

## Pembangunan sistem aeroponik dengan sistem pengairan sejuk boleh alih

(Aeroponic system development with portable chilled irrigation system)

Siti Hawa Ahmad Ramli, Muhd Akhtar Mohamad Tahir, Muhammad Shukri Hassan dan Muhammad Syahiran AfiEFF Azman

### Pengenalan

Kadar urbanisasi yang tinggi ekoran pembangunan bandar yang pesat serta penghijrahan penduduk dari luar bandar ke bandar telah meningkatkan keperluan penghasilan makanan di kawasan bandar. Menurut statistik Bank Dunia, pertambahan populasi bandar di Malaysia pada tahun 2021 adalah melebihi 2.5 juta. Namun, kadar pengeluaran makanan yang tidak selari dengan pertambahan jumlah penduduk menuntut negara untuk mengimport sumber makanan bagi memenuhi keperluan dan permintaan domestik. Sebanyak 10% daripada kadar penggunaan makanan isi rumah menurut Indeks Harga Pengguna merupakan sayuran dengan 4% daripada jumlah tersebut ialah buah-buahan dan sayuran import.

Kementerian dan agensi berkaitan giat menjalankan pelbagai usaha dan inisiatif dalam meningkatkan tahap sara diri pengeluaran produk makanan negara. Salah satu saranan tersebut adalah dengan menjalankan aktiviti pertanian bandar yang sangat digalakkan untuk dipelopori oleh penduduk bandar. Kajian yang dijalankan oleh *Resource Centre on Urban Agriculture and Food Security* (RUAFF) mendapati sebanyak 40 – 60% daripada pendapatan penduduk bandar di negara maju dibelanjakan ke atas makanan. Dengan kadar kemiskinan di bandar yang turut sama menunjukkan trend peningkatan yang membimbangkan, pertanian bandar merupakan satu pendekatan yang praktikal dalam membantu isi rumah bandar meringankan kos sara hidup melalui pengeluaran sendiri sebahagian daripada bahan makanan yang diperlukan. Kira-kira 18% daripada jumlah hasil pengeluaran pertanian di bandar-bandar maju dunia disumbangkan oleh pertanian bandar. Mengambil bandar Tokyo sebagai contoh, pertanian bandar dijadikan aktiviti sampingan oleh 70 ribu penghuninya bagi menampung kos keperluan makanan mereka. Secara tidak langsung pertanian bandar juga boleh menjadi salah satu sumber pendapatan penduduk bandar dengan penjualan hasil pertanian sekali gus mewujudkan peluang pekerjaan bagi mereka yang menjalankan aktiviti ini.

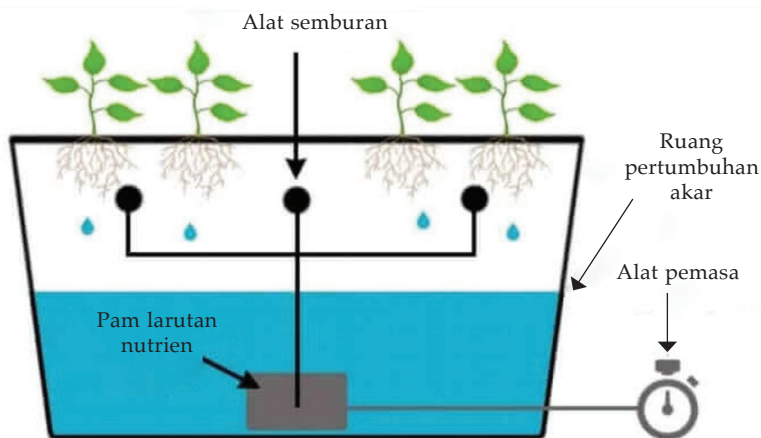
Pertanian bandar dilihat lebih sinonim dengan kaedah penanaman tanpa penggunaan tanah. Antara kaedah pertanian yang sering kali digunakan dalam pertanian bandar adalah fertigasi, nutripot dan hidroponik. Satu lagi kaedah pertanian bandar yang semakin meraih perhatian mereka yang gemar

bercucuk tanam adalah teknik penanaman secara aeroponik. Sistem aeroponik adalah satu sistem tanaman dalam persekitaran berkabus tanpa menggunakan tanah sebagai medium perantaraan, tetapi menggunakan udara sebagai ganti kepada tanah. Tanaman diletakkan tergantung dalam persekitaran yang tertutup atau separa tertutup dengan keadaan akar tanaman yang terdedah di udara. Pengairan dan pembajaan kepada tanaman dilakukan dengan kaedah penyemburan larutan cecair atau kabus halus yang kaya dengan nutrien secara terus ke akar tanaman menggunakan alat semburan (*Gambar rajah 1*).

