

Pengukuran Kadar Air Benih Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* L. Jacq) yang Lebih Efektif dan Efisien

*More Effective and Efficient Method to Measure Moisture Content of Oil Palm (*Elaeis guineensis* L. Jacq) Seeds*

Renica Nurhermawati, Nabhila Ivanka¹, dan Mohamad Arif*

Abstrak Metode gravimetri oven dalam penentuan kadar air (KA) benih kelapa sawit membutuhkan waktu yang lama (48 jam pemanasan) dan bersifat destruktif menyebabkan benih uji tidak dapat dimanfaatkan, sehingga menentukan waktu pengovenan pada metode gravimetri dan penggunaan alat pengukur KA yang lebih praktis menjadi suatu kebutuhan. Penelitian ini bertujuan mencari waktu yang efektif untuk penetapan KA dengan metode gravimetri oven dan mencari metode yang lebih praktis sebagai alternatif gravimetri oven. Penelitian dilaksanakan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Unit Marihat, Sumatera Utara pada Mei 2023 dengan menggunakan benih kelapa sawit varietas DxP PPKS 540. Perancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal dengan 14 taraf (GMM P1 – P8, MT P10, MT P13, MT P14, MT P19, gravimetri oven dengan benih pecah dan gravimetri oven dengan benih utuh sebagai kontrol) masing-masing diulang 6 kali. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa waktu yang efisien untuk penetapan KA benih kelapa sawit dengan metode gravimetri adalah 22 jam, jauh lebih cepat dibanding 48 jam yang biasanya diterapkan oleh produsen benih kelapa sawit. Selain itu, MT P10 dan MT P19 berpotensi untuk menjadi alternatif dalam pengukuran KA secara cepat dan praktis. Penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan kuantitas pengukuran yang lebih banyak pada berbagai tingkat KA benih agar menghasilkan model pengukuran KA benih dengan menggunakan *moisture tester* (MT) untuk

menggantikan gravimetri oven yang memerlukan waktu lebih lama.

Kata kunci: *grain moisture meter*, gravimetri, kadar air benih, *moisture tester*

Abstract The gravimetric oven method in determining oil palm seeds' moisture content (MC) requires a long time (48 hours of heating). It is destructive, causing the test seeds not to be utilized, so determining the oven time using the gravimetric method and using a more practical MC measuring device is necessary. This study aims to find an adequate time for MC determination using the oven gravimetry method and to find a more practical method as an alternative to oven gravimetry. The research was conducted at the Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI) Marihat Unit, North Sumatra, in May 2023 using oil palm seeds of the DxP PPKS 540 variety. The experimental design used was a completely randomized design with 14 levels (GMM P1 - P8, MT P10, MT P13, MT P14, MT P19, oven gravimetry with broken seeds, and oven gravimetry with intact seeds as control), each repeated six times. The experiment results showed that the efficient time for determining the MC of oil palm seeds by the gravimetric method was 22 hours, much faster than the 48 hours that oil palm seed producers usually apply. In addition, MT P10 and MT P19 have the potential to be an alternative in measuring MC quickly and practically. Further research is recommended to increase the number of measurements at various levels of seed MC in order to produce a seed MC measurement model using a *moisture tester* (MT) to replace oven gravimetry, which takes a longer time.

Keywords: *gravimetry*, *grain moisture meter*, *moisture tester*, oven.

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Mohamad Arif (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158 Indonesia
¹Universitas Brawijaya
Email: mohar0891@gmail.com

PENDAHULUAN

Pada saat ini kelapa sawit (*Elaeis guineensis* L. Jacq) merupakan tanaman pemasok utama minyak nabati di dunia yang produknya dapat digunakan di berbagai sektor seperti industri makanan, kosmetik, farmasi, dan energi terbarukan (*Indonesian Trade Promotion Centre*, 2020). Keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat bergantung pada mutu dan kelayakan benih karena benih yang bermutu menghasilkan perkebunan kelapa sawit yang dapat berdaya hasil tinggi (Ardana *et al.*, 2022).

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi mutu benih adalah kadar air (KA), yang secara langsung berdampak pada daya berkecambah, penyimpanan benih, dan pertumbuhan tanaman pada fase selanjutnya. KA benih memainkan peran penting dalam sifat fisiologis dan biokimia, dan pada akhirnya akan mempengaruhi viabilitas benih (Markić *et al.*, 2022). KA yang tinggi pada benih dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, kerusakan benih, dan penurunan viabilitas selama penyimpanan (Bakhtavar *et al.*, 2019). Sebaliknya, KA yang terlalu rendah dapat menghambat proses metabolisme dan menunda perkecambahan, sehingga mempengaruhi produktivitas (Elizalde *et al.*, 2021) serta meningkatkan kemungkinan kerusakan mekanis benih (Shahbazi *et al.*, 2017). Oleh karena itu, pengukuran KA yang akurat sangat penting untuk memastikan pengelolaan benih yang efektif, mengoptimalkan kondisi penyimpanan, dan mendorong pertumbuhan tanaman yang baik.

