

RANCANG BANGUN PENGONTROL *SEEDER* OTOMATIS UNTUK PROSES *PICK AND PLACE* BENIH SAYURAN HIDROPONIK PADA MEDIA *ROCKWOOL*

Muliady¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha
Email: muliady@eng.maranatha.edu

Nathaniel Lowell¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha
Email: 1622042@eng.maranatha.edu

ABSTRACTS : *Manual seeding process by inserting one vegetable seed into the rockwool media is a repetitive activity and requires a long time. Automatic seeder mechatronic system for pick and place process of hydroponics vegetable seeds on rockwool media will help hydroponic vegetable cultivators which require routine seeding process. The automatic seeder controller that has been made by author functions to control the seeder mechanism, rockwool perforation mechanism, and tray movement mechanism that has been made before to do the pick and place process of hydroponic vegetable seeds on rockwool media. The whole seeder and rockwool perforation process are done on a belt conveyor moving in the step of row distance of the rockwool tray. The difficulties faced are taking the small seed, the seed shape is not round, and the precision of inserting the seed into the hole in rockwool. Automatic seeder use STM32 Mapple Mini microcontroller as the controller, IR proximity sensor to detect tray position on conveyor, and magnetic hall sensor to detect the position of rockwool perforation and seeder mechanism. Based on observation data from 6 trials, the hole in the rockwool was filled with exactly 1 seed with an average percentage of 95,7 % for the pak choi seeds with a round shape and 83 % for the lettuce seeds with a flat shape. Round seeds shape has the highest percentage because when sucked, the seed can cover the entire needle hole.*
Keywords: *Hydroponics, Seeding, Automatic Seeder Controller, Vegetable Seeds, Rockwool, Tray.*

ABSTRAK: Proses penyemaian benih secara manual dengan cara memasukkan satu per satu benih sayuran ke dalam media *rockwool* merupakan kegiatan berulang dan membutuhkan waktu yang lama. Sistem mekatronik *seeder* otomatis untuk proses *pick and place* benih pada media *rockwool* akan membantu pembudidaya sayuran hidroponik yang memerlukan proses penyemaian benih rutin. Pengontrol *seeder* otomatis yang dibuat penulis berfungsi untuk mengontrol mekanisme *seeder*, mekanisme pelubang *rockwool*, dan mekanisme pemindahan *tray* yang sudah dibuat sebelumnya agar dapat melakukan proses *pick and place* benih sayuran hidroponik pada media *rockwool*. Seluruh proses pada *seeder* otomatis berlangsung di atas *conveyor belt* untuk selanjutnya dilakukan urutan proses pelubangan *rockwool* dan *seeder* pada setiap baris *tray rockwool*. Kesulitan yang dihadapi adalah mengambil ukuran benih yang kecil, bentuk benih tidak bulat, dan ketepatan memasukkan benih ke dalam lubang pada *rockwool*. *Seeder* otomatis menggunakan *microcontroller* STM32 Mapple Mini sebagai pengontrol, sensor IR *proximity* untuk mendeteksi posisi *tray* di atas *conveyor*, dan sensor *hall magnetic* untuk mendeteksi posisi mekanisme pelubang *rockwool* dan *seeder*. Berdasarkan data pengamatan dari 6x percobaan, keberhasilan lubang pada *rockwool* terisi tepat 1 biji benih memiliki rata-rata persentase 95,7 % untuk benih pak choi dengan bentuk benih bulat dan 83 % untuk benih selada dengan bentuk benih pipih. Benih dengan bentuk bulat memiliki persentase tertinggi karena pada saat terisap, benih dapat menutupi seluruh lubang jarum.

Kata Kunci: Hidroponik, Penyemaian, Pengontrol *Seeder* Otomatis, Benih Sayuran, *Rockwool*, *Tray*.

PENDAHULUAN

Penyemaian merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memproses benih menjadi bibit sebelum ditanam pada lahan sesungguhnya [1]. Salah satu bagian dari proses penyemaian adalah proses peletakan benih pada media tanam yang akan dipakai yaitu *rockwool*. Namun proses peletakan benih budidaya sayuran hidroponik ke dalam media *rockwool* umumnya masih dilakukan secara manual dengan cara memasukkan satu per satu benih sayuran ke dalam media *rockwool*. Proses ini membutuhkan tenaga terampil dan waktu yang cukup lama.