### Pembangunan sistem aeroponik

Satu sistem penanaman secara aeroponik bagi pengeluaran sayuran berdaun telah dibangunkan. Reka bentuk pembangunan sistem ini dibuat berdasarkan parameter yang disenaraikan seperti dalam *Jadual 1*.

Sistem aeroponik terdiri daripada tiga komponen utama iaitu sistem penanaman, sistem pengairan sejuk boleh alih dan sistem pemantauan data.



Sumber: <https://420beginner.com/>

*Gambar rajah 1. Sistem aeroponik*

Jadual 1. Spesifikasi reka bentuk pembangunan sistem aeroponik

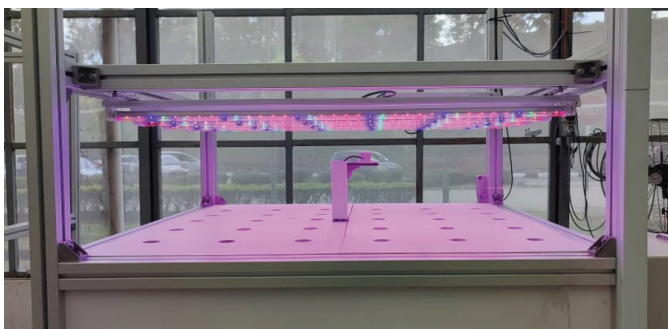
Parameter	Spesifikasi
Kedalaman zon akar	1 m
Suhu ruang pertumbuhan akar	10 – 28 °C
Kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar	95 – 99%
Nilai pH	5.5 – 6.5
EC baja	0.8 – 1.2 ds/m
Saiz alat semburan	30 – 50 microns
Jarak alat semburan daripada tanaman	0 – 1 m
Saiz pam	2 – 4 hp

### *Sistem penanaman*

Struktur penanaman bagi sistem aeroponik yang dibangunkan dengan ketinggian 2.4 m ini boleh dibahagikan kepada dua bahagian, iaitu ruang kanopi tanaman di bahagian atas dan ruang pertumbuhan akar di bahagian bawah (*Gambar 1*). Ruang pertumbuhan akar berukuran 1.2 m × 1.2 m × 1.2 m direka bentuk dengan mengambil kira saiz tubuh operator bagi memudahkan proses pengendalian, pemindahan, penjagaan dan penuaian tanaman serta proses pengambilan data dan penyelenggaraan. Bahan bagi kerangka utama diperbuat daripada aluminium berbentuk slot T, iaitu sejenis profil aluminium terhimpit hasil menggunakan teknik penyemperitan. Slot ini memudahkan proses pemasangan struktur kerangka dan proses penyelenggaraan selain menyediakan keupayaan penyambungan pelbagai perkakasan pada struktur serta pelarasan pemasangan struktur berdasarkan keperluan. Saiz ruang kanopi dan ruang pertumbuhan akar adalah tidak terhad dan boleh dilaraskan bergantung kepada jenis tanaman dan keperluan sistem.

Ruang kanopi tanaman adalah bahagian atas struktur penanaman yang menempatkan ruang untuk daun tanaman tumbuh. Ia turut menyediakan kemudahan untuk memasang kabel pegangan sokongan bagi memegang bahagian atas tumbuhan sekiranya diperlukan. Lima batang lampu *light emitting diode* (LED) dipasang pada ketinggian 1 kaki daripada penutup ruang pertumbuhan akar dengan jarak 20 cm di antara setiap lampu (*Gambar 2*). Lampu LED dipasang di antara barisan tanaman dan dihidupkan dari jam 7 pagi sehingga 3 petang.