Secara umum terdapat dua metode utama untuk mengukur KA dalam suatu bahan, yaitu metode pengukuran KA secara tidak langsung dan pengukuran secara langsung. Metode pengukuran KA benih secara tidak langsung melibatkan pengukuran variabel lain yang dipengaruhi oleh kandungan air pada benih dan besarnya digunakan untuk memperkirakan nilai KA pada benih tersebut (Freitas *et al.*, 2020). Umumnya metode pengukuran KA secara tidak langsung menggunakan alat ukur yang praktis sehingga memberikan hasil yang lebih cepat dan tidak bersifat destruktif terhadap benih. Contoh alat pengukur KA pada metode ini adalah *Grain Moisture Meter* (GMM) dan *Moisture Tester* (MT) yang bekerja berdasarkan sifat listrik benih, seperti permitivitas atau sifat dielektrik yang berubah seiring dengan perubahan KA (Nelson & Trabelsi, 2011). Metode pengukuran KA benih secara langsung

dilakukan dengan menghilangkan air pada benih melalui proses pengeringan kemudian menentukan perbedaan berat sebelum dan sesudah proses pengeringan. Contoh yang paling umum adalah metode gravimetri yang memanfaatkan pengeringan menggunakan oven suhu tinggi (Şekertekin *et al.*, 2018), sehingga metode ini bersifat destruktif bagi benih sampel.

Pada benih kelapa sawit, KA benih ditentukan dengan metode gravimetri oven dengan suhu $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ selama 48 jam menggunakan benih utuh sebagai bahan uji. Metode ini menyebabkan beberapa permasalahan seperti perbedaan durasi waktu dibanding pengeringan baku yang hanya selama 17 ± 1 jam (Sudrajat *et al.*, 2017), perbedaan kondisi benih dibanding standar acuan (ISTA, 2011 dalam Sudrajat *et al.*, 2017) yang mensyaratkan penghalusan (*grinding*) pada benih berukuran besar, serta permasalahan kebutuhan jumlah benih yang besar pada produksi benih skala industri untuk dijadikan sebagai benih sampel pengukuran KA. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah penentuan waktu yang efektif pada metode gravimetri oven, penentuan kondisi benih yang sesuai, serta mencari metode potensial sebagai pengganti gravimetri oven agar pengukuran KA dapat dilakukan dengan cepat dan praktis.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan percobaan laboratorium menggunakan benih kelapa sawit varietas DxP PPKS 540 yang dihasilkan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Percobaan dilakukan di Laboratorium Analisis Tandan, Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Marihat, Sumatera Utara pada Mei 2023. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal dengan 14 taraf (Tabel 1) dengan 6 ulangan.

Alat yang digunakan adalah GMM (*Grain Moisture Meter*) tipe GM640, MT (*Moisture Tester*) model LDS-1G, dan oven. Secara umum, GMM dan MT digunakan untuk penentuan KA benih berukuran kecil dari beragam spesies, karenanya dipilih metode uji tiap alat yang struktur benihnya menyerupai baik berdasar ukuran atau struktur benih kelapa sawit (Tabel 1), dengan tambahan metode gravimetri oven benih pecah dan metode kontrol berupa metode gravimetri oven dengan benih utuh.

Tabel 1. Kode pada GMM dan MT yang digunakan untuk pengujian KA benih kelapa sawit
 Table 1. Codes in GMM and MT used for oil palm seed moisture testing

No	Metode	No	Metode
1	GMM P1 (Padi)	8	GMM P8 (Beras)
2	GMM P2 (Gandum)	9	MT P10 (Kacang tanah)
3	GMM P3 (Barley)	10	MT P13 (Biji bunga matahari)
4	GMM P4 (Makanan ternak)	11	MT P14 (Biji semangka besar)
5	GMM P5 (Jagung)	12	MT P19 (Biji kapas)
6	GMM P6 (Lobak)	13	Oven Benih Utuh (OU)
7	GMM P7 (Kedelai)	14	Oven Benih Pecah (OP)

Pengukuran KA Benih

Enam kantong benih sebagai enam ulangan dikemas di dalam plastik *Polyethilene* (PE) dengan ukuran 30 cm x 60 cm dan tebal 0,2 mm. Benih pada keenam ulangan diukur KA nya dengan menggunakan GMM (benih utuh). Sepuluh butir benih dari tiap ulangan diambil secara acak untuk pengukuran KA dengan metode oven benih utuh (OU), sedangkan 65 butir lainnya dipecah untuk pengukuran dengan MT. Benih pecah yang telah diukur KA-nya dengan MT kemudian diambil sebagian dan ditimbang bobot awalnya untuk digunakan dalam metode gravimetri OP. Suhu oven pada metode gravimetri adalah $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ selama 48 jam.

