

Rancang Bangun, Uji Performansi dan Analisis Biaya Alat Pencampur Nutrisi

Seri Intan Kuala*, Novita Dwi Susanti, Yusnan Hasani Siregar, Aidil Haryanto, Galih Riyan Basuki

*Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jalan KS Tubun 5 Subang, Jawa Barat, Indonesia 41213*

Abstrak

Saat ini pencampuran nutrisi pada sistem hidroponik masih dilakukan secara manual oleh petani sehingga dianggap tidak efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan suatu alat yang dapat mencampur nutrisi tanaman untuk mengatasi permasalahan tersebut. Alat ini dilengkapi dengan sistem kendali jumlah zat padat terlarut (Total Dissolved Solid, TDS satuan ppm) dan agitator. Tahap kegiatan dimulai dengan melakukan perancangan, konstruksi, pengujian serta analisis biaya. Perancangan terdiri dari perancangan struktural dan fungsional. Hasil perancangan diperoleh dimensi 0,85 m x 0,55 m x 1,55 m terdiri dari sebuah reservoir, sebuah wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B masing-masing berkapasitas 100 liter dilengkapi dengan agitator yang digerakan dengan motor DC 45 watt. Unjuk kerja sistem elektrik dilakukan untuk memastikan kecukupan nutrisi (diindikasikan dengan nilai TDS) serta ketinggian air dalam reservoir. Pengujian kerataan TDS dan temperatur larutan nutrisi diukur setiap 720 detik dalam rentang 3600 detik pada 5 titik dengan hasil masing-masing memiliki simpangan rata-rata $1,44300\% \pm 5\%$ dan $4,90540\% \pm 5\%$. Pengujian penanaman dengan menggunakan alat pencampur pada tanaman pakcoy dan bayam masing-masing 5,95 kg dan 2,5056 kg lebih banyak dibanding tanpa menggunakan alat pencampur. Sedangkan untuk analisis biaya produksi alat pencampur dan diperoleh Rp8.981.019. Dalam analisa biaya penanaman pakcoy dan bayam diperoleh selisih dengan harga pasaran sebesar Rp13.273.

Kata kunci: alat pencampur; perancangan fungsional; perancangan struktural; rancang bangun; uji performansi

Abstract

[Title: Engineering Design, Performance Test and Cost Analysis of Nutrition Mixer] At present mixing of nutrients in the hydroponic is still done manually (ineffective and inefficient). For that we need a tool that can mix plant nutrients equipped with a system that regulates the amount of solute (Total Dissolved Solid, TDS with ppm units) and agitator. The design consist of structural and functional, construction, testing and cost analysis. The results obtained dimensions of 0,85 m x 0,55 m x 1,55 m, consisting of a reservoir, container nutrition with a capacity of 100 liters equipped with agitators driven by a 45 watt DC motor. The performance of the electrical system is carried out to ensure adequate nutrition (indicated with TDS value) and water level in the reservoir. TDS flatness testing and nutrient temperature every 720 seconds in the range of 3600 seconds at 5 points, each has an average deviation of $1,443\% \pm 5\%$ and $4,9054\% \pm 5\%$. Testing of planting using mixing equipment in pakcoy and spinach plants was 5,95 kg and 2,5056 kg more than without using a mixing equipment. Whereas for the analysis of the production costs of mixing equipment and obtained Rp8.981.091. In analyzing the costs of planting the difference between the market price is Rp13.273.

Keywords: engineering design; functional design; nutrition mixer; performace test; structural design

*) Seri Intan Kuala
E-mail:seri.kuala.sk@gmail.com

1. Pendahuluan

Nutrisi adalah sumber makanan utama dalam pertumbuhan tanaman dalam hidroponik (Wulansari, 2012). Nutrisi yang digunakan adalah nutrisi khusus yang mengandung semua unsur mikro dan makro. Kedua unsur ini tidak boleh dicampur dalam keadaan pekat karena akan terbentuk CaSO_4 atau gips dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ atau kalsium fosfat. Keduanya berbentuk endapan yang sulit larut sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman (Wulansari, 2012). Pengendapan juga terjadi beberapa jam setelah sistem digunakan pada wadah penampung campuran nutrisi A, nutrisi B dan air (*reservoir*). Ketidamampuan tanaman dalam menyerap nutrisi berdampak pada pertumbuhan akar yang kurang optimal (Wijayani dan Widodo, 2005 dalam Dyka, 2018) yang berujung pada penurunan produktivitas (Husnaeni dan Setiawati, 2018). Untuk itu perlu dirancang bangun alat pencampur nutrisi untuk menghindari permasalahan tersebut sehingga memungkinkan setiap tanaman memperoleh nutrisi yang dibutuhkan (Fitriani *dkk.*, 2017).

Rancang bangun alat pencampur sudah dilakukan untuk mencampur minuman ringan (Wicaksono, 2008), cat (Baharsyah, 2016; Prameswary, 2016 dan Zulkarnain, 2016) serta kedelai dan ragi tempe (Surya, 2017). Namun belum pernah dilakukan rancang bangun alat pencampur nutrisi hidroponik yang dilengkapi dengan sistem kendali jumlah zat padat terlarut/*total dissolved solid* (TDS). TDS dapat mengindikasikan nilai konsentrasi nutrisi dengan satuan ppm (*part per million*) (Rahman, Kuala, Tribowo, Anggara, & Susanti, 2017). Selama ini rancang bangun alat pencampur nutrisi hidroponik lebih banyak ditekankan pada sistem kendali elektronik seperti yang dilakukan oleh Wibisono, 2018, Safura *dkk.*, 2018 dan Nugraha *dkk.*, 2017 pada sistem hidroponik NFT.

