

Pengadukan Pupuk Cair Otomatis Berbasis Mikrokontroler pada Sistem Fertigasi Pintar

ISWADI HASYIM ROSMA, DIAN YAYAN SUKMA, SATRIA SARE

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia
Email : iswadi.hr@lecturer.unri.ac.id

Received 17 Juni 2021 | *Revised* 6 September 2021 | *Accepted* 3 Oktober 2021

ABSTRAK

Pengadukan pupuk cair secara manual memiliki kekurangan, yaitu rendahnya akurasi campuran hanya sekitar 50% sehingga dibutuhkan pengadukan pupuk otomatis untuk meningkatkan akurasi campuran pupuk dan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan, pembuatan, serta analisis sistem pengadukan pupuk otomatis berbasis mikrokontroler. Bagian dari sistem pengaduk pupuk dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama adalah komponen mekanik yang terdiri dari tangki air, tangki pupuk cair, dan motor pengaduk. Sedangkan bagian kedua adalah sistem kendali berupa mikrokontroler arduino untuk mengatur volume air, volume pupuk cair, dan lama pengadukan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa keberhasilan pencampuran pupuk cair EM4 adalah sebesar 99,561%, sedangkan untuk pupuk hijau sebesar 98,551%. Sebagai kesimpulan, sistem fertigasi pintar yang dibangun dapat beroperasi dengan baik dan akurasi diatas 90%.

Kata kunci: *Sistem Fertigasi, Arduino, Pengadukan, Pupuk cair, Air*

ABSTRACT

Manual mixing of liquid fertilizers has drawbacks, namely the low accuracy of the mixture, only about 50%, so that automatic fertilizer mixing is needed to increase the accuracy of the fertilizer and water mixture. The purpose of this study was to design, manufacture, and analyze a microcontroller-based automatic fertilizer mixing system. The part of the fertilizer mixing system is divided into two main parts. The first part is a mechanical component consisting of a water tank, a liquid fertilizer tank, and a stirrer motor. While the second part is a control system in the form of an Arduino microcontroller to regulate the volume of water, the volume of liquid fertilizer, and the stirring time. From the test results, it was found that the success of mixing EM4 liquid fertilizer was 99.561%, while for green manure it was 98.551%. In conclusion, the smart fertigation system built can operate well and the accuracy is above 90%.

Keywords: *Fertigation System, Arduino, Stirring, Liquid Fertilizer, Water*

1. PENDAHULUAN

Tanaman memerlukan nutrisi dalam bentuk unsur hara untuk tumbuh dan berkembang. Untuk menambah nutrisi tersebut ke dalam tanah, maka dilakukan pemupukan baik berupa pupuk organik maupun pupuk anorganik. Penerapan pupuk organik dapat menjaga ekosistem pertanian terutama untuk mencegah degradasi lahan dan meningkatkan kesuburan tanah **(Haryadi, dkk, 2015)**. Cara terbaru dalam pemberian pupuk adalah dengan menggunakan sistem fertigasi (fertilisasi dan irigasi) **(Landis, dkk, 2009)**. Fertigasi berfungsi untuk mengairi tanaman sekaligus melakukan pemupukan, dimana unsur hara dilarutkan dalam tangki kemudian dialirkan ke tanaman secara otomatis berdasarkan fertigasi tetes **(Dwiratna, dkk, 2017)**. Keunggulan sistem fertigasi tetes adalah tidak merusak benih dan akar tanaman yang telah ditanam **(Naswir, dkk, 2009)**.

Efisiensi penggunaan air yang diperoleh dalam penggunaan sistem fertigasi dapat meningkat hingga 1,9 kali jika dibandingkan dengan pengairan konvensional **(Pitono, 2018)**. Waktu dan interval pemupukan tanaman sangat mempengaruhi perkembangan atau pertumbuhan tanaman. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh **(Ankush, dkk, 2018)** dapat diketahui bahwa jumlah pupuk yang tidak teraduk kurang dari 10% saat menggunakan fertigasi, namun apabila menggunakan sistem konvensional jumlah pupuk yang tidak teraduk bisa mencapai 50%.

Penelitian tentang teknik pencampuran pupuk telah diteliti oleh peneliti lain seperti yang dilakukan oleh **(Lanya, dkk, 2020)**, dimana pencampuran pupuk dilakukan pada pipa venturimeter, membutuhkan motor pompa berdaya cukup besar, dan aliran pupuk cair tergantung ketinggian letak tangki pupuk cair. Pada penelitian **(Hakkim, dkk, 2016)** dijelaskan bahwa penggunaan sistem fertigasi untuk pemupukan mengurangi kebutuhan operasi mekanis bahkan dapat menghilangkannya. Keuntungan lain dari sistem fertigasi dijelaskan dalam penelitian **(Xiao, dkk, 2020)** bahwa sistem fertigasi dengan irigasi tetes dapat mengurangi pencemaran tanah. Penggunaan fertigasi pada tanaman tomat dapat meningkatkan hasil buah hingga 12,5% **(Singandhupe, dkk, 2003)**.

