

Sistem Penyemaian Otomatis menggunakan Teknik *Computer Numerical Control* Pada Budidaya Tanaman Selada

Wulandari*, Thio Rifaldi

Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

email: wulandari.ilkom@apps.ipb.ac.id

RIWAYAT ARTIKEL

Disubmit 20 Mei 2021

Diterima 20 Mei 2021

Diterbitkan 3 Agustus 2021

KATA KUNCI

CNC; otomatisasi; penyemaian; selada; *vacuum pump*

ABSTRAK

Langkah pertama dalam budidaya tanaman selada yaitu proses penyemaian benih. Tantangan yang dihadapi petani saat melakukan penyemaian selada yaitu jumlah benih yang berbeda-beda pada setiap lubang tanam. Penyemaian secara konvensional memakan banyak waktu dan kurang efisien. Ukuran benih selada yang sangat kecil menyebabkan pembenihan secara ideal sulit dilakukan. Salah satu metode alternatif yang dapat dilakukan untuk meminimalisir resiko tersebut yaitu menggunakan alat penyemaian secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *computer numerical control* (CNC) sebagai alat penyemaian alternatif untuk benih selada. Sistem ini diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan penyemaian benih secara cepat. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem CNC dapat diterapkan sebagai alat penyemaian alternatif untuk benih. Sistem ini mampu membantu manusia dalam melakukan penyemaian benih 4 kali lebih cepat dibandingkan dengan penanaman secara manual. Sistem dilengkapi dengan konveyor yang digunakan untuk menggerakkan wadah semai dan sensor ultrasonik yang digunakan sebagai alat pendeteksi keberadaan wadah semai pada konveyor. Sensor ultrasonik berhasil mendeteksi keberadaan wadah dengan baik pada setiap pengujian yang dilakukan. Sistem penghisapan benih menggunakan *vacuum pump* berhasil bergerak sesuai dengan algoritma penanaman. Sistem ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut agar benih dapat dihisap dengan maksimal. Hal tersebut dimungkinkan karena kurangnya daya penghisapan dari *vacuum pump* yang terhubung melalui selang menuju *needle*.

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2021.009.02.02>

1. Pendahuluan

Tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan sayuran memiliki yang fungsi yang cukup penting dalam perbaikan metabolisme tubuh manusia terutama dalam asupan nutrisi dan gizi tinggi khususnya mineral yang terkandung didalamnya. Selada mengandung mineral, termasuk iodium, fosfor, besi, tembaga, kobalt, seng, kalsium, mangan, dan potasium [1]. Jumlah gizi per 100 gram selada antara lain memiliki kalori sebesar 15.00 kal, protein 1.20 g, lemak 0.2 g, karbohidrat 2.9 g, kalsium (Ca) 22.00 mg, protein 25 mg, zat besi (Fe) 0.5 mg, vitamin A 540 SI, vitamin B 0.04 mg, dan air 94.80 g. Secara umum, selada dikonsumsi dalam keadaan tidak dimasak. Warna, tekstur, dan aroma yang menyegarkan tampilan makanan merupakan daya tarik selada sehingga selada populer di kalangan masyarakat. Pada daerah dataran tinggi atau pegunungan, selada dapat tumbuh dengan bentuk bulatan krop yang besar. Namun, daun selada berbentuk krop kecil dan berbunga

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2021.009.02.02>

umumnya ditanam di dataran rendah [2][3]. Daun selada memiliki berbagai varian dengan bentuk, ukuran dan warna yang beragam. Secara umum, selada daun dapat tumbuh hingga tinggi antara 30-40 cm dan 20-30 cm untuk tanaman selada kepala [4].

Tanaman selada membutuhkan suhu yang ideal agar dapat menghasilkan selada berkualitas tinggi. Kisaran suhu ideal bagi selada adalah diantara 15-25°C. Suhu yang lebih tinggi dari 30°C dapat menghambat pertumbuhan, merangsang tumbuhnya tangkai bunga (*bolting*), dan dapat menyebabkan rasa pahit. Suhu yang tinggi pada selada kepala dapat mengakibatkan bentuk kepala longgar, sedangkan pada selada tipe daun longgar umumnya dapat beradaptasi lebih baik terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi ketimbang tipe bentuk kepala [2]. Ketika ditinjau dari permintaan pasar dalam dan luar negeri terhadap tanaman selada, komoditas ini memiliki prospek cerah untuk dibudidayakan. Secara nasional dilaporkan bahwa jumlah ekspor selada pada tahun 2002 adalah 47,942 ton [5]. Angka tersebut meningkat menjadi 55,710 ton pada tahun 2003 [6]. Peningkatan produksi tanaman selada tersebut memerlukan teknik budidaya yang dapat menghasilkan jumlah panen yang optimal.