Makalah ini bersifat rancang bangun alat pencampur nutrisi dalam sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). Nutrisi yang dicampur adalah nutrisi AB Mix dengan air baku sebelum diedarkan keseluruhan sistem hidroponik. Ciri khusus teknik hidroponik DFT adalah adanya genangan air pada pipa penanaman setinggi 0,04 – 0,06 m (Suryanto *dkk.*, 2017). Keuntungan teknik DFT antara lain mampu menyediakan air dan oksigen bagi tanaman (Mansyur *dkk.*, 2014). Untuk parameter pengujian meliputi kerataan jumlah zat padat terlarut (TDS), kerataan temperatur, bobot tanaman dan jumlah hasil panen di akhir masa tanam menggunakan alat pencampur. Evaluasi disertai analisis biaya pembuatan mesin pencampur dalam proses penanaman sayuran berdaun yaitu pakcoy dan bayam.

Pakcoy merupakan salah satu sayuran yang memiliki prospek baik dimasa depan (Wibowo dan Asriyanti, 2013) dengan kemudahan dalam budidaya

dan ketahanan terhadap kadar air tinggi maupun musim (Effendi *dkk.*, 2015), memiliki nilai ekonomis tinggi (Efriyadi, 2018), memiliki siklus hidup yang singkat (Putri *dkk.*, 2017), dan telah banyak dibudidayakan dengan sistem hidroponik (Sarido, 2017). Sedangkan bayam merupakan sayuran daun yang mempunyai gizi tinggi dan banyak disukai masyarakat Indonesia (Fatma, 2013 dan Hartono, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk merancang (struktural dan fungsional) mengkonstruksi, dan mengevaluasi kinerja mesin pencampur yang dilengkapi dengan sistem kendali TDS.

Evaluasi dilengkapi dengan analisis biaya produksi alat pencampur nutrisi dan biaya produksi penanaman pakcoy serta bayam. Analisis biaya diharapkan dapat memberikan gambaran kepada calon pengguna teknologi mengenai kisaran harga pokok produksi alat maupun harga pokok tanaman yang benar. Harga pokok produksi baik alat maupun tanaman berkaitan dengan penetapan harga jual sehingga diperoleh laba sesuai yang diharapkan.

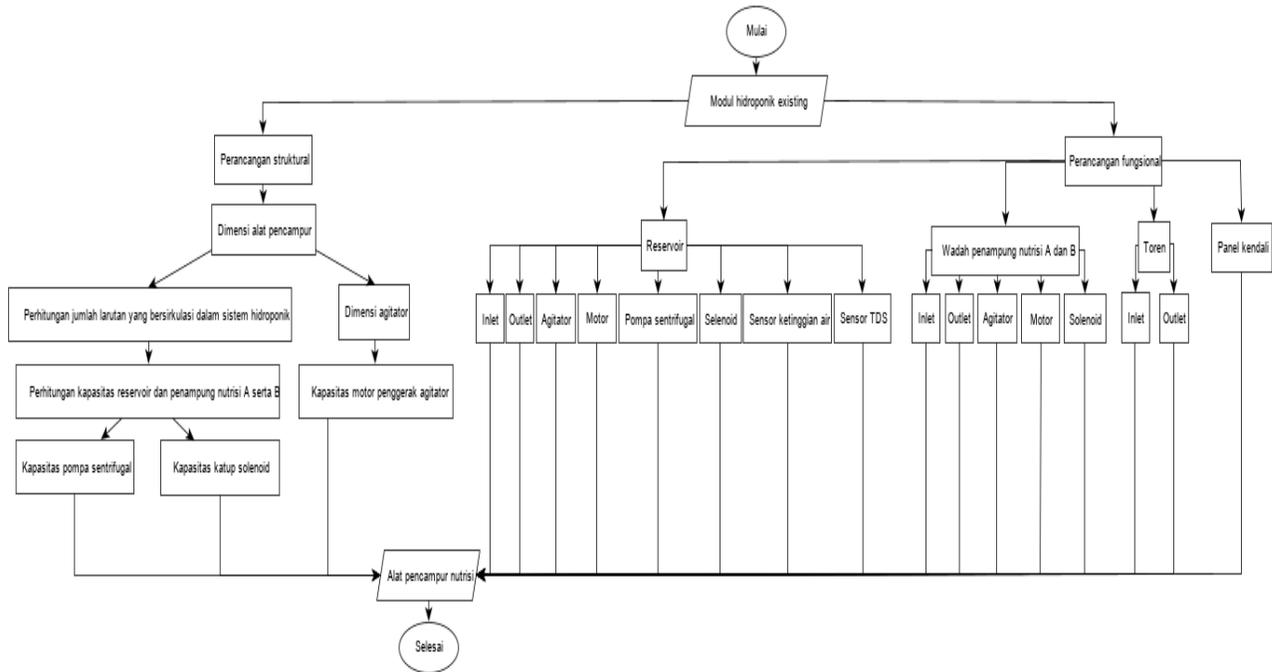
2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah nutrisi hidroponik AB Mix merk “Hydro J” untuk tanaman sayur berdaun serta bibit tanaman pakcoy dan bayam merk “Panah Merah”.

