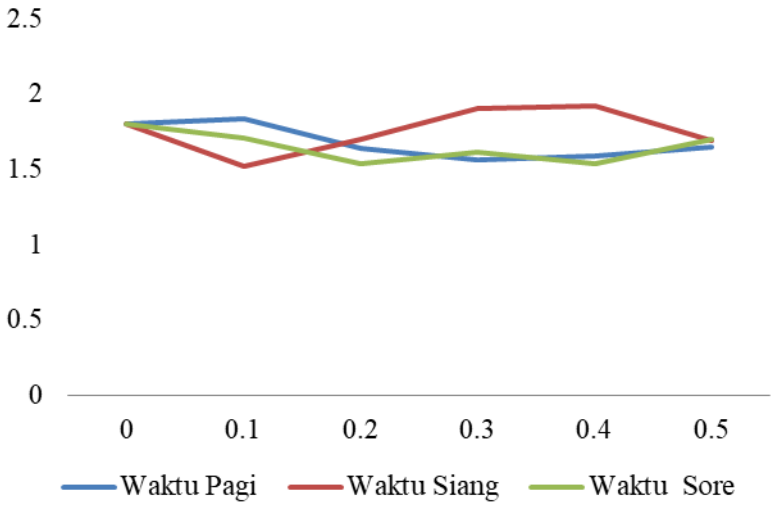
Berat buah merupakan salah satu parameter kuantitatif yang mencerminkan hasil akhir pertumbuhan dan perkembangan buah setelah proses fertilisasi. Parameter ini sangat penting karena secara langsung berhubungan dengan potensi hasil produksi. Pada Waktu siang cenderung memberikan nilai tertinggi pada dosis 0,3 g (12,01 g). Pola tersebut menunjukkan bahwa respons berat buah terhadap dosis polen bersifat fluktuatif dan tidak menunjukkan kecenderungan peningkatan yang konsisten seiring bertambahnya dosis. Hal ini sejalan dengan penelitian Munir *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa polinasi pada tanaman kurma yang dilakukan pada siang hari menghasilkan berat buah segar mencapai 11,20 g. Sementara itu, waktu pagi menunjukkan penurunan bertahap setelah dosis awal, dan waktu sore relatif lebih stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh dosis polen terhadap berat buah tidak dominan, serta adanya peran faktor lain seperti kondisi fisiologis tanaman dan lingkungan. Rendón *et al*., (2022) juga mengatakan bahwa metode atau strategi polinasi dapat meningkatkan keberhasilan pembentukan buah dan efisiensi hasil, yang pada praktiknya sangat bergantung pada kondisi lapangan saat aplikasi dilakukan. Secara fisiologis, peningkatan berat buah tidak hanya memcerminkan bertambahnya biomassa hasil fertilisasi tetapi juga menunjukkan bahwa proses pembesaran buah berlangsung dengan baik. Perkembangan tersebut terlihat pada oeningkatan diameter buah sebagai indikator pembesaran jaringan buah.



Gambar 6. Grafik Berat Buah (g)

4.2.3.2 Diameter Buah (cm)

Diameter buah merupakan parameter morfologis yang menggambarkan tingkat pembesaran jaringan buah selama proses pertumbuhan. Parameter ini berkaitan dengan keberhasilan fertilisasi serta distribusi asimilat yang mendukung perkembangan jaringan buah. Berdasarkan grafik Pada diameter buah, nilai tertinggi diperoleh pada dosis 0,4 waktu siang sebesar 1,92 cm, diikuti dosis 0,3 g waktu siang sebesar 1,90 cm. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Munir *et al.,* (2021) mengatakan bahwa pada tanaman kurma diameter buah mencapai nilai maksimum 2,36 cm pada waktu siang dan nilai terendah 2,11 cm pada waktu pagi. Hal ini dapat dilihat bahwa waktu siang cenderung menghasilkan diameter buah lebih besar dibanding pagi dan sore pada beberapa dosis tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi antara waktu aplikasi dan dosis polen memengaruhi pembesaran buah secara optimal. Pola ini menunjukkan bahwa variasi dosis polen dan waktu polinasi tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap diameter buah, sehingga parameter ini cenderung stabil dan kurang responsif terhadap perlakuan dibandingkan parameter lainnya. Selain mengalami pembesaran jaringan, perkembangan buah juga berlangsung melalui pertumbuhan panjang buah.