Terdapat model-model yang pernah dibuat di antaranya Mr. Dhairyashil Ashok Naik dan Prof. Harshad Madhav Thakur, membuat *Automated Seeder For Small Scale Sowing Applications For Tray Plantation Method* dan mengujinya dengan benih timun, terong, lada, dan tomat. Alat ini dirancang untuk melakukan proses *pick and place* benih dengan sistem *vacuum* pada *tray yang berisi pupuk tanah*. Pada alat ini terdapat 8 jarum suntik yang terpasang pada *seeder pipe* yang terhubung ke pompa *vacuum* yang dapat berotasi ke depan dan ke belakang antara tempat benih dan *seed guidance mechanism*. Fungsi dari *seed guidance mechanism* adalah agar benih yang dilepaskan oleh kepala jarum dapat jatuh di dalam tiap kotak pada *tray* [2]. Model lain dibuat oleh Divaker Chelladurai membuat *Automated pro-tray*

¹ Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha

seeder yang semua sistem mekaniknya menggunakan sistem *electro-mechanical*. Alat ini dirancang untuk proses *pick and place* benih dengan sistem *vacuum* yang menggunakan media pupuk atau tanah pada *tray* dengan jumlah kotak $14 \times 7 = 98$ kotak. Pada alat ini terdapat 7 jarum suntik tumpul terpasang pada pipa PVC yang terhubung ke pompa *vacuum*. Pipa PVC ini digerakkan menggunakan mekanisme lengan ayun yang dapat berayun ke depan dan ke belakang untuk mengambil benih dan melepaskannya ke dalam 7 *seed guide* yang berfungsi agar benih tepat jatuh ke dalam kotak pada *tray* [3]. Model lain dibuat oleh Bhaskar Gaikwad dan N.P.S Sirohi membuat *low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays* dan mengujinya dengan benih tomat dan *capsicum* di dalam *tray* berisi tanah yang mempunyai 345 sel (15×23). Pada alat ini terdapat 24 jarum suntik terpasang dengan jarak tertentu pada pipa aluminium *hollow* $20 \times 20 \text{ mm}^2$ [4].

Proses *pick & place* benih pada media tanah dan *rockwool* memiliki perbedaan, yaitu pada media *rockwool* benih harus tepat berada di dalam *rockwool* yang sudah dilubangi sebelumnya. Sedangkan pada media tanah, benih cukup berada di dalam kotak *tray*, tidak harus benar-benar tepat di tengah kotak *tray*. Karena itu dibuat pengontrol *seeder* otomatis untuk mengontrol mekanisme pelubang *rockwool*, mekanisme *seeder*, dan mekanisme *conveyor* untuk benih sayuran hidroponik pada media *rockwool* yang telah dibuat sebelumnya agar proses semai dapat jauh lebih cepat dan dapat berjalan secara otomatis.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Tinjauan Pustaka

a. Media *Rockwool*

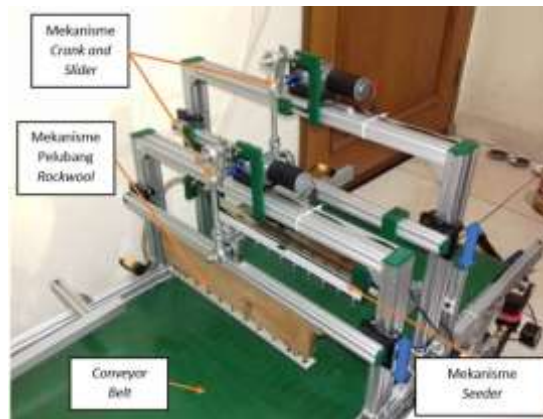
Hidroponik merupakan teknik bercocok tanam dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman, atau dengan kata lain bercocok tanam tanpa tanah [5]. Jenis media yang paling populer dan paling banyak digunakan pada budidaya hidroponik adalah media *rockwool*. Pada budidaya hidroponik, *rockwool* digunakan sebagai media untuk proses penyemaian benih sampai sayuran budidaya hidroponik siap untuk dipanen. Salah satu dari kegiatan penyemaian adalah proses peletakan benih ke dalam *rockwool* yang sudah dipotong-potong. Gambar 1 merupakan media *rockwool* yang sudah dipotong-potong dan diletakkan di dalam partisi pada *tray*.



