

## Aplikasi Sisa Kopi sebagai Perapi Tanah

Mohd ‘Izzul ‘Ifwat bin Mohd Johari, Siti Shilatul Najwa Sahrudin\*, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Nur ‘Izzati Ismail

Department of Chemical and Process Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

\*Corresponding Author: sitishilatulnajwa@gmail.com

Copyright©2022 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Received: 01 October 2022; Revised: 25 October 2022; Accepted: 20 November 2022; Published: 30 December 2022.

### Abstract:

Kopi adalah salah satu komoditi pertanian yang penting di dunia di mana ia dapat menghasilkan minuman yang mempunyai aroma indah dan diterima ramai. Walau bagaimanapun, pengeluaran kopi yang banyak secara tidak langsung menjana sisa kopi yang berlebihan dan akan mengundang kepada berlakunya pencemaran alam sekitar. Bagi mengurangkan berlakunya pencemaran alam yang berleluasa, sisa kopi yang mengandungi banyak kelebihan dijadikan sebagai perapi tanah untuk tanaman. Oleh itu, kajian ini menyiasat asas saintifik untuk penggunaan langsung sisa kopi (SK) terhadap keberkesannya sebagai perapi tanah bagi tanaman tumbuhan organik bendi. Kajian ini dijalankan dengan mengkaji nilai nitrat, fosforus dan kalium (NPK) dengan menggunakan 4 jenis medium seperti sisa kopi, tanah pasir, tanah kebun dan tanah organik yang membentuk enam komposisi tanah yang berbeza. Dengan menggunakan spektrofotometer HACH DR3600™, nilai NPK bagi setiap komposisi campuran medium dapat ditentukan. Manakala, pemantauan fizikal anak tumbuhan bendi telah dicatat selama 40 hari bagi mendapatkan ciri-ciri tumbesannya seperti bilangan daun, ketinggian dan keadaan tumbuhan selama hidup dalam komposisi medium yang berbeza. Hal ini dapat dibuktikan melalui nilai NPK yang telah ditentukan terutamanya TP67+SK33 yang menunjukkan tumbesaran yang sihat disamping penyerapan nutrien N (0.03 mg/L), P (0.03 mg/L), K (5.82 mg/L) dengan kadar yang secukupnya. Selain itu, tumbesaran fizikal tumbuhan bendi bagi TP67+SK33 menunjukkan tumbesaran yang positif dari segi ketinggian dan bilangan bendi selama 40 hari. Penyelidikan ini secara khususnya mempertimbangkan keberkesanan sisa kopi ke atas pertumbuhan tumbuhan, hidrologi tanah dan proses transformasi NPK secara tidak langsung dapat mengurangkan pencemaran alam sekitar.

**Keywords:** *Sisa kopi; perapi tanah; NPK; anak benih bendi; spektrofotometer*

### 1. Pengenalan

Tanaman kopi telah dikenalpasti sebagai salah satu daripada komoditi pertanian yang diberi perhatian oleh kerajaan Malaysia. Pemprosesan kopi menjana sejumlah besar sisa pertanian, antara 30% hingga 50% daripada berat jumlah kopi yang dihasilkan. Manakala, sejumlah besar sisa kopi yang dihasilkan daripada pembuatan minuman kopi di

seluruh dunia dengan nilai lebih daripada 6 bilion tan setahun [1]. Sejak kebelakangan ini, sisa kopi telah mendapat perhatian sebagai perapi organik yang berpotensi tinggi. Dengan menggunakan sisa kopi sebagai asas atau substrat untuk perapi organik, secara tidak langsung ia dapat meminimumkan pembaziran sisa di tapak pelupusan sampah. Ramai petani dan tukang kebun kini menggunakan sisa kopi sebagai pindaan untuk tanaman kerana ia menyediakan nutrien yang mencukupi seperti nitrogen, fosforus, kalium,

**Corresponding Author:** Siti Shilatul Najwa Sahrudin, Department of Chemical and Process Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia. Email: sitishilatulnajwa@gmail.com

magnesium, dan kuprum ke tanah [2].