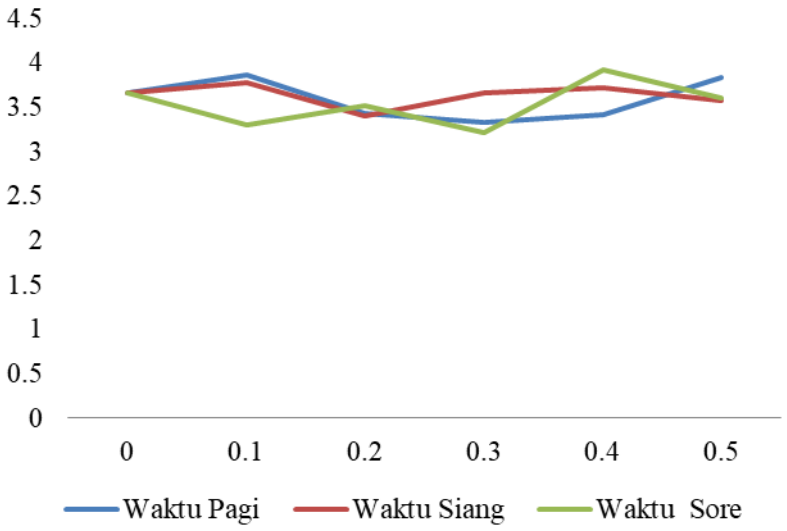
Gambar 7. Grafik Diameter Buah (cm)

4.2.3.3 Panjang Buah (cm)

Panjang buah merupakan salah satu indikator pertumbuhan morfologis yang mencerminkan perkembangan jaringan buah setelah terjadinya fertilisasi. Parameter ini berkaitan dengan aktivitas pembelahan dan pembesaran sel yang dipengaruhi oleh ketersediaan asimilat serta keberhasilan proses penyerbukan. Berdasarkan grafik panjang buah tertinggi diperoleh pada dosis 0,4 waktu sore sebesar 3,93 cm, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,3 waktu sore sebesar 3,21 cm. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Iqbal *et al.,* (2013) pada tanaman kurma waktu siang menunjukkan panjang buah maksimum 4,75 cm dan panjang buah minimum pada sore hari dengan panjang 3,93 cm. Perbedaan pola ini menunjukkan bahwa respon panjang buah tidak selalu konsisten antar spesies dan lingkungan. Panjang buah pada penelitian ini relatif stabil dan tidak menunjukkan peningkatan yang konsisten seiring bertambahnya dosis polen. Kondisi ini juga berkaitan dengan faktor lingkungan selama penelitian. Suhu optimum dalam pelaksanaan penyerbukan kelapa sawit berkisar antara 24°C-

28°C dengankelembaban udara 80% (Fauzi *et al*., 2012). Namun, pada lokasi penelitian suhu pada siang hari mencapai 40 °C yang berada jauh di atas kisaran optimum. Suhu tinggi tersebut berpotensi menurunan kinerja fisiologis tanaman, termasuk viabelitas polen, dehidrasi stigma, serta keberhasilan polinasi (Khan *et al.*, 2023). Hal ini sejalan dengan hasil uji korelasiyang menunjukkan bahwa panjang buah berkorelasi positif terhadap persentase buah jadi dengan nilai r = 0,085 dan p = 0,539 yang dapat dilihat pada Lampira 31.

Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan *fruitset* cenderung diikuti oleh peningkatan panjang buah, namun hubungan yang yang terbentuk sangat lemah dan tidak signifikan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa panjang buah tidak hanya dipengaruhi oleh keberhasilan pembentukan buah tetapi juga faktor fisiologis tanaman, terutama distribusi asimilat. Tingginya *fruitset* menunjukkan banyak buah yang terbentuk yang menyebabkan jumlah *sink* meningkat sehingga hasil fotosintesis dan asimilat yang tersedia harus didistribusikan ke lebih banyak buah (Vadera *et al.*, 2025). Hal ini mengakibatkan akumulasi baan kering pada masing-masing buah menjadil lebih rendah dan pertumbuhan panjang buah cenderung terhambat. Gangguan lingkungan tersebut juga dapat mempengaruhi keseimbangan *source-sink* sehingga distribusi asimilat tidak optimal (Harahap *et al.*, 2025). Dengan demikian panjang buah dalam penelitian ini tidak hanya dipengaruhi perlakuan dosis dan waktu polinasi tetapi juga dipengaruhi tekanan lingkungan dan kompetisis antar *sink* dalam pemanfaatan asimilat. Bertambahnya ukuran buah diikuti oleh perkembangan jaringan mesocarp sebagai komponen utama penyusunan buah dan tempat akumulasi minyak. Oleh karena itu, ketebalan mesocarp menjadi parameter penting untuk mengevaluasi keberlanjutan perkembangan buah setelah terjadinya pemanjangan buah.