Alat yang digunakan meliputi sensor TDS, sensor TDS berbentuk batang, solenoid *valve* 12 VDC, relay 5 V, *timer*, *reservoir*, wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B, wadah semai, toren air, gelas ukur 2000 ml, spatula, timbangan dan termometer. Peralatan pendukung perancangan mekanik dan perbengkelan yaitu gerinda tangan, mesin las dan mesin bor tangan.

Pada penelitian ini menggunakan konsep rancang bangun yang terdiri dari beberapa tahapan antara lain perancangan fungsional dan perancangan struktural (Adilaksono, Susilo, & Sugiarto, 2014) yang diperlihatkan pada Gambar 1, konstruksi dan pengujian.

Bagian utama alat pencampur ini adalah : sebuah meja bertingkat dua; sebuah *reservoir*; sebuah wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B; toren air; empat buah *outlet* penguras; dua buah agitator; dua buah motor; sebuah panel kendali; sebuah sensor ketinggian air; sebuah sensor TDS; sebuah pompa sentrifugal dan dua buah solenoid *valve*. Meja bertingkat berfungsi untuk menempatkan wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B di bagian atas serta *reservoir* dibagian bawah. Agitator digunakan untuk mengaduk air pada *reservoir* serta wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B yang digerakkan oleh motor. Panel kendali berisi sistem pengkabelan yang mengatur seluruh sistem alat pencampur nutrisi berdasarkan nilai TDS yang ditunjukkan oleh sensor. Pompa sentrifugal berfungsi untuk mensirkulasi campuran nutrisi A, nutri B dan air ke seluruh sistem hidroponik.



Gambar 1. Tahapan perancangan alat pencampur nutrisi

Dimensi alat pencampur nutrisi memiliki ukuran 0,85 m x 0,55 m x 1,55 m, rangka tersusun dari besi siku berlubang dan plat *stainless steel* 0,0008 m. Dimensi ini diperoleh dari perhitungan dimensi *reservoir* serta wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B masing-masing berbahan plastik dengan tebal 0,0002 m berkapasitas 100 liter setinggi 0,8 m dan dilengkapi dua buah *outlet* sebesar 0,0127 m. Diameter baling agitator 0,00682 m ditempatkan pada masing-masing wadah penampung digerakkan dengan motor DC 45 watt. Pompa sentrifugal yang digunakan berkapasitas 2.800 liter/jam sedangkan tegangan kerja solenoid *valve* adalah 12/24 VDC. Pertimbangan yang diambil dalam rancang bangun ini adalah berdasarkan survei pada percontohan sistem hidroponik DFT di P2TTG LIPI Subang yang memiliki 240 *hole* pada setiap modulnya

dengan kebutuhan campuran nutrisi A, nutrisi B dan air sebanyak 40 liter/minggu.

Gambar 2 memperlihatkan pipa pada modul sistem hidroponik DFT P2TTG LIPI Subang. P1 adalah pipa besar dengan diameter 3 inchi dan P2 adalah pipa kecil dengan diameter 1,5 inchi yang disambungkan dengan pipa *reducer*.

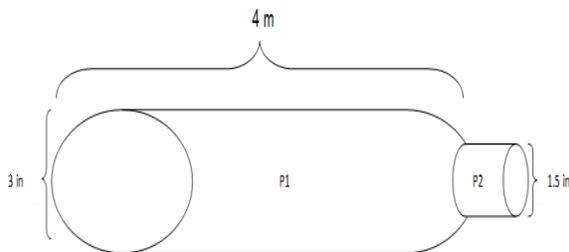
Jumlah larutan yang bersirkulasi dalam sistem dapat diperhitungkan. Dengan menggunakan Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 4 diperoleh :

$$v1 = \pi \times r_1^2 \times t \tag{1}$$

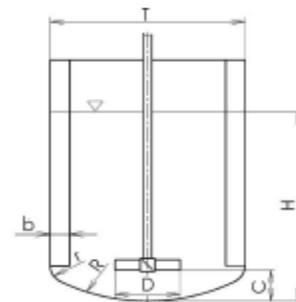
$$v2 = \pi \times r_2^2 \times t \tag{2}$$

$$v = \frac{v1-v2}{2} \tag{3}$$

$$v \text{ total} = \text{jumlah pipa} \times \text{volume air menggenang} \tag{4}$$



Gambar 2. Pipa pada modul percontohan sistem hidroponik DFT P2TTG LIPI Subang



Gambar 3. Dimensi geometris agitator dan tangki (Fort et al., 2002)

Dimana $v1$ merupakan volume pipa besar (m^3), $v2$ merupakan volume pipa kecil (m^3), v merupakan volume larutan dalam pipa besar (m^3) dan v_{total} merupakan volume total larutan yang tergenang dalam sistem DFT (m^3). Untuk r_1 adalah jari-jari pipa besar (m), r_2 adalah jari-jari pipa kecil (m), t adalah waktu (detik) dan nilai π adalah 3,14

Daya yang dibutuhkan untuk pengadukan dipengaruhi oleh kondisi beban. Sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 5, dengan mengetahui bilangan Reynold (N_R) maka dapat diketahui aliran fluida dan daya (P , watt) yang digunakan untuk pengadukan (Berk, 2009). Persamaan daya secara umum ditunjukkan oleh Persamaan 6, sedangkan untuk persamaan daya dengan kondisi bilangan Reynold < 10 (aliran laminar) ditunjukkan oleh Persamaan 7.