Umumnya budidaya tanaman selada memerlukan proses penyemaian terlebih dahulu untuk dapat memilih bibit yang unggul [7][8]. Tantangan yang dihadapi petani saat melakukan penyemaian selada yaitu jumlah benih yang berbeda-beda pada setiap lubang tanam. Penyemaian secara konvensional memakan banyak waktu dan kurang efisien. Ukuran benih selada yang sangat kecil menyebabkan pembenihan secara ideal sulit dilakukan. Salah satu metode alternatif yang dapat dilakukan untuk meminimalisir resiko tersebut yaitu menggunakan alat penyemaian secara otomatis. Alat penyemaian secara mekanik diharapkan dapat meningkatkan keakuratan dan kecepatan penyemaian, sehingga menghemat waktu dan sumber daya manusia.

Teknologi *computer numerical control* (CNC) telah banyak diterapkan untuk menunjang pertanian. Teknik CNC diimplementasikan untuk menanam sayuran pada area yang terbatas [9]-[11]. Sistem tersebut dapat dikontrol secara jarak jauh untuk menanam sayuran pada media tanam tanah. Pengembangan yang serupa juga dilakukan oleh Peter [12]. Pada penelitian tersebut, mesin CNC digunakan untuk melakukan penyemaian dan penyiraman dengan menggunakan pompa. Sistem akan bekerja sesuai dengan algoritme gerak yang sudah ditanamkan sebelumnya untuk melakukan penyiraman. Selain itu, mesin CNC juga dapat digunakan untuk memindahkan lengan manipulator [13]. Lengan tersebut digunakan untuk memanen buah tomat. Sistem penyemaian benih tanaman telah dikembangkan untuk melakukan penyemaian pada tanaman cabai dan tomat [14]. Sumbu X akan bergerak sepanjang wadah semai yang berada pada atas meja sistem tersebut. Sementara, pada penelitian milik Sriwongras pada tahun 2014 [15], sistem penyemaian digunakan untuk benih pepaya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa efisiensi pelepasan benih pada wadah semai bernilai 79%. Waktu operasi penaburan benih pada sistem tersebut 7.88 kali lebih cepat dari pada penaburan dengan tangan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *computer numerical control* (CNC) sebagai alat penyemaian alternatif untuk benih selada. Sistem ini diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan penyemaian benih secara cepat. Sistem ini dilengkapi dengan konveyor untuk menggerakkan wadah semai. Sensor ultrasonik akan digunakan sebagai alat pendeteksi keberadaan wadah semai pada konveyor. Ketika wadah semai terdeteksi oleh sistem, proses peletakan benih akan dilakukan. Pada penelitian ini, wadah semai yang digunakan memiliki ukuran dengan lebar 7.5 cm, panjang 15 cm dan tinggi wadah 2.5 cm. Wadah semai tersebut mampu menampung penyemaian 100 benih selada jenis *naked*. Penelitian ini menggunakan media tanam berupa *rockwool*.

2. Metode Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari empat tahapan, yaitu analisis masalah dan identifikasi kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian dan evaluasi sistem. Program pada sistem dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Selanjutnya, program yang sudah dikembangkan tersebut akan diunggah ke mikrokontroler Arduino.

2.1. Analisis Masalah dan Identifikasi Kebutuhan Sistem

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan mengenai teknik penyemaian yang ada saat ini dan, seperti ukuran wadah semai, ukuran benih selada, kedalaman semai, dan jumlah benih selada pada masing-masing lubang. Selanjutnya, hasil dari analisis yang dilakukan akan digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi kebutuhan alat dan bahan dari sistem otomatisasi yang akan dikembangkan. Hasil dari tahap analisis ini adalah rancangan sistem sesuai dengan kebutuhan.

2.2. Perancangan

Tahap perancangan ini terdiri dari desain perangkat keras dan perangkat lunak. Desain perangkat keras dimulai dari membuat desain alat sistem CNC dan desain rangkaian elektronik. Sementara, pengembangan perangkat lunak menggunakan *flowchart* kerja sistem dan blok diagram sistem.

2.3. Implementasi

Tahap implementasi ini merupakan tahap penerapan dari semua yang telah dianalisis dan dirancang ke dalam rangkaian.

2.4. Pengujian

Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian hasil uji alat dengan tujuan yang telah ditetapkan. Pada tahapan ini dilakukan dengan menjalankan fungsi alat sesuai dengan *flowchart* yang telah dirancang sebelumnya.

3. Hasil Dan Pembahasan

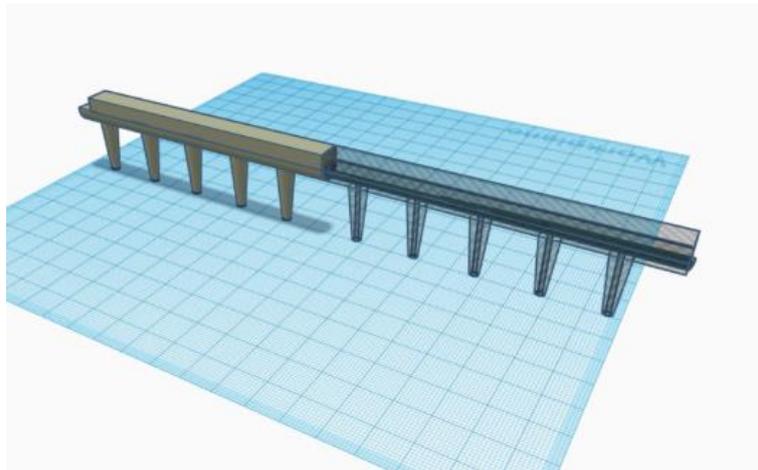
3.1. Analisis

Penyemaian benih merupakan proses yang penting dalam tahapan budidaya. Perkembangan benih tanaman dipengaruhi dengan jumlah nutrisi yang didapatkan melalui media tanam yang digunakan. Jika benih ditanam dalam jarak yang terlalu dekat, kemungkinan akan terjadi persaingan perolehan nutrisi sehingga tanaman tidak dapat tumbuh optimal. Saat ini, penyemaian dilakukan secara manual oleh manusia. Proses penyemaian memerlukan waktu yang lama agar dapat menghasilkan penyemaian benih dengan jumlah benih dan kedalaman benih yang seragam. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dikembangkan sebuah sistem penyemaian otomatis yang mampu untuk menyemai benih dengan jumlah yang seragam dan kedalaman yang sama pada masing-masing lubang tanam. Sistem tersebut dapat membantu petani guna mempercepat waktu penyemaian dan meningkatkan efisiensi sumber daya manusia. Sistem ini dibentuk dengan memodifikasi sistem CNC dengan menggunakan *conveyor belt* untuk menggerakkan wadah semai tanaman. *Conveyor belt* sepanjang 1 meter dirangkai dengan dua buah pipa sepanjang 20 cm sebagai sistem perputaran di kedua ujung konveyor. Selanjutnya, sisi dari konveyor tersebut disangga dengan menggunakan 4 buah *bearing block*. Konveyor dan *bearing block* disambungkan dengan 4 buah baut. Kerangka alat dikembangkan dengan menyatukan 12 kerangka plastik sepanjang 15 cm yang dicetak menggunakan 3D printer dan 4 buah *shaft* besi

8 mm sepanjang 15 cm yang digunakan sebagai penyangga. *Lead screw* 8 mm sepanjang 15 cm digunakan untuk menaikkan dan menurunkan dari sistem penyemaian dan selanjutnya ditopang dengan sebuah *linear bearing*. Sistem penyemaian menggunakan sebuah *vacuum pump* dan 10 buah *needle* yang disejajarkan dengan jarak 0.4 cm sebagai alat pengambil benih (**Gambar 1**). Benih akan terangkat pada ujung *needle* akibat adanya hisapan udara dari *vacuum pump*. Setelah benih diletakkan pada permukaan media tanam, benih akan terlepas dari ujung *needle* dengan cara mematikan *vacuum pump*.

Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai alat pemroses data dan pengendali dari modul-modul yang terhubung. Arduino Mega 2560 merupakan sebuah papan mikrokontroler berbasis Atmega2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin *digital input/output*. Lima belas buah pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, enam belas buah pin sebagai *input analog*, dan empat buah pin sebagai UART (port serial perangkat keras). Mikrokontroler ini memiliki 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6V sampai 20V.

CNC *Shield* digunakan sebagai papan pengendali driver A4998. CNC *Shield* V3 merupakan papan ekspansi dari Arduino, berfungsi sebagai papan ekspansi driver A4988, bekerja pada 12-36V DC. CNC *Shield* biasa digunakan untuk pembuatan proyek mesin ukiran CNC, printer 3D [16], gerakan linear, pemotong laser router CNC, dan *plotter* [17]. CNC *Shield* V3 menggunakan *open-source firmware* GRBL yang berjalan pada Arduino Uno atau Arduino Mega yang mengubah perintah G-code menjadi sinyal *stepper*.



Gambar 1. Desain *needle* untuk pengambilan benih

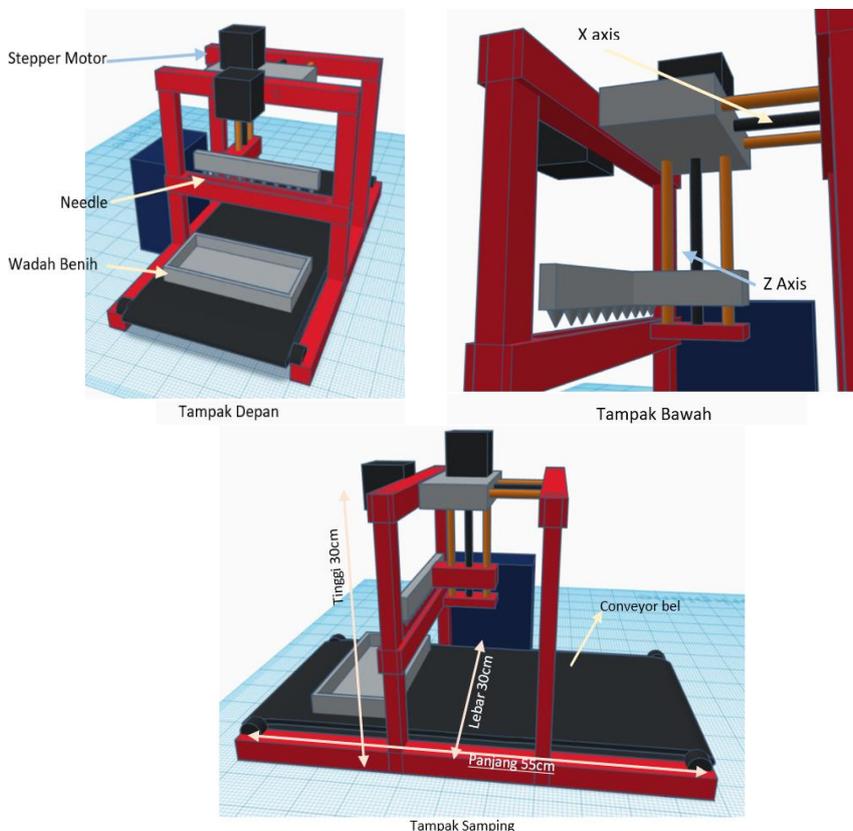
Tiga buah Nema17 HS4401 *motor stepper* digunakan sebagai aktuator sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z mekanik dari alat. *Motor stepper* merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Urutan pulsa yang diberikan kepada motor digunakan untuk menggerakkan motor tersebut. Pengendali *motor stepper* berfungsi untuk membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Pulsa tersebut diterjemahkan menjadi putaran *shaft*. Jumlah pulsa yang diberikan menghasilkan besar putaran tertentu. Umumnya, *motor stepper* diaplikasikan pada sistem yang membutuhkan torsi kecil namun memerlukan akurasi yang tinggi. Contohnya yaitu penggerak head pada *floppy disk drive* atau pada CDROM. Oleh sebab itu, *motor stepper* cocok untuk pekerjaan yang membutuhkan presisi yang tinggi [18]. *Motor stepper* dikendalikan sepenuhnya oleh mikrokontroler. Karena arus yang dihasilkan oleh mikrokontroler (sekitar 20 mA) tidak cukup untuk menggerakkan *motor stepper*, maka digunakan sebuah *driver* penggerak untuk menghasilkan arus yang dibutuhkan *motor stepper* tersebut.

Driver A4988 sendiri merupakan *driver motor microstepping* yang dilengkapi dengan penerjemah bawaan yang memudahkan pengoperasian atau penggunaannya untuk menggerakkan *motor stepper*. Produk ini tersedia dalam mode langkah penuh, setengah, 1/4, 1/8, dan 1/16 langkah pengoperasian *motor stepper*. Kapasitas keluaran penggerak yang dimiliki *driver A4988* yaitu hingga 36V. Untuk arus maksimum 2A diperlukan *heat sink* (pendingin) dan tanpa *heat sink* untuk arus 1A [18].

Sistem tersebut diberi daya dengan menggunakan *power supply unit* (PSU) sebesar 12V dan 1A. *Step down 12V to 5V* digunakan untuk menurunkan tegangan agar dapat memberikan tenaga ke Arduino. Selanjutnya, sebuah *vacuum pump* dihubungkan dengan *relay* yang diberi daya dari Arduino. *Relay* tersebut digunakan sebagai pengatur dari *vacuum pump* untuk mengambil dan meletakkan benih. Pengembangan perangkat lunak pada sistem ini dikembangkan dengan menggunakan Bahasa pemrograman C. Kode program tersebut dibuat menggunakan aplikasi bernama Arduino IDE, yang berfungsi sebagai *compiler* dan *uploader* dari program yang dibuat ke dalam mikrokontroler. Perancangan rangkaian elektronik dari alat dikembangkan dengan menggunakan aplikasi *Fritzing*. Selain itu, perancangan kerangka alat dikembangkan dengan menggunakan *Ultimaker Cura* dan *Tinkercad*.

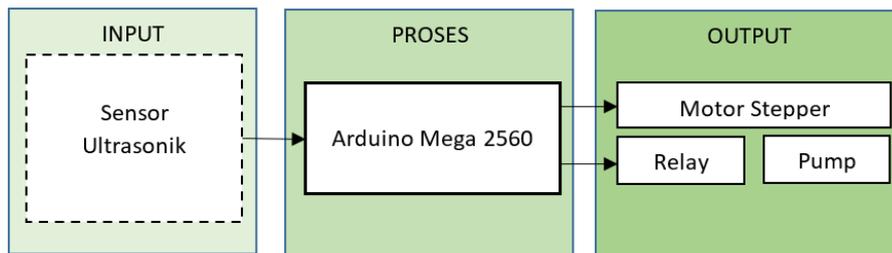
3.2. Perancangan Sistem

Desain 3D alat terdiri dari bagian utama alat berupa kerangka seperti pada **Gambar 2**. Dimensi keseluruhan alat yaitu panjang 55 cm, tinggi 30 cm dan lebar 30 cm. Pada alat tersebut terdapat konveyor yang diletakkan pada bagian dasar. Konveyor digunakan sebagai penggerak wadah semai benih. Dua buah *motor stepper* digunakan sebagai penggerak arah sumbu X dan sumbu Z. *Needle* digerakkan dengan *motor stepper* sumbu Z sebagai pergerakan naik turunnya alat. Penopang sumbu X dan sumbu Z menggunakan *shaft* besi dengan ukuran diameter 8 mm.



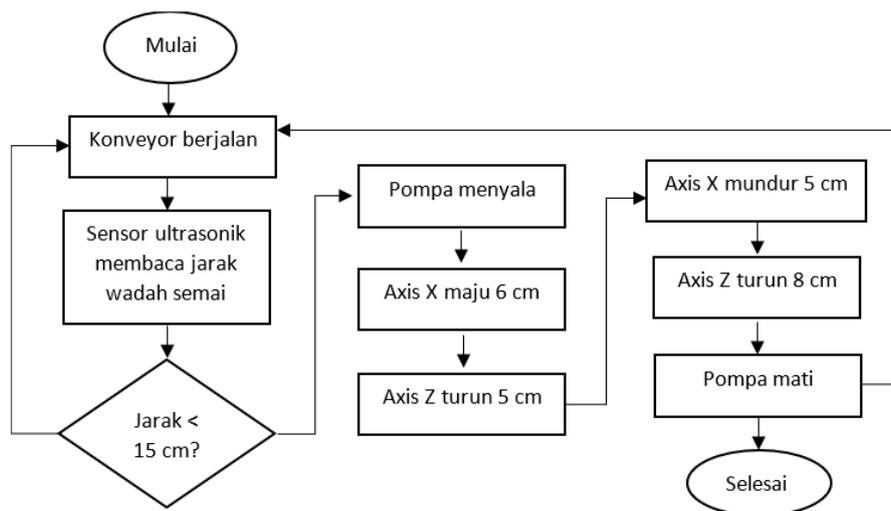
Gambar 2. Rancangan alat

Blok diagram pada **Gambar 3** menjelaskan tentang proses *input-output* pada mikrokontroler Arduino mega2560. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan wadah semai berdasarkan jarak yang dibaca oleh sensor. *Relay* akan aktif ketika aktuatur penanam benih berada diatas permukaan wadah benih. Setelah itu, *vacuum pump* akan menyala untuk membawa benih dengan cara menghisap permukaan benih tersebut. Ketika aktuatur penanam benih berada diatas permukaan media tanam, pompa akan mati, sehingga benih akan terlepas dari aktuatur penanam benih dan terletak pada wadah semai.



Gambar 3. Blok diagram alat

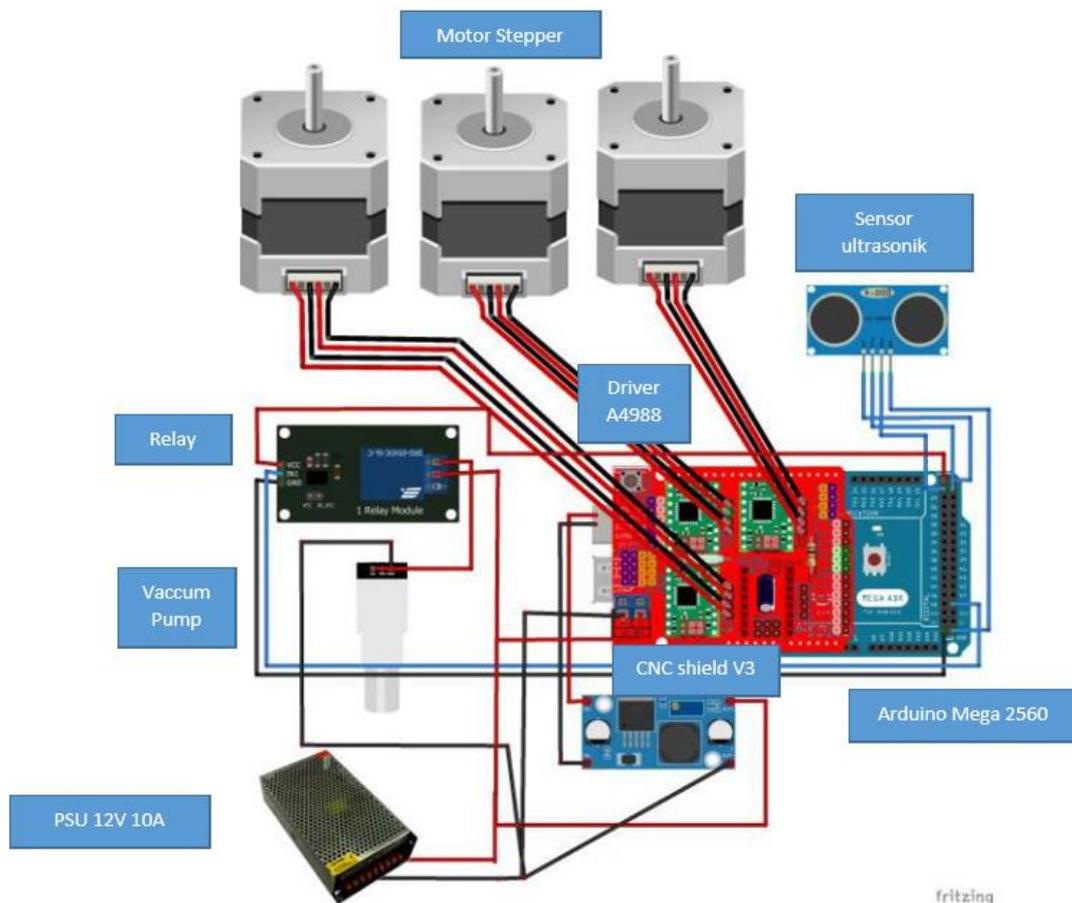
Gambar 4 menunjukan *flowchart* kerja mekanik alat yang digunakan. Ketika alat diaktifkan, konveyor pada alat akan terus berputar hingga sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan wadah semai. Saat wadah semai terdeteksi dengan jarak kurang dari 15 cm, sistem akan melakukan proses peletakan benih dengan cara menggerakkan *motor stepper*. Proses penanaman dilakukan dengan menghisap benih menggunakan *vacuum pump*, selanjutnya aktuatur pompa akan bergerak searah sumbu X sebesar 6 cm menuju ke tempat wadah benih. Setelah itu, aktuatur pompa akan turun searah sumbu Z sebesar 5 cm menuju ke dalam wadah benih yang tertampung. Ketika benih terhisap oleh ujung *needle*, aktuatur pompa bergerak naik sebesar 5 cm searah sumbu Z untuk keluar dari tampungan benih. Selanjutnya, aktuatur pompa bergerak mundur sebesar 5 cm searah sumbu X menuju tempat wadah semai tanaman yang terletak pada konveyor. Aktuatur pompa akan turun sebesar 8 cm untuk meletakkan benih pada wadah dengan cara mematikan pompa. Kemudian, konveyor akan berjalan kembali menunggu wadah terdeteksi oleh sensor.



Gambar 4. *Flowchart* kerja sistem

Desain rangkaian elektronika alat yang dibuat ditunjukkan pada **Gambar 5**. *Power supply* berfungsi sebagai sumber tegangan *Direct Current* (DC) untuk semua komponen elektronika yang digunakan. *Arduino mega 2560* digunakan sebagai pemroses utama dari semua komponen input dan output yang ada. *CNC Shield V3* digunakan sebagai *board driver A4988* yang digunakan untuk pemroses data dan pengendali kontrol *motor stepper*. Dua buah *motor stepper* digunakan sebagai penggerak sumbu X dan sumbu Z, sementara satu buah *motor servo* digunakan sebagai penggerak konveyor. Sensor HC-SR04 digunakan sebagai pendeteksi keberadaan wadah semai yang digunakan untuk melakukan penanaman.

Mikrokontroler *Arduino Mega 2560* dihubungkan dengan menggunakan kabel *jumper*. Sensor HC-SR04 dihubungkan dengan *Arduino* menggunakan pin digital 23 untuk *trigger pin* dan pin digital 22 untuk *pin echo* pada sensor. *Relay* yang digunakan sebagai pengatur aktif dari *vacuum pump* dihubungkan dengan mikrokontroler pin digital 49 ke pin IN1 pada *relay*. Selanjutnya, empat buah pin *CNC Shield V3* yaitu pin IN1, IN2, IN3, dan IN4 dihubungkan dengan *motor stepper* dengan pin 1, 2, 3, dan 4. Kemudian, dua buah pin *CNC Shield V3* yaitu pin VCC dan pin GND dihubungkan dengan PSU 12v 10A. Terakhir, pin pompa dihubungkan dengan ke GND PSU dan pin NO *relay*.

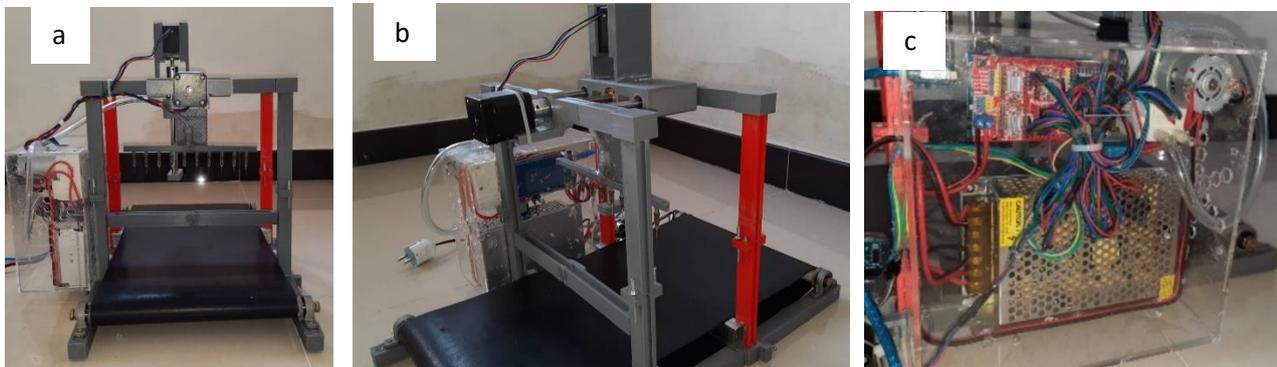


Gambar 5. Skema rangkaian sistem

3.3. Implementasi

Pada tahap implementasi, dilakukan dengan memulai pembuatan alat dimulai dari pembuatan rangka alat, proses pembenihan, dan mekanik *axis*. Pembuatan rangka utama alat terbuat plastik PLA yang dibuat didesain dengan menggunakan 3D printer. Tahap perakitan alat dimulai dengan menghubungkan semua komponen atau

perangkat keras yang menjadi satu kesatuan sehingga alat penanam benih biji selada dapat berjalan dengan baik. Setelah itu dilanjutkan dengan mengunggah program ke dalam mikrokontroler agar alat dapat berfungsi.



Gambar 6. Hasil implementasi alat, (a) Tampak Depan; (b) Tampak samping; (c) Hasil perangkaian elektronika

Hasil implementasi alat dan bahan sesuai dengan rancangan yang dibuat berhasil dilakukan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Rangkaian elektronika dibuat berdasarkan perancangan rangkaian yang telah dirancang sebelumnya (**Gambar 6c**). Sistem menggunakan sebuah *power supply unit* 12V 10A yang didapatkan dengan mengubah tegangan AC 220V menjadi 12V DC menggunakan *adaptor*. Tegangan 12V DC terhubung dengan board *CNC Shield*. Modul *USB Step Down* digunakan untuk mengubah 12V menjadi tegangan 5V. Tegangan 5V tersebut digunakan untuk memberi daya Arduino Mega. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pemroses utama, dan driver A4988 yang terhubung dengan Arduino Mega tersebut digunakan sebagai penggerak *motor stepper*.

3.4. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan wadah semai pada konveyor yang telah dibuat. Uji terhadap pembacaan sensor HC-SR04 dan kerja *stepper* dilaksanakan agar penanaman dapat dilakukan sesuai dengan wadah semai. **Tabel 1** menunjukkan hasil pengujian untuk *motor stepper* pada konveyor. Untuk dapat bergerak sebesar 1 cm ke arah sumbu Y, *motor servo* perlu bergerak sebesar 75 *pulse*. Sementara itu, pergerakan *motor stepper* yang dibutuhkan agar *motor stepper* dapat menggeser aktuatur semai sebesar 1 cm diperlukan perubahan pulsa sebesar 250 *pulse*. *Motor stepper* yang digunakan pada sumbu Z berfungsi sebagai sistem menaikkan dan menurunkan aktuatur semai. *Motor stepper* tersebut memerlukan putaran sebesar 250 *pulse* untuk dapat bergerak naik dan turun sebesar 1 cm.

Tabel 1. Hasil pengujian *motor stepper* pada konveyor (sumbu Y)

No	Jarak Pindah	<i>Stepper</i> aktuatur semai (sumbu X)	<i>Stepper</i> aktuatur semai (sumbu Z)	<i>Stepper</i> konveyor (Sumbu Y)
1	1 cm	250 <i>Pulse</i>	250 <i>Pulse</i>	75 <i>Pulse</i>
2	2 cm	500 <i>Pulse</i>	500 <i>Pulse</i>	150 <i>Pulse</i>
3	3 cm	750 <i>Pulse</i>	750 <i>Pulse</i>	225 <i>Pulse</i>
4	4 cm	1000 <i>Pulse</i>	1000 <i>Pulse</i>	300 <i>Pulse</i>
5	5 cm	1250 <i>Pulse</i>	1250 <i>Pulse</i>	375 <i>Pulse</i>

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan mengkondisikan keberadaan wadah semai pada sistem (**Tabel 2**). Ketika wadah terdeteksi dengan jarak lebih dari sama dengan 15 cm, sistem akan mendeteksi bahwa wadah semai sudah berada pada posisi yang sesuai dan memulai proses penanaman. Sebaliknya, jika sensor membaca bahwa jarak yang dibaca lebih dari 15 cm, maka proses penanaman tidak akan dimulai, namun konveyor akan tetap berputar untuk menggerakkan wadah semai.

Tabel 2. Pengujian sensor ultrasonik

No	Kondisi	Keadaan alat	Keterangan
1	Sensor ultrasonik mendeteksi jarak dengan wadah >15 cm	<i>Stepper</i> X, Y dan Z bergerak melakukan proses penanaman	Berhasil
2	Sensor ultrasonik mendeteksi jarak dengan wadah <15 cm	<i>Stepper</i> X, Y, dan Z tidak melakukan proses penanaman	Berhasil

Pengujian perbedaan waktu antara waktu tanam secara manual dengan mekanik dilakukan untuk menguji seberapa efisien sistem yang telah dikembangkan. Peneliti melakukan penyemaian secara manual dengan memasukkan benih secara manual dan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penyemaian pada wadah semai yang digunakan. Penyemaian secara manual dilakukan sebanyak 5 kali perulangan. Pada **Tabel 3** didapatkan bahwa waktu tanam secara mekanik alat memiliki perbedaan waktu yang cukup signifikan yaitu 8 detik dengan penanaman secara manual dengan rentang waktu 28 sampai 34 detik dengan ukuran wadah semai yang sama.

Tabel 3. Perbandingan waktu tanam secara manual dan menggunakan sistem

No	Pergerakan Mekanik alat (detik)	Penanaman manual (detik)
1	8	32
2	8	34
3	8	30
4	8	28
5	8	31

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem *computer numerical control* (CNC) sebagai alat penyemaian alternatif untuk benih selada telah berhasil dikembangkan. Sistem ini mampu membantu manusia dalam melakukan penyemaian benih 4 kali lebih cepat dibandingkan dengan penanaman secara manual. Sistem dilengkapi dengan konveyor yang digunakan untuk menggerakkan wadah semai dan sensor ultrasonik yang digunakan sebagai alat pendeteksi keberadaan wadah semai pada konveyor. Sensor ultrasonik berhasil mendeteksi keberadaan wadah dengan baik pada setiap pengujian yang dilakukan. Sistem penghisapan benih menggunakan *vacuum pump* berhasil bergerak sesuai dengan algoritma penanaman. Namun, sistem ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut agar benih dapat dihisap dengan maksimal. Hal tersebut dimungkinkan karena kurangnya daya penghisapan dari *vacuum pump* yang terhubung melalui selang menuju *needle*.

Daftar Pustaka

- [1] B. Cahyono, *Teknik budidaya dan analisis usaha tani selada*. Semarang, ID: Aneka Ilmu, 2005.
- [2] V. E. Rubatzky, M. Yamaguchi, *Sayuran Dunia*. Diterjemahkan oleh C. Herison. Bandung, ID: Institut Teknologi Bandung, 1998.
- [3] A. Wicaksono, *Penyimpan Bahan Makanan Serta Kerusakan Selada*. Yogyakarta, ID: Fakultas Politeknik Kesehatan, 2008.
- [4] C. Saparinto, *Grow Your Own Vegetables- Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekarangan*, Yogyakarta, ID: Penebar Swadaya, 2013.
- [5] Badan Pusat Statistik, “Komsumsi Buah Dan Sayur Susenas Maret 2016”, 2016.
- [6] N. N. Haq, “Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dan NPK 16: 16: 16 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.)”, Skripsi, Fakultas Pertanian. Universitas Islam Riau Pekanbaru, ID, 2009.
- [7] R. A. Umikalsum, “Analisis usahatani tanaman selada hidroponik pada kebun eve’s veggies hydroponics kota Palembang”, *Societa: Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, Vol. 8 No. 1, pp. 52-7, 2020 May 31.
- [8] B. F. Qurrohman, *Bertanam selada hidroponik konsep dan aplikasi*, Bandung, ID: UIN SGD Bandung, 2019.
- [9] S. Kautsar, E. Rosdiana, B. Widiawan, D. P. S. Setyohadi, H. Y. Riskiawan, and R. Firgiyanto, “Farming Bot: Precision Agriculture System in Limited Land Based On Computer Numerical Control (CNC),” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 411, pp. 012059, Jan. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/411/1/012059.
- [10] B. Murdyantoro, D. S. Eka Atmaja, and H. Rachmat, “Application Design of Farmbot based on Internet of Things (IoT),” *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 9 No. 4, pp. 1163, Aug. 2019, doi: 10.18517/ijaseit.9.4.9483.
- [11] R. Jauhari, A. N. Jati, F. Azmi, Mechanical design of CNC for general farming automation. In 2017 5th *International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA) 2017* Aug 9 (pp. 47-50). IEEE.
- [12] A. M. Peter, P. P. Saju, P. V. Anila, AGROBOT: Sowing and Irrigating Farming Machine. *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)* ISSN: 2454-9150 Vol. 5 Issue 3, June 2019. doi: 10.35291/2454-9150.2019.0183
- [13] A. Yeshmukhametov, L. A. Khaleel, K. Koganezawa, Y. Yamamoto, Y. Amirgaliyev, and Z. Buribayev, “Designing of CNC Based Agricultural Robot with a Novel Tomato Harvesting Continuum Manipulator Tool,” *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, pp. 876–881, 2020, doi: 10.18178/ijmerr.9.6.876-881.
- [14] B. B. Gaikwad and N. P. S. Sirohi, “Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays,” *Biosystems Engineering*, Vol 99 No 3, pp. 322–329, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2007.10.017.
- [15] P. Sriwongras and P. Dostál, “Efficiency Test and Economic Analysis of Seeder for Papaya-sowing Tray,” *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Vol. 62 No. 1, pp. 239–243, Feb. 2014, doi: 10.11118/actaun201462010239.
- [16] A. A. Nurul Amri and W. Sumbodo, “Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015,” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, Vol. 3 No. 2, pp. 110–115, Oct. 2018, doi: 10.21831/dinamika.v3i2.21407.
- [17] A. R. Fauzi, Perancangan Mesin Plotter Batik Berbasis CNC. PhD Thesis. University of Muhammadiyah Malang, ID, 2018, [internet]. [diunduh 2020 Februari 7]. Tersedia pada: <http://eprints.umm.ac.id/41537/>
- [18] A. S. Pawar, M. J. Halunde, S. M. Nayakawadi, M. P. Mirajkar. 3 AXIS DRAWING MACHINE. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol. 4 No. 3, pp. 693, 2017.