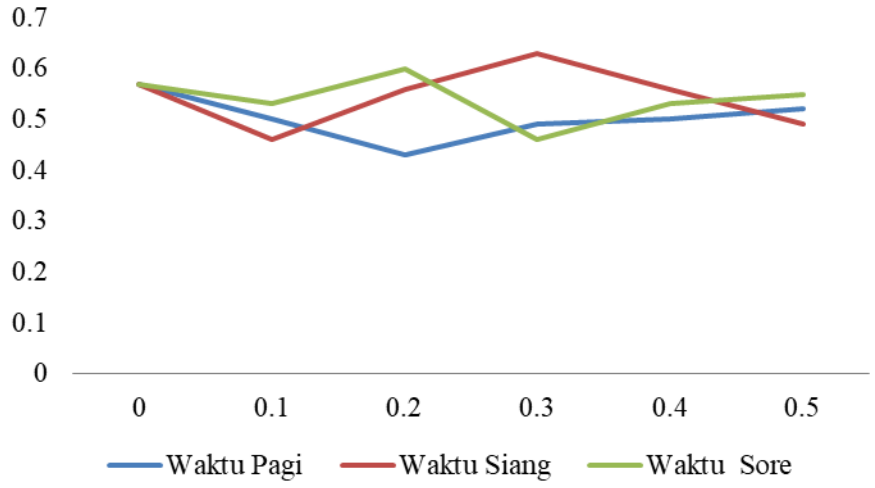


Gambar 8. Grafik Panjang Buah (cm)

4.2.3.4 Ketebalan Mesocarp (cm)

Ketebalan mesokarp merupakan indikator perkembangan jaringan penyimpanan cadangan hasil fotosintesis yang berperan penting dalam pembentukan minyak ke;apa sawit. Nilai ketebalan mesocarp tertinggi diperoleh pada dosis 0,3 waktu siang sebesar 0,63 cm, sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,2 waktu pagi sebesar 0,43 cm. Penyerbukan pada siang hari cenderung menghasilkan ketebalan mesokarp yang lebih tinggi dibandingkan waktu pagi dan sore pada beberapa dosis. Menurut Ngalle *et al.*, (2013) mengatakan bahwa ketebalan

mesocarp mencapai 0,40 cm pada buah matang. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini, beberapa perlakuan nilai ketebalan mesocarp yang lebih tinggi, khususnya pada dosis 0,3 g di waktu siang. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan polinasi berkontribusi terhadap peningkatan perkembangan jaringan mesocarp dibandingkan kondisi normal buah matang. Pada penelitian Munir *et al*., (2021) menyatakan bahwa pada tanaman kurma, penyerbukan dengan dosis 1 g polen mampu meningkatkan bobot daging buah, bobot mesocarp tertinggi pada aplikasi polen pukul 11.00 (10,72 g), diikuti pukul 14.00 (8,75), sedangkan nilai terendah terdapat pada pukul 08.00 (7,02 g). Hasil ini menunjukkan bahwa waktu penyerbukan berpengaruh terhadap perkembangan jaringan buah. Namun berbeda dengan penelitian tersebut, pada kelapa sawit dosis polen dan waktu aplikasi tidak linear terhadap ketebalan mesocarp. Oleh karena itu, meskipun terdapat kesamaan bahwa waktu penyerbukan memberikan pengaruh terhadap ketebalan daging buah, respon yang dihasilkan bisa berbeda antar spesies tergantung pada kondisi fisiologi tanaman serta faktor lingkungan. Selain memengaruhi pembentukan jaringan mesocarp, proses perkembangan buah juga diikuti dengan pembentukan dan perkembangan biji yang dapat diamati memalui diameter kernel. Oleh karena itu, diameter kernel digunakan sebagai indikator perkembangan jaringan internal buah setelah terbentuknya mesocarp.