Untuk melihat pergerakan KA selama pengovenan, dilakukan penimbangan benih sampel taraf OU dan OP sebanyak 9 kali dalam kurun waktu 48 jam. Kadar air benih pada metode gravimetri dihitung berdasarkan rumus (Besharati *et al.*, 2020):

$$\text{KA (\%)} = \frac{\text{Bobot awal} - \text{Bobot setelah oven}}{\text{Bobot setelah oven}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis Data

Data KA yang diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2016 dan R Studio 2023.06.01. Analisis yang dilakukan adalah *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%. Jika terdapat perbedaan yang signifikan antar metode, dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

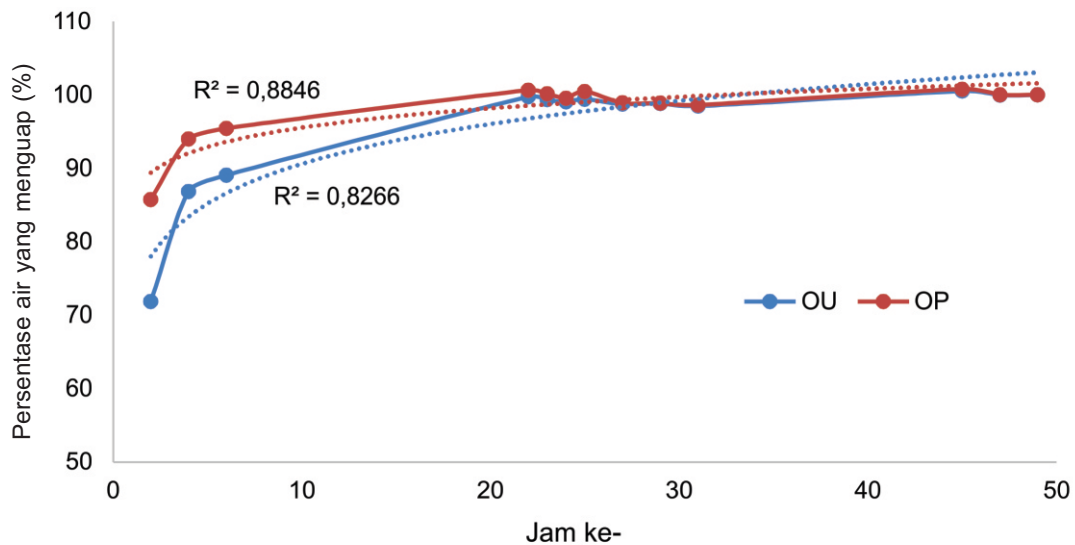
Waktu yang Efisien untuk Pengukuran KA Benih Kelapa Sawit

Pada proses gravimetri, penurunan KA secara signifikan terjadi pada 2 jam pertama pengovenan dengan penguapan sekitar 71,85% air pada benih utuh dan 85,74% air pada benih yang dipecah. Pada kedua taraf, penguapan air terus berlangsung hingga jam ke-22 dan tidak terjadi penguapan air secara signifikan setelahnya (Gambar 1).

Hal ini mengindikasikan tidak diperlukannya durasi 48 jam pada metode gravimetri oven dengan suhu $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ untuk mengukur KA benih kelapa sawit. Air yang menguap tersebut adalah air yang teradsorpsi dan air bebas di dalam benih. Menurut Copeland & McDonald (2001), ada beberapa jenis air yang berada di dalam benih, yaitu air yang terikat kuat, air teradsorpsi, dan air bebas. Air yang terikat kuat yaitu air yang terikat pada gugus ionik seperti gugus amino atau karboksil dan merupakan lapisan tunggal yang berada di sekitar makromolekul benih, jenis air ini berpotensi menjadi bagian dari struktur kimiawi benih. Sementara itu air yang teradsorpsi dipegang oleh ikatan gugus hidroksil dan amida di atas air yang terikat kuat. Jenis air ini terdiri dari beberapa lapisan dan dapat dengan mudah dihilangkan melalui pengeringan. Yang terakhir adalah air bebas, dianggap sebagai air yang ditahan hanya oleh gaya kapiler di jaringan benih. Air ini berada bebas di ruang antar sel dan antar jaringan serta mudah dihilangkan selama pengeringan.