Untuk meningkatkan ketepatan pencampuran pupuk maka dirancang sebuah sistem pengaduk pupuk cair otomatis. Sistem pengaduk ini diharapkan mampu mencampur dan mengaduk pupuk cair dengan air secara otomatis dengan akurasi tinggi. Agar alat yang dirancang memiliki nilai ekonomis, maka digunakan mikrokontroler yang berbiaya murah dan mudah didapatkan di pasaran sebagai pusat kendali **(Armansyah, 2018)**. Pupuk cair yang digunakan pada penelitian ini adalah EM4 cair dan pupuk hijau cair yang pada umumnya digunakan oleh para petani sayur.

Berdasarkan pendahuluan di atas permasalahan-permasalahan yang diteliti pada penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membangun sistem fertigasi pintar sesuai kriteria yang telah dirancang dengan memperhatikan kecepatan putar pengaduk, *flowsensor* air, debit pompa pupuk, *time mixing factor* (nT_r), *blending time factor* (f_t), dan pengujian hasil pengadukan. Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan perancangan, pembangunan, dan pengujian fertigasi pintar yang terdiri dari sistem pengadukan dan sistem kendali. Sistem pengaduk diharapkan dapat mengaduk sesuai dengan kriteria yang baik dan benar antara lain faktor kecepatan, keseragaman, konsentrasi, sensor-sensor berfungsi dengan baik dan benar.

Fokus pemaparan yang akan diuraikan pada artikel ini terdiri dari beberapa bagian. Bagian pertama merupakan bagian pendahuluan sedangkan pada bagian kedua dijelaskan metode yang dilakukan agar tujuan dari penelitian dapat dicapai. Bagian ketiga memuat hasil dari

pengujian terhadap rancangan dan pembangunan sistem pengadukan pupuk cair secara otomatis pada sistem fertigasi pintar berbasis mikrokontroler. Pada bagian akhir disajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini.

2. METODE

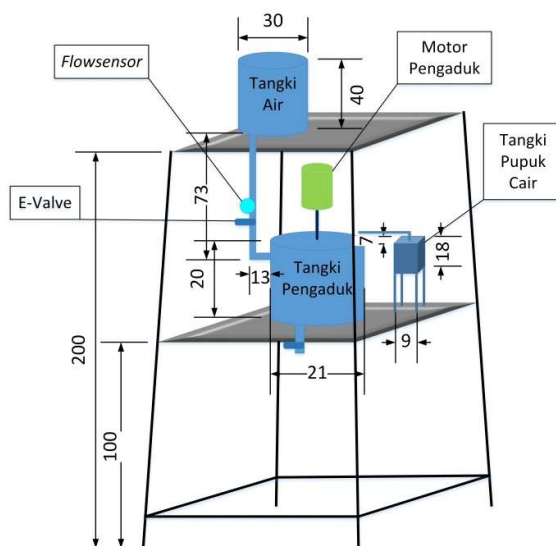
Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2020 sampai dengan bulan Februari 2021. Bahan yang digunakan yaitu kayu, pelat besi, Arduino UNO, *flowsensor*, LCD, kabel, pipa pvc 1/2 inch, *e-valve*, *keypad* 4x4, Motor AC, *power supply*, pompa air mini, baut, dan box. Sedangkan alat-alat yang digunakan untuk membantu pekerjaan yaitu gergaji, bor, tang, solder, kunci, obeng, gunting, multimeter, piknometer, tachometer, dan viskometer oswald.

2.1 Prosedur Penelitian

Perancangan dilakukan dengan melakukan perhitungan dan pembuatan sketsa sistem. Berdasarkan rancangan tersebut lalu dilakukan pembangunan sistem dan selanjutnya dilakukan pengujian untuk melihat keberhasilan sistem yang telah dibangun. Pengambilan data pengujian dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Pengujian keberhasilan alat dalam pengadukan dilakukan dengan pengukuran densitas di laboratorium Sains dan Material Jurusan Kimia Fakultas MIPA UNRI yang menggunakan piknometer 10 ml.

2.2 Perancangan Kerangka dan Tangki

Kerangka fertigasi pintar dibuat menggunakan kayu balok. Secara garis besar kerangka memiliki 2 tingkat dengan 4 tiang penyangga seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kerangka fertigasi pintar dibuat mengecil keatas supaya kerangka menjadi lebih kuat dan tidak mudah roboh. Lantai setiap tingkat menggunakan papan dari kayu. Tingkat pertama merupakan letak tangki pengaduk dan tabung pupuk, sedangkan tingkat kedua digunakan untuk meletakkan tangki air. Pada Gambar 1 ditunjukkan dimensi kerangka dan kelengkapan sistem pengaduk otomatis pada sistem fertigasi pintar secara keseluruhan.



Gambar 1. Kerangka Fertigasi Pintar

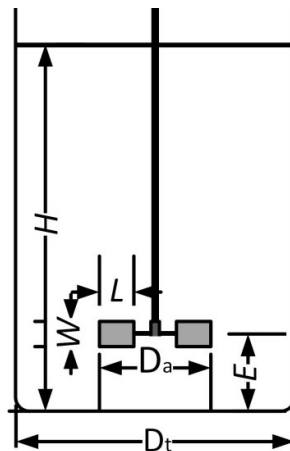
Kerangka pada Gambar 1 di atas dirancang dengan ketinggian 200 cm dari tanah. Tingkat pertama dengan ukuran panjang 98 cm dan lebar 72 cm. Tingkat ke-dua dengan panjang 80 cm dan lebar 64 cm. Sistem fertigasi terdiri dari tangki air dengan ukuran diameter 30 cm dan tinggi 40 cm. Tangki pupuk dengan ukuran lebar 7 cm, panjang 9 cm, dan tinggi 18 cm. Tangki pengaduk dengan ukuran diameter 21 cm dan tinggi 20 cm. Air dialirkan dari tangki air ke tangki pengaduk menggunakan teknik gravitasi dengan pipa pvc ½ inch, oleh karena itu posisi tangki air berada pada tingkat ke dua dengan ketinggian 100 cm dari tangki pengaduk.