Kaedah pengumpulan kimia menghasilkan sejumlah besar enapcemar yang tidak terurai yang berkemungkinan besar diserap masuk ke dalam tanah atau air bawah tanah lalu menyebabkan kerosakan alam sekitar dalam jangka masa panjang kepada ekosistem. Dengan ini, beberapa inisiatif telah dilancarkan seperti menjadikan enapcemar sebagai baja bio untuk digunakan dalam pelbagai industri pertanian. Sementara itu, air pemulihan enapcemar boleh digunakan semula sebagai bekalan air [3]. Sisa kopi adalah substrat yang ideal untuk bioekonomi kerana ia mengandungi beberapa sebatian organik seperti asid lemak, lignin, selulosa, hemiselulosa dan lain-lain polisakarida yang membenarkan volatiliti [4]. Secara umum, kopi merupakan minuman yang terkenal dipelusuk dunia akan tetapi hanya 30% daripadanya dijadikan sebagai air kopi. Manakala, 70% daripadanya telah mewujudkan aliran sisa yang banyak dan dilupuskan ke dalam tapak pelupusan alam sekitar [1]. Pertumbuhan penduduk telah menyebabkan peningkatan permintaan yang membawa kepada pelbagai isu alam sekitar. Hal ini akan mewujudkan enapcemar yang berkemungkinan besar menyebabkan pencemaran alam sekitar dalam jangka masa yang lama. Oleh itu, prinsip dan garis panduan hijau diperlukan bagi mencegah sisa berlebihan melalui penggunaan praktikal

Justeru, dalam kajian penyelidikan ini, sisa kopi telah digunakan sebagai perapi menerusi pertumbuhan anak tumbuhan bendi dengan menentukan nilai kandungan elemen nitrat-fosfat-kalium (NPK) dan keberkesannya terhadap pertumbuhan anak tumbuhan bendi dalam komposisi tanah yang berbeza.

## 2. Bahan dan Kaedah

### 2.1 Penyediaan Sampel

Penyediaan sampel dimulakan dengan pengumpulan 4 jenis medium seperti sisa kopi, tanah pasir, tanah kebun, dan tanah organik. Setiap jenis medium telah dikumpulkan mengikut kuantiti yang diperlukan seperti dalam Jadual 1.0. Manakala, anak tumbuhan bendi telah dipilih dalam kajian ini

Jadual 1.0 Senarai jenis medium dan kuantiti

Jenis medium	Kuantiti (kg)
Sisa kopi	5
Tanah pasir	3
Tanah kebun	3
Tanah organik	3

### 2.2 Penyediaan percambahan tumbuhan bendi dan tapak tumbuhan

Dulang semaian benih yang berukuran 54 cm panjang x 28

cm lebar x 5 cm tinggi telah digunakan untuk menyemai sebanyak 56 biji benih bendi (Rajah 1).



Rajah 1 Semaian biji benih bendi

Tapak tumbuhan berukuran 48 cm panjang x 19 cm lebar x 17 cm tinggi digunakan untuk pertumbuhan anak tumbuhan bendi yang diisi dengan 6 komposisi medium yang berbeza:

- i. 100% sisa kopi (TPO+SK100)
- ii. 100% pasir (TP100+SK0)
- iii. 100% tanah kebun (TKe100+SK0)
- iv. 67% tanah organik + 33% sisa kopi (TO67+SK33)
- v. 67% pasir + 33% tanah organik (TP67+TO33)
- vi. 67% pasir + 33% sisa kopi (TP67+SK33)

Apabila biji benih telah bercambah setinggi 5 cm, ia dipindahkan ke tapak tumbuhan supaya proses tumbesaran dapat berlaku secara sempurna dengan ruang yang lebih besar. Sebanyak 30 anak pokok yang berjaya bercambah dengan baik dipindahkan ke dalam tapak tumbuhan. Ini bermaksud, hanya 5 anak pokok telah ditempatkan dalam setiap komposisi medium yang telah dinyatakan seperti dalam Rajah 2.