$$N_R = \frac{D^2 n \rho}{\mu} \quad (5)$$

$$p = p_0 \rho n^3 D^5 \quad (6)$$

$$p = p_0 \mu n^2 D^3 \quad (7)$$

Dimana D menunjukkan diameter pengaduk (m), n menunjukkan putaran adukan (rps) dan ρ menunjukkan massa jenis (kg/m^3). Sedangkan nilai μ menunjukkan viskositas dinamis serta P_0 menunjukkan daya adukan (watt)

Dimensi geometris sistem pengadukan dengan menggunakan *pitch blade impeller* ditunjukkan pada Gambar 3. T adalah diameter tangki *reservoir* (m), b adalah lebar *baffle* (m), r adalah *fillet* (m), R adalah radius *torispherical head* (m), D adalah diameter pengaduk (m), C adalah jarak agitator ke dasar tangki *reservoir* (m), dan H adalah ketinggian cairan (m).

Perhitungan koefisien daya (P_0) menggunakan *pitched blade impeller* dilakukan dengan Persamaan 8



Gambar 4. Titik pengambilan sampel jumlah zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid/TDS*) dan temperatur.

(Fort, T. Jirout, R. Sperling, S. Jambere, & F. Rieger, 2002). Dari nilai koefisien daya ini dapat diperoleh daya pengadukan.

$$P_0 = 1.507 \left(\frac{T}{D}\right)^{-0.365} \left(\frac{h}{D}\right)^{-0.65} \left(\frac{H}{T}\right)^{0.40} n_B^{0.171} (\sin \alpha)^{2.077} \quad (8)$$

Nilai T adalah diameter tangki pada *pitched blade impeller* (m) dengan h adalah tinggi pengaduk dari dasar (m) serta H adalah ketinggian cairan (m). Untuk n_B menunjukkan jumlah *blade* pengaduk yang memiliki α , sudut dari kemiringan *blade* dan sudut penyalaan pada rangkaian penyearah terkontrol gelombang penuh ($^\circ$)

Rancangan uji kinerja mesin pencampur dilakukan dengan tiga kali percobaan untuk menanam pakcoy dan bayam dengan masing-masing satu parameter kontrol yaitu tanpa menggunakan alat pencampur. Bibit pakcoy dan bayam disemai pada wadah yang telah disteril terlebih dahulu untuk menghindari gagal tumbuh pada benih. Persemaian dilakukan selama 3-7 hari hingga muncul daun ke-3 dari setiap benih. Setelah itu benih dapat dipindahkan ke media tanam berupa *rockwool* yang besarnya disesuaikan dengan diameter *netpot* yang akan diletakkan di sistem DFT.

Selain itu dilakukan uji coba kerataan TDS dan temperatur pada sistem hidroponik tanpa tanaman. Kerataan TDS dan temperatur diukur pada 4 titik (Gambar 4) dengan 5 kali ulangan selama 3600 detik dari pukul 10.00 WIB – 11.00 WIB. Sebelum dilakukan pengambilan data, alat ukur yang digunakan telah dikalibrasi.

Untuk mengetahui jumlah biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat suatu alat pencampur nutrisi dan biaya penanaman tanaman maka perlu dilakukan analisis biaya. Rahmaji (2013) mengemukakan bahwa biaya produksi adalah biaya-biaya yang terjadi sehubungan dengan kegiatan manufaktur. Biaya total produksi (TC , Rp/periode) mengikuti Persamaan 9 yang terdiri dari biaya tetap (FC , Rp/periode) dan biaya variabel (VC , Rp/periode). Biaya tetap adalah biaya yang tidak terpengaruh oleh perubahan tingkat kegiatan maupun volume *output*, sedangkan biaya tidak tetap adalah sifatnya berubah-ubah secara proporsional terhadap perubahan *output*. Biaya penyusutan alat (D , Rp/hari) termasuk dalam biaya tetap dengan metode garis lurus sesuai Persamaan 10 (Rahayuningtyas dan Afifah, 2016). Perhitungan biaya depresiasi dilakukan dengan Persamaan 10 yang merupakan hasil perbandingan antara selisih harga awal (P , Rp) dan harga akhir (S , Rp) dengan perkiraan umur ekonomis (L , hari). Biaya tidak tetap terdiri dari biaya bahan baku,



Gambar 5. Alat pencampur nutrisi hidroponik



Gambar 6. Rangkaian pemantau ketinggian air

biaya tenaga kerja, biaya listrik, biaya pemeliharaan alat mesin dan biaya operasional

$$TC = FC + VC \quad (9)$$

$$D = \frac{(P-S)}{L} \quad (10)$$

Persamaan 11 digunakan untuk memperhitungkan biaya pokok produk (*BPP*, Rp/unit produk) hasil penanaman pakcoy dan bayam. Komponen *BPP* diantaranya adalah biaya tetap (*BT*, Rp/tahun), biaya tidak tetap (*BTT*, Rp/hari), kapasitas alat (*K*, unit produk/hari) dan perkiraan hari kerja dalam satu tahun (*X*, hari/tahun). Selain itu, biaya pokok pembuatan alat pencampur nutrisi hidroponik juga diperhitungkan dengan menggunakan persamaan yang sama.

$$BPP = \frac{BT}{K \cdot X} + \frac{BTT}{K} \quad (11)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pendekatan rancang bangun yang dilakukan adalah dengan merancang alat pencampur tipe susun. Dasar perancangan disesuaikan dengan sistem hidroponik DFT percontohan di P2TTG LIPI Subang yang memiliki 12 pipa berdiameter 0,0762 m pada setiap modulnya dengan kebutuhan campuran nutrisi A, nutrisi B dan air sebanyak 40 liter/minggu. Dari Persamaan 1 sampai Persamaan 4 diperoleh volume pada *reservoir* sebanyak 82,04 liter sehingga kapasitas yang direkomendasikan adalah 100 liter. Sedangkan untuk daya motor agitator diperoleh dari Persamaan 5 sampai Persamaan 7 sebesar 17,2 watt sehingga dipakai motor sebesar 45 watt menyesuaikan seperti yang ada dipasaran. Hasil rancang bangun alat pencampur nutrisi terlihat pada Gambar 5.

