

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No. 1, April 2017



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu pada bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap monuron baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaan (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 1 April 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Ir. Lady Corrie Ch. Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Rudiati Evi Masithoh, STP, M.Dev.Tech (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof. Dr.Ir. Bambang Purwantana, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Ir. I Made Supartha Utama, MS., Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Sri Rahayoe, STP., MP (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Joko Nugroho Wahyu Karyadi. M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarto, M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Abdul Rozaq, DAA (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Diding Suhandy, STP.,M.Agr (Fakultas Pertanian, Universitas Lampung), Ir. Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Suhardi, STP., MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Desain dan Uji Kinerja Fungsional Sistem Penggerak dan Kendali ROVERGARD

Design and Functional Test of Drive and Control System on ROVERGARD

Moh Fikri Pomalingo, Sekolah Pasca Sarjana, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor. Email: moh.fikripomalingo@yahoo.co.id

Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: iwan_radit@yahoo.com

I Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: dewamadesubrata@yahoo.com

Abstract

The high population rate has an impact on increasing of land function change from agricultural land become housing and commercial building. As a result, it is difficult to get land for planting in the urban area. Therefore, this research is aimed to design equipment that can be used for planting in the narrow land using vertical gardening. This paper will report about design and functional testing of drive and control system on ROVERGARD. Drive system is based on water pump with additional gear train and chain-sprocket mechanism. Control system use was on open loop type based on timer. The performance test of drive system was focused on electrical energy consumption and rotational speed of the system that was measured by multifunctional mini ammeter and tachometer. The control system was tested during 4 days, to evaluate their performances between set point and actual timing while filling water tank and rotate the system at maximal load condition. Electrical power consumption was 208 W at average rotational speed 2703 rpm. Increasing load caused an increase of energy consumption but made the drive rotation decline. The position control performance had on position error around 50 cm. Consequently, setting time on timer must be adjusted.

Keywords: *Vertical Garden, tower garden, mechanical circulate garden*

Abstrak

Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, mengakibatkan tingginya alih fungsi lahan pertanian menjadi bangunan perumahan dan komersial. Masalah ini mengakibatkan sulitnya mencari lahan pertanian di daerah padat penduduk khususnya perkotaan. Oleh karena itu perlu dirancang sebuah alat yang dapat digunakan untuk bercocok tanam di lahan sempit. Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain dan menguji sistem penggerak dan kendali pada ROVERGARD. Sistem penggerak berasal dari pompa air yang dimodifikasi. Sedangkan sistem kendali menggunakan tipe *open loop* berbasis waktu dimana timer sebagai komponen utamanya. Pengujian kinerja penggerak difokuskan pada konsumsi listrik dan rpm yang diukur menggunakan *multifunctional mini ammeter* dan *tachometer*. Sistem kendali diuji selama 4 hari. Hasil pengujian kinerja penggerak menunjukkan bahwa pada kondisi pengisian penampungan dan beban maksimal. Daya listrik yang dihasilkan adalah 208 W dimana putaran penggerak adalah 2703 rpm. Penambahan beban pada pot berbanding lurus dengan konsumsi listrik yang dihasilkan, namun berbanding terbalik dengan putaran penggerak. Sementara itu, kinerja sistem kendali belum maksimal, karena masih terdapat kesalahan posisi yang mencapai 50 cm, karenanya pengaturan waktu pada timer harus diperbaiki.

Kata Kunci: *pertanian vertikal, menara tanaman, taman berputar.*

Diterima: 17 Maret 2016; Disetujui: 13 Mei 2016

Latar Belakang

Populasi manusia yang terus bertambah menjadi salah satu alasan terjadinya alih fungsi lahan pertanian (Nakatani *et al.* 2015). Oleh karena itu, Sistem Pertanian Vertical (SPV) merupakan solusi terbaik bercocok tanam di daerah padat penduduk khususnya perkotaan (Davis *et al.* 2015). Disamping untuk mengefisienkan lahan, sistem ini juga dapat memperoleh hasil yang lebih banyak dengan penggunaan lahan terbatas. Manfaat lain dari SPV diantaranya, dapat menurunkan temperatur udara di perkotaan (DeNardo *et al.* 2005), menyerap polusi dari kendaraan bermotor (Yang *et al.* 2008; Rowe 2011), menjaga keseimbangan ekologi perkotaan (Wong *et al.* 2003; Dunnett and Kingsbury, 2004), menciptakan udara segar (Davis *et al.* 2015), dan mengurangi jumlah asap kendaraan (Van Renterghem dan Botteldooren 2009). Secara umum, dapat dikatakan bahwa SPV penggunaan lahannya tidak terbatas karena tanaman di susun ke atas seperti halnya apartemen, sedangkan Sistem Pertanian Horizontal (SPH) penggunaan lahannya sangat terbatas.