### 2.3 Pemantaun fizikal tumbuhan

Pemantauan fizikal tumbuhan direkodkan setiap hari selama 40 hari. Pemantauan fizikal dilakukan berdasarkan tiga ciri fizikal bersama kaedah yang digunakan bagi setiap pemantauan seperti dijelaskan dalam Jadual 2.

### 2.4 Pengekstrakan elemen nitrat (N), fosfat (P), dan potassium (K)

#### 1) Pengekstrakan elemen

Kaedah serental telah digunakan bagi mendapatkan nilai kandungan N, P dan K. Sebanyak 10 g bagi setiap jenis medium diambil dari tapak tumbuhan dan dituangkan ke dalam 250 ml kelalang kon dan dicampurkan dengan 0.3 g kalsium klorida bersama 100 ml air suling seperti dalam Rajah 3. Campuran ini digoncangkan dengan menggunakan pengocok orbital selama 120 minit untuk menghasilkan

sebatian yang sempurna dan ditapis dengan penapis picagari bersaiz 25 mm bagi mendapatkan cecair sebatian.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Rajah 2. Anak pokok bendi di dalam 6 komposisi tanah yang berbeza, (a) TO67+SK33, (b) TP0+SK100, (c) TKe100+SK0, (d) TP67+TO33, (e) TP100+SK0, (f) TP67+SK33.

Ciri pemantauan fizikal	Kaedah pemantauan
<b>Ketinggian tumbuhan</b>	Pengukuran: ketinggian anak tumbuhan dengan menggunakan pembaris berukuran 15 cm.
<b>Bilangan daun tumbuhan</b>	Pengiraan bilangan daun yang sihat pada setiap tumbuhan.
<b>Keadaan tumbuhan</b>	Pemantauan secara mata kasar sama ada tumbuhan dalam keadaan segar, layu, mati dan sebagainya.



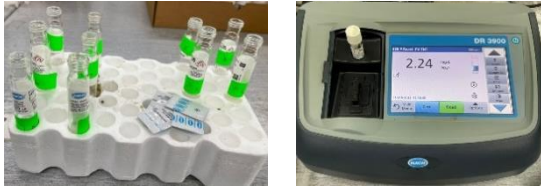
Rajah 3.0 Sebatian komposisi tanah selepas dicampurkan dengan kalsium klorida dan air suling

## 2) Pencirian elemen N-P-K

Dalam kajian ini, hanya nilai kandungan N dan P sahaja dicirikan dengan menggunakan spektrofotometer HACH DR3900 (HACH, Colorado, USA) dan HACH DR6000 (HACH, Colorado, USA), masing-masing. Penentuan kandungan N dan P dilangsungkan dengan menggunakan Kaedah 8039 untuk N (Rajah 4a) dan Kaedah 8048 untuk P (Rajah 4b). Manakala sampel K telah dihantar ke makmal analisis bagi mendapatkan nilai kandungan K.

Jadual 2 Ciri fizikal dan kaedah pemantauan





(a)



(b)

Rajah 4.0 Penentuan kandungan N dan P dengan menggunakan kaedah (a) 8039 untuk N dan (b) 8048 untuk P

## 2.5 Kadar pertumbuhan relatif (RGR)

Kadar pertumbuhan relative (RGR) adalah ciri penting dalam menganalisis pertumbuhan tanaman yang menggunakan ketinggian dan nilai daun sebagai parameter berdasarkan formula berikut:

$$RGR = \frac{\ln x_{t_1} - \ln x_{t_0}}{t_1 - t_0} \quad (1)$$

dengan,  $x_{t_1}$  = nilai parameter agronomi pada minggu tertentu,  $x_{t_0}$  = nilai parameter agronomi pada minggu permulaan penanaman,  $t_1$  = minggu pengambilan data, dan  $t_0$  = minggu permulaan penanaman.