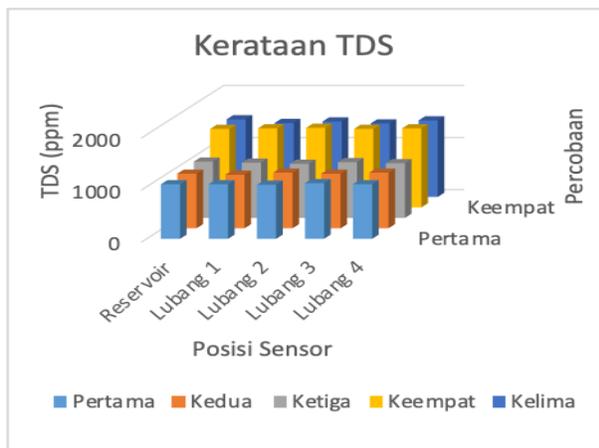
Alat pencampur nutrisi memiliki dimensi 0,85 m x 0,55 m x 1,55 m, penentuan panjang merupakan penjumlahan dari dua buah diameter *reservoir* serta

wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B, penentuan lebar merupakan diameter dari wadah ditambah dengan lebar besi siku pada masing-masing sisinya, sedangkan penentuan tinggi menyesuaikan dengan tinggi rata-rata operator yaitu 1,5 m. Rangka alat pencampur tersusun dari besi siku berlubang dan plat *stainless steel* setebal 0,008 m, *reservoir* serta wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B menggunakan wadah yang ada dipasaran dengan kapasitas 100 liter berbahan plastik tebal 0,002 m dan tinggi 0,8 m dan dilengkapi dua buah outlet sebesar 0,0127 m. Diameter *outlet* menyesuaikan diameter stop kran ukuran 0,5 inci. Diameter baling agitator 0,0682 m menyesuaikan diameter wadah sebesar 0,495 m yang didalamnya juga terdapat komponen lain seperti pompa sentrifugal serta sensor. Agitator digerakkan dengan motor DC 45 watt. Pompa sentrifugal yang digunakan berkapasitas 2800 liter/jam sedangkan tegangan kerja solenoid *valve* adalah 12/24 VDC.

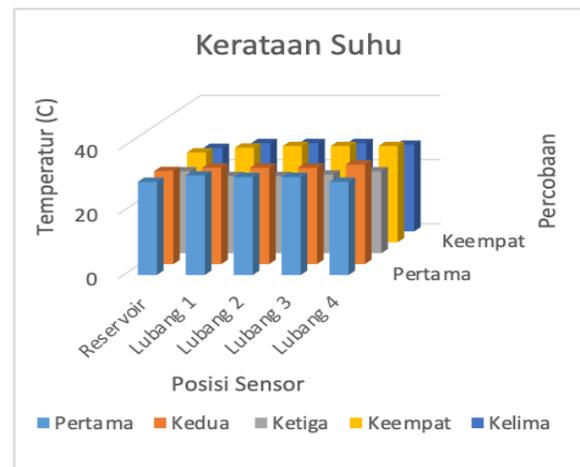
Dalam panel kendali terdiri dari MCB sebesar 10 ampere, relay 5 volt, relay 220 volt, *timer*, *selector switch* dan beberapa lampu indikator. Dalam alat pencampur nutrisi dibuat juga sebuah rangkaian pemantau ketinggian air dengan sumber 12 volt seperti terlihat pada Gambar 6.

Prinsip kerja alat pencampur nutrisi adalah meminimalisir pengendapan nutrisi AB Mix hingga tercampur sempurna keseluruhan sistem hidroponik melalui penggunaan agitator. Selain itu kecukupan jumlah nutrisi (TDS, satuan ppm) dan jumlah larutan campuran nutrisi A, nutrisi B dan air (liter) dalam *reservoir* juga dapat dikendalikan oleh alat ini.

Sistem akan selalu memeriksa apakah nilai TDS sudah sesuai dengan nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem kontrol yang telah ditetapkan nilai TDS selanjutnya akan mengaktifkan agitator *reservoir* serta agitator wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B. Selama agitator aktif mengaduk, sensor membaca nilai



Gambar 6. Pengamatan kerataan jumlah zat padat terlarut (TDS)



Gambar 7. Pengamatan kerataan temperatur

TDS dalam *reservoir* apakah nilainya lebih kecil dari nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Jika nilainya lebih kecil, maka solenoid *valve* wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B akan aktif sambil diaduk menggunakan agitator. Namun jika tidak berarti larutan dalam *reservoir* telah memiliki jumlah nutrisi yang cukup sehingga dapat langsung disirkulasikan ke seluruh sistem hidroponik. Kedua agitator akan terus aktif untuk menghindari pengendapan.