Penghalusan (*grinding*) benih berukuran besar diperlukan sebagai perlakuan sebelum dikeringkan dengan tujuan penetapan KA benih, karena penghalusan akan meningkatkan homogenitas penguapan di dalam benih. Namun untuk benih yang mengandung minyak ataupun bercangkang keras, pemecahan saja sudah cukup untuk mengurangi

terjadinya oksidasi benih apabila terkena udara bebas secara langsung dan memberikan bias pada penimbangan bobot (ISTA, 2011 dalam Sudrajat et al., 2017). Penelitian ini bahkan memperlihatkan bahwa benih utuh dapat digunakan untuk pengukuran KA dengan metode gravimetri selama 22 jam.



Gambar 1. Persentase air yang menguap pada benih dengan metode OU dan OP
 Figure 1. Percentage of water evaporated in seeds by OU and OP method

Meskipun pada jam ke 22 air yang terkandung di dalam benih sudah menguap 100% pada metode oven utuh dan oven pecah, persentase air yang menguap di 6 jam pertama berbeda antar-kedua metode. Pada cuplikan benih utuh, air yang menguap di jam ke 2, 4, dan 6 berturut-turut adalah 71,85%, 86,84%, dan 89,07%, sedangkan pada benih yang dipecah adalah 85,74%, 93,98%, dan 95,42%. Perbedaan ini terjadi karena perbedaan luas permukaan kedua bentuk cuplikan benih yang dimasukkan ke dalam oven. Benih yang dipecah memiliki luas permukaan lebih tinggi dibandingkan benih yang utuh, sehingga persentase air yang menguap lebih banyak pada benih pecah di jam yang sama. Semakin tinggi luas permukaan, laju evaporasi akan semakin tinggi (Santoso et al., 2022). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Agustin dan Prananda (2017) yang menguji benih saga dengan 2 bentuk cuplikan, yaitu dibelah dua dan utuh. Hasilnya menunjukkan bahwa waktu yang

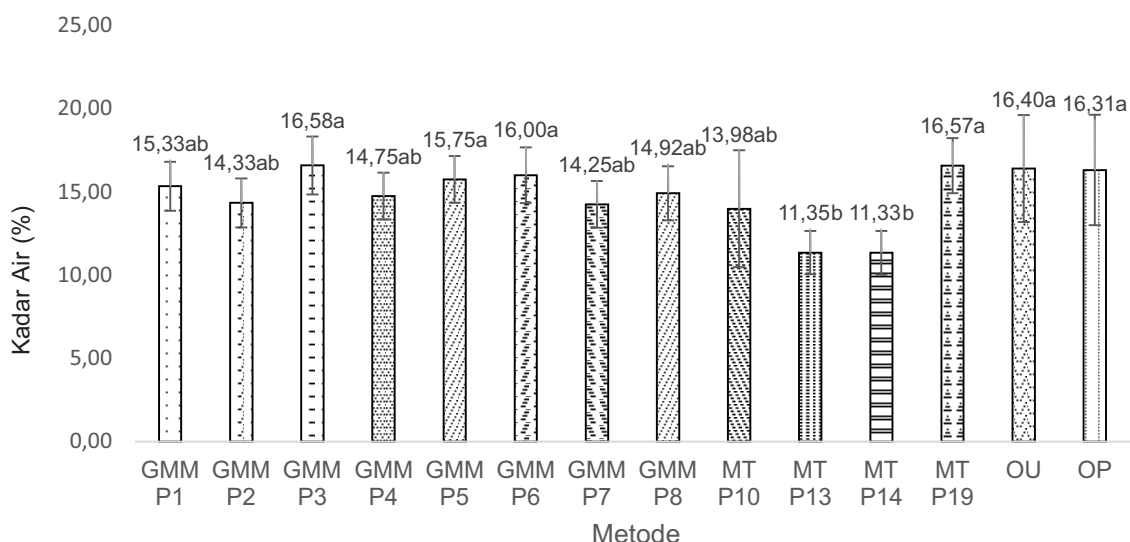
diperlukan untuk menentukan KA benih yang dibelah dua lebih cepat dibandingkan benih yang utuh dengan suhu yang sama. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan pengamatan dari jam ke 7 sampai dengan jam ke 21, sehingga tidak dapat dipastikan apakah jam ke 22 adalah jam pertama KA benih menjadi konstan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat apa yang terjadi pada rentang jam yang tidak teramati.

Perbandingan KA dengan Berbagai Metode Pengukuran

Penentuan KA benih kelapa sawit yang dilakukan menggunakan 14 metode memberikan nilai yang berbeda-beda (Gambar 2). Di antara nilai-nilai tersebut, pengukuran KA menggunakan MT P13 dan MT P14 memiliki perbedaan nyata dengan GMM P3, GMM P5, GMM P6, MT P19, OU dan OP (Tabel 2),

sementara itu semua metode kecuali MT P13 dan MT P14 menunjukkan nilai KA yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan OU dan OP. Semua metode

kecuali MT P13 dan MT P14 dapat digunakan untuk mendekati nilai KA benih kelapa sawit secara cepat dan praktis.