## 2.6 Analisis statistik

Setiap data yang diperoleh dalam kajian ini telah dianalisa secara statistik dengan menggunakan Microsoft Office Excel 2020 (Microsoft Corp., Washington, USA). Tujuannya adalah untuk mengkaji signifikansi antara hari penanaman dan komposisi medium termasuklah nilai N, P dan K (faktor) dengan jumlah daun dan ketinggian anak tumbuhan (respons). Dengan keputusan yang didapati berdasarkan analisis statistik, keberkesanan setiap komposisi medium dapat dinilai sekali gus dapat merumuskan keberkesanan sisa kopi sebagai perapi tanah berbanding dengan komposisi medium yang lain.

# 3. Keputusan Eksperimen

## 3.1 Pertumbuhan fizikal tumbuhan bendi

Pertumbuhan fizikal tumbuhan bendi dalam setiap komposisi tanah ditunjukkan dalam Rajah 5 pada hari ke-40.

Terdapat perbezaan yang besar terhadap tumbesaran tumbuhan bendi terutamanya dalam TKe100+SK0 (Rajah 5c) yang hidup dengan sihat. Tumbuhan bendi di TP67+TO33 (Rajah 5d) juga menunjukkan tumbesaran yang baik diikuti dengan TP100+SK0 (Rajah 5e) dan TP67+SK33 (Rajah 5f). Hal ini kerana, setiap komposisi tanah ini telah mendapat nutrien yang mencukupi seperti nitrat, fosfat dan potassium.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



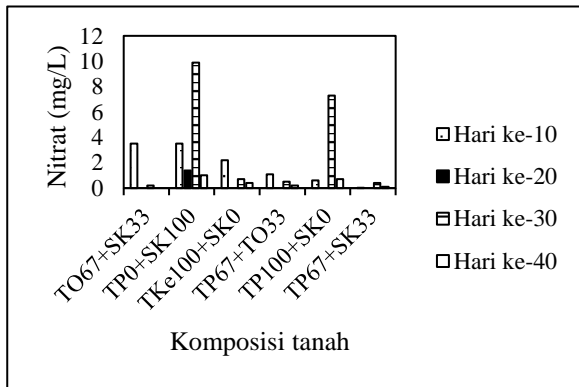
(f)

Rajah 5. Anak pokok bendi, (a) TO67+SK33, (b) TP0+SK100, (c) TKe100+SK0, (d) TP67+TO33, (e) TP100+SK0, (f) TP67+SK33.

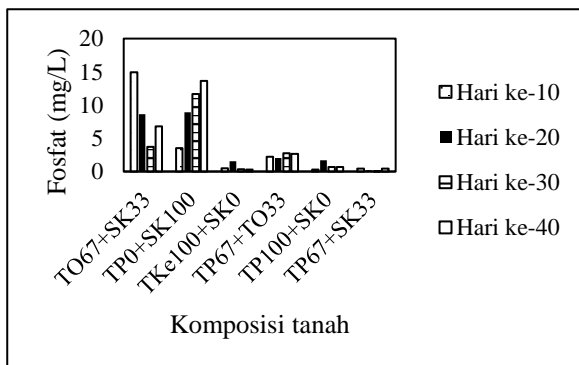
Manakala, tumbesaran tumbuhan bendi di TO67+SK33 (Rajah 5a) dan TP0+SK100 (Rajah 5b) menunjukkan impak yang negatif kerana tumbesarannya terbantut dan tidak berjaya hidup. Hal ini kerana, komposisi tanah bagi TP0+SK100 dan TO67+SK33 dipercayai mempunyai nutrien yang berlebihan dan menyebabkan tumbuhan menjadi sukar untuk tumbuh, tidak seperti komposisi tanah yang lain, yang menunjukkan pertumbuhan yang sihat. Apabila tumbuhan mempunyai nutrien yang berlebihan, ia boleh menyebabkan toksik kepada tumbuhan. Kesannya, pertumbuhan akan terbantut dan mati.

### 3.2 Kandungan NPK dalam komposisi tanah

Nilai kandungan NPK telah diperolehi dalam tempoh 40 hari dan telah dikumpulkan mengikut hari ke-10, 20, 30 dan 40. Kesemua data tersebut telah digambarkan dalam Rajah 6 untuk nilai N, Rajah 7 untuk nilai P dan Rajah 8 untuk nilai K.