SPV yang ada saat ini, pada umumnya digunakan untuk membudidayakan tanaman bunga dan sayuran. Tanaman bunga yang digunakan, hanya untuk sistem pendingin alami yang memanfaatkan hasil dari respirasi tanaman sebagai pendingin dan penghasil udara segar. Namun sistem ini hanya memiliki tinggi maksimal 3 m dan tidak memberikan manfaat dari segi ekonomis (Davis *et al.* 2015).

Tipe *roof gardens* (Yuen *et al.* 2005; Matta E *et al.* 2009; Ugai 2015) dan *sky gardens* (Tian *et al.* 2012) juga banyak dikembangkan. Tipe ini lebih dikhususkan untuk penambahan ruang terbuka hijau di daerah perkotaan. Sehingga dapat dijadikan tempat untuk berwisata dan bermain untuk anak-anak. Meskipun memberikan lahan terbuka hijau pada areal yang sempit khususnya perkotaan, namun tipe-tipe tersebut masih terdapat kekurangan. Konsep *roof garden* dan *sky garden* pada dasarnya sama, karena memanfaatkan bagian atap dan dinding bangunan untuk areal pertanian. Akan tetapi konsep ini tidak efektif untuk daerah tropis seperti di Indonesia. Karena curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan rembesan air yang dapat merusak bangunan. Selain itu konsep *roof garden* yang dilakukan oleh Matta *et al.* (2009) memiliki biaya yang mahal dan sulit untuk diterapkan pada negara-negara berkembang.

SPV untuk budidaya sayur biasanya dilakukan pada pipa pralon dan di tempatkan pada dinding (Soeleman 2013). Namun, salah satu masalah yang harus diperhatikan adalah kemampuan petani dan pengguna dalam merawat tanamannya. Oleh sebab itu, kebanyakan tinggi SPV disesuaikan dengan jangkauan petani dalam merawat tanamannya. Kriteria pemilihan tempat untuk SPV didasarkan pada jumlah sinar matahari yang cukup

utamanya pada pagi hari. Tinggi untuk SPV tipe pralon biasanya berkisar antara 1-2 m. Melihat permasalahan ini, tentunya perlu ada inovasi untuk SPV kedepannya. Agar jumlah tanaman meningkat meskipun dibudidayakan pada lahan sempit.

Inovasi yang dimaksudkan adalah dengan menambahkan sistem pemutar pada SPV. Sistem ini diadopsi dari sistem parkir vertikal dan berputar yang ada di Jepang. Sehingga keterbatasan tinggi SPV dapat teratasi. Pemutar bertujuan untuk memberikan cahaya matahari secara merata pada tanaman, mempermudah proses irigasi dan mempermudah proses perawatan tanaman. SPV yang baru disebut Sistem Pertanian Vertikal dan Terputar. Sistem ini memiliki alat yang didesain oleh peneliti pada tahun 2010 yang dinamakan *Rotary Vertikal Garden* (ROVERGARD) (Pomalingo 2012). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, alat ini memiliki efisiensi penggunaan lahan 31% dari luas penggunaan lahan secara horizontal. Tinggi tanaman rata-rata setelah panen 31.45 cm untuk ROVERGARD dan 40 cm lahan horizontal. Namun, pada saat itu pemutar alat dan pemberian irigasi masih dilakukan secara manual. Pada penelitian kali ini, sistem pemutar dan irigasi dilakukan secara otomatis, agar pengguna mudah dalam pengoperasiannya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mendesain dan menguji kinerja fungsional sistem penggerak dan kendali yang ada pada alat tersebut meliputi beban tarik, sebaran air, performa penggerak, dan timer.

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air, tanah, arang sekam, pupuk kandang, pipa 1 inchi, lem pipa, listrik, kabel, dan plastik hitam. Sedangkan alat yang digunakan adalah ROVERGARD, *tachometer*, pompa air 125 W, penampung air, *timer*, *relay*, *converter*, *stopwatch*, tangga, kamera, gelas ukur, *solenoid*, *multifunctional mini ammeter* dan timbangan digital.

Metode

1. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk ROVERGARD di antaranya; 1) sekali berotasi pot membutuhkan waktu 4 menit dengan kecepatan sproket 1.55 rpm, 2) sistem irigasi harus bekerja sesuai dengan kebutuhan air tanaman (Sapei dan Kusmawati 2003), 3) sistem kendali berbasis waktu harus bekerja sesuai perintah yakni pada pagi hari 07.00 dan sore hari 17.00, dan 4) daya listrik yang direncanakan pada pemilihan penggerak yakni pompa air, harus sesuai dengan yang direncanakan yakni 139 W.

2. Perancangan Fungsional

Alat ini terdiri dari bagian utama yaitu tiang

Tabel 1. Perancangan Fungsional.