Gambar 2. KA benih kelapa sawit yang diukur menggunakan beberapa metode. Angka dengan huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada $\alpha = 0,05$

Figure 2. Oil palm seed moisture measured using several methods. Numbers with the same letter indicate no significant differences at $\alpha = 0.05$

Gambar 2 menunjukkan bahwa kedua alat yang digunakan (GMM dan MT) dapat dimanfaatkan untuk pengukuran KA benih kelapa sawit dengan metode [pengukuran yang berbeda. Kedua alat uji menggunakan prinsip kapasitif. Menurut Putri *et al.* (2023) sensor kapasitif memiliki probe yang berfungsi sebagai kapasitor dengan melepaskan arus listrik ke benih. Hal ini menyebabkan atom-atom penyusun dielektrik pada benih menjadi tidak seimbang sehingga muncul muatan listrik pada biji. KA pada biji akan mempengaruhi hambatan listrik pada probe dan membuat nilai kapasitansi berpengaruh. Semakin tinggi KA benih, maka konduktivitasnya akan semakin baik dan sebaliknya.

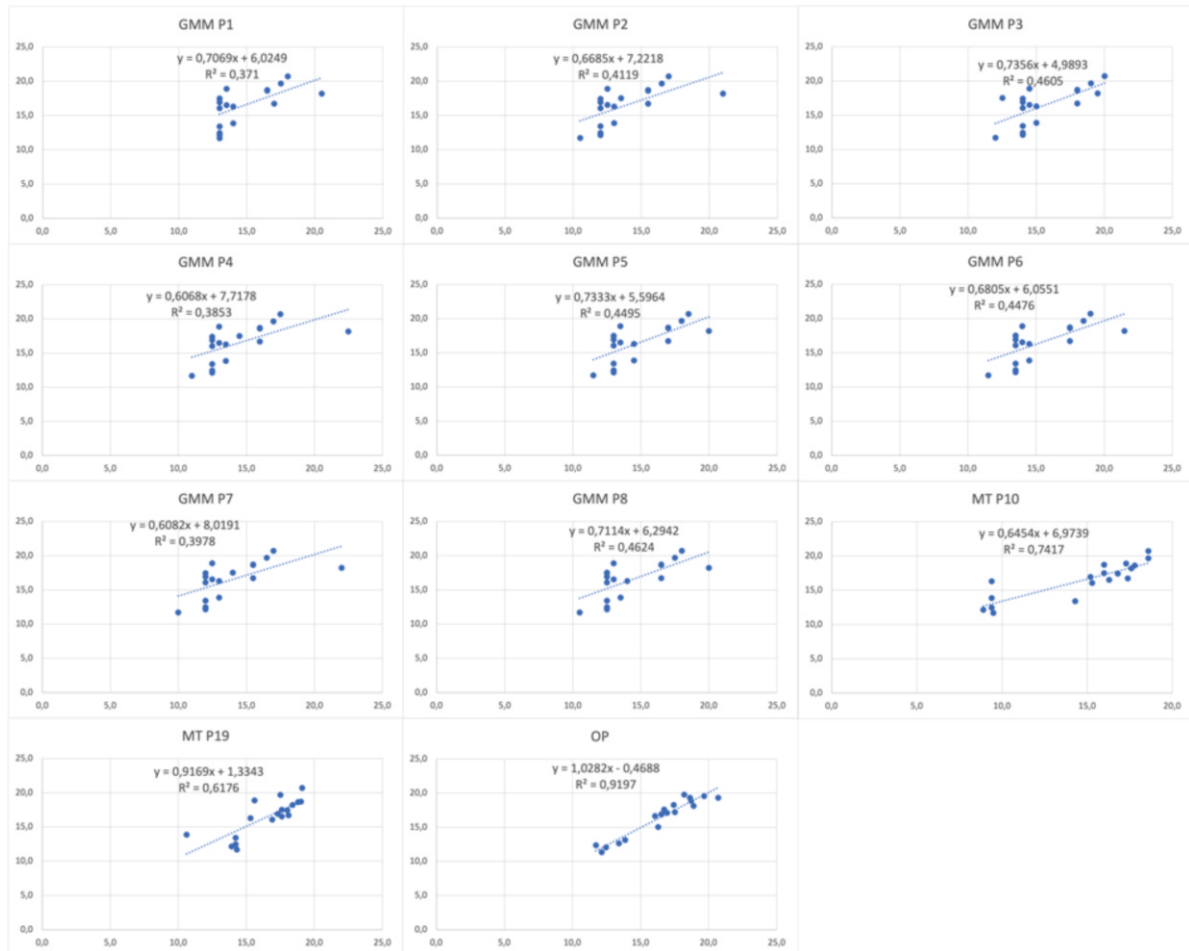
Perbedaan hasil pengukuran KA benih dengan masing-masing metode disebabkan oleh perbedaan sifat dielektrik pada masing-masing tipe benih. Misalnya, GMM P1 yang memberikan nilai pengukuran berbeda dibandingkan dengan GMM P2. GMM P1 digunakan untuk mengukur benih padi, sedangkan GMM P2 untuk benih gandum. Kedua benih tersebut memiliki kapasitansi dan konstanta dielektrik yang