Untuk jumlah larutan campuran nutrisi A, nutrisi B dan air dalam wadah penampung dikendalikan melalui rangkaian pemantau ketinggian air (Gambar 5). Jika kurang dari tinggi minimal yang ditetapkan, sistem akan memerintahkan solenoid *valve* air untuk aktif. Solenoid *valve* air akan terus aktif hingga mencapai batas ketinggian maksimal yang ditetapkan.

Hasil pengukuran kerataan nilai TDS (ppm) terlihat pada Gambar 6. Pengamatan ini bertujuan untuk menguji parameter teknis yang terkait dengan unjuk kerja sistem elektrik pada alat pencampur meliputi sebaran TDS pada *reservoir* dalam sistem hidroponik DFT. Kendali jumlah TDS (ppm) pada sistem hidroponik telah bekerja dengan baik dengan titik acuan TDS pada *reservoir* sebesar 1236 ppm dengan simpangan rata-rata sebesar $1.443\% \pm 5\%$ dan nilai simpangan terkecil sebesar $0,2381\% \pm 5\%$. Perbedaan ini diduga karena kecepatan sirkulasi larutan pada *reservoir* yang memerlukan waktu tertentu hingga terdistribusi merata ke seluruh sistem hidroponik DFT. Dari hasil percobaan, diperoleh waktu sekitar 80 detik untuk larutan bisa melewati seluruh sistem hingga kembali ke *reservoir*.

Temperatur rata-rata pada *reservoir* yang dijadikan titik acuan selama pengamatan sebesar $27,5^{\circ}\text{C}$ dan dalam sistem sebesar $28,45^{\circ}\text{C}$. Temperatur ini masih sangat jauh dari temperatur optimal untuk proses penanaman sayuran berkisar antara $5^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$ (Ramadhan, Tusi, Suhandy, & Zulkarnain, 2015). Tingginya nilai temperatur ini disebabkan karena *reservoir* tidak dilengkapi dengan sistem pendingin seperti dilakukan oleh Roskiana *dkk.*, 2018. Gambar 7 memperlihatkan distribusi temperatur pada masing-masing titik relatif rata, perbedaan temperatur pada keempat titik paling besar 1.875°C . Perbedaan kerataan temperatur rata-rata sebesar $4.9054\% \pm 5\%$.

Panen dilakukan setelah bayam mencapai usia 40 hss (Rizki, 2014) dan pakcoy mencapai usia 40 hst (Murtiawan *dkk.*, 2018). Dari Tabel 1 diperoleh selisih jumlah total hasil panen dengan dan tanpa alat pencampur sebesar sebanyak 8,26% untuk bayam dan 22,90% untuk pakcoy. Begitu pula dengan berat rata-rata persampel kedua tanaman berturut-turut 23,10% dan 34,61% lebih berat hasil dengan alat pencampur dibandingkan tanpa alat pencampur. Hal ini karena kecukupan nutrisi dari masing-masing tanaman selalu terkendali dan terpenuhi 24 jam selama masa pembesaran di media tanam hidroponik DFT.

Umur penyusutan masing-masing alat yang digunakan merujuk pada Rahayuningtyas dan Afifah (2016). Tabel 2 menunjukkan nilai penyusutan alat mesin yang digunakan dalam pembuatan alat pencampur nutrisi berdasarkan Persamaan 9. Total biaya penyusutan sebesar Rp11.019/unit karena waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan alat pencampur selama 2 hari.

Tabel 1. Berat hasil panen Bayam dan Pakcoy

Berat	Perlakuan	Jenis tanaman	
		Bayam	Pakcoy
Rata-rata persampel (gr)	Tanpa alat pencampur	44,60	32,30
	Dengan alat pencampur	58	49,40
Total seluruh tanaman (kg)	Tanpa alat pencampur	27,84	20,03
	Dengan alat pencampur	30,34	25,98

Tabel 2. Biaya depresiasi peralatan mesin

Nama alat	Harga alat (Rp)	Umur alat (tahun)	Depresiasi (Rp/hari)
Gerinda tangan 4'	1.000.000	2	1.232,88
Gerinda tangan 14'	1.500.000	2	1.849,31
Mesin las	2.400.000	5	1.194,52
Mesin bor tangan	1.000.000	2	1.232,88
Total depresiasi			5.509,59

Tabel 3. Biaya tidak tetap pembuatan alat pencampur

Jenis biaya	Biaya (Rp/unit)
Biaya bahan baku:	
- Meja dua tingkat	240.000
- Perpipaan	1.500.000
- Motor	200.000
- Agitator	130.000
- Kotak kendali TDS	6.150.000
Biaya tenaga kerja	400.000
Biaya listrik	100.000
Biaya pemeliharaan alat mesin	50.000
Biaya operasional	200.000
Total biaya tidak tetap	8.970.000

Tabel 4. Biaya penanaman pakcoy dan bayam per hari

Jenis biaya	Biaya (Rp/hari)
Biaya tetap	
Depresiasi alat	11.019
Biaya tidak tetap	
- Bahan baku (bibit dan media tanam)	4.500
- Tenaga kerja	10.000
- Nutrisi	4.000
- Listrik	3.000
- Pemeliharaan alat	3.425
Total biaya	35.944