Untuk mengatur jumlah volume air maka antara tangki air dengan tangki pengaduk di tempatkan elektronik *valve* dan *flowsensor*. Tangki pupuk cair merupakan tangki yang berisi pasokan pupuk cair (EM4 atau pupuk hijau). Tangki ini cukup kecil sehingga teknik gravitasi tidak bisa diterapkan untuk mengalirkan pupuk cair, oleh karena itu untuk mengalirkan pupuk cair tersebut diperlukan sebuah motor pompa. Pupuk cair dialirkan dengan selang plastik elastis diameter 5 mm. Motor pengaduk diletakkan diatas tangki pengaduk dengan ujung poros pengaduk langsung ke tangki pengaduk.

2.3 Perencanaan Sistem Pengaduk

Pengaduk dibuat dengan menggunakan besi batangan sebagai tangkai pengaduk dan besi plat untuk membuat bilah pengaduk. Pengaduk yang digunakan berupa turbin dengan 6 bilah. Pada Gambar 2 dapat dilihat dimensi dari pengaduk dan tangki yang digunakan. Persamaan (1) menunjukkan perbandingan-perbandingan yang digunakan ketika pembuatan tangki (McCabe, dkk, 1993).

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} ; \frac{H}{D_t} = 1 ; \frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} ; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} ; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad (1)$$



Gambar 2. Dimensi Pengaduk dan Tangki

Tangki pengaduk dibuat dengan diameter 21 cm dan tinggi 20 cm. Dimensi-dimensi yang dibutuhkan pada pengaduk ditentukan dengan Persamaan 1. Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan diameter pengaduk (D_a) 7 cm, tinggi maksimal fluida (H) 21 cm, jarak pengaduk dari dasar (E) 7 cm, lebar bilah pengaduk (W) 1,4 cm, dan panjang bilah pengaduk (L) 1,75 cm. Rancangan ini akan menjadi patokan dalam pembuatan tangki yang diletakkan di kerangka fertigasi pintar pada Gambar 1. Hasil rancangan ini sudah sesuai dengan dimensi kerangka yang dirancang sehingga tidak mengganggu tata letak komponen sistem pengaduk yang lainnya.

2.4 Perancangan Sistem Kendali

Arduino UNO digunakan untuk mengendalikan beberapa komponen seperti *e-valve*, motor pengaduk, *flowsensor*, dan pompa pupuk cair. Arduino adalah kit elektronik atau papan sirkuit elektronik *open source* yang berisi komponen utama, yaitu *chip* mikrokontroler tipe AVR Atmel (Afdali, dkk, 2017). Komponen-komponen elektronik dihubungkan ke Arduino UNO menggunakan kabel-kabel. Pada Gambar 3 dapat dilihat mikrokontroler Arduino UNO yang digunakan sebagai pusat kendali seluruh proses pada alat yang dibuat (Dharma, dkk, 2019).



Gambar 3. Mikrokontroler Arduino UNO

Untuk mengatur volume air yang diperlukan maka antara tangki air dengan tangki pengaduk dipasang *flowsensor* dan *e-valve*. *Flowsensor* adalah suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi debit fluida dalam pipa dengan cara menggunakan sinyal pulsa (Galina, dkk, 2019) sedangkan *e-valve* merupakan suatu alat untuk mengatur debit air dan membuka atau menutup air yang melewatinya (Nurhayata & Santiyadnya, 2017). *Flowsensor* dan *e-valve* dapat dilihat secara berturut-turut pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. *Flowsensor* (Kurniasih dkk, 2016)