berbeda, sehingga ketika digunakan untuk mengukur KA pada cuplikan benih kelapa sawit yang sama, hasil pengukurannya tidak sama persis. Menurut Didik (2020), konstanta dielektrik digunakan sebagai indikator KA, dan zat-zat yang memiliki karakteristik berbeda memiliki konstanta dielektrik yang berbeda pula. Saleh dan Yusnaini (2022) menambahkan bahwa kapasitansi merupakan salah satu parameter dielektrik suatu bahan. Nilai kapasitansi berbanding lurus dengan KA benih. Semakin tinggi KA benih, maka nilai kapasitansi suatu bahan akan semakin tinggi pula.

Beberapa model disusun dari berbagai metode pengukuran kadar air benih kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini (Gambar 3). Model disusun dengan menarik garis regresi antara nilai kadar air dari axis Y yang dihasilkan dari metode alternatif (GMM P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, dan P8, MT P10 dan P19, serta OP) dan nilai kadar air axis X yang dihasilkan dari metode OU. Nilai R^2 yang semakin mendekati 1 merepresentasikan bahwa model yang dihasilkan semakin baik. Dari Gambar 3,

terlihat bahwa metode alternatif yang menghasilkan model dengan R^2 paling mendekati 1 adalah MT P10 dan P19 serta OP. Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga metode tersebut

dapat menghasilkan nilai KA yang lebih mendekati nilai KA dari metode OU yang biasanya digunakan oleh produsen benih kelapa sawit dibandingkan dengan metode lainnya.



Gambar 3. Model pengukuran kadar air benih dari beberapa metode yang digunakan terhadap metode OU. Aksis Y merupakan nilai KA dari masing-masing metode, dan aksis X merupakan nilai KA dari metode OU.

Figure 3. Seed moisture measurement model of several methods used against the OU. The Y axis is the MC value of each method, and the X axis is the MC value of the OU.

Salah satu yang dapat mempengaruhi perbedaan sifat dielektrik benih adalah massa jenis (Nelson, 1982). Massa jenis ini berhubungan dengan ukuran, bentuk, dan komposisi kimia benih (Nelson, 1981). Tabel 2 memperlihatkan perbedaan komposisi kimia dari benih-benih yang khusus dengan kode di dalam GMM ataupun MT. Ditambah dengan perbedaan bentuk ukuran antar benih, maka masing-masing benih memiliki masa jenis yang berbeda yang berdampak pada hasil pengukuran KA yang berbeda pula. Selain itu konstanta dielektrik

suatu benih dihitung dengan rumus (ASABE, 2013 dalam Nelson, 2015):

$$\epsilon' = a + b \log f + cM$$

untuk: ϵ' adalah konstanta dielektrik;

f adalah frekuensi yang digunakan;

M adalah KA benih;

a dan b adalah tetapan yang nilainya berbeda-beda antar jenis benih.

Tabel 2. Komposisi kimia benih-benih yang spesifik dalam GMM dan MT
 Table 2. Chemical composition of specific seeds in GMM and MT

Jenis Benih	Karbohidrat (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Air (%)
Padi ¹	82,86	1,90	4,99	7,68
Gandum ²	79,00	3,80	8,50	11,50
Barley ³	67,30	1,80	12,50	11,50
Jagung ⁴	68,62	6,09	7,71	12,62
Rapeseed ⁵	31,42	38,80	20,85	1,96
Kedelai ⁶	16,31	28,20	37,69	8,07
Kacang tanah ⁷	1,81	47,00	38,61	5,80
Kapas ⁸	21,91	21,90	23,18	9,85
Kelapa sawit ⁹	27,00	26,24	3,92	26,91

Sumber : ¹ Arimiati *et al.* (2019), ² Melese *et al.* (2022), ³ Ali *et al.* (2014), ⁴ Landeng *et al.* (2017), ⁵ Gagour *et al.* (2022), ⁶ Etiosa *et al.* (2017), ⁷ Atasie *et al.* (2009), ⁸ Inyanda *et al.* (2021), ⁹ Muchtadi (1992).