Besaran biaya tidak tetap ditampilkan dalam Tabel 3. Biaya bahan baku pembuatan alat pencampur sebesar Rp8.220.000 dengan porsi terbesar pada pembuatan kendali TDS (ppm) sekitar 74,81%. Biaya pembuatan mesin pencampur berdasarkan jumlah tenaga kerja sebanyak 2 orang, dengan jam kerja 7 jam/hari, selama 2 hari kerja dengan upah perorang Rp100.000. Biaya pokok produksi diperoleh sebesar Rp8.981.019 yang diperoleh dari Persamaan 10. Untuk biaya penanaman pakcoy dan bayam per hari terlihat pada Tabel 4. Jika diperhitungkan hingga pakcoy dan bayam panen, maka diperoleh total biaya sebesar Rp1.797.209. Sebagai pembandingan harga pakcoy dan bayam di toko online (Eden Farm, 2019 dan 2019a) terdapat selisih harga hingga 18,34%. Selisih ini sudah memperhitungkan biaya distribusi dan pengemasan dengan persentase tertinggi (Indriasti, 2013) pada kisaran masing-masing 16,43 - 18,08% dan 5,36 - 11,40%. Dari analisis biaya ini diperoleh harga yang cukup kompetitif dengan sistem hidroponik konvensional. Hal ini terjadi karena penggunaan alat pencampur yang dilengkapi dengan kendali TDS (ppm) ini dapat mereduksi penggunaan tenaga kerja yang

besarnya 17,09 - 18,80% (Indriasti, 2013). Tenaga kerja yang dibutuhkan hanya tenaga kerja lepas selama 4 hari dengan rincian : 1 hari saat persemaian awal, 1 hari saat pemindahan bibit yang telah tumbuh daun ke-3 ke sistem hidroponik, 1 hari pengecekan seluruh bagian sistem hidroponik dan tanaman termasuk sanitasinya dan 1 hari saat pemanenan. Berbeda dengan sistem hidroponik konvensional seperti yang di ungkapkan oleh Rindyani, 2011 membutuhkan 4 orang dengan salah seorang diantaranya diberikan tanggung jawab untuk bagian penyiraman nutrisi.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan dikonstruksi alat pencampur nutrisi AB Mix dan air dengan dimensi 0,85 m x 0,55 m x 1,550 m, dilengkapi sebuah *reservoir*, sebuah wadah penampung nutrisi A dan nutrisi B yang masing-masing berkapasitas 100 liter dilengkapi dengan agitator. Simpangan terbesar pada pengujian kerataan TDS (ppm) dan temperatur masing-masing sebesar 3,5235%±5% dan 6,6964%±5%. Pengujian penanaman dengan menggunakan pakcoy dan bayam diperoleh 15,58% hasil dengan menggunakan

alat pencampur lebih banyak dibanding tanpa menggunakan alat pencampuran. Sedangkan untuk analisis biaya produksi alat pencampur dan diperoleh Rp8.981.019. Dalam analisa biaya penanaman pakcoy dan bayam diperoleh selisih dengan harga pasaran sebesar Rp13.273.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada semua rekan-rekan civitas P2TTG LIPI yang telah membantu dalam pembuatan karya tulis ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- Adelia, P. F., Koesriharti, & Sunaryo. (2013). Penambahan Unsur Hara Mikro (Fe dan Cu) dalam Media Paitan Cair dan Kotoran Sapi Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*amaranthus tricolor l.*) dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(3), 48–58.
- Adilaksono, I. C., Susilo, B., & Sugiarto, Y. (2014). Rancang Bangun Mesin Pasteurisasi Jus Buah Otomatis dengan Teknologi berbasis Ohmic Heating. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2), 121–128.
- Baharsyah, P. B. (2016). *Rancang Bangun Alat Pencampur Cat Tembok Otomatis Berbasis Personal PC*. Skripsi Universitas Airlangga.
- Dyka, T. M. P. (2018). *Pengendalian pH dan Ec pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri*. Skripsi Institute Bisnis dan Informatika Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Surabaya.
- Eden Farm. (n.d.). Eden Farm - Bayam Hijau Sayuran Hidroponik [750 g]. Diakses dari <https://www.blibli.com/p/eden-farm-bayam-hijau-sayuran-hidroponik-750-g/pc--MTA-3031679?ds=EDF-60021-00045-00001>. Tanggal 20 Juli 2019.
- Effendi, H., Utomo, B. A., Darmawangsa, G. M., & Karo-Karo, R. E. (2015). Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*clarias sp.*) dengan Kangkung (*ipomoea aquatica*) dan Pakcoy (*brassica rapa chinensis*) dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal ECOLAB*, 9(2), 80–102.
- Efriyadi, O. (2018). Pengaruh Perbedaan Jenis Media Tanam Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa*) dan Kangkung (*Ipomoea aquatic*). *The 7th University Research Colloquium 2018 Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan PKU Muhammadiyah Surakarta*, 675–681. Surakarta.
- Fitriani, S. R., Daningsih, E., & Yokebed. (2017). Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Fosfor terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat (*ipomoea reptans*) pada Hidroponik Super Mini. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(5), 1–10.
- Fort, I., T. Jirout, R. Sperling, S. Jambere, & F. Rieger. (2002). Study of Pumping Capacity of Pitched Blade Impellers. *Acta Polytechnica*, 42(4), 68–72.
- Hartono, R. W. N. F. (2015). *Pengaruh Konsentrasi Nutrisi Pada Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (Amaranthus Tricolorl.) Secara Hidroponik Pada Greenhouse*. Skripsi Universitas Gadjah Mada.
- Husnaeni, F., & Setiawati, M. R. (2018). Pengaruh Pupuk Hayati dan Anorganik terhadap Populasi azotobacter, Kandungan N, dan Hasil Pakcoy pada Sistem Nutrient Film Technique. *Jurnal Biodjati*, 3(1), 90–96.
- Indriasti, R. (2013). *Analisis Usaha Sayuran Hidroponik pada PT Kebun Sayur Segar Kabupaten Bogor*. Skripsi Institut Pertanian Bogor.
- Mansyur, A. N., Triyono, S., & Tusi, A. (2014). Pengaruh Naungan terhadap Pertumbuhan Sawi (*Brassica Juncea L.*) pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique). *Jurnal Teknik Pertanian LampungVol*, 3(2), 103–110.
- Murtiawan, D., Heddy, S., & Nugroho, A. (2018). Kajian Perbedaan Jarak Tanam dan Umur Bibit (Transplanting) pada Tanaman Pak Coy (*Brassica rapa L. var chinensis*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(2), 264–272.
- Muttalib, S. A., Apriyanditra, W., Yulianti, I., Hasmi, R., & Hartono, M. U. (2017). Rancang Bangun Mesin Pencampur Kedelai dengan Kapang (Ragi Tempe) pada Industri Rumahan di Daerah Kota Mataram. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(1), 316–320.
- Nugraha, H. F., Rusmana, S. T., & Puspasari, I. (2017). Pengatur Air dan Nutrisi secara Otomatis pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino. *Journal of Control and Network Systems*, 6(2), 61–70.
- Prameswary, D. A. I. (2016). *Rancang Bangun Alat Pencampur Cat Tembok Otomatis berbasis Personal PC*. Skripsi Universitas Airlangga.
- Putri, R. B. A., Sulisty, T. D., & Anwar, C. (2017). Penggunaan Limbah Baglog Tiram dan Jenis Nutrisi Terhadap Pakcoy Pada Hidroponik Substrat. *Jurnal Agrosains*, 19(1), 28–33.
- Rahayuningtyas, A., & Afifah, N. (2016). Rancang Bangun, Uji Performa dan Analisa Biaya Pengeringan Irisan Singkong Menggunakan Pengering Inframerah. *Jurnal Pangan*, 25(1), 33–42.
- Rahmaji, D. (2013). Penerapan Activity-based Costing System untuk Menentukan Harga Pokok Produksi PT. Celebes Mina Pratama. *Jurnal Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akutansi*, 63(3), 63–73.
- Rahman, N., Kuala, S. I., Tribowo, R. I., Anggara, C. E. W., & Susanti, N. (2017). Performance Test of Nutrient Control Equipment for Hydroponic Plants. *3rd International Symposium on Applied Chemistry, (1904) 020008-1-020008-8*. Jakarta: AIP.
- Ramadhan, H., Tusi, A., Suhandy, D., & Zulkarnain, I.