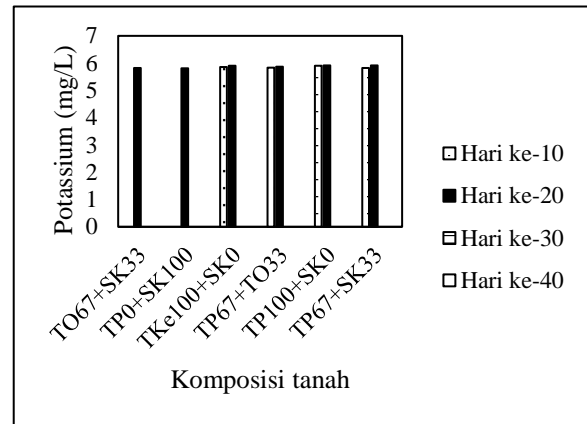


Rajah 6. Kandungan N dalam komposisi tanah



Rajah 7. Kandungan P dalam komposisi tanah

Rajah 7. Kandungan P dalam komposisi tanah



Rajah 8. Kandungan K dalam komposisi tanah

Berdasarkan Rajah 6, kandungan N dalam TP67+SK33 menunjukkan nilai yang paling rendah berbanding dengan komposisi tanah yang lain. Manakala, kandungan N di TP0+SK100 pula menunjukkan nilai yang paling tinggi keseluruhannya, terutamanya pada hari ke-30. Dalam kajian ini, kandungan N perlu berkurangan mengikut pertambahan hari. Hal ini disebabkan penyerapan yang berlaku di antara komposisi tanah di dalam pertumbuhan bendi. Tumbuhan menyerap nitrogen daripada tanah sebagai ion  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$ , tetapi kerana nutrien begitu meresap dalam tanah pertanian, kebanyakan nitrogen diambil sebagai nitrat (N). N bergerak bebas ke arah akar tumbuhan sambil menyerap air [5].

Rajah 7.0 telah menunjukkan perbezaan yang ketara untuk kandungan P dalam komposisi tanah yang berbeza. Kandungan P dalam TP67+SK33 menunjukkan nilai yang paling rendah berbanding komposisi tanah yang lain. Manakala kandungan P di TP0+SK100 menunjukkan semakin meningkat mengikut hari ke-10, 20, 30 dan 40. Komposisi tanah pada TO67+SK33 meningkat pada hari ke-10 dan menurun untuk hari seterusnya dan kembali meningkat pada hari ke-40. Peningkatan pertumbuhan yang sihat menghasilkan  $\text{CO}_2$  yang tinggi berkemungkinan memerlukan lebih banyak P yang diambil dalam tanah [6].

Potassium (K) merupakan salah satu nutrien utama untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Tumbuhan menyerap lebih banyak K daripada unsur lain, kecuali N. K menonjol sebagai kation yang mempunyai pengaruh paling kuat terhadap kualiti tumbuhan.

Dalam kajian ini, kandungan K didapati diserap sepenuhnya bermula hari ke-30 dan seterusnya pada setiap komposisi tanah (Rajah 8). Keseluruhannya nilai kandungan pada setiap komposisi tanah adalah dalam julat yang sama (5-6 mg/L). Ini bermakna kandungan K telah terbukti mempunyai peranan penting dalam banyak parameter kualiti tumbuhan seperti saiz buah, rupa, warna, pepejal larut, keasidan, kandungan vitamin, rasa dan jangka hayat dipengaruhi secara positif dengan membekalkan K dalam kuantiti yang mencukupi. Sifat-sifat ini dipengaruhi oleh

fotosintesis, translokasi fotosintesis, sintesis protein, pengawalan stomata, pengaktifan enzim, dan banyak proses lain [6].

### 3.3 Ketinggian tumbuhan

Pengambilan data ketinggian tumbuhan bendi telah dilakukan selama 40 hari. Kadar pertumbuhan relatif (RGR) berdasarkan purata ketinggian ketumbuhan bagi setiap jenis tanah telah dinilai dan digambarkan seperti Rajah 9. Merujuk kepada Rajah 9, ketinggian tumbuhan bendi yang ditanam di TKe100+SK0 menunjukkan pertumbuhan yang paling bagus dan konsisten bagi hari ke-0, 10, 20, 30 dan 40, diikuti dengan TP67+TO33, TP100+SK0 dan TP67+SK33.