Ruang pertumbuhan akar ditutup dengan panel yang diperbuat daripada *expanded polystyrene* (EPS). Bahan ini dipilih kerana ringan, kos efektif dan merupakan penebat cekap tenaga. Sebanyak 30 lubang tanaman ditebuk pada panel penutup ruang pertumbuhan akar. Diameter lubang tanaman ialah 45 mm dengan jarak 20 cm pusat ke pusat. Tumbuhan diletakkan ke dalam lubang tanaman yang telah ditebuk pada penutup ruang pertumbuhan akar. Disebabkan ketiadaan medium bagi zon akar untuk tanaman berpaut, bakul atau kolar sokongan diperlukan bagi memegang batang tumbuh-tumbuhan dan menjadikan tanaman tersebut berada dalam keadaan tergantung. Lantai bahagian dalam



*Gambar 1. Struktur penanaman bagi sistem aeroponik*

disiapkan dengan takungan daripada panel jenis akrilik bagi tujuan pengumpulan semula air semburan yang tidak diserap oleh akar tanaman. Bahan akrilik dipilih kerana ringan, kuat dan tahan lasak.



Gambar 2. Pemasangan lampu LED

### ***Sistem pengairan sejuk boleh alih***

Sistem pengairan ini terdiri daripada satu tangki air berkapasiti 60 gelen, tiga tangki baja dan asid masing-masing berkapasiti 30 L lengkap dengan pam penyuntik baja boleh laras berkadar aliran sehingga 1.8 L/jam, pam air berkuasa 1 hp, pengadun sebaris paip (*inline pipe mixer*), alat pemasa dan juga deretan alat penyembur. Sebanyak 36 unit alat penyembur dipasang pada kedudukan di antara barisan lubang tanaman dengan jarak ketinggian dari pangkal akar tanaman ke alat penyembur sebanyak 70 cm (*Gambar 3*). Radius penyemburan air bagi alat penyembur ini adalah sehingga 30 cm. Sistem ini turut dilengkapi dengan satu mesin penyejuk air industri yang digunakan bagi membekalkan air sejuk secara berterusan kepada sistem penanaman. Tetapan suhu paling rendah bagi mesin penyejuk air ini ialah 5 °C dan tetapan suhu paling tinggi ialah 30 °C. Kesemua peralatan sistem pengairan ini (selain tangki air dan mesin penyejuk air industri) ditempatkan di atas satu platform yang membolehkan ia untuk menjadi mudah alih (*Gambar 4*).

Sistem pengairan ini adalah satu sistem gelung tertutup; lebih semburan nutrien yang tidak diserap oleh tanaman akan jatuh semula ke dalam takungan untuk diguna semula bagi kitaran penyemburan seterusnya.



Gambar 3. Kedudukan dan posisi alat penyembur



Gambar 4. Sistem pengairan sejuk boleh alih

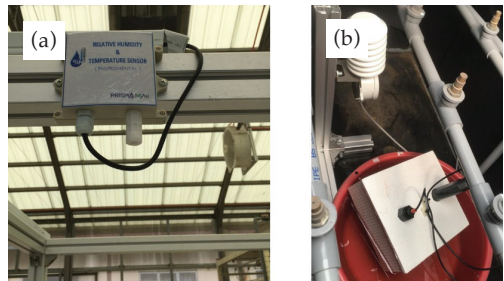
### Sistem kawalan dan pemantauan data

Ruang pertumbuhan akar hendaklah mengekalkan keadaan optimum bagi pertumbuhan sistem akar yang sihat di mana suhu dan kelembapan relatif di dalam ruang perlu berada dalam julat 10 – 28 °C dan 95 – 99%. Beberapa unit penerima (Gambar 5) telah dipasang pada beberapa bahagian sistem penanaman aeroponik ini bagi mengukur parameter-parameter berikut: suhu dan kelembapan relatif persekitaran, bacaan kekonduksian elektrik (EC) dan pH sistem pengairan dan juga suhu serta kelembapan relatif di dalam ruang pertumbuhan akar.