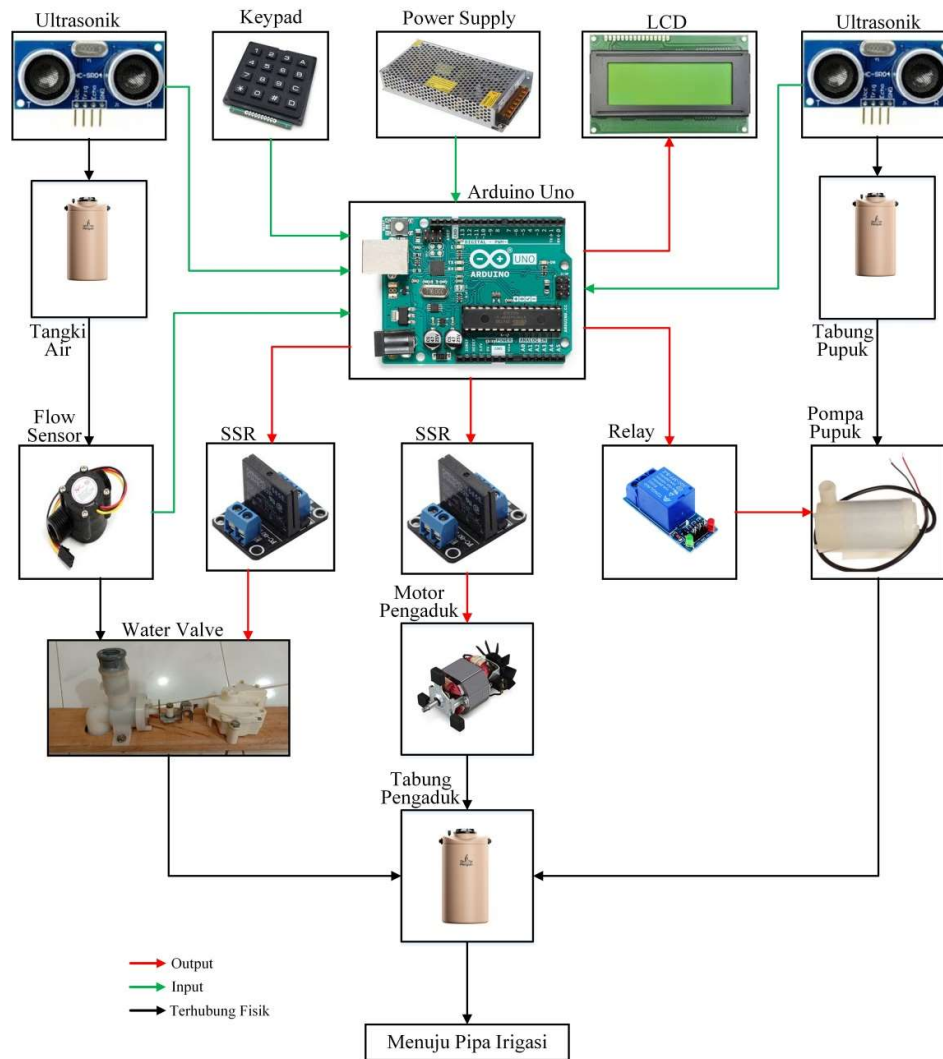


Gambar 5. *E-Valve*

Sama seperti sensor-sensor lain, pada *flowsensor* juga diperlukan kalibrasi sehingga didapatkan keakuratan dari sensor tersebut. Sensor tipe ini memiliki rotor dan transducer *hall-effect* di dalamnya untuk mendeteksi putaran rotor ketika fluida melewatinya. Pulsa digital dihasilkan setiap fluida yang mengalir melewati satu putaran *flowsensor* (Azhari &

Soeharwinto, 2015). *E-valve* akan bekerja apabila ada perintah dari Arduino UNO untuk menutup atau membuka. *E-valve* akan membuka jika air dibutuhkan dan akan menutup ketika *flowsensor* mendeteksi kebutuhan air telah terpenuhi. Untuk mengalirkan pupuk cair maka menggunakan sistem pendorong berupa motor pompa. Motor pompa yang digunakan adalah motor dc dengan tegangan 12 VDC. Sementara itu volume pupuk cair ditentukan berdasarkan lama waktu tunda yang diberikan.

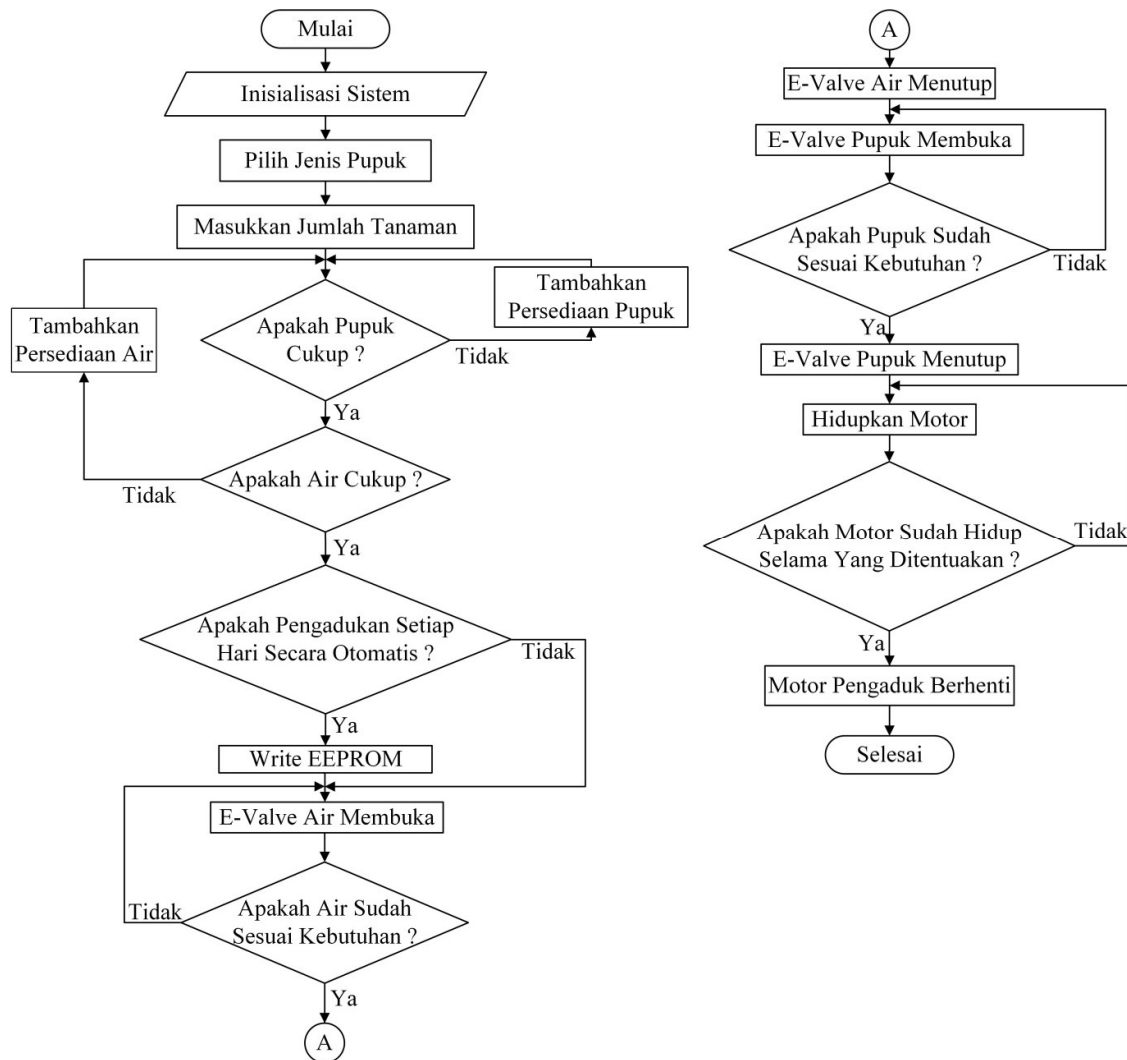
Pada Gambar 6 dapat dilihat blok diagram pengendalian yang telah dilakukan pada penelitian ini. Hubungan antar komponen pembangun sistem kendali yang terdiri dari 2 komponen utama, yaitu modul Arduino UNO dan komponen sensor serta aktuator. Sedangkan komponen lainnya digunakan sebagai komponen pendukung, seperti catu daya.



Gambar 6. Blok Diagram Sistem Fertigasi Pintar

Sistem elektronik bekerja dengan cara menerima masukan dari *keypad* berupa jumlah tanaman yang akan di pupuk. Selanjutnya sensor ultrasonik akan mengkalkulasikan jumlah ketersediaan air dan pupuk cair yang tersedia pada masing-masing tangki. Jika air dan pupuk cair cukup, maka *e-valve* akan membuka untuk mengalirkan air ke tangki dan *flowsensor* akan

menghitung jumlah kebutuhan air yang diperlukan, sebaliknya apabila air dan pupuk cair tidak tercukupi maka tampilan pada lcd menunjukkan agar melakukan penambahan jumlah air ataupun pupuk cair. Jika semua sudah tercukupi maka pompa pupuk akan aktif dan mengalirkan pupuk ke tangki pengaduk sesuai dengan waktu tunda yang sudah dikalkulasikan dalam program. Setelah semuanya selesai dimasukkan ke dalam tangki maka pupuk akan diaduk dengan mengaktifkan motor pengaduk sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sehingga konsentrasi pupuk cair siap untuk diberikan ke tanaman. Gambar 7 menunjukkan diagram alir pada sistem pengaduk pada fertigasi pintar.



Gambar 7. Diagram Alir Sistem

2.5 Waktu Pengadukan

Kecepatan pengaduk akan berbanding terbalik dengan waktu yang diperlukan untuk melakukan pengadukan. Sebelum melakukan perhitungan f_t maka dilakukan terlebih dahulu menentukan nilai nT_T . Persamaan 2 digunakan untuk menghitung nT_T turbin berbilah enam standar.

$$nT_T = 16,9 \left(\frac{D_t}{D_a} \right)^{1,67} \left(\frac{H}{D_t} \right)^{0,5} \quad (2)$$

Pengadukan dengan kecepatan tinggi bisa menggunakan impeller jenis turbin yang dapat menghasilkan aliran radial pada dinding tangki serta efektif jangkauan viskositas yang luas hingga 1000 gr/cm.det (**Darni, dkk, 2018**). Pengadukan juga berfungsi untuk meratakan konsentrasi dan suhu fluida. Reynold menetapkan bahwa aliran laminar akan terjadi ketika bilangan Reynoldnya di bawah 2300. Aliran akan turbulen pada bilangan Reynold 4000 sedangkan aliran transisi terjadi pada bilangan Reynold 2300 sampai 4000 (**Zainudin, dkk, 2012**). Persamaan 3 digunakan untuk menentukan nilai *blending time factor* atau lama waktu pengadukan (f_t) (**Shah, 2012**).

$$f_t = \frac{t_T (nD_a^2)^{2/3} g^{1/6} D_a^{1/2}}{H^{1/2} D_t^{3/2}} = nt_T \left(\frac{D_a}{D_t} \right)^2 \left(\frac{D_t}{H} \right)^{1/2} \left(\frac{g}{n^2 D_a} \right)^{1/6} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembangunan Sistem Fertigasi Pintar

Pembangunan dilakukan setelah dilakukannya pengadaan komponen-komponen elektronika yang diperlukan dalam sistem fertigasi pintar. Komponen tersebut disusun sedemikian rupa pada sebuah PCB yang dirancang menggunakan aplikasi *eagle*, dengan demikian rangkaian dan komponen-komponen yang digunakan dapat dibangun secara rapi. Komponen yang sudah dibangun diletakkan pada sebuah panel box untuk melindungi komponen-komponen dari gangguan fisik dari luar. Kotak dibuat menggunakan papan dengan ukuran 35cm x 16cm x 23cm. Dimensi yang sudah dirancang pada Gambar 1 kemudian dibangun sehingga menghasilkan sistem fertigasi pintar seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Realisasi Sistem Fertigasi Pintar

Tangki air dan tangki pengaduk dibuat dari bahan seng plat tipis. Sistem fertigasi disuplai dengan tegangan sumber sebesar 220 VAC sehingga bisa dihubungkan langsung dengan listrik

PLN. Rangkaian yang berada dalam kotak akan mengubah tegangan dari 220 VAC menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh masing-masing komponen seperti *flowsensor*, pompa pupuk, LCD, dan komponen lainnya. Tangki air dipasangkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air yang akan dikonversi menjadi volume air. Sedangkan tangki pupuk cair dipasangkan sensor ultrasonik untuk mengetahui tinggi pupuk cair yang akan dikonversi menjadi volume pupuk cair serta tangki pengaduk terletak pada tingkat pertama.

3.2 Kinerja Kecepatan Putar Pengaduk

Kecepatan putar akan mempengaruhi waktu pengadukan. Semakin tinggi kecepatan putar maka waktu untuk melakukan pengadukan akan semakin cepat begitu juga sebaliknya semakin rendah kecepatan putar maka waktu pengadukan akan semakin lama. Motor yang digunakan yaitu motor AC dengan tegangan 220VAC dan daya 150W. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan putaran 60 rpm supaya sesuai dengan perhitungan putaran pada rancangan yang dijelaskan sebelumnya. Pengujian kecepatan putar menggunakan tachometer. Gambar 9 merupakan proses pengujian kecepatan dengan menggunakan alat tachometer yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 9. Pengujian Kecepatan Putar Pengaduk

Tabel 1. Pengujian Kecepatan Putar Pengaduk

No	Percobaan	Hasil Pengujian (rpm)	Error (rpm)
1	Percobaan ke-1	60,2	0,2
2	Percobaan ke-2	60,1	0,1
3	Percobaan ke-3	59,9	0,1
4	Percobaan ke-4	59,8	0,2
5	Percobaan ke-5	60,2	0,2

Pengujian kecepatan putar pengaduk dilakukan sebanyak 5 kali. Error didapat dengan cara menghitung nilai mutlak hasil pengurangan antara hasil pengujian dengan kecepatan yang ditetapkan. Kecepatan pengaduk ketika tidak berbeban dengan berbeban tidak terlalu berpengaruh. Pada Tabel 1 terlihat bahwa putaran poros pengaduk hampir sama setiap percobaan dan error yang dihasilkan kecil. Perbandingan hasil pengukuran dengan kecepatan putaran 60 rpm menghasilkan rata-rata error sebesar 0,267 %.

3.3 Kinerja *Flowsensor*

Pengujian *flowsensor* dilakukan dengan memprogram Arduino untuk membaca debit air yang melewati *flowsensor*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pembacaan *flowsensor* sama dengan pengukuran dengan gelas ukur. Hal ini dilakukan untuk memastikan *flowsensor* bekerja sesuai dengan rancangan yang sudah dibuat pada tahapan terdahulu.

Gambar 10 merupakan hasil pengukuran volume dengan menggunakan gelas ukur secara manual.



Gambar 10. Pengukuran dengan Gelas Ukur

Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil pengujian volume air 400 mililiter sebanyak 5 kali pengujian. Berdasarkan data dari Tabel 3 didapatkan bahwa error tertinggi yaitu 6 ml dan error terendah yaitu 1 ml . Error rata-rata yang didapat dari hasil pengujian yaitu sebesar 0,850% yang mengindikasikan bahwa *flowsensor* dapat bekerja untuk menghitung debit air sesuai dengan yang diinginkan.

Tabel 2. Pengambilan Data Flowsensor

No	Input Nilai (ml)	Volume (ml)	Error(ml)
1	400	401	1
2	400	405	5
3	400	406	6
4	400	403	3
5	400	402	2

3.4 Kinerja Debit Pompa

Pengujian debit pompa pupuk digunakan untuk mengetahui *delay* yang diperlukan untuk mendapatkan volume pupuk cair yang diperlukan, dengan demikian akan dihasilkan konsentrasi pupuk cair yang tepat. *Delay* ini dimasukkan ke dalam program untuk dijalankan sewaktu alat digunakan. Hasil pengujian atau kalibrasi debit pupuk cair EM4 dapat dilihat pada Tabel 3. Pada pengujian ini diberikan waktu nyala pompa sebesar 16000 mili detik untuk takaran pupuk sebesar 10 mL dan menggunakan waktu 9000 mili detik untuk volume 2ml.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Delay* Pompa Pada Pupuk EM4

No	Jenis Pupuk	Waktu Setting (mili detik)	Takaran Pupuk (ml)	Hasil Pengujian (ml)	Error (ml)
1	EM4	16000	10	10,1	0,1
2				9,9	0,1
3				10,0	0,0
4				10,0	0,0
5				10,2	0,2

Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa error terendah yang dihasilkan yaitu sebesar nol (tanpa error) dan error tertinggi yang dihasilkan yaitu 0,2 ml. Dari hasil pengujian didapat error terjadi

berupa kelebihan pupuk dan kekurangan pupuk. Pada tabel hasil pengujian maka didapatkan rata-rata error sebesar 0,800% dari 5 kali percobaan yang dilakukan.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Delay* Pompa Pada Pupuk Hijau

No	Jenis Pupuk	Waktu Setting (mili detik)	Takaran Pupuk (ml)	Hasil Pengujian (ml)	Error (ml)
1	Hijau	9000	2	2,0	0,0
2				2,1	0,1
3				2,0	0,0
4				1,9	0,1
5				2,1	0,1

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian *delay* pompa saat menggunakan pupuk hijau cair. Dapat dilihat pada Tabel 4 error terendah yang dihasilkan yaitu 0,0 (tanpa error) dan error tertinggi yang dihasilkan yaitu 0,1 ml. Dari hasil pengujian didapatkan error terjadi berupa kelebihan pupuk dan kekurangan pupuk. Pada tabel hasil pengujian maka didapatkan rata-rata error sebesar 3,000% dari 5 kali percobaan yang dilakukan. Pengujian *delay* pompa tersebut berguna untuk menentukan keakuratan dari pompa untuk memasukkan pupuk untuk diaduk.

3.5 Time Mixing Factor (nT_T) dan Blending Time Factor (f_t)

Sebelum menentukan *blending time factor* (f_t) diperlukan hasil perhitungan *time mixing factor* (nT_T) menggunakan Persamaan 2 seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 3. Data Time Mixing Factor

No	D_a (cm)	D_t (cm)	H (cm)	nT_T
1	0,21	0,14	0,07	86,424

Time Mixing Factor ini merupakan hasil perhitungan dari D_a , D_t , dan H. Dapat dilihat nilai nT_T yaitu sebesar 86,424 yang digunakan untuk menghitung *blending time factor* dalam melakukan pengadukan. Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan *blending time factor* dengan menggunakan Persamaan 3.

Tabel 4. Data Blending Time Factor

No	nT_T	D_a (cm)	D_t (cm)	H (cm)	n (rpm)	g (m/s^2)	f_t (det)
1	86,424	0,07	0,21	0,14	60	9,81	6,847

Dapat terlihat dari Tabel 6 bahwa setelah melakukan perhitungan dengan data yang didapat dari diameter pengaduk (D_a), diameter tangki (D_t), tinggi tangki (H), kecepatan putar (n), dan percepatan grafitasi (g) maka didapat waktu yang dibutuhkan untuk mengaduk serta mencampurkan air dan pupuk cair yaitu 6,847 detik.

3.6 Sampel Hasil Pengadukan

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil sampel dari tangki pengadukan. Setiap pengujian diambil sampel sebesar 500 mL. Pengujian dilakukan 5 kali setiap macam pupuk cair. Perbedaan densitas didapat setelah melakukan pengujian densitas pengadukan manual dengan pengujian densitas pengadukan otomatis. Hasil pengujian kelarutan berdasarkan

densitas diatas 80% dikatakan kelarutan yang baik untuk tanaman (**Pawar, dkk, 2013**). Pada Tabel 7 dan Tabel 8 dapat dilihat hasil dari pengujian densitas yang dilakukan.

Tabel 5. Data Pengujian Densitas Pupuk EM4

No	Jenis Pupuk	Densitas Pengadukan Manual (Kg/m ³)	Densitas Pengadukan Otomatis (Kg/m ³)	Perbedaan massa jenis (Kg/m ³)
1	EM4	1002,60	1007,2	4,64
2			1007,2	4,60
3			1006,6	3,96
4			1006,5	3,90
5			1007,5	4,91

Dapat dilihat pada Tabel 7 densitas pupuk EM4 hasil pengujian. Pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer 10 mL. Dapat dilihat perbedaan densitas pupuk EM4 antara pengadukan dilakukan manual yang diperkirakan sudah rata pengadukannya dengan pengadukan yang dilakukan menggunakan mesin fertigasi pintar. Dari hasil pengujian didapatkan hasil error dengan cara mengurangi densitas pengadukan manual dengan pengadukan menggunakan mesin. Error densitas tertinggi yaitu sebesar 4,91 kg/m³ dan error densitas terendah yaitu 3,90 kg/m³. Setelah dilakukan perhitungan persentase rata-rata error dari 5 pengujian pupuk EM4 maka di dapat sebesar 0,439%.

Tabel 6. Data Pengujian Densitas Pupuk Hijau

No	Jenis Pupuk	Densitas Pengadukan Manual (Kg/m ³)	Densitas Pengadukan Otomatis (Kg/m ³)	Perbedaan Densitas (Kg/m ³)
1	Hijau	1031,17	1030,3	0,870
2			1031,7	0,530
3			1004,1	27,07
4			1006,8	24,37
5			1009,3	21,87

Pada Tabel 8 dapat dilihat data densitas pupuk hijau. Cara pengujiannya sama dengan pengujian pupuk EM4. Perbedaan densitas terjadi antara pengadukan manual dan menggunakan mesin fertigasi pintar. Error densitas tertinggi yaitu 27,07 kg/m³ dan error densitas terendah yaitu 0,530 kg/m³. Persentase error rata-rata dari 5 pengujian pupuk hijau yang dilakukan yaitu sebesar 1,449 %. Sistem pengaduk otomatis berbasis mikrokontroler yang dirancang dan dibuat dalam penelitian ini dapat bekerja dengan baik. Dari hasil pengujian 5 kali tiap-tiap jenis pupuk, persentase error rata-rata yang dihasilkan kecil yaitu 0,439% untuk pupuk EM4 dan 1,449% untuk pupuk hijau.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan tentang pengadukan pupuk cair otomatis berbasis mikrokontroler pada sistem fertigasi pintar maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi sistem ini telah dibangun dapat memberikan gaya gravitasi yang mampu mengalirkan air dari tangki air ke tangki pengaduk dengan menggunakan pipa pvc ½ inchi. Rangkaian elektronika sistem

pengadukan yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang dibuat. sistem mampu mengaduk pupuk cair dan air serta mempercepat waktu pengadukan pupuk jika dibandingkan dengan pengadukan manual. Perbedaan hasil pengujian densitas antara pengadukan manual sebagai patokan pengadukan sempurna dengan pengadukan menggunakan sistem pengadukan otomatis untuk pupuk EM4 memberikan tingkat keberhasilan sebesar 99,561%, sedangkan untuk pupuk hijau dengan tingkat keberhasilan sebesar 98,551%. Dari hasil yang didapat maka dapat dikatakan sistem pengaduk pupuk cair dapat bekerja dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Afdali, M., Daud, M., & Putri, R. (2017). Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1), 106–118.
- Ankush, Singh, V., Kumar, V., & Singh, D. P. (2018). Impact of drip irrigation and fertigation scheduling on tomato crop - An overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(1), 165–170.
- Armansyah. (2018). Bascom-avr dan komponen atmega8535 diimplementasikan pada perangkat penangkap ikan. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 2(1), 7–13.
- Azhari, A., & Soeharwinto. (2015). Perancangan Sistem Informasi Debit Air Berbasis Arduino Uno. *Singuda ENSIKOM*, 13(36), 89–95.
- Darni, Y., Lismeri, L., Hanif, M., & Putra, N. (2018). Pengaruh Bilangan Reynold pada Sintesis Bioplastik Berbasis Pati Sorgum dan Gelatin. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet Dan Plastik Ke-7*, (pp. 55–68).
- Dharma, I. P. L., Tansa, S., & Nasibu, I. Z. (2019). Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM800I Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik*, 17(1), 40–56.
- Dwiratna, S., Bafdal, N., & Kendaro, D. R. (2017). Kinerja Sistem Fertigasi Autopot pada Budidaya Tomat Cherry. *Indonesian Journal of Applied Science*, 7(3), 56–60.
- Galina, M., Ramadhani, M. W., & Simatupang, J. W. (2019). Prototype of Postpaid Electricity and Water Usage Monitoring System. *ICSECC 2019 - International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing: New Idea, New Innovation, Proceedings*, 304–308.
- Hakkim, A., Joseph, A., Gokul, A., & Mufeedha. (2016). FERTIGATION: A NOVEL AND EFFICIENT MEANS FOR FERTILIZER APPLICATION. *International Journal of Current Research*, 8(8), 1–3.
- Haryadi, D., Yetti, H., & Yoseva, S. (2015). Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica alboglabra* L.). *Jom Faperta*, 2(2), 1–10.

- Kurniasih, S. S., Triyanto, D., & Brianorman, Y. (2016). Rancang Bangun Alat Pengisi Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 4(3), 43–52.
- Landis, T. D., Pinto, J. R., & Davis, A. S. (2009). Fertigation—Injecting Soluble Fertilizers into the Irrigation System. *Forest Nursery Notes*, 3, 4–13.
- Lanya, B., Laksono, P. A., Amin, M., & Zahab, R. (2020). Rancang Bangun Sistem Fertigasi Dengan Menggunakan Venturimeter. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 9(2), 122.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit Operations of Chemical-Engineering* (B. J. Clark & E. Castellano (eds.); 5th ed.).
- Naswir, Hardjoamidjojo, S., Pandjaitan, N. H., & Pawitan, H. (2009). Efektivitas Sistem Fertigasi Mikro untuk Lahan Sempit. *Forum Pascasarjana*, 32(1), 45–54.
- Nurhayata, I. G., & Santiyadnya, N. (2017). Pengembangan Sistem Kontrol Otomatis Kran Solenoid Berbasis Radio Frequency Identification Pada Sistem Pelayanan Air Minum Desa. *Seminar Nasional Riset Inovatif*, (pp.145–152).
- Pawar, D. D., Dingre, S. K., Kale, K. D., & Surve, U. S. (2013). Economic feasibility of water soluble fertilizer in drip irrigated tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83(7), 703–707.
- Pitono, J. (2018). Prospek Fertigasi Untuk Pengelolaan Hara Pada Budidaya Lada. *Perspektif*, 17(2), 117–128.
- Shah, M. (2012). Process Engineering: Agitation & Mixing. In *Department of Chemical Engineering Dharmasinh Desai University*.
- Singandhupe, R. B., Rao, G. G. S. N., Patil, N. G., & Brahmanand, P. S. (2003). Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19(2), 327–340.
- Xiao, Y., Puig-Bargués, J., Zhou, B., Li, Q., & Li, Y. (2020). Increasing phosphorus availability by reducing clogging in drip fertigation systems. *Journal of Cleaner Production*, 262, 1–11.
- Zainudin, Sayoga, I. M. A., & Nuarsa, I. M. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), 75–83.