■ Gambar 1. *Tray* Berisi Media *Rockwool* yang Sudah Dipotong-Potong

b. *Seeder* Otomatis

Sistem mekanik pada *seeder* otomatis yang telah dibuat terdiri dari 3 bagian yaitu mekanisme *conveyor belt*, mekanisme pelubang *rockwool*, dan mekanisme *seeder* yang terdiri dari 4 bagian yaitu mekanisme rotasi *seeder*, mekanisme naik turun *seeder* yang berfungsi untuk menggerakkan mekanisme rotasi *seeder* naik dan turun, mekanisme tekanan *vacuum* dan motor *vibrator*. Pada mekanisme tekanan *vacuum*, terdapat pompa *vacuum*, regulator tekanan angin, dan solenoid *valve normally close* yang berfungsi untuk memberikan atau melepaskan tekanan *vacuum* di dalam sistem untuk proses *pick and place* benih. Pada mekanisme rotasi *seeder* terdapat jarum suntik tumpul terpasang pada pipa kotak $10 \times 10 \text{ mm}$ yang terhubung ke mekanisme tekanan *vacuum* dan *stepper* motor. Gerakan naik turun pada mekanisme pelubang *rockwool* dan *seeder* menggunakan mekanisme *crank and slider* dan dc motor sebagai penggerak. Konstruksi *seeder otomatis* menggunakan aluminium *profile t-slot* dan *v-slot* 2020 dan 2040 dan ukuran permukaan *belt conveyor* $100 \times 45 \text{ cm}$. Gambar 2 merupakan *seeder* otomatis yang telah dibuat.



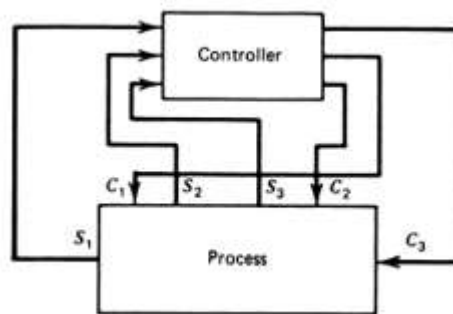
■ **Gambar 2.** Mekanisme Pelubang *Rockwool*, Mekanisme *Seeder*, mekanisme *crank and slider*, dan *Conveyor Belt* pada *Seeder* Otomatis

Seeder otomatis dibuat agar dapat digunakan untuk proses *pick and place* benih sayuran hidroponik pada media *rockwool* dengan cara membuat agar jarum suntik yang terpasang pada mekanisme *seeder* dapat memasukkan benih yang berhasil terisap ke dalam media *rockwool* yang sebelumnya sudah dilubangi oleh mekanisme pelubang *rockwool*.

c. Discrete State Process Control

Discrete state process control adalah operasi kontrol proses yang variabel prosesnya hanya mengandung nilai diskrit atau hanya mempunyai 2 kondisi. Proses yang dikontrol merupakan proses *sequential* atau beberapa urutan proses yang harus dilakukan oleh pengontrol. Urutan proses ini biasanya mengarah pada produksi atau proses suatu barang atau produk. Istilah *discrete state* menyatakan bahwa setiap kejadian dalam urutan dapat dijelaskan dengan menentukan semua kondisi operasi proses [6]. Contoh kondisi seperti *valve A* tertutup, *conveyor B* menyala, motor *C* mati, pompa *D* menyala. Semua kondisi tersebut digambarkan sebagai keadaan diskrit dari keseluruhan sistem.

Pada Gambar 3 adalah representasi proses dari suatu manufaktur dan pengontrol untuk proses tersebut. Misalkan semua *input* variabel pengukuran (S_1, S_2, S_3) dan semua variabel *output* kontrol (C_1, C_2, C_3) dari proses hanya mempunyai 2 nilai atau 2 kondisi, contohnya seperti katup terbuka atau tertutup, motor hidup atau mati, suhu tinggi atau rendah, *switch* tertutup atau terbuka, dan sebagainya. Jika ada tiga variabel masukan dan tiga variabel keluaran, maka *state* terdiri dari spesifikasi keenam nilai. Karena setiap variabel dapat mengambil dua nilai, maka total ada 64 kemungkinan *state*.



■ **Gambar 3.** *Process and Controller*^[6]