Ketinggian tumbuhan di TKe100+SK0 paling tinggi kerana ia merupakan tanah kebun yang subur dan mempunyai nutrien yang secukupnya. Tambahan pula, tanah kebun sememangnya digunakan untuk tanaman. Menurut [7], tanah kebun adalah tanah yang subur dan boleh menyokong fungsi tanah walaupun menggunakan tanah secara intensif. Selain itu, kebolehan tanah kebun untuk mengekalkan lebih banyak air dalam tanah untuk masa yang lama juga adalah faktor tumbuhan bendi tumbuh dengan jayanya [8]. Ketinggian anak tumbuhan di TO67+SK33 menunjukkan tidak konsisten dan terbantut. Manakala, TP0+SK100 menunjukkan pertumbuhan yang sangat lambat pada hari ke 0 dan 10. Disebabkan perkara ini, pertumbuhan anak pokok itu telah mati pada hari berikutnya. TP0+SK100 merupakan

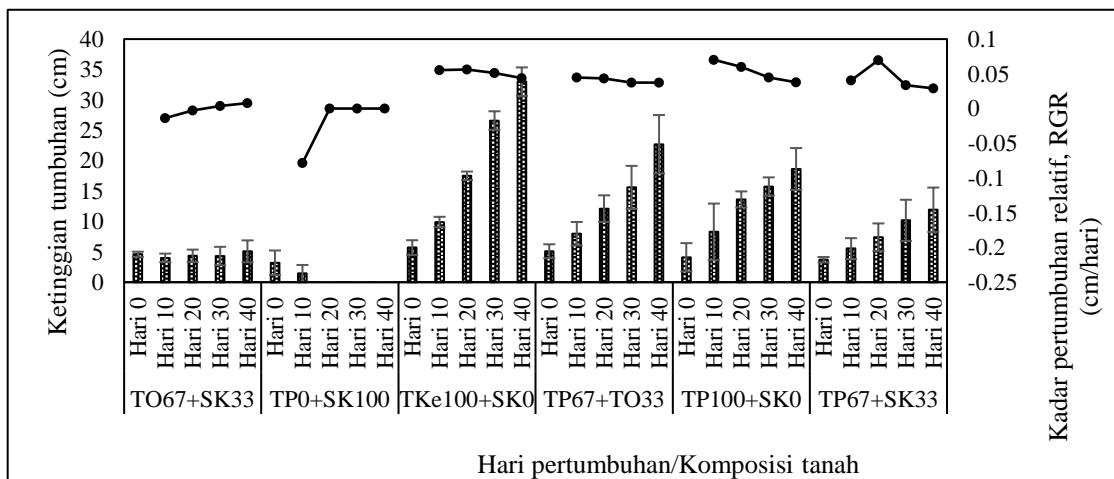
baja organik yang penuh dengan nutrien dan zat (NPK dan magnesium) yang sangat bagus untuk tanaman.

Namun begitu, sifatnya yang penuh nutrien ini boleh menyebabkan terbantutnya sesuatu tanaman kerana kuantiti nutrien telah melebihi dari yang sepatutnya diperlukan oleh tanaman itu. Ia dapat dibuktikan dalam Rajah 5b apabila pertumbuhannya terbantut dan tidak dapat hidup dengan sempurna.