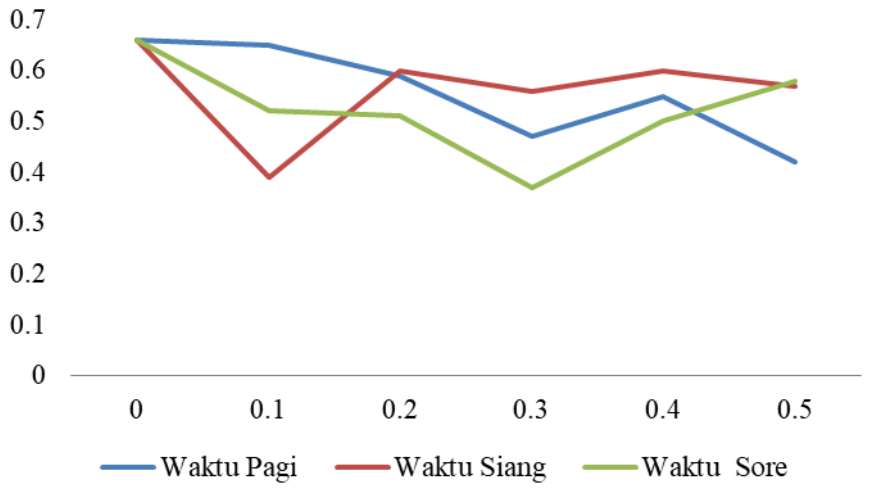


Gambar 9. Grafik Ketebalan Mesocarp (cm)

4.2.3.5 Diameter Kernel (cm)

Diameter kernel merupakan indikator perkembangan biji hasil fertilisasi. Parameter ini menunjukkan perkembangan jaringan internal yang terjadi setelah pembentukan mesocarp di mana ukuran kernel berkaitan erat dengan keberhasilan pembentukan embrio serta akumulasi cadangan makanan dalam biji. Nilai diameter kernel tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (dosis 0) sebesar 0,66 cm pada seluruh waktu aplikasi (pagi, siang, sore). Hal ini menunjukkan bahwa tanpa penambahan dosis, proses penyerbukan mampu membenuk kernel lebih besar dibandingkan dengan diberikan perlakuan. Penelitian Nurhermawati *et al.,* (2023) mengatakan bahwa kelebihan atau ketidaktepatan dosis polen dapat menyebabkan gangguan pada proses perkembangan biji akibat ketidakseimbangan distribusi fotoasimilat sehingga kompetisi antar organ sink menjadi tidak optimal. Selanjutnya, nilai menurun pada dosis 0,2 g dan 0,4 g waktu siang (0,60 cm), sedangkan nilai terendah terdapat pada dosis 0,3 waktu sore sebesar 0,37 cm. Hal ini sejalan dengan penelitian Munir *et al.,* (2021) pada tanaman kurma polinasi dilakukan dengan dosis 1 g, di mana lebar biji terbaik diperoleh pada waktu pagi (0,80 cm), kemudian

mengalami penurunan pada waktu siang (0,77 cm) dan sore (0,74 cm). Dengan demikian, respon diameter kernel terhadap dosis polen cenderung fluktuatif dan tidak linear, dengan waktu siang relatif lebih stabil dibanding pagi dan sore, sehingga mengindikasikan bahwa pengaruh waktu polinasi terhadap parameter ini tidak sekuat pengaruh dosis, namun tetap menunjukkan adanya interaksi dalam menentukan ukuran kernel.



Gambar 10. Grafik Diameter Kernel (cm)

4.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perbedaan Respons Antar Dosis

Perbedaan respons antar dosis polen pada berbagai parameter terlihat jelas dari variasi nilai F dan tingkat signifikansi pada hasil sidik ragam. Meskipun faktor dosis menunjukkan pengaruh sangat nyata pada sebagian besar parameter, besarnya pengaruh berbeda-beda. Sebagai contoh, dosis memberikan pengaruh sangat kuat pada buah partenokarpi (F = 29,13; P = 0,0000), namun pengaruhnya lebih moderat pada diameter buah (F = 2,43; P = 0,03) dan panjang buah (F = 2,99; P = 0,01). Pada ketebalan mesokarp, dosis bahkan tidak berpengaruh nyata secara tunggal (P = 0,20), meskipun interaksi dosis × waktu sangat nyata (F = 3,21; P = 0,0000). Variasi kekuatan pengaruh ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah polen bekerja dalam sistem biologis yang dipengaruhi berbagai faktor pendukung.

1. Kualitas dan Viabilitas Polen

Pengaruh dosis yang sangat tinggi pada parameter fertilisasi (misalnya buah partenokarpi F = 29,13; P = 0,0000 dan buah jadi F = 5,09; P = 0,0000) menunjukkan bahwa kecukupan polen merupakan faktor utama dalam keberhasilan fertilisasi. Namun, respons yang tidak selalu linier pada parameter morfologi dan minyak (misalnya diameter buah F = 2,43; panjang buah F = 2,99) mengindikasikan bahwa jumlah polen bukan satu-satunya determinan. Viabilitas polen menjadi faktor krusial karena dapat menurunkan pembentukan buah jadi dan meningkatkan pembentukan buah partenokarpi. Hal ini juga disampaikan pada penelitian Widiastuti dan Palupi., (2008) bahwa penurunan jumlah buah normal dan peningkatan buah partenokarpi terjadi karena menurunnya viabilitas serbuk sari akibat lamanya penyimpanan. Gintoron *et al.*, (2023) menekankan bahwa keberhasilan *fruitset* sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas polen. Dengan demikian, variasi mutu polen dapat menjelaskan mengapa pada beberapa kombinasi dosis tinggi tidak selalu menghasilkan nilai maksimum pada seluruh parameter.