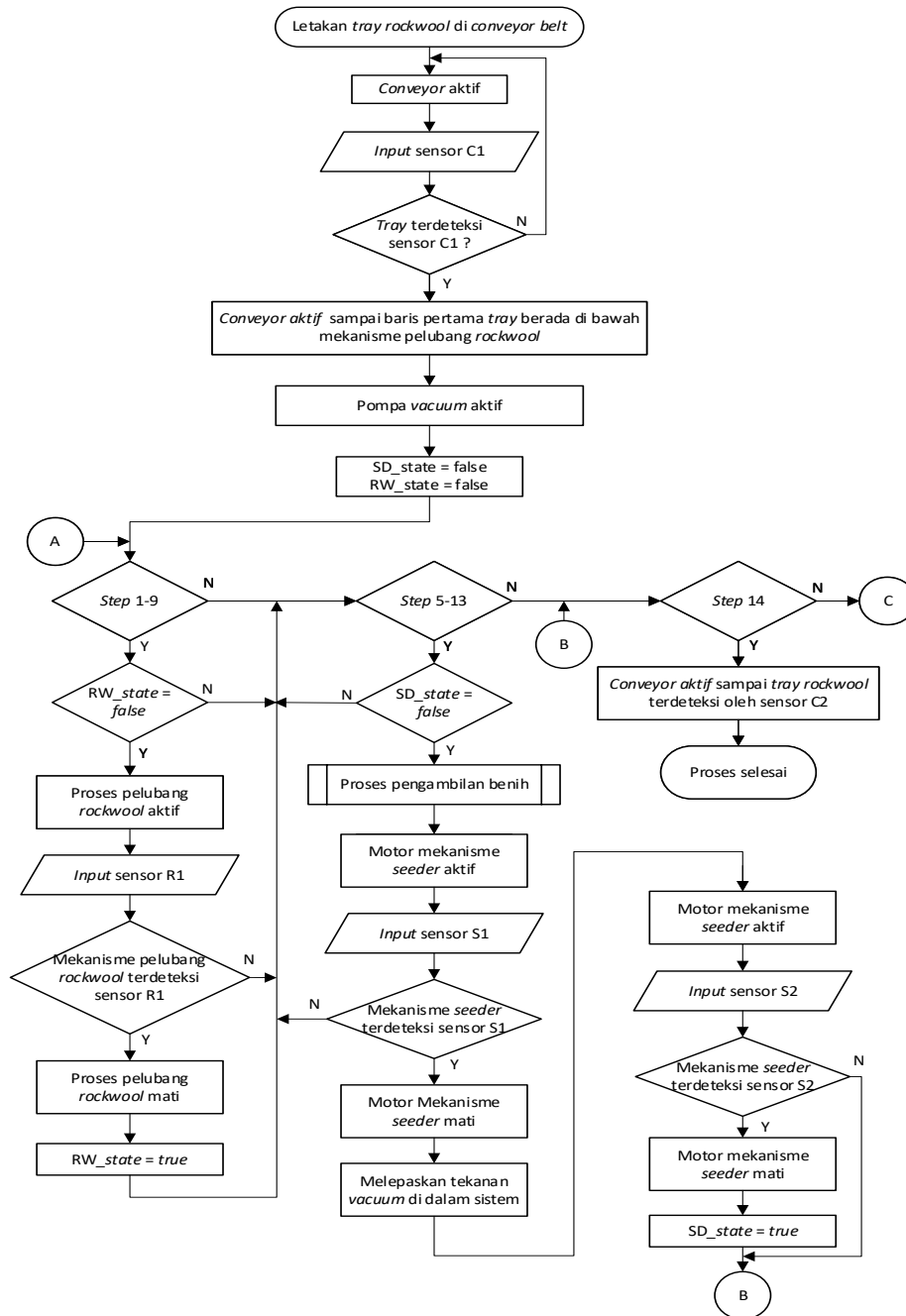
2. Perancangan Proses dan Pengontrol *seeder* otomatis

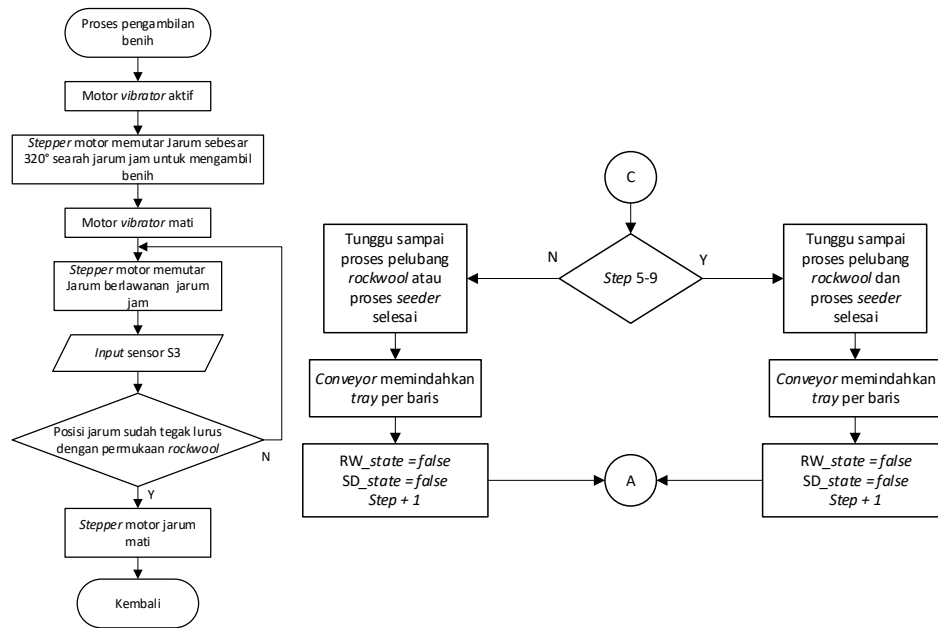
a. Proses Pelubang *Rockwool* dan *Seeder* pada Tiap Baris *Tray Rockwool*