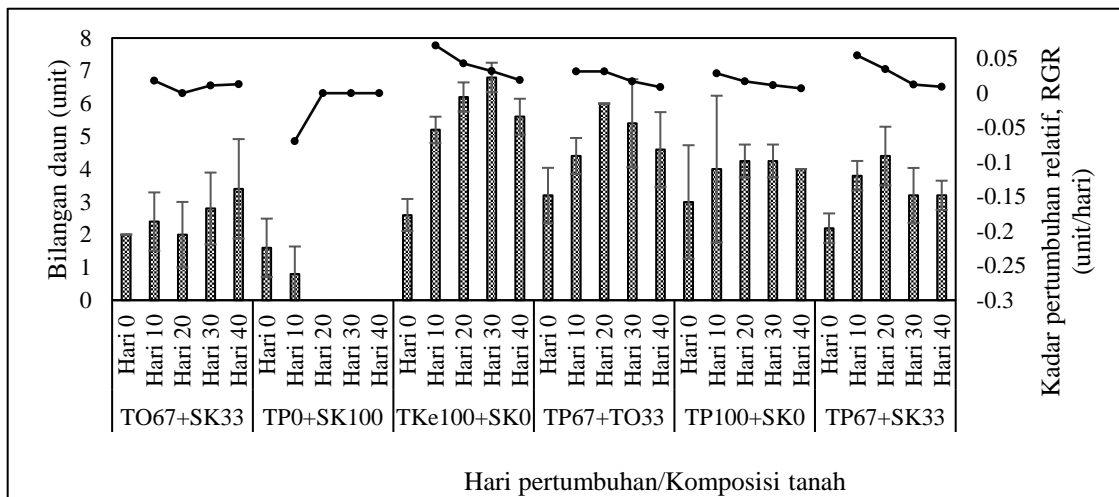
Manakala nilai RGR (Rajah 9) telah menunjukkan wujudnya pertumbuhan tumbuhan bendi pada komposisi tanah dalam tempoh 40 hari. Apabila terdapat sumber yang mencukupi seperti cahaya, nutrien dan air, peningkatan biojisim selepas percambahan akan menjadi selari dengan jisim tumbuhan yang sedia ada. Ini dapat dibuktikan melalui nilai RGR seperti dalam Rajah 9.0. Sebagai contoh, tumbuhan selepas percambahan akan tumbuh dengan sihat selari dengan peningkatan ketinggiannya terutamanya TKe100+SK0, TP67+TO33, TP100+SK0, dan TP67+SK33

### 3.4 Bilangan daun tumbuhan

Pengambilan data bilangan daun tumbuhan bendi telah dilakukan selama 40 hari dan kadar pertumbuhan relatif (RGR) berdasarkan purata bilangan daun ketumbuhan bagi setiap jenis tanah telah dinilai. Kesemua data telah diringkaskan seperti dalam Rajah 10.



Rajah 9 Ketinggian tumbuhan bagi setiap komposisi tanah dalam 40 hari



Rajah 10 Bilangan daun tumbuhan bendi bagi setiap komposisi tanah dalam 40 hari

Berdasarkan Rajah 10, terdapat peningkatan bilangan daun terutamanya TKe100+SK0, TP67+TO33, TP100+SK0 dan TP67+SK33. Manakala, bilangan daun TO67+SK33 dan TP0+SK100 kurang daripada komposisi tanah yang lain. Nilai RGR dalam bilangan daun membuktikan bahawa setiap komposisi tanah berjaya menyalurkan nutrien yang secukupnya supaya tumbuhan bendi dapat mengeluarkan bilangan daun sejajar dengan tumbesarnya.

#### 4. Kesimpulan

Kajian ini jelas menunjukkan bahawa sisa kopi berjaya menjadi perapi tanah sekaligus dapat meningkatkan sifat fizikokimia tanah, meningkatkan nutrien dalam medium tanah semaian, dan secara aktif menyokong perkembangan morfologi anak benih bendi. Hal ini dapat dibuktikan melalui nilai NPK yang telah ditentukan terutamanya gabungan antara tanah pasir dan sisa kopi (TP67+SK33) yang menunjukkan tumbesaran yang sihat disamping penyerapan nutrien N (0.03 mg/L), P (0.03 mg/L), K (5.82 mg/L) dengan kadar yang secukupnya. Selain itu, tumbesaran fizikal tumbuhan bendi bagi TP67+SK33 menunjukkan tumbesaran yang positif dari segi ketinggian dan bilangan bendi selama 40 hari. Perkara ini telah membuktikan keberkesanan sisa kopi sebagai perapi tanah dalam kajian ini.