No	Fungsi Utama	Komponen
1.	Menopang bagian alat yang berputar	Bagian berputar ditempatkan pada tiang penyangga
2.	Memberikan cahaya yang merata pada tanaman setiap hari.	Dilakukan pemurnaan dengan bantuan pompa, gearbox, rantai, sproket, dan poros selama pagi dan siang hari.
3.	Memompa air dan nutrisi untuk mengisi penampung pada ROVERGARD	Dipompa dengan pompa air yang disalurkan melalui pipa pengisian
4.	Pemberian irigasi secara merata selama pagi dan sore hari.	Dilakukan berdasarkan waktu irigasinya. Komponennya adalah timer, penampung air, pipa, selenoid dan kran.
5.	Menempatkan media tanam dan tanaman.	Digunakan pot yang dihubungkan ke bagian berputar melalui rangka pot.
6.	Mengontrol seluruh kinerja alat setiap hari. Baik pemutaran dan pemberian irigasi.	Digunakan pengontrolan berbasis waktu. Dengan komponen utama adalah timer.

penyangga dan bagian berputar. Setiap bagian memiliki fungsi yang berbeda-beda. Untuk lebih jelasnya bagian-bagian alat dan fungsinya di tampilkan pada Tabel 1.

3. Perancangan Structural dan Analisis Desain

ROVERGARD didesain agar memiliki bentuk yang menarik dari segi estetika dan efisien dari segi penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang sempit dan jumlah tanaman lebih banyak, merupakan hal penting dalam mendesain alat ini. Desain ROVERGARD disajikan pada Gambar 1.

a. Perancangan Bagian alat yang Berputar

Bagian alat yang berputar komponennya terdiri dari 1) sproket utama diameter 371 mm dan bawah 120 mm, 2) rantai ANSI 40-1 panjang 16 m, 3) poros diameter 25.4 mm dengan panjang 110 cm yang dihitung berdasarkan Sularso *et al.* (1978), dan 4) pot dan rangka pot masing-masing 16 buah. Bentuk bagian berputar dirancang seperti persegi panjang. Untuk meminimalisasi dimensi. Maka lebarnya adalah 75 cm. Nilai ini berdasarkan 2 kali diameter sproket yang diberi spasi 8 mm. Nilai panjang diperoleh dari rumus keliling persegi panjang atau keliling bagian berputar yakni 325 cm.

b. Perancangan Tinggi Alat dan Penampung Air

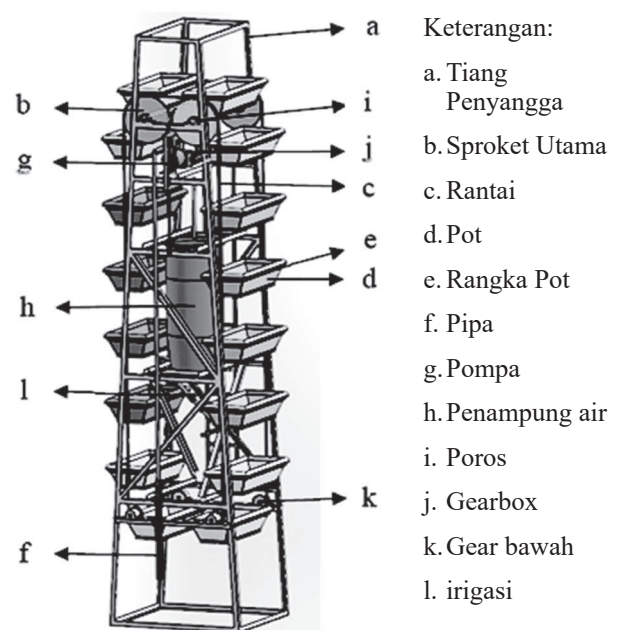
Pada umumnya rumah di daerah perkotaan memiliki tinggi pagar sekitar 3 m dan tinggi bangunan 6 m (Soeleman dan Rahayu 2013), oleh karena tinggi alat harus lebih dari tinggi pagar. Maka tinggi yang direncanakan adalah 4,5 m. Adapun untuk penampung air, didasarkan pada hasil penelitian Sapei dan Kusmawati (2003) yang berkaitan dengan irigasi tetes, kebutuhan air tertinggi untuk tanaman kangkung (*Iphomea reptans*) adalah 0.0158 l/jam, sehingga dibutuhkan air sebesar 0.1738 lt/hari/tanaman selama 11 jam. Jumlah pot pada ROVERGARD sebanyak 16 buah. Masing-masing pot ditanam 30 tanaman, sehingga jumlah keseluruhan

tanaman sebanyak 480 tanaman. Total air yang harus disediakan untuk irigasi yakni 83.42 lt.

c. Perancangan Sistem Penggerak

Penggerak yang akan digunakan berupa pompa air yang dimodifikasi pada bagian kipas pompa. Berat beban yang berputar didapatkan dari akumulasi seluruh komponen-komponen yang berputar. Dimana rantai dengan panjang 16 meter (1 m = 0.62 kg) = 9.92 kg, 4 buah sproket = 28.6 kg, 16 pot 15,04 kg, 16 rangka pot = 11.2 kg atau 0.7 kg/rangka pot, 16 pot media tanam (perpot 6 kg) = 96 kg dan berat tanaman setelah panen yang diperoleh dari penelitian sebelumnya adalah 2.5 kg (0.156 kg/pot). Jadi berat total adalah 163.26 kg atau digenapkan 164 kg (1607.2 N). Adapun daya yang dibutuhkan oleh alat ini dihitung dengan persamaan 1

$$P = T \times \omega \quad (1)$$



Gambar 1. Desain 3D ROVERGARD pada Solidworks 2015.