Proses pelubang *rockwool* dan *pick and place* benih pada tiap baris *tray rockwool* diperlihatkan pada diagram alir proses *sequential* Gambar 4. Proses ini dirancang untuk mengatur mekanisme pelubangan *rockwool* dan *seeder* untuk melakukan proses pelubang *rockwool* dan *pick and place* benih pada tiap baris *tray rockwool*. *Conveyor belt* yang digerakkan oleh *stepper* motor berfungsi untuk proses pemindahan *tray* agar tiap baris *tray rockwool* berada di bawah kepala pelubang *rockwool* dan kepala jarum. Proses dimulai dengan *tray rockwool* diletakan pada bagian *conveyor belt* lalu saat sistem diaktifkan, *conveyor belt* aktif dan memindahkan *tray* sampai terdeteksi sensor C_1 . Jika sensor C_1 sudah mendeteksi *tray*, maka *conveyor belt* akan memindahkan *tray* hingga baris pertama pada *tray*

Pengontrol Seeder Otomatis Untuk Proses Pick and Place Benih Sayuran Hidroponik pada Media Rockwool

berada di bawah mekanisme pelubang *rockwool* lalu pompa vacuum aktif dan nilai variabel *SD_state* dan *RW_state* menjadi *false*. Selanjutnya sistem akan menjalankan 14 urutan *step* atau proses pelubangan *rockwool* dan *seeder* di setiap baris *tray*. Proses pelubangan *rockwool* aktif dari *step* 1 sampai 9 dan proses *seeder* aktif dari *step* 5 sampai 13. Saat variabel *step* bernilai 5 sampai 9, proses pelubangan *rockwool* dan *seeder* aktif dan proses pemindahan *tray rockwool* pada *conveyor* hanya aktif jika proses pelubangan *rockwool* dan *seeder* sudah selesai. Di luar *step* 5 sampai 9, proses pemindahan *tray rockwool* pada *conveyor* akan aktif jika proses pelubangan *rockwool* atau *seeder* sudah selesai. Semua proses ini akan terus berulang sampai variabel *step* bernilai 14 yang menandakan proses telah selesai.





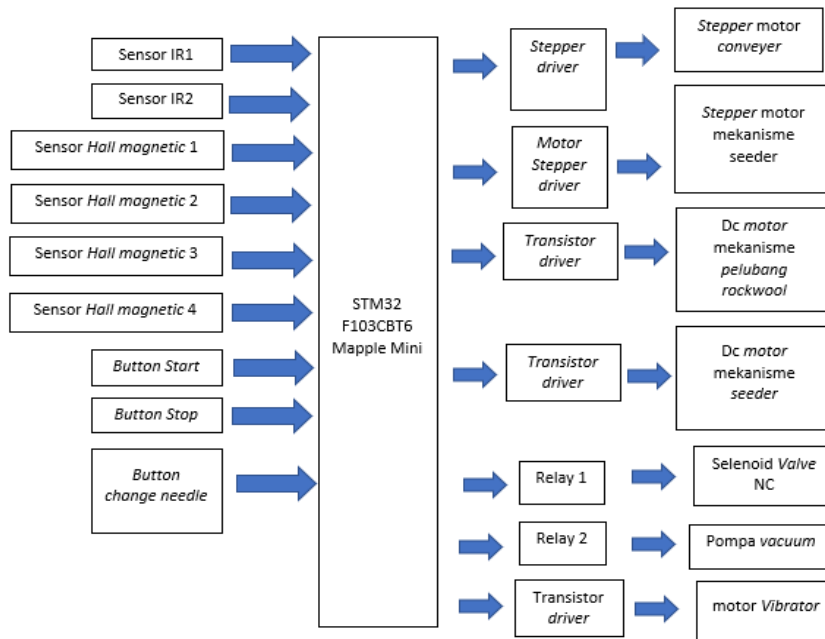
■ Gambar 4. Diagram Alir Proses Sequential

b. Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras

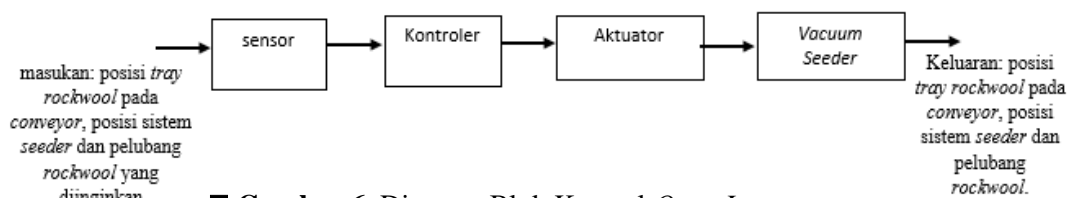
Perancangan perangkat keras pada seeder otomatis meliputi *microcontroller* ARM STM32 F103CBT6 Mapple Mini yang terhubung dengan 2 sensor IR *proximity*, 4 sensor *hall magnetic*, 3 *push button*, 2 *stepper driver*, 2 buah *relay* untuk solenoid *valve normally close* dan *vacuum pump*, serta 3 buah rangkaian driver berbasis transistor untuk 2 dc motor dan 1 motor *vibrator*.