2. Kondisi Mikroklimat Saat Aplikasi

Signifikansi interaksi dosis × waktu pada berbagai parameter mendukung peran kondisi lingkungan. Interaksi sangat nyata pada buah jadi (F = 5,02; P = 0,0000), berat buah (F = 5,02; P = 0,0000), diameter buah (F = 4,67; P = 0,0000), panjang buah (F = 2,69; P = 0,0000), ketebalan mesokarp (F = 3,21; P = 0,0000), dan diameter kernel (F = 2,97; P = 0,0000). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas dosis sangat bergantung pada waktu aplikasi, yang merepresentasikan perbedaan suhu, kelembapan, dan kondisi mikroklimat harian. Dalam penelitian ini tidak mendapatkan data mengenai ini, namun pada penelitian Sobari *et al.*, (2018) mengatakan bahwa persentase keberhasilan pembentukan buah diantaranya suhu dan kelembaban udara selama penelitian berkisar antara 22,2 - 31,0 °C dan kelembaban udara berkisar antara 57% – 90%.

3. Aktivitas Penyerbuk Alami

Meskipun perlakuan berfokus pada peningkatan dosis polen, dinamika populasi penyerbuk alami tetap berpotensi memodifikasi hasil. Hal ini dapat menjelaskan mengapa pada kontrol (dosis 0) nilai buah jadi masih mencapai 87,70%, menunjukkan adanya kontribusi penyerbukan alami. Susanto *et al.*, (2020) melaporkan bahwa *fruitset* dipengaruhi oleh produksi dan viabilitas polen serta populasi *Elaeidobius kamerunicus*. Dengan demikian, variasi aktivitas penyerbuk antar waktu aplikasi dapat memperkuat atau mengurangi efek peningkatan dosis.

4. Kondisi Fisiologis Tanaman dan Status Hara

Respons dosis yang berbeda pada parameter morfologi dan minyak menunjukkan adanya keterbatasan fisiologis tanaman. Susanto *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa tanaman dengan vigor rendah memiliki *fruitset* lebih rendah dibanding tanaman vigor tinggi. Dengan demikian, kondisi fisiologis dan status hara tanaman dapat memengaruhi efisiensi pemanfaatan polen yang diaplikasikan.

5. Kondisi Lahan dan Lingkungan Kebun

Variasi kondisi lahan dapat memengaruhi respons perlakuan. Wiranda dan Banowati (2022) menunjukkan bahwa *fruitset* berbeda menurut kondisi lahan dan dipengaruhi kesuburan tanah serta faktor lingkungan seperti curah hujan. Kondisi ini dapat menjelaskan mengapa dalam penelitian ini beberapa kombinasi dosis menghasilkan nilai lebih rendah meskipun secara statistik dosis berpengaruh signifikan.

6. Faktor Pascapanen dalam Konteks Minyak

Mutu minyak secara luas juga dipengaruhi oleh pengelolaan pascapanen. Edyson *et al.*, (2022) dan Tan *et al*., (2023) menunjukkan bahwa keterlambatan panen meningkatkan FFA dan menurunkan mutu minyak. Murgianto *et al.*, 2021 mengatakan bahwa indikator TBS layak panen ditandai dengan brondolan lepas 3-5 butir di piringan sudah matang dengan kandungan minyak yang optimal. Oleh karena itu, peningkatan potensi minyak akibat dosis optimal harus diikuti manajemen pascapanen yang baik. Secara keseluruhan, variasi kekuatan pengaruh dosis yang tercermin dari nilai F yang berbeda antar parameter (misalnya 29,13 pada partenokarpi dibanding 2,43 pada diameter buah) menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap peningkatan polen dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara kualitas polen, kondisi lingkungan saat aplikasi, dinamika penyerbuk alami, serta kapasitas fisiologis tanaman. Kompleksitas ini menjelaskan mengapa respons antar dosis tidak selalu linier dan mengapa kombinasi tertentu menghasilkan hasil yang lebih optimal dibandingkan perlakuan tunggal.