P adalah daya (kW), T adalah torsi (Nm) dan ω adalah kecepatan sudut pada sproket (rpm). Dari hasil perhitungan diperoleh daya untuk menggerakkan alat tersebut sebesar 3.56 W. Untuk mendapatkan putaran pada sproket 1.55 rpm, maka *gearbox* yang digunakan adalah ukuran bodi 40 sebanyak 2 unit dengan perbandingan 1:30 dan 1:60 (Prayitno 2012). Penggerak dan *gearbox* dihubungkan dengan kopling ukuran 35 mm dan sproket berdiameter 75 mm sebanyak 4 buah.

4. Pengujian

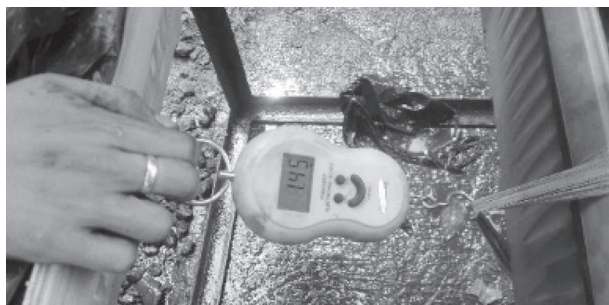
a. Pompa

Tahapan ini pompa ditempatkan pada alat, dan diberikan beban kerja ganda. Pengujian ini dilakukan dalam dua kondisi yaitu tanpa beban kerja tambahan (kerja tunggal) dan menggunakan beban kerja tambahan (kerja ganda). Kerja tunggal berarti pompa bekerja hanya dengan mengisap air untuk selanjutnya dimasukkan ke penampung ROVERGARD. Sedangkan kerja ganda, pompa bekerja tidak hanya mengisap air tetapi juga menggerakkan alat. Kondisi yang diuji pada penambahan beban kerja diantaranya 1) putaran dengan *gearbox*, 2) menggunakan rangka pot, 3) menggunakan rangka pot dan pot, 4) menggunakan rangka pot, pot dan media tanam dan 5) menggunakan rangka pot, pot, media tanam, dan air.

Berdasarkan dua kondisi yang diuji tersebut, diperoleh hasil pengukuran berupa rpm pompa, konsumsi listrik, biaya listrik, waktu ideal pengoperasian alat dan debit air yang dihasilkan. Pengukuran rpm dilakukan dengan menggunakan *tachometer*. Pengukuran konsumsi listrik dilakukan dengan menggunakan alat *multifunctional mini ammeter*.

b. Beban Tarik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui beban tarik manual yang dibutuhkan manusia jika memutar ROVERGARD secara manual. Kondisi yang diuji seperti halnya pada penambahan beban point a bagian metode. Pengujian dilakukan dengan menempatkan timbangan pada bagian alat yang berputar, selanjutnya ditarik dengan arah horizontal dan vertical (arah



Gambar 2. Pengujian Beban Tarik.

bawah dan atas) sebanyak lima kali pengulangan seperti pada gambar 2.

c. Sebaran Air

Irigasi dilakukan bersamaan dengan pemutaran alat. Air yang tertampung pada pot selanjutnya diukur menggunakan gelas ukur. Pengukuran air diulang sebanyak lima kali.

d. Sistem Kendali

Sistem ini bekerja berbasis waktu, dengan komponen utama Digital Eco Timer ET 550. Pengendalian dilakukan pada saat pemutaran alat dan pemberian irigasi yakni pada pagi hari pukul 07.00 dan sore hari 17.00. Pengujian ini dihitung dengan menggunakan 2 buah *timer*. Timer satu berfungsi untuk menghitung jumlah waktu yang dibutuhkan dalam satu kali putaran alat, sedangkan timer dua digunakan sebagai pembanding waktu pada timer satu.

Hasil dan Pembahasan

1. Prototipe ROVERGARD

ROVERGARD didesain dengan panjang 110 cm, lebar 88 cm dan tinggi 450 cm. Berat beban yang diputar oleh alat ini mencapai 165 kg yang terdiri dari 16 pot berisi media tanam dan tanaman,



Gambar 3. Prototipe ROVERGARD.

Tabel 2. Hasil Rata-rata Pengujian Beban Tarik.