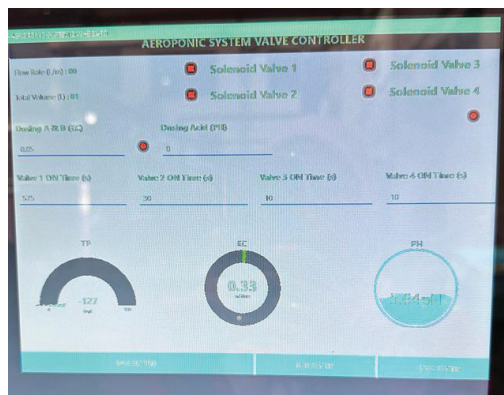
Data-data yang diambil oleh penerima disimpan di dalam sistem komputer khusus pada panel kawalan dan pemantauan dan dipaparkan di papan pemuka yang telah dibangunkan (Gambar 6).

### Hasil kajian yang dijalankan

Larutan nutrien akan dipamkan ke alat penyembur untuk disemburkan ke bahagian bawah batang tanaman dan juga bahagian akar pada sela masa dan tempoh semburan yang ditetapkan menggunakan alat pemasa. Sela masa semburan adalah jarak masa antara satu semburan dengan semburan seterusnya



Gambar 5. (a) Penerima suhu dan kelembapan relatif persekitaran (b) Penerima suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar, penerima EC dan pH sistem pengairan

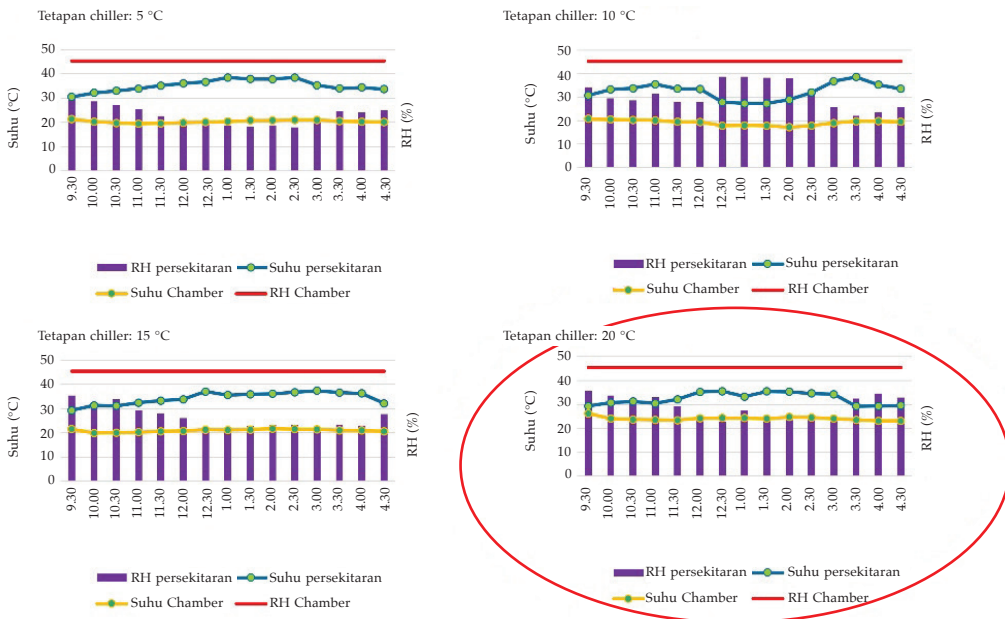


Gambar 6. Papan pemuka sistem kawalan dan pemantauan

manakala tempoh semburan adalah tempoh masa air disemburkan ke bahagian akar tanaman. Kitaran masa dan tempoh semburan adalah bergantung kepada keperluan jenis tanaman yang ditanam. Dua kajian telah dijalankan bagi mendapatkan parameter yang diperlukan untuk mencapai keadaan optimum pertumbuhan akar. Kajian pertama melibatkan pengaruh keadaan persekitaran terhadap tetapan sistem pengairan. Suhu mesin penyejuk air ditetapkan pada suhu 5 °C, 10 °C, 15 °C dan 20 °C. Bacaan suhu dan kelembapan relatif persekitaran dan di dalam ruang pertumbuhan akar direkodkan (*Rajah 1*).