Hal ini menunjukkan bahwa sifat dielektrik benih juga bergantung pada KA dari benih itu sendiri, namun karena masing-masing benih memiliki nilai tetapan a dan b yang berbeda-beda, terjadi perbedaan nilai KA pada masing-masing kode pada GMM dan MT dari cuplikan benih yang sama.

Fahroji & Hendri (2016) melakukan pengujian KA benih padi dengan *moisture meter* yang menggunakan prinsip kapasitansi, resistansi, dan infra merah, kemudian dibandingkan dengan metode oven. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa dari semua alat praktis yang digunakan, MT dengan prinsip kapasitansi memiliki keakuratan yang paling tinggi dibandingkan dengan peralatan lainnya, mengacu pada nilai KA dengan metode gravimetri oven. Hal ini menunjukkan bahwa GMM dan MT berpotensi untuk digunakan sebagai alat pengukur KA benih kelapa sawit menggantikan metode gravimetri oven yang bersifat destruktif. Hal ini didukung dengan hasil yang tidak berbeda nyata antar metode kecuali MT P13 dan MT P14 (Gambar 2). Meski demikian dibutuhkan pengukuran pada berbagai tingkat KA benih untuk membuat suatu model sehingga nilai KA yang terbaca pada alat dapat dimasukkan ke dalam model tersebut untuk mendapatkan estimasi KA benih yang lebih presisi dengan metode gravimetri oven.

KESIMPULAN

Penentuan KA benih kelapa sawit dengan metode gravimetri oven tidak perlu dilakukan selama 48 jam, karena pada jam ke 22 seluruh air di dalam benih sudah menguap. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pola penguapan air dari jam ke 9 hingga jam ke 21 untuk menentukan waktu yang lebih efektif dari 22 jam.

Alat MT dengan kode P10 dan P19 berpotensi untuk digunakan sebagai metode alternatif dalam penentuan KA benih kelapa sawit secara cepat dan praktis. Untuk hasil yang lebih baik diperlukan kuantitas pengukuran yang lebih banyak pada berbagai tingkat KA benih agar menghasilkan suatu model yang lebih representatif, sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan output nilai KA yang lebih mendekati metode gravimetri oven.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, H., & Prananda, Y. (2017). *Pengembangan metode penetapan kadar air benih saga pohon (Adenanthera pavonina L) dengan metode oven suhu rendah dan tinggi*, *Agrin*, 21(1), 17 – 25.
- Ali, S., Nazir, S., Usman, S., Nasreen, Z., Kalsoom, U., & Inam, T. (2014). Study on the biochemical effects of barley fiber on the

- hypercholesterolaemic rats. *African Journal of Plant Science*, 8(5), 237 – 242.
- Ardana, I.K., Wulandari, S., & Hartati, R.S. (2022). Urgency to accelerate replanting of Indonesian oil palm : a riview of the role of seed indtitutions. *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*, 974, 1 – 9. 10.1088/1755-1315/974/1/012104
- Arimiati, D., Nazari, F., & Darwan. (2019). Kandungan proksimat pada beberapa varietas unggul baru padi hibrida dan inbrida. *Prosiding Temu Teknis Jabatan Fungsional Non Peneliti, Malang, 17 – 19 Juli 2019*, 253 – 258.
- Atasie, V.N., Akinhami, T.F., & Ojiodu, C.C. (2009). Proximate analysis and physico-chemical properties of groundnut (*Rachis hypogaea* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 194 – 197.
- Bakhtavar, M.A., Afzal, I., & Basra, S.M.A. (2019). Moisture adsorption isotherms and quality of seeds stored in conventional packaging materials and hermetic super bag. *PLoS ONE*, 14(2), 1 – 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207569>
- Besharati, B., Lak, A., Ghaffari, H., Karimi, H., & Fattahzadeh, M. (2020). Development of a model to estimate moisture contents based on physical properties and capacitance of seeds. *Sensor and Actuators : Physical*, 318, 112513. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.112513>
- Copeland, L.O., & McDonald, M.B. (2001). *Principle of seed science and thecnology fourth edition*. New York: Springer Science+Business.
- Didik, L. A. (2020). Pengukuran konstanta dielektrik untuk mengetahui konsentrasi larutan gula dengan menggunakan metode plat sejajar. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 127 – 132.
- Elizalde, V., García, J.R., Trejo, C., Peña-Valdivia, C.B., Ma. Ybarra, C., & Leyva, O.R. (2021). Seed mass maturity in the terrestrial bromeliad *Hechtia perotensis* (Bromeliaceae), endemic to Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 69(3), 843-851. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i3.43477>
- Etiosa, O.R., Chika, N.B., & Benedicta, A. (2017). Mineral and proximate composition of soya bean. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*, 4(3), 1 – 6.
- Fahroji & Hendri. (2016). Kinerja Beberapa Tipe Moisture Meter dalam Penentuan Kadar Air Padi. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 5(1), 62 – 70.
- Freitas, T.S., Guimarães, A.S., Roels, S., Freitas V.P., & Cataldo, A. (2020) Is the time-domain reflectometry (tdr) technique suitable for moisture content measurement in low-porosity building materials?. *Sustainability*, 12(19), 7855. <https://doi.org/10.3390/su1219785>
- Gagour, J., Ahmed, M.N., Bouzid, H.A., Oubannin, S., Bijla, L., ibourki, M., Hajib, A., Koubachi, J., Harhar, H., & Gharby, S. (2022). Proximate composition, physicochemical, and lipids profiling and elemental profiling of rapeseed (*Brassica napus* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) grown in Morocco. *Hindawi, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 1 – 12. <https://doi.org/10.1155/2022/3505943>
- Indonesian Trade Promotion Centre. (2020). Kelapa sawit dan olahannya HS 1511. [e-book]. Retrieved from <https://itpc.or.jp/wp-content/uploads/2020/12/Market-Brief-Kelapa-Sawit-dan-Olahannya-HS-1511-Final.pdf>
- Inyanda, D.O., Ikyor, K.A., Ibanichuka, B.I., Zakari, A.H., & Stephen, I.A. (2021). Proximate and selected minerals composition of seed and leaf of cotton plant. *Global Scientific Journal*, 9(9), 1963 – 1967.
- Landeng, P.J., Suryanto, E., & Momuat, L.I. (2017). Komposisi proksimat dan potensi antioksidan dari biji jagung Manado kuning (*Zea mays* L.). *Chemistry Progress*, 20(1), 33 – 39.
- Markić A. G., Bogdan, S., Poštenjak M. G., Lanščak, M., Vujnović, Z., Bogunović, S., & Ivanković, M. (2022). Acorn Yields and Seed Viability of Pedunculate Oak in a 10-year Period in Forest Seed Objects across Croatia. *South-East European Forestry*, 13(1): 27 – 36. <https://doi.org/10.15177/seeefor.22-01>.
- Melese, B., Satheesh, N., Fanta, S.W., & Bishaw, Z. (2022). Effects of storage bags type and storage duration on seed quality and proximate composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum* L.) in Ethiopia. *Heliyon*, 8, e12506.

- <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12506>
- Muchtadi, T.R. (1992). *Karakterisasi komponen intrinsik utama buah sawit (Elaeis guineensis, Jacq.) dalam rangka optimalisasi proses ekstraksi minyak dan pemanfaatan provitamin A* (Doctoral dissertation). Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia. Retrieved from <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/23199>
- Nelson, S. O. (1981). Review of factors influencing the dielectric properties of cereal grains. *Cereal Chemistry*, 58(6), 487 – 492.
- Nelson, S.O. (1982). Factors Affecting the Dielectric Properties of Grain. *Transactions of the ASAE*, 25(4), 1045–1049. doi:10.13031/2013.33665
- Nelson, S.O. (2015). *Dielectric properties of agricultural materials and their applications*. [e - b o o k] . R e t r i e v e d f r o m <https://books.google.co.id/books?id=rTFOBQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Nelson, S.O., & Trabelsi, S. (2011). Use of grain and seed dielectric properties for moisture measurement. *Proceedings of IEEE Southeastcon*, 11962586, 17 – 20. 10.1109/SECON.2011.5752933
- Putri, R.E., Pratama, W.E., & Ifmalinda. (2023). Application of capacitive sensor for measuring grain moisture content based on internet of things. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 11(1), 29 – 40.
- Saleh, E.R.M, & Yusnaini. (2022). Model hubungan antara pengeringan oven terhadap nilai kapasitansi, kadar air, dan rendemen biji pala (*Myristica fragrans* Houtt). *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*. 25 – 31.
- Santoso, D., Nurhjannah, & Egra, S. (2022). *Teknologi penanganan pascapanen*. [e - b o o k] . R e t r i e v e d f r o m https://www.google.co.id/books/edition/Teknologi_Penanganan_Pascapanen/PuBkEAAAQBAJ?hl=ban&gbpv=1&kptab=overview
- Şekertekin, A., Marangoz, A.M., & Abdikan, S. (2018). Soil moisture mapping using sentinel-1A synthetic aperture radar data. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 5(2), 178 – 188.
- Shahbazi, F., Valizade, S., & Dowlatshah, A. (2017). Mechanical damage to green red lentil seeds. *Wiley Food Science & Nutrition*, 5, 943 – 947. <https://doi.org/10.1002/fsn3.480>
- Sudrajat, D.J., Nurhasybi, & Bramasto, Y. (2017). *Standar pengujian dan mutu benih tanaman hutan*. Bogor : PT Penerbit IPB Press.