Kondisi Alat	Beban Tarik (kg)		
	Vertikal ke atas	Vertikal ke bawah	Horizontal
Tanpa Pot	2.40	2.57	2.77
Menggunakan Pot Kosong	3.26	2.79	2.66
Menggunakan Pot dan Media Tanam	9.54	7.48	9.97
Menggunakan Pot, Media Tanam dan Air	13.70	8.55	12.87

Tabel 3. Hasil Rata-rata Pengujian Kinerja Penggerak.

Kondisi Alat	Kecepatan (rpm)			Waktu Pengisian (menit)	Daya (Watt)	Konsumsi Listrik (KWH)
	Motor	Pot	Sproket			
Mengisap Air Tanpa memutar alat	2,865.0	0.00	0.00	9.13	132.49	0.020
Mengisap dengan beban Gear Box	2,757.8	0.00	0.00	9.35	178.40	0.028
Mengisap air dengan pemutaran Tanpa Pot	2,740.2	0.21	1.51	9.09	180.59	0.027
Mengisap air dengan pemutaran menggunakan Pot Kosong	2,722.2	0.21	1.52	8.25	193.02	0.027
Mengisap air dengan Menggunakan Pot dan Media Tanam	2,713.6	0.21	1.47	8.44	198.20	0.028
Mengisap air dengan Menggunakan Pot, Media Tanam dan Air	2,703.8	0.20	1.47	8.31	208.09	0.029

sproket, rantai, dan rangka pot. Perbedaan warna pot, dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pada proses pergantian posisi setiap harinya. Hal ini dilakukan agar tanaman dapat menerima cahaya secara merata. Untuk lebih jelasnya, prototipe ROVERGARD ditampilkan pada gambar 3.

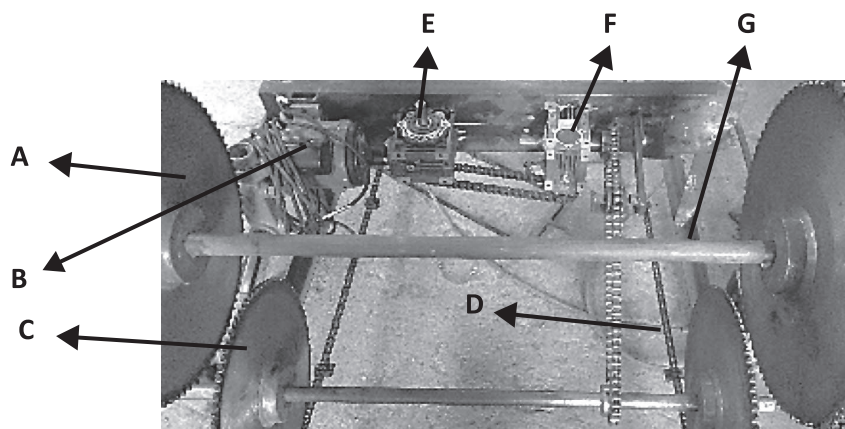
2. Beban Tarik

Hasil pengujian beban tarik disajikan pada Tabel 2. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa alat ini baik terutama saat digerakkan dengan menariknya secara vertikal kebawah, karena hanya membutuhkan gaya lebih kecil yakni 8.55 kg pada saat beban maksimal yakni menggunakan pot, media tanam dan air. Sementara pada perlakuan lain, penarikan vertikal kebawah memiliki gaya lebih besar dari penarikan gaya horizontal dan vertical

ke atas. Namun hasil ini memiliki perbedaan gaya lebih kecil dan hanya disebabkan oleh komponen transmisi yang tidak dilumasi secara maksimal (Fibria *et al.* 2011).

3. Sistem Penggerak

Pompa air yang dimodifikasi merupakan sumber penggerak pada ROVERGARD. Seperti yang terlihat pada Gambar 4, pompa dan gearbox dihubungkan dengan menggunakan kopling dan selanjutnya gaya ditransmisikan untuk memutar pot pada alat. Hasil rata-rata pengujian kinerja penggerak pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa semakin besar beban yang ditambahkan pada alat maka kinerja penggerak semakin besar. Dan penambahan tersebut memberikan pengaruh perlambatan pada rpm motor, sproket dan pot. Disamping itu juga,



Gambar 4. Sistem Transmisi ROVERGARD.

Keterangan:

- A. Sproket utama
- B. Pompa air
- C. Sproket utama
- D. Rantai transmisi
- E. Gearbox 1:30
- F. Gearbox 1:60
- G. Poros utama

Tabel 4. Hasil Rata-rata Pengujian Buka-an Kran.

Bukaan Kran	Kecepatan (rpm)			Konsumsi Listrik (KWH)	Volume Air (ml)		Total Volume air (ml)
	Motor	Pot	Sproket		Tertampung	Hilang	
1	2,835.2	0.22	1.55	0.0109	11,543.0	12,760	24,303.0
2	2,770.0	0.21	1.53	0.0144	38,102.6	32,580	70,682.6
3	2,684.0	0.21	1.46	0.0142	47,372.0	41,734	89,106.0

beban yang berat, membuat penggerak menjadi cepat panas dan konsumsi energi listrik meningkat.

Penambahan beban pada pot mengakibatkan konsumsi energi listrik meningkat, namun rpm motor menurun. Hal ini menyebabkan kinerja penggerak dalam menghasilkan debit air pada waktu pengisian yang tidak konstan. Sehingga waktu pengisian menjadi lebih lama meskipun beban yang diberikan lebih sedikit. Seperti yang terlihat pada kondisi pengisian air dengan menggunakan gearbox, pemutaran tanpa pot dan pemutaran menggunakan pot kosong yang menghasilkan konsumsi listrik secara berurutan 0.0278, 0.0274 dan 0.0265 kWh.

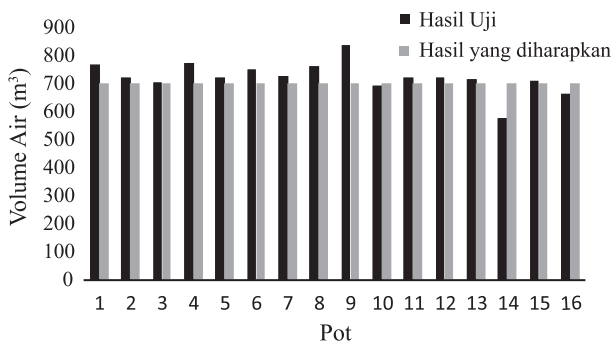
Hal lain yang perlu diketahui dalam penggunaan penggerak dari pompa air adalah rpm yang tidak stabil. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan bahwa rpm yang dihasilkan oleh pompa air bisa mencapai 2,900 rpm dari data spesifikasi aktual yakni 2,800 rpm yang dikeluarkan oleh produsen. Masalah ini sangat berpengaruh pada debit air

yang dihasilkan serta dalam penentuan waktu untuk sekali pemutaran pot pada alat.

Hasil pengujian sebaran air yang terlihat pada gambar 5, 6 dan 7 menunjukkan rata-rata volume air yang diterima oleh setiap pot. Jumlah air yang diberikan pada tanaman berbeda, disesuaikan dengan Hari Setelah Tanam (HST) dari tanaman tersebut. Secara berurutan volume air yang dibutuhkan setiap pot yaitu usia 0-5 HST 700 ml, 6-15 HST 2,000 ml dan 16-30 HST 2,600 ml. Jumlah air yang tertampung pada pot ditentukan oleh debit aliran yang diatur berdasarkan bukaan kran yang kerjanya dikontrol oleh solenoid. Kran yang digunakan memiliki bukaan sekitar 0°-90°, sehingga presentase bukaan kran 1 untuk usia 0-5 HST 22,2% (20°), bukaan kran 2 usia 6-15 HST 37,8% (34°), dan bukaan kran usia 3 16-30 HST 44,4% (40°).

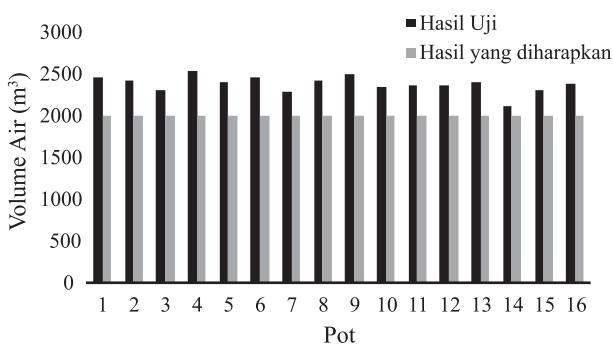
Berdasarkan pembagian jenis bukaan kran yang dilakukan, volume air yang tertampung sangat bervariasi, dan umumnya terjadi penambahan volume. Pada usia 0-5 HST volume air yang tertinggi adalah pada pot 9 yakni 834 ml dan terendah ada pada pot 14 yakni 578 ml. Adapun untuk jumlah rata-rata air yang tertampung dan cv (*coefficient of variation*) masing-masing 721.44 ml dan 7.6%. Usia 6-15 HST volume air tertinggi adalah pot 4 2,534 ml dan terendah ada pada pot 14 yakni 2,124 ml, dengan jumlah rata-rata air yang tertampung 2,381.41 ml dan cv 4,1%. Sedangkan pada usia 16-30 HST, jumlah rata-rata air yang tertampung adalah 2,960.75 dengan cv 3,2%, adapun volume tertinggi ada pada pot 3 3,144 ml dan terendah pot 14 yaitu 2,812 ml.