Tetapan mesin penyejuk air pada suhu 5 °C menghasilkan suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar dalam julat 19 – 21 °C manakala tetapan pada suhu 20 °C menghasilkan julat suhu 23 – 26 °C. Oleh itu, mesin penyejuk air tidak perlu ditetapkan pada suhu paling rendah (5 °C) untuk mendapatkan julat suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar optimum yang membawa kepada penjimatan kos penggunaan tenaga elektrik.

Kajian kedua pula melibatkan pengaruh tempoh dan sela masa penyemburan terhadap persekitaran ruang pertumbuhan akar. Air sejuk disembur melalui alat penyembur selama 30 saat. Sela masa bagi penyemburan seterusnya ditetapkan setiap 5 minit, 7 minit dan 10 minit. Bacaan suhu dan kelembapan relatif persekitaran dan di dalam ruang pertumbuhan akar direkodkan (*Rajah 2*).



*Rajah 1. Perbandingan data suhu dan kelembapan relatif persekitaran melawan suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar pada tetapan suhu mesin penyejuk air yang berbeza*



Rajah 2. Perbandingan data suhu dan kelembapan relatif persekitaran melawan suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar pada kekerapan penyemburan yang berbeza

Kekerapan penyemburan air setiap 5 minit selama 30 saat menghasilkan suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar dalam julat 23 – 26 °C manakala kekerapan penyemburan air setiap 10 minit selama 30 saat menghasilkan julat suhu 25 – 28 °C. Oleh itu, kekerapan penyemburan boleh dikurangkan untuk mendapatkan julat suhu dan kelembapan relatif ruang pertumbuhan akar optimum. Ini boleh menjimatkan penggunaan air dan juga kos penggunaan tenaga elektrik.

### Kelebihan dan potensi teknologi

Hasil penyelidikan mendapati bahawa, teknologi aeroponik meningkatkan hasil dengan purata 30%, tanaman tumbuh sehingga tiga kali lebih cepat dan menggunakan hanya 2% air berbanding dengan kaedah penanaman konvensional. Penjimatan penggunaan air sehingga 98% ini sekali gus juga mengurangkan keperluan penggunaan baja yang banyak. Ini dapat membantu mengurangkan kos pengeluaran tanaman yang sering terkesan dengan kenaikan kos input pertanian. Oleh kerana tiada penggunaan tanah dalam teknik ini, maka tidak ada penggalian atau merumput perlu dilakukan. Selain itu, ancaman penyakit bawaan tanah yang kebiasaannya menyerang tanaman juga berkurang kerana tidak ada tempat untuk patogen tinggal di zon akar.

Kajian menggunakan mesin penyejuk air bagi mendapatkan suhu rendah di ruang pertumbuhan akar memberikan potensi bagi penanaman tanaman beriklim sejuk di tanah rendah tropika menggunakan sistem aeroponik ini. Aplikasi sistem automasi, pemantauan pintar dan kaedah agronomi tepat akan menjadikan

sistem ini satu sistem penanaman moden dan pintar yang dapat menggalakkan penglibatan golongan muda untuk menceburi bidang pertanian yang sinonim dengan sektor 3D iaitu *dirty, difficult and dangerous* (kotor, sukar dan bahaya).

Harga permulaan untuk membangunkan sistem ini agak mahal dan memerlukan kepakaran teknikal serta pengetahuan lanjutan (mengenai pH dan nisbah ketumpatan nutrien) untuk jenis penanaman tumbuhan khas ini. Dengan lebih banyak kajian menggunakan sistem aeroponik ini dijalankan, cabaran yang dikaitkan dengan sistem ini (kos pembangunan dan keperluan kepakaran teknikal) boleh diatasi. Justeru, kaedah penanaman moden ini dianggap satu inisiatif yang berbaloi untuk diterokai.

### **Kesimpulan**

Keadaan persekitaran dan tempoh serta sela masa penyemburan mempengaruhi persekitaran ruang pertumbuhan akar dalam mendapatkan suhu dan kelembapan relatif yang disasarkan. Dengan tetapan mesin penyejuk air pada suhu 20 °C dan tempoh penyemburan selama 30 saat pada sela masa setiap 10 minit, sistem aeroponik ini dapat mencapai julat parameter optimum ruang pertumbuhan akar iaitu suhu antara 10 – 28 °C dan kelembapan relatif pada tahap 99%.