Cara kerja dari perangkat keras diperlihatkan pada Gambar 5, yaitu ARM STM32 F103CBT6 Mapple Mini sebagai pengontrol menerima 9 masukan sinyal digital yang berasal dari 2 buah sensor IR *proximity* (C1 dan C2) yang berfungsi untuk mendeteksi posisi *tray rockwool* yang berada pada *conveyor*, 1 sensor *hall magnetic* (R1) untuk mendeteksi posisi mekanisme pelubang *rockwool*, 2 sensor *hall magnetic* (S1 dan S2) untuk mendeteksi posisi mekanisme naik turun *seeder*, 1 sensor *hall magnetic* (S3) untuk mendeteksi posisi dari mekanisme *seeder*, 1 *push button start* untuk memulai proses, *push button stop* untuk memberhentikan proses, dan *push button change needle* yang berfungsi untuk memutar kepala jarum sebesar 270° searah jarum jam agar mudah jika ingin melakukan pengantian jenis jarum.

Beberapa aktuator yang digunakan untuk menggerakkan *conveyor*, sistem pelubang *rockwool*, dan sistem *seeder* terdiri dari *stepper motor* dan *stepper driver* untuk *conveyor*, *stepper motor* dan *stepper driver* untuk mekanisme rotasi *seeder*, dc motor untuk mekanisme pelubang *rockwool*, dc motor untuk mekanisme naik turun *seeder*, solenoid *valve normally close*, pompa *vacuum*, dan motor *vibrator* untuk menggetarkan benih. Sistem kontrol yang dipakai pada *seeder* otomatis adalah sistem kontrol *open loop* seperti pada Gambar 6.

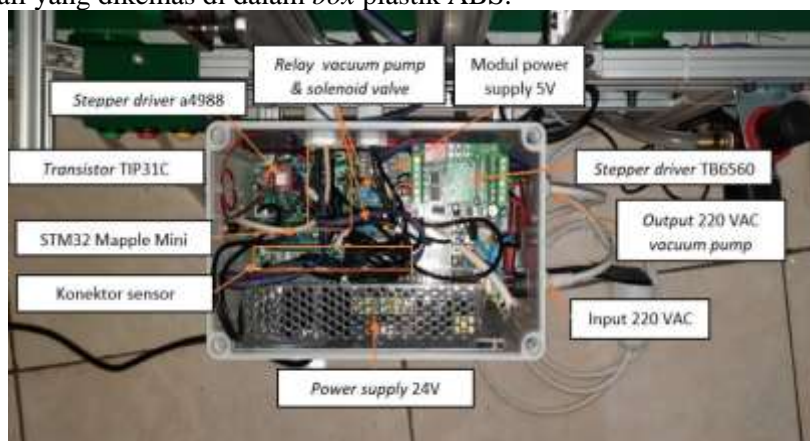


■ Gambar 5. Diagram Blok Sistem



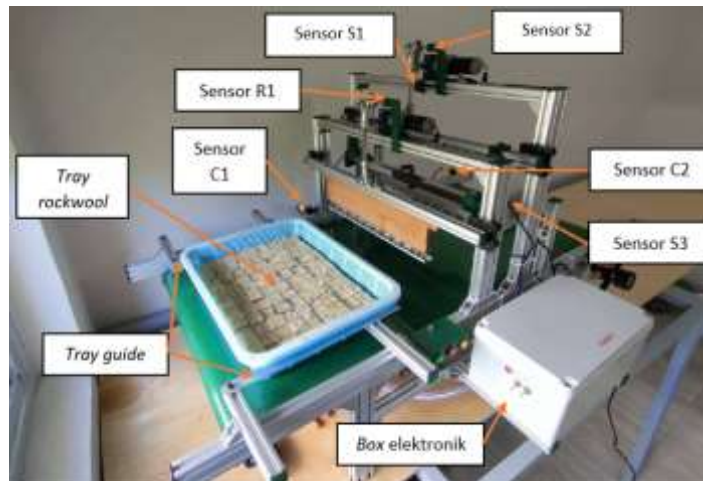
■ Gambar 6. Diagram Blok Kontrol Open Loop

Rangkaian elektronik dari pengontrol seeder otomatis untuk benih sayuran hidroponik pada media rockwool dicetak pada *printed circuit board* (PCB). Pada PCB ini terdapat *microcontroller* STM32 Mapple Mini, *stepper driver* A4988, modul *power supply* 5V, 2 *relay* single srd-05vdc, 3 *transistor* TIP31C, dan terdapat konektor-konektor untuk sensor, *push button*, aktuator, dan konektor yang terhubung ke *power supply* untuk aktuator. Pada Gambar 7 diperlihatkan realisasi dari sistem elektronik pengendali yang dikemas di dalam *box* plastik ABS.