Pola Sebaran Air Usia 0-5 HST



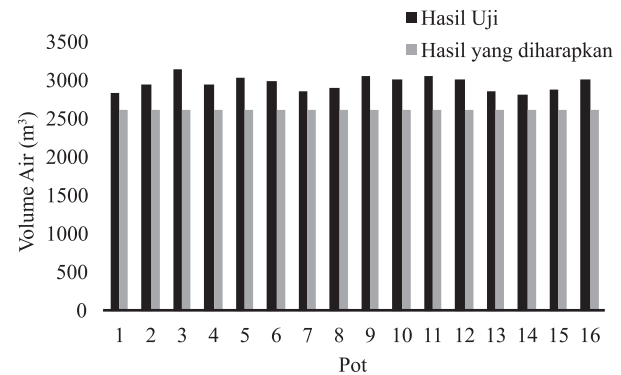
Gambar 5. Hasil Rata-rata Sebaran Air pada usia 0-5 HST.

Pola Sebaran Air Usia 6-15 HST



Gambar 6. Hasil Rata-rata Sebaran Air pada usia 6-15 HST.

Pola Sebaran Air Usia 16-30 HST



Gambar 7. Hasil Rata-rata Sebaran Air pada usia 16-30 HST.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sistem Kendali.

HST	Jam	Waktu (menit)		Kesalahan posisi (cm)
		Timer	Stopwatch	
9	07.00	4.47	4.48	25
	17.00	5.59	5.58	28,5
10	07.00	4.47	4.48	12
	17.00	5.59	6.00	22
11	07.00	4.47	4.47	30
	17.00	5.59	5.58	29
12	07.00	4.47	4.48	34
	17.00	5.59	5.59	50

Tabel 6. Perbandingan antara Hasil Perancangan dan Pengujian.

Kriteria Desain	Hasil		Keterangan
	Perancangan	Pengujian	
Kecepatan Motor (rpm)	2,800	2,703.80	-96.2
Kecepatan Pot (rpm)	0.25	0.20	-0.05
Kecepatan Sproket (rpm)	1.55	1.47	-0.08
Daya (Watt)	139	208	+69
Sistem Kontrol (menit)	4.47 & 5.59	4.47 & 5.59	0
Sebaran Air sekali beroperasi (ml)			
Bukaan Kran 1	700	721.40	+21.4
Bukaan Kran 2	2,000	2.381.40	+381.4
Bukaan Kran 3	2,650	2.960.40	+310.4

Hasil tampungan pot yang tidak seragam ini dipengaruhi oleh pergerakan pot yang cenderung tersendat-sendat. Hal ini disebabkan oleh kondisi sproket dan rantai yang tidak dilumasi dengan baik, sehingga pada saat tertentu kecepatan pot yang sampai pada posisi irigasi menjadi stagnan dan jumlah air yang masuk lebih banyak. Sebaliknya, ada kondisi pot yang mendapatkan waktu pemberian air lebih cepat sehingga jumlahnya air lebih sedikit seperti halnya pot 14. Penyebab lainnya juga adalah kondisi pot yang bocor sehingga menyebabkan air pada pot tersebut berkurang dan berpindah pada pot yang lain. Selain jumlah air yang tertampung, ada juga jumlah air yang hilang. Hasil perhitungan rata-rata menyatakan bahwa efisiensi penyiraman belum maksimal. Hal ini dikarenakan jumlah air yang hilang hampir sebanding dengan air yang tertampung (lihat tabel 4). Kondisi ini dikarenakan posisi irigasi yang belum tepat, membuat air tidak jatuh tepat di dalam pot.

4. Sistem Kendali

Pengujian sistem kendali dilakukan selama 4 hari. Dengan pengambilan data pada pagi dan sore hari. Berdasarkan data pada tabel 5, terlihat bahwa putaran pot mengalami kesalahan posisi. Kesalahan posisi terbesar ada pada usia 12 HST

yakni 50 cm. Sedangkan terpendek ada pada usia 10 HST yakni 12 cm. Kondisi ini disebabkan oleh rpm motor yang berubah-ubah dan sistem kendali yang masih bersifat *open loop*, oleh karena itu, *timer* harus diatur kembali dan mengurangi waktunya sekitar 3-5 detik agar kesalahan posisi yang dihasilkan berkurang.

Konsumsi daya pada saat pengujian mengalami peningkatan (lihat tabel 6). Daya yang dihasilkan sekitar 208 W sehingga melewati daya yang direncanakan yakni 139 W. Selisih 69 W disebabkan oleh dua faktor diantaranya faktor gesekan antar komponen transmisi yang tidak dilumasi dan posisi komponen transmisi yang tidak sejajar. Posisi komponen yang tidak sejajar ini dipengaruhi oleh getaran rotasi atau yang biasa disebut getaran torsional (Abidin dan Arstianti 2008). Getaran ini hanya bisa diredam dan tidak bisa dihilangkan (Irasari *et al.* 2010). Oleh karena itu, memicu penambahan berat beban pada komponen transmisi yang mempengaruhi kinernja penggerak.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Penggunaan pompa air sebagai sumber