- (2015). Rancang Bangun Sistem Hidroponik Pasang Surut untuk Tanaman Baby Kailan (*Brassica oleraceae*) dengan Media Tanam Serbuk Serabut Kelapa. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(4), 281–292.
- Rindyani, R. (2011). *Analisis Kelayakan Finansial Budidaya Melon Hidroponik (Studi Kasus: PT. Mekar Unggul Sari, Cileungsi, Bogor)*. Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Rizki. (2014). *Perencanaan Produksi Sayuran Hidroponik pada PT & Kebun Sayur Segar (Parung Farm), Bogor, Jawa Barat*. Skripsi Institut Pertanian Bogor.
- Roskiana, E., Berman, E. T., Mutaufiq, & Diterima, N. (2018). Uji Performa Prototipe Mesin Pendingin Air Kapasitas 500 Liter untuk Media Hidroponik. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, IV(1), 30–33.
- Safura, S. A. El, Kirom, M. R., & Suhendi, A. (2018). Rancang Bangun Sistem Kontrol Logika Fuzzy pada Pengaturan Konsentrasi Nutrisi Hidroponik dengan Metoda Pengairan Nutrient Film Technique. *E-Proceeding of Engineering*, 5(1), 959–966.
- Sarido, L., & Junia. (2017). Uji Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) dengan Pemberian Pupuk Organik Cair pada System Hidroponik. *Jurnal AGRIFOR*, 16(1), 65–74.
- Suryanto, A., Irawan, B., & Setianingsih, C. (2017). Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi pada Hidroponik Berbasis Android. *E-Proceeding of Engineering*, 4(2), 2213–2219.
- Wibisono, A. (2018). *Rancang Bangun Sistem Kendali Pemberian Nutrisi Tanaman Hidroponik Tipe Nutrient Film Technique (NFT)*. Skripsi Universitas Gadjah Mada.
- Wibowo, S., & Asriyanti, A. (2013). Aplikasi Hidroponik NFT pada Budidaya Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 13(3), 159–167.
- Wicaksono, D. B. (2008). *Rancang Bangun Alat Pencampuran Minuman Ringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Skripsi Universitas Diponegoro.
- Wulansari, A. N. D. (2012). *Pengaruh Macam Larutan Nutrisi ada Hidroponik Sistem Rakit Apung terhadap Pertumbuhan dan Hasil Baby Kailan (Brassica Oleraceae Var. Alboglabra)*. Skripsi Universitas Sebelas Maret.
- Zulkarnain, H. (2016). *Rancang Bangun Sistem Pencampuran Cat Menggunakan Visual Studio Berbasis Image Processing Matching*. Skripsi Universitas Jember.