Hasil gabungan antara tanah organik dan sisa kopi (TO63+SK33) menunjukkan pertumbuhan yang terbantu sama seperti TP0+SK100. Hal ini kerana tumbuhan bendi di dalam kedua-dua komposisi tanah mengandungi nutrien yang berlebihan (NPK – 3.5-14.94-0) & (NPK – 3.5-3.5-0) sekaligus menjadi pertumbuhan bendi terbantu dan mati pada hari ke-20 terutamanya pada TP0+SK100. Akan tetapi, pertumbuhan bendi bagi TO63+SK33 masih menunjukkan impak yang positif dengan adanya pertambahan bilangan

daun, walaupun ketinggiannya terbantu.

Kalium, bersama-sama dengan N dan P, memainkan peranan penting dalam pembangunan tumbuhan. Ia adalah makronutrien penting untuk tumbuhan yang mempunyai banyak fungsi seperti pemakanan tumbuhan, pengaktifan pelbagai enzim, dan perlindungan kecerunan berpotensi elektrik dalam membran sel. Ia juga dianggap sebagai kation penting yang melindungi keseimbangan anion-kation. Untuk pertumbuhan tumbuhan menjadi sihat, semua nutrien adalah penting pada masa yang sama. Tetapi terdapat perbezaan besar dalam kuantiti yang akan diberikan kepada tumbuhan. N, P, dan K ialah makronutrien utama yang perlu diberikan dalam jumlah kira-kira 50–150 lbs/ekar. Penggunaan sisa kopi untuk meminda tanah semaian adalah disyorkan. Pengagihan bahan organik ini dalam sistem semaian pertanian pengeluaran anak benih akan menguntungkan sisa kopi dan akhirnya membekalkan nutrien kepada pertumbuhan anak benih tanpa kesan buruk terhadap biojisim tanah. Selain itu, sisa kopi juga disyorkan untuk digunakan sebagai perapi tanah pada tanaman dan tumbuhan yang lain seperti tumbuhan tomato untuk melihat lebih keberkesanan sisa kopi dengan nilai komposisi tanah yang berbeza (bawah 33%).

#### 5. Penghargaan

Setinggi-tinggi penghargaan diberikan kepada pihak Universiti Kebangsaan Malaysia melalui geran penyelidikan DIP-2021-002 atas sokongan kepada kerja-kerja penyelidikan yang dijalankan.

#### 6. Rujukan

- [1] B. Janissen, T. Huynh. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol 128, 110-117, 2018
- [2] R. K. Kasongo, A. Verdoodt, P. Kanyankagote, G. Baert, E. Van Ranst. Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. *Soil Use and Management*, Vol. 27, No. 1. 94–102, 2011.
- [3] L. Sisti, A. Celli, G. Totaro, P. Cinelli, F. Signori, A. Lazzeri, L. Navarini. Monomers, materials, and energy from coffee by-products: A review. *Sustainability*, Vol.13, No.12, 2-19, 2021.
- [4] A. B. H. Kueh. Spent ground coffee – awaking the sustainability prospects. *Environmental and Toxicology Management*, Vol. 1, No.1, 1–6., 2021.
- [5] P. J. White, P. H. Brown, P. H. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany*, Vol. 105. No.7, 1073–1080, 2010
- [6] J. Jin, C. Tang, P. Sale. The impact of elevated carbon dioxide on the phosphorus nutrition of plants: A review. *Annals of Botany*, Vol.116, No. 6, 987–999.
- [7] S. Tresch, M. Moretti, R. C. Le Bayon, P. Mader, A. Zanetta, D. Frey, A. Fliessbach. A gardener's influence on urban soil quality. *Frontiers in Environmental Science*, Vol 6. No. 25, 1-17, 2018
- [8] B. B. Lin, M. H. Egerer, H. Liere, S. Jha, S.M. Philpott. Soil management is key to maintaining soil moisture in urban gardens facing changing climatic conditions. *Scientific Reports*, Vol. 8, No. 1, 1–9, 2018.