penggerak dianggap mampu untuk memutar ROVERGARD, namun konsumsi energi listrik yang dihasilkan melebihi nilai perencanaan yaitu dari 139 W menjadi 208 W. Beban tarik terkecil pada beban maksimal sebesar 8.55 kg pada kondisi penarikan vertical ke bawah secara manual. Sistem kendali berbasis waktu yang digunakan dapat bekerja dengan baik, akan tetapi masih terjadi kesalahan posisi sebesar 50 cm. Distribusi air pada masing-masing pot untuk usia 0-5 HST dikategorikan baik dengan cv 7.6%, untuk usia 6-15 dan 16-30 HST dikategorikan presisi, karena memiliki nilai cv masing-masing 4.1 dan 3,2%, namun masih terdapat kehilangan air saat pengisian antar pot yang hampir mencapai 50%.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem transmisi pada ROVERGARD agar diperoleh konsumsi energi listrik yang lebih efisien. Untuk mengurangi kehilangan air, maka perlu dilakukan penelitian tentang posisi irigasi yang tepat. Pada penelitian ini ditemukan kelemahan pada sistem kendali *open loop*, sehingga perlu diteliti penggunaan sistem kendali *close loop* agar dapat mengurangi kesalahan posisi.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z., Arstiani, H. 2008. Pemodelan, Pengujian, dan Analisis Getaran Torsional dari Perangkat Uji Sistem Poros-Rotor. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 10, No.2, Oktober 2008: 72-81.
- Dunnett, N., Kingsbury, N. 2004. *Planting Green Roofs and Living Walls*. Timber Press, Portland, OR.
- Davis, M.M., Hirmer, S. 2015. The Potential for Vertical Gardens as Evaporative Coolers: an Adaptation of the 'Penman Monteith Equation'. *Journal of Elsevier of Building and Environment* 92 (2015) 135-141.
- Davis, M.J.M., Ramirez, F., Vallejo, A.L. 2015. Vertical Gardens as Swamp Coolers. *Journal of Elsevier of Procedia Engineering* 118 (2015) 145-159.
- DeNardo, J.C., Jarrett, A.R., Manbeck, H.B., Beattie, D.J., Berghage, R.D. 2005. Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)* 48, 1491-1496.
- Fibria, M., Yuliani, CR., Hanifuddin, M. 2011. Analisis Tingkat Penguapan pada Minyak Lumas Transmisi. *Jurnal Lembaga Publikasi LEMIGAS*. Vol. 45. No. 1, April 2011: 61-64.
- Irasari, P., Nugraha, A.S., Kasim, M. 2010. Analisis Getaran Pada Generator Magnet Permanen 1 kW Hasil Rancang Bangun Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*. Vol. 01, No, 1, 2010. ISSN 2087-3379.
- Matta, E., Stefano, D.A. 2009. Seismic Performance of Pendulum and Translational Roof-Garden TMDs. *Journal of Elsevier of Mechanical Systems and Signal Processing* 23 (2009) 908-921.
- Nakatani, N., Saito Y., Aizaki, H., Shoji, Y., Kakizawa, H., Kobayashi, K., Higashiyama, K. 2015. *Frontiers of Agricultural Science Research Faculty of Agriculture Hokkaido University*. Syoukadoh. Kyoto.
- Pomalingo, M.F. 2012. Rancang dan uji kinerja vertical rotary garden untuk pertanian sayur organik di lahan sempit perkotaan. [Skripsi]. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Prayitno, M.M.E. 2012. Analisa Teknis Optimalisasi Sistem Propulsi Kapal Ikan Menggunakan CVT Gearbox. *Journal Kapal*. Vol. 9, No 3 Oktober 2012.
- Rowe, D.B. 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution* 159, 2100-2110.
- Sapei, A., Kusmawati, I. 2003. Perubahan Pola Penyebaran Kadar Air Media Tanam Arang Sekam dan Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (*Iphomea reptans* Poir.) pada Pemberian Air Secara Terus Menerus Dengan Irigasi Tetes. *Buletin Keteknikan Pertanian*. Vol. 17 No. 2, Agustus 2003. Hal.1-6
- Soeleman S., Rahayu D. 2013. *Halaman Organik*. Jakarta. Agromedika Pustaka.
- Suga K, Sularso. 1978. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Tian, Y., Jim, C.Y. 2012. Development Potential of Sky Gardens in the Compact City of Hongkong. *Journal of Elsevier of Urban Forestry and Urban Greening* 11 (2012) 223-233.
- Ugai, T. 2016. Evaluation of Sustainable Roof from Various Aspects and Benefits of Agriculture Roofing in Urban Core. *Journal of Elsevier of Social and Behavioral Sciences* 216 (2016) 850-860.
- Van Renterghem, T., Botteldooren, D. 2009. Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment* 44, 1081-1087.
- Wong, N.H, Chen, C.L., Ong, C.L., Sia, A. 2003. The effects of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment* 38, 261-270.
- Yang, J., Yu, Q., Gong, P. 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment* 42, 7266-7273.
- Yuan, B., Hien, N. W. 2005. Resident Perceptions and Expectations of Rooftop Gardens in Singapore. *Journal of Elsevier of Landscape and*