■ Gambar 7. Realisasi sistem Elektronik Pengendali

Pada Gambar 8 ditampilkan keseluruhan sistem seeder otomatis. Tray berisi rockwool yang sudah dipotong-potong diletakan di *conveyor belt*. Pada seeder otomatis terdapat *tray guide* yang berfungsi agar *tray rockwool* dapat sejajar dengan mekanisme pelubang rockwool dan mekanisme seeder.



■ Gambar 8. Keseluruhan sistem *Seeder* otomatis

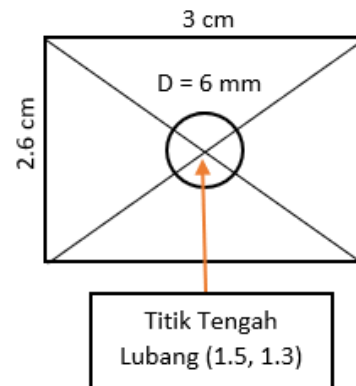
3. Pengujian Proses dan Pengontrol *seeder* otomatis

a. Pengujian Ketepatan Sistem Pelubang *Rockwool*

Pada pengujian ini digunakan *rockwool* yang sudah dipotong kotak dengan ukuran rata-rata 2.5 x 2.8 x 2 cm yang diletakan di dalam partisi aluminium pada *tray*. Jumlah partisi pada *tray* adalah 99 buah dengan ukuran masing-masing 2.6 x 3 x 2 cm. *Tray* yang sudah berisi potongan *rockwool* kemudian diletakan di bagian *tray guide* pada *seeder* otomatis. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3x. Tujuan dari pengujian ini adalah mengamati ketepatan dari proses pelubang *rockwool*. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil masing-masing 10 sampel *rockwool* yang sudah dilubangi dari 3 *tray* lalu diukur penyimpangan pelubang.



■ Gambar 9. *Rockwool* yang Sudah Dilubangi



■ Gambar 10. Titik Tengah Target Pelubang *Rockwool*

b. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan sebanyak 6 kali, 3 kali untuk benih pak choi yang bentuk benihnya bulat dan 3 kali untuk benih selada yang bentuk benihnya pipih. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengamati apakah benih sayuran yang digunakan masuk tepat 1 biji ke dalam lubang pada *rockwool* yang sudah dilubangi oleh mekanisme pelubang *rockwool* dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk melubangi lalu meletakan benih ke dalam 99 buah *rockwool* pada *tray* dari awal hingga selesai. Gambar 11 dan 12 ditampilkan benih kelompok pipih dan kelompok bulat yang berada di dalam lubang *rockwool*.



■ **Gambar 11.** Benih Pipih yang Berada di Dalam Lubang *Rockwool*



■ **Gambar 12.** Benih Bulat yang Berada di Dalam Lubang *Rockwool*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Ketepatan Sistem Pelubang *Rockwool*

Berikut adalah Tabel hasil pengujian sistem pelubang *rockwool* pada *tray* yang berisi 99 potongan *rockwool*.

■ **Tabel 1.** Hasil Pengujian Mekanisme Pelubang *Rockwool*

Sampel	Uji Coba 1 cm	Uji Coba 2 cm	Uji Coba 3 cm
1	(1.4, 1.3)	(1.7, 1.3)	(1.4, 1.2)
2	(1.5, 1.1)	(1.7, 1.1)	(1.4, 1.2)
3	(1.6, 1.2)	(1.8, 1.1)	(1.5, 1.3)
4	(1.5, 1.1)	(1.7, 1.2)	(1.3, 1.2)
5	(1.5, 1.2)	(1.7, 1.2)	(1.4, 1.2)
6	(1.6, 1.2)	(1.7, 1.2)	(1.5, 1.4)
7	(1.5, 1.3)	(1.6, 1.1)	(1.6, 1.4)
8	(1.6, 1)	(1.5, 1.2)	(1.3, 1.1)
9	(1.3, 1.3)	(1.4, 1.4)	(1.7, 1.2)
10	(1.6, 1.3)	(1.5, 1.1)	(1.7, 1.4)
Rata-Rata penyimpangan	(0.07, 0.1)	(0.15, 0.13)	(0.12, 0.1)

Berdasarkan data pengamatan pada Tabel 1, didapatkan rata-rata penyimpangan pelubang *rockwool* sebesar (0.111 cm, 0.108 cm).

2. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Berikut adalah Tabel hasil pengujian keseluruhan sistem pada *tray* yang berisi 99 potongan *rockwool*.

■ **Tabel 2.** Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Uji Coba	Benih Bulat				Waktu (detik)
	Isi 0	Isi 1	Isi 2	Meleset	
1	2	94	0	3	70
2	0	96	0	3	70
3	3	94	0	2	70
Rata-Rata	1.666	94.7	0	2.7	70

■ **Tabel 3.** Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Uji Coba	Benih Pipih				Waktu (detik)
	Isi 0	Isi 1	Isi 2	Meleset	
1	5	85	4	5	70
2	8	81	7	3	70
3	7	81	5	6	70
Rata-Rata	6.7	82.2	5.2	4.7	70

Berdasarkan data pengamatan pada Tabel 2 dan Tabel 3, didapatkan rata-rata jumlah benih yang berhasil dimasukkan tepat 1 biji pada 99 lubang *rockwool* untuk benih bulat adalah 94.7 biji benih dan 82.2 biji benih untuk benih pipih. Persentase benih yang berhasil dimasukkan tepat 1 biji pada 99 lubang *rockwool* untuk benih bulat adalah 95.7 % dan 83 % untuk benih pipih. Untuk meningkatkan peluang terambilnya benih pipih, perlu dilakukan proses *trial and error* pemilihan ukuran jarum serta pengaturan tekanan *vacuum* sampai persentase terambilnya benih pipih meningkat. Waktu proses *seeding* 99 buah potongan *rockwool* pada *tray* dari awal hingga selesai (*tray* terdeteksi sensor S2) adalah 70 detik atau 5049 buah *rockwool* per jam. Jumlah jarum suntik pada alat ini dapat ditambah hingga 15 buah sehingga alat ini memiliki potensi proses *seeding* hingga 6885 buah potongan *rockwool* per jam. Pada Gambar 13 dan Gambar 14 diperlihatkan benih sayuran usia 2 hari setelah semai yang sudah mulai berkecambah.

■ **Gambar 13.** Bibit Pak Choi Usia 2 Hari Setelah Semai■ **Gambar 14.** Bibit Selada Usia 2 Hari Setelah Semai

KESIMPULAN

Pengontrol *seeder* otomatis untuk proses *pick and place* benih sayuran hidroponik pada media *rockwool* berhasil direalisasikan. *Microcontroller* STM32 Mapple Mini menerima sinyal dari masing-masing sensor untuk diproses kemudian dilakukan aksi kontrol melalui aktuator untuk menggerakkan mekanisme pelubang *rockwool*, mekanisme *seeder*, dan mekanisme *conveyor* yang telah dibuat sesuai dengan *state* atau rangkaian proses *sequential* yang telah diprogram. Hasil uji coba dari 6 kali percobaan, lubang pada *rockwool* terisi tepat 1 biji benih dengan rata-rata persentase 95.7 % untuk benih pak choi dengan bentuk benih bulat dan 83 % untuk benih selada dengan bentuk benih pipih. Waktu yang dibutuhkan untuk Persentase terisinya benih pada lubang *rockwool* tepat 1 biji untuk benih pipih lebih rendah dari benih bulat karena pada saat terisap oleh kepala jarum, benih pipih tidak menutupi seluruh lubang jarum dan benih pipih dapat terisap pada bagian atas, bawah, depan, dan belakang. Hal ini membuat benih pipih memiliki kemungkinan benih tidak terambil, benih terambil 2 biji, dan benih tidak masuk tepat ke dalam lubang *rockwool* lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sayurankita, 2018. Pusat studi Agrikultur. <https://sayurankita.com/2018/10/29/penyemaian>. [Diakses 1 Maret 2020].
- [2] Dhairyashil Ashok Naik, Harshad Madhav Thakur. 2017. Design And Analysis Of An Automated Seeder For Small Scale Sowing Applications For Tray Plantation Method. International Journal of Engineering Research and Technology, vol. 10, pp. 974-3154.
- [3] Divaker Durairaj Chelladurai. 2019. An Electro-Mechanical Pro-Tray Seeder for Sowing Vegetable Seeds. International Journal of Recent Technology and Engineering, vol. 8, pp. 2277-3878.
- [4] Bhaskar Gaikwad, N.P.S Sirohi. 2008. *Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays*. ScienceDirect, vol. 99, pp. 322-329.
- [5] Jiri Farm, 2018. Apa itu hidroponik. <https://jirifarm.com/a-jirifarm-company/hydroponic-system/apa-itu-hidroponik/>. [Diakses 3 Maret 2021].
- [6] Curtis D.Johnson. 2014. Process Control Instrumentation Technology. Harlow. Pearson Education.