### **Penghargaan**

Pengarang merakamkan ucapan terima kasih kepada Pengarah, Pusat Penyelidikan Kejuruteraan dan Pengarah, Pusat Penyelidikan Hortikultur atas dorongan dan sokongan yang sangat bernilai dalam penyelidikan yang dijalankan. Setinggi-tinggi penghargaan juga buat kumpulan penyelidik dan ahli-ahli kumpulan kerja yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam kajian ini.

### **Bibliografi**

- Adi, M. S. (2020). *Pertanian bandar untuk golongan B40*. Diperoleh pada 24 Disember 2020 dari <https://www.sinarharian.com.my/article/116079/KHAS/Pendapat/Pertanian-bandar-untuk-golongan-B40>
- Anon. (2022). *A Deep Look at Aeroponics*. Diperoleh pada 10 Februari 2022 dari <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/aeroponic>
- Haliza, A. R. (2018). Amalan dan kepentingan pertanian bandar di Malaysia. *Prosiding Seminar Antarabangsa Arkeologi, Sejarah, Bahasa dan Budaya di Alam Melayu (ASBAM) Ke-7*.
- Johari, S. dan Zulhazmi, S. (2021). Penyelidikan dan pembangunan sistem pertanian bandar untuk kelestarian masyarakat. *Buletin Teknologi MARDI Bil. 27*, 1–7.
- Kementerian Pertanian dan Industri Makanan. (2021). *Dasar Agromakanan Negara 2021–2030 (DAN 2.0)*



- Laupa, J. (2020). *Pertanian bandar ceriakan kawasan, petik sayur sendiri*. Diperoleh pada 4 Ogos 2020 dari <https://www.utusan.com.my/gaya/2020/08/pertanian-bandar-ceriakan-kawasan-petik-sayur-sendiri/>.
- Lisa. (2022). *Your Ultimate Guide to Aeroponics: Everything You Need to Know for Maximum Plant Yields*. Diperoleh pada 18 Januari 2022 dari <https://thepracticalplanter.com/ultimate-guide-to-aeroponics/>.

### **Ringkasan**

Sistem penanaman secara aeroponik dibangunkan sebagai salah satu kaedah alternatif dalam pertanian bandar. Teknologi aeroponik ini merangkumi struktur penanaman, sistem pengairan serta sistem kawalan dan pemantauan dalam menyediakan keadaan optimum bagi pertumbuhan akar tanaman yang sihat melalui kaedah penanaman tanpa penggunaan tanah. Pengujian sistem aeroponik bagi mendapatkan spesifikasi optimum yang dijalankan mendapati julat suhu (10 – 28 °C) dan kelembapan relatif (99%) sasaran bagi ruang pertumbuhan akar dapat dicapai dengan tetapan suhu mesin penyejuk air pada 20 °C dengan kekerapan penyemburan setiap 10 minit selama 30 saat. Kesesuaian jenis tanaman menggunakan sistem aeroponik berdasarkan kajian tetapan yang telah dijalankan boleh dilaksanakan.

### **Summary**

The aeroponic cultivation system was developed as one of the alternative methods in urban agriculture. This aeroponic technology includes planting structure, irrigation system as well as control and monitoring system in providing optimal condition for healthy plant growth through this planting method without the use of soil. Testing of the aeroponic system to obtain optimal specifications found that the required temperature range (10 – 28 °C) and relative humidity (99%) for the root growth chamber can be achieved by setting the temperature of the air cooler at 20 °C with a frequency of spraying every 10 minutes for 30 seconds. The suitability of the types of plants using the aeroponic system based on the study of settings that have been carried out can be implemented.

### **Pengarang**

Siti Hawa Ahmad Ramli  
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI  
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor  
E-mel: sitihawa@mardi.gov.my

Muhd Akhtar Mohamad Tahir, Muhammad Shukri Hassan dan Muhammad Syahiran Afieff Azman  
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI  
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor