

***Living Fountain* – Sistem Kendali pada Air Mancur berdasarkan Gerakan Rangka Tubuh**

SANDY SURYO PRAYOGO, DHATU PARAGYA, YOGI PERMADI, TUBAGUS MAULANA KUSUMA

Teknik Elektro Universitas Gunadarma, Indonesia
Email: sandy_sr@staff.gunadarma.ac.id

Received 11 April 2023 | *Revised* 3 Mei 2023 | *Accepted* 25 Mei 2023

ABSTRAK

UG-Technopark merupakan fasilitas pendukung edukasi yang bertujuan memberikan wawasan dan pengetahuan kepada pengunjungnya dengan metode observasi lapangan. Metode tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap pemahaman pengunjung. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan air mancur di UG-Technopark sebagai daya tarik sekaligus media pembelajaran tentang sistem kendali yang diberi nama "Living Fountain". Penelitian ini melibatkan perancangan dan implementasi sistem kendali pada sebuah kolam air mancur yang dapat dikendalikan secara otomatis atau berdasarkan gerakan tubuh melalui pemrosesan computer vision. Sistem kendali ini menggunakan mikrokontroler arduino mega yang menerima informasi posisi pergelangan tangan dari kamera melalui pemrosesan pada perangkat komputer. Living Fountain bertujuan meningkatkan pengetahuan dan pemahaman sistem kendali bagi pengunjung, mahasiswa, dan dosen dengan memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan praktis melalui interaksi langsung dengan air mancur yang bergerak dan mengubah warna sesuai dengan interaksi pengunjung.

Kata kunci: deteksi objek, kecerdasan buatan, mikrokontroler, sistem kendali, visi komputer

ABSTRACT

UG-Technopark is an educational support facility aimed at providing insights and knowledge to its visitors through field observation methods. This method has a significant influence on visitors' understanding. Therefore, this research aims to design and implement a fountain in UG-Technopark as an attraction and a learning medium about control systems, named "Living Fountain". This research involves the design and implementation of a control system for a fountain that can be controlled automatically or based on body movements through computer vision processing. This control system uses an Arduino Mega microcontroller that receives information about wrist position from a camera through processing on a computer device. The Living Fountain aims to enhance the knowledge and understanding of control systems for visitors, students, and professors by providing an interactive and practical learning experience through direct interaction with a moving fountain that changes color based on visitor interactions.

Keywords: computer vision, control system, microcontroller, AI, Object Detection

1. PENDAHULUAN

UG-Technopark merupakan fasilitas dan sarana pendukung edukasi dimana pengunjung mendapatkan wawasan dan pengetahuan. Pada penelitian yang dilakukan (**Joesyiana, 2018**), pembelajaran secara observasi dilapangan berpengaruh signifikan terhadap pemahaman. Seperti halnya air terjun yang dapat menjadi daya tarik suatu wisata alam (**Pramesti & Yunita, 2018**), air mancur merupakan salah satu daya tarik bagi pengunjung pada suatu wilayah wisata. Perancangan dan implementasi air mancur di kawasan UG-Technopark dimaksudkan untuk menjadi daya tarik sekaligus sebagai media pembelajaran mengenai sistem kendali. Sebuah sistem dapat digambarkan sebagai sebuah "kotak-hitam" yang mempunyai sebuah masukan dan sebuah keluaran. Di dalam kotak-hitam tersebut tidak diperhatikan apa yang ada di dalamnya tetapi bagaimanakah hubungan antara masukan dan keluaran. Jika keluaran dikendalikan dengan cara menetapkan nilai tertentu atau berubah menjadi nilai tertentu, maka hal tersebut dinamakan sistem kendali (**Setyawan, dkk, 2016**). Air mancur yang disebut sebagai *Living Fountain* dikontrol menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, aktuator pompa DC 12V, LED RGB 24V, dan perangkat komputer.

Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 dikarenakan memiliki jumlah pin I/O yang cukup banyak dan kemampuan pemrosesan data yang cukup baik. Perangkat yang dikendalikan berupa pompa DC 12V dan LED RGB 24V. Sistem kendali untuk pompa DC menggunakan dua tahap yaitu I2C PWM PCA9685 kemudian dilanjutkan ke relay MOSFET IRF540. Sistem kendali untuk LED sorot menggunakan DMX Daisy Chain. Masukan dari sistem dapat berupa program tertanam dan juga merespon dari data kamera menggunakan computer vision untuk mendeteksi rangka tubuh. Mikrokontroler merupakan salah satu media kendali bersifat embedded system, untuk dapat mengatur atau mengendalikan alat tertentu tergantung pada keluaran analog. Salah satu keluaran analog yang digunakan pada mikrokontrol adalah pulse width modulation (PWM) yang dapat digunakan untuk mengatur tinggi-rendah dari pompa DC (**Suhendra, dkk, 2018**).

Digunakan teknologi dari *computer vision* untuk meningkatkan daya tarik dan juga kemutakhiran teknologi. *Computer vision* adalah transformasi atau perubahan dari data-data yang dapat berupa gambar diam ataupun video kamera menjadi bentuk lain atau satu representasi baru, pada penelitian (**Ardiansyah, dkk, 2019**) telah dikembangkan pengenalan objek menggunakan *computer vision*. *Computer vision* digunakan sebagai dasar dari masukan untuk mengendalikan air mancur sehingga dapat dijuluki *Living Fountain*. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mendeteksi rangka adalah python OpenCV dengan *pose estimation library* atau *keypoint detection*. Python mendukung beberapa paradigma pemrograman, terutama pemrograman berorientasi objek, pemrograman imperatif, dan pemrograman fungsional (**Buana, 2018**). *Pose estimation* adalah proses untuk menentukan posisi dan orientasi suatu objek dalam ruang dan *keypoint detection* adalah suatu proses dalam pengolahan gambar (**Song, dkk, 2021**) dan analisis video yang bertujuan untuk mengidentifikasi titik-titik penting atau fitur-fitur unik dalam sebuah gambar atau frame video (**Zhang, dkk, 2021**). Video dari kamera secara realtime akan di proses oleh algoritma media pipe pose (MPP), berdasarkan penelitian (**Makahaube, dkk, 2020**) media pipe merupakan solusi dari pelacakan atau pendeteksian yang memiliki ketelitian tinggi. Video diambil dari *frame* RGB dan menyimpulkan *33 joint landmark* 3D pada anggota tubuh manusia. Berdasarkan (**Muthalib, dkk, 2023**) didapatkan objek berhasil terbaca hingga 18 meter, sehingga dapat juga diimplementasikan pada penelitian ini.

Terdapat dua mode pengendalian, yaitu mode koreografi dan mode *computer vision*. Mode yang pertama adalah mode koreografi yang sudah di set di mikrokontroler, air mancur dan

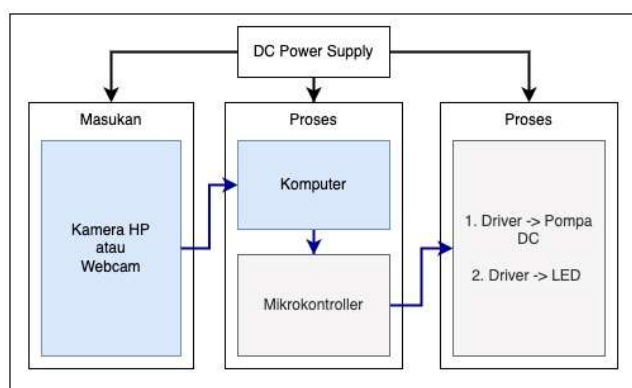
LED akan menyala sesuai dengan program yang sudah ditanamkan di dalamnya. Mode kedua adalah dengan memanfaatkan *computer vision*. Sistem kendali air mancur dan LED akan bergantung terhadap data yang diterima dari kamera. Kamera yang berfungsi sebagai sensor akan mendeteksi jika ada manusia yang menghadap ke kamera. Kemudian data dari kamera akan di proses menggunakan perangkat komputer. Perangkat komputer akan mengirimkan data ke mikrokontroler secara serial untuk menentukan pergerakan air mancur seperti apa yang akan dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan teknologi informatika terbaru seperti *computer vision* ke dalam sistem kendali sehingga menghasilkan suatu sarana *entertainment* yang edukatif. Diharapkan dengan penerapan ini maka akan dapat menambah keingintahuan pengunjung maupun mahasiswa untuk lebih berinovasi menerapkan pengetahuannya di berbagai bidang.

2. METODE

2.1 Blok Diagram

Penelitian berfokus pada sistem kendali perangkat keras berupa air mancur. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari perangkat untuk supply daya, perangkat masukan berupa sensor kamera, perangkat pemrosesan berupa komputer dan mikrokontroler, serta perangkat luaran berupa driver, pompa DC, dan LED RGB. Berikut adalah blok diagram rancangan air mancur seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada sistem kendali yang dirancang terdapat beberapa *power supply* menyesuaikan dengan kebutuhan perangkat lain. Perangkat kamera dan komputer memiliki power supplynya sendiri. Perangkat tertanam seperti mikrokontroler, driver, pompa, dan LED ditandai dengan warna abu-abu pada Gambar 1. memiliki satu *power supply* (PSU). Perangkat tertanam tersebut sistem pembagian dayanya sendiri dikarenakan membutuhkan daya dengan tegangan bervariasi diantaranya: PSU membutuhkan daya 7-12V, driver 5V, pompa DC 12V, LED 24V.

Perangkat masukan yang digunakan berupa kamera HP/webcam yang terhubung ke komputer baik kabel/nirkabel. Data dari masukan dikirim ke perangkat komputer yang berfungsi melakukan pemrosesan data video *real-time*. Daya yang dikirim berupa data siap olah berbentuk koordinat dari *joint detection* pada menggunakan *computer vision* python OpenCV. Data dilanjutkan ke mikrokontroler menggunakan komunikasi serial. Selanjutnya

mikrokontroler memproses data tersebut berdasarkan kondisi yang sudah terprogram. Mikrokontroler akan mengirimkan sinyal menuju driver untuk mengaktifkan perangkat keluaran pompa dan LED.

2.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

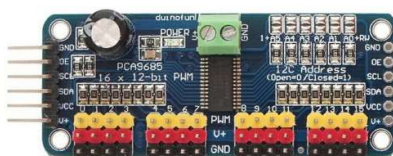
Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau ke duanya), dan perlengkapan input/output. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer (**Syahwil, 2013**). Arduino Mega 2560 merupakan papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah kristal osilator 16 Mhz, sebuah *port* USB, *power jack* DC, ICSP header, dan tombol reset. Spesifikasi Arduino Mega 2560 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (Recommended)	7-12V
Input Voltage (Limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
Dc Current Per I/O Pin	20 mA
Dc Current For 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
Sram	8 KB
Eeprom	4 KB
Clock Speed	16 MHz
Led_Builtin	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

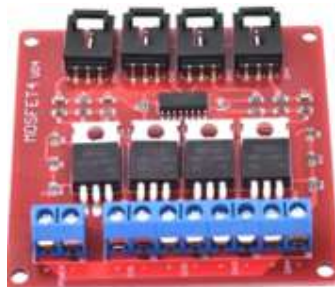
2.3 Sistem Kendali Pompa DC

Pompa yang digunakan untuk air mancur adalah DC *Brushless* dengan tegangan dasar 12V. Spesifikasi pompa adalah daya 18 watt, ketinggian maksimal hingga 5 meter dan flow 800 L/H. Ukuran diameter inlet/outlet dari pompa adalah 13mm atau ½ inch. Dimensi dari pompa 9.2 x 7.3 x 4.5 (mm). Terdapat tiga perangkat pengendali pompa DC, yang pertama adalah mikrokontroler, kemudian modul I2C 16-channel 12-bit PWM PCA9685 dan modul mosfet 4-channel IRF540. Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda (**Lubis, dkk, 2022**). Modul PCA9685 memiliki fungsi untuk mengirim data dari mikrokontroler secara serial menggunakan pin SDA dan SCL sehingga tinggi rendah dari air bisa diatur dengan PWM. Spesifikasi dari PCA9685 yaitu frekuensi kerja hingga 1MHz, memiliki 16 kanal luaran pin PWM dengan resolusi 12-bit, dan tegangan kerja 5-10V.



Gambar 2. Modul PCA9685 16-Ch

Berdasarkan penelitian (**Suroso, dkk, 2018**) MOSFET jenis ini memiliki tegangan drain-source maksimum sebesar 100 V dengan total muatan gate yang tidak terlalu besar, yakni 72 nC. Selain itu IRF540 memiliki turnon delay time dan rise time yang cukup kecil, yakni 11 ns dan 44 ns dengan resistansi drain-source 0,77 Ω , sehingga dipakai MOSFET IRF540 agar respon dari pompa relatif cepat. Perangkat MOSFET IRF540 4 kanal memiliki fungsi sebagai relay dengan kemampuan kendali luaran tegangan berdasarkan sinyal masukan. Pompa membutuhkan tegangan 12V sedangkan data PWM dari PCA9685 yang digunakan 5V. Sehingga dibutuhkan perangkat relay dengan memasukkan catu daya eksternal. Tegangan dan arus dari *power supply* yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan pompa yang digunakan.



Gambar 3. Mosfet IRF540 4-ch

2.4 Sistem Kendali LED-DMX *Daisy Chain*

Digunakan perangkat penerangan pada air mancur dengan tujuan menambah kesan estetik dan menarik apabila dinyalakan di malam hari. Perangkat LED yang digunakan adalah *Waterproof LED chip* Epistar dengan lapisan alumunium dan *tempered glass* yang memiliki ketahanan air IP68. Daya untuk lampu LED tersebut adalah 24V, 6 Watt. Perangkat terdiri dari tiga kabel hitam, kabel hitam pertama memiliki memiliki 2 kabel di dalamnya yaitu merah untuk 24VDC dan biru gelap untuk *ground*. Kabel hitam kedua merupakan kabel komunikasi *input standard serial 485* (dari DMX521 atau dari lampu sebelumnya) yang berjumlah 3 kabel. Terakhir kabel hitam ketiga output Standard Serial 485 (menuju rangkaian lampu selanjutnya). Dimensi dari lampu LED tersebut adalah diameter luar 130 mm, lubang di tengah 38 mm. Bentuk dan dimensi dari LED ditunjukkan pada Gambar 4.

Sistem kendali untuk LED menggunakan Arduino DMX shield yang di pasangkan langsung pada mikrokontroler Arduino Mega. DMX512 sendiri merupakan standar digital komunikasi untuk melakukan pengendalian pencahayaan.



Gambar 4. LED RGB

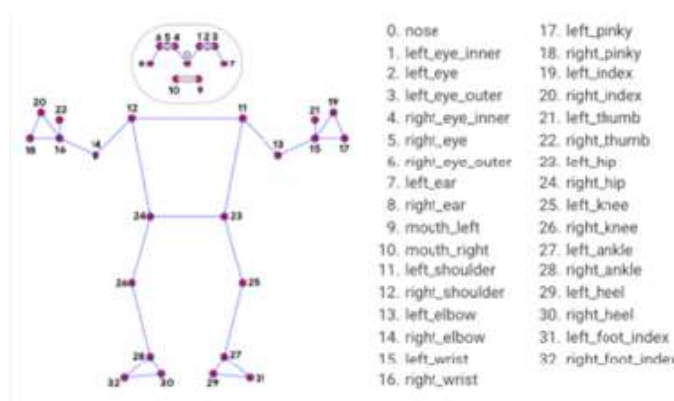


Gambar 5. DMX Shield

Pada Gambar 5. menunjukkan bentuk dari Arduino DMX shield yang sudah dilengkapi dengan NEUTRIX XLR 3 pin *connector female* dan juga *male*. Pin yang digunakan pada Arduino untuk mengaktifkan shield ini adalah pin 2, 3, dan 4 yang berfungsi secara berurutan sebagai *software mode*, *transmitter (Tx)* dan *receiver (Rx)*. Komunikasi yang digunakan dan mendukung untuk kendali lampu adalah *daisy chain* yang menghubungkan satu LED ke LED berikutnya secara serial karena berdasarkan penelitian (Um & Yoo, 2013) komunikasi secara paralel lebih sukar dalam proses sinkronisasi.

2.5 Visi Komputer Rangka Tubuh Manusia

Digunakan teknologi dari *computer vision* untuk meningkatkan daya tarik dan juga kemutakhiran teknologi. *Computer vision* digunakan sebagai dasar dari masukan untuk mengendalikan air mancur. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mendeteksi rangka adalah python OpenCV dengan *pose estimation library* atau *keypoint detection*. Video dari kamera secara realtime akan di proses oleh algoritma *Media Pipe Pose (MPP)*. Video diambil dari *frame RGB* dan menyimpulkan *33 joint landmark 3D* pada anggota tubuh manusia yang ditunjukkan pada Gambar 6 (Anilkumar, dkk, 2021).



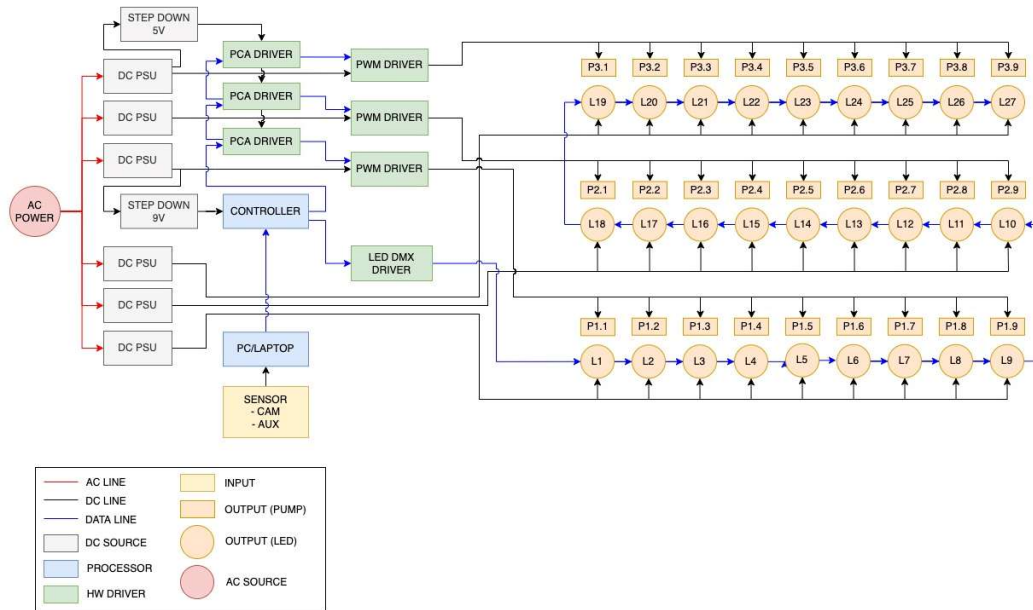
Gambar 6. 33 Joint Landmark 3D

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Perangkat Keras

Secara terperinci terdapat beberapa perangkat keras yang digunakan. Dalam modul utama sistem kendali yang dibuat terdiri dari: 3 unit DC PSU 24V 400W, 3 unit DC PSU 12V 600W, 1 unit *step-down* DC 5V, Mikrokontroler Arduino Mega 2560, 3 unit PCA9685 *driver*, 9 unit

MOSFET IRF540, 1 unit LED DMX shield, 27 unit pompa DC 12V, 27 unit LED sorot 24V. Perangkat masukan yang digunakan terpisah dari modul utama yaitu sensor kamera (*smartphone* atau *webcam*) dan *personal computer/laptop*.

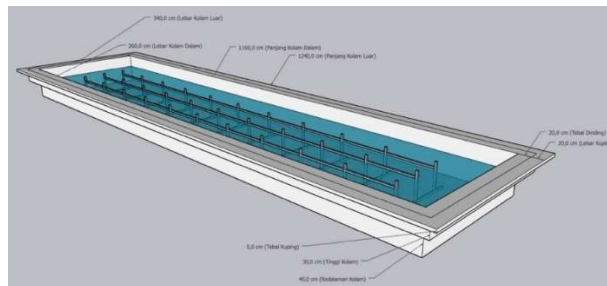


Gambar 7. Desain Sistem Kendali Air Mancur

Perangkat kendali utama dirakit dalam suatu *board* besar seperti rancangan pada Gambar 7. Kemudian luaran (*output*) pompa dan LED terhubung ke menggunakan kabel menuju perangkat kendali utama. Masukan sistem terhubung secara serial ke perangkat utama menggunakan kabel dan *wireless*.

3.2 Desain Rangka dan Penyusunan Air Mancur dan LED

Perangkat luaran dari sistem kendali air mancur ini adalah pompa DC 12V dan LED sorot *waterproof* 24V. Penyusunan perangkat luaran tersebut disesuaikan dengan luas kolam yaitu $2,6 \times 11,6 \text{ m}^2$, sehingga diperoleh 3×9 titik air mancur. Rangka untuk meletakkan air mancur dibuat menggunakan aluminium profile dengan ukuran $3 \times 3 \text{ cm}^2$ dirakit seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain Rangka Air Mancur pada Kolam

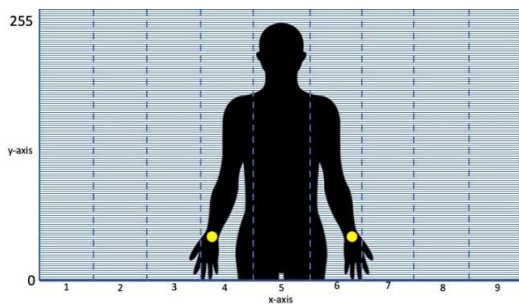
Sebanyak 27 air mancur dan 27 LED disusun diberikan penomoran seperti yang sebelumnya ditunjukkan pada Gambar 7. Pompa membutuhkan masukan PWM masing-masing sehingga menggunakan driver yang tersusun secara matriks ukuran 3×9 . Sedangkan pompa

menggunakan komunikasi serial *daisy chain* sehingga penomoran terurut berantai dari nomor 1 sampai 27.

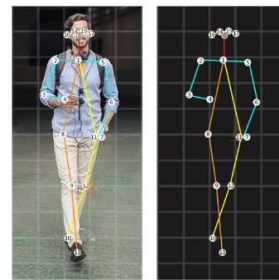
3.3 Program Pengambilan Koordinat Rangka Tubuh

Terdapat dua program yang digunakan untuk sistem kendali air mancur ini. Program pertama yang terdapat pada perangkat personal komputer/laptop yang disebut sebagai *python-program* dikarenakan menggunakan Bahasa pemrograman python. *Python-program* memiliki fungsi untuk mengolah video masukan menjadi data masukan untuk mikrokontroler. Program kedua terdapat pada mikrokontroler yang disebut *arduino-program* dikarenakan menggunakan bahasa pemrograman untuk Arduino. *Arduino-program* berfungsi untuk memproses data masukan dari personal komputer kemudian melakukan kendali pada perangkat luaran berdasarkan masukan tersebut.

Proses yang berlangsung pada *python-program* adalah memperoleh data berupa koordinat pergelangan tangan dari video frame yang diperoleh kamera eksternal (kamera smartphone/webcam). Menyesuaikan dengan jumlah kolom dari matrix air mancur dan tinggi air mancur yang diwakili 8-bit PWM maka frame video dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Jumlah pembagian dari frame gambar yaitu 9 bagian pada x-axis dan 256 bagian dari y-axis.



Gambar 9. X, Y-axis Video Frame

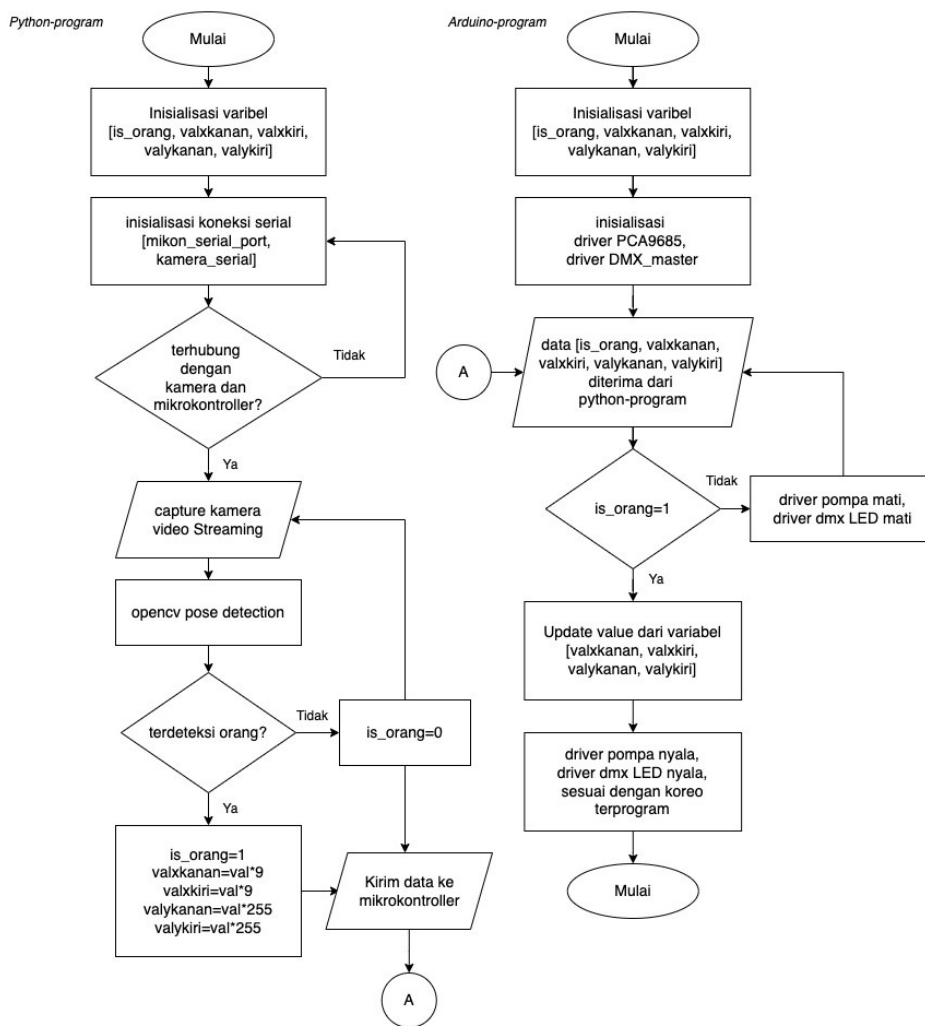


Gambar 10. Pose Detection

Perangkat komputer yang digunakan pada penelitian ini adalah macbook air 2015, prosesor i5, RAM 8GB. Komputer selanjutnya memroses gambar secara *realtime* dari kamera menggunakan *library pose detection* pada *python-program* OpenCV. Manusia yang terdeteksi pada kamera merupakan yang pertama muncul, jika ada lebih dari satu orang pada kamera maka yang pertama terdeteksi yang akan di kunci untuk pengambil posisi koordinat dari pergelangan tangan. Hasil *pose detection* yang berupa rangka tubuh dipindahkan pada frame dengan latar hitam untuk memperjelas hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Namun data yang diambil dari proses tersebut hanya koordinat *x,y-axis* dari pergelangan tangan kanan dan tangan kiri yang kemudian akan menjadi masukan ke dalam *arduino-program*.

3.4 Diagram Alur Kerja Program

Program diawali secara bersamaan antara *python-program* dan *arduino-program* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Diagram Alur Program

Pada *python-program* diawali inisialisasi variable kemudian koneksi dengan device kamera dan juga mikrokontroler. Selanjutnya *python-program* dengan menggunakan library *opencv pose detection* akan mendeteksi apakah ada orang atau tidak. Jika terdeteksi ada orang maka variabel *is-orang = 1*, dan mengukur posisi xy-axis pada pergelangan tangan kanan dan kiri untuk selanjutnya dikirimkan ke *Arduino-program*. Arduino program akan mendapatkan isi dari variabel keberadaan orang dan kordinat pergelangan tangan secara serial. Variabel yang diterima ada 5 yaitu *is_orang, valxkanan, valxkiri, valykanan, valykiri*. Nilai dari variabel tersebut yang akan menentukan pompa mana yang akan aktif dan dengan ketinggian berapa. Selanjutnya *Arduino-program* akan memproses untuk mengaktifkan luaran melalui driver yang digunakan.

3.5 Implementasi dan Pengujian

Terdapat dua instalasi yang pertama instalasi perangkat pompa, LED, dan juga pengkabelan dan kedua instalasi untuk sistem kontrol. Terdapat 27 titik air mancur yang terhubung seluruhnya ke pusat kontrol yang berada pada panel. Gambar 12. Menunjukkan perakitan air mancur ke dalam kolam serta sistem kontrol. Program yang dibuat pada *Arduino-program* berdasarkan pada perangkat yang digunakan. Pada pompa digunakan perangkat driver

PCA9685 untuk mengurangi jumlah pin yang digunakan dikarenakan menggunakan komunikasi *Inter-Integrated Circuit* (I2C). Driver PCA9685 memiliki spesifikasi luaran sebesar 12-bit (0 – 4096). Yang berarti tegangan akan maksimal 5V jika data diterima bernilai 4096 dan minimal 0V jika data bernilai 0. Kemudian tegangan akan men-*trigger* MOSFET IRF540 yang berfungsi sebagai relay 12V. Pada Tabel 2. berikut merupakan contoh sebagian program yang digunakan untuk mengaktifkan pompa dengan driver PCA9685 dan MOSFET IRF540.



Gambar 11. Hasil Pemasangan Pompa & LED

Tabel 2. Program PCA9685

Program	Penjelasan
<pre>#include "PCA9685.h" PCA9685 pwmController1(B000000); PCA9685 pwmController2(B000001); PCA9685 pwmController3(B000010); PCA9685 pwmControllerAll(PCA9685_I2C_DEF_ALLCALL_PROXY ADR);</pre>	<p>Inisialisasi tiga buah driver PCA9685 yang dihubungkan secara serial.</p>
<pre>void setup() { pwmControllerAll.resetDevices(); pwmController1.init(); pwmController2.init(); pwmController3.init(); pwmControllerAll.initAsProxyAddresser(); pwmController1.setChannelOff(0); pwmController2.setChannelOff(0); pwmController3.setChannelOff(0); Serial2.println(pwmController1.getI2CAddress()); Serial2.println(pwmController2.getI2CAddress()); Serial2.println(pwmController3.getI2CAddress());}</pre>	<p>Aktifasi alamat dari tiga driver PCA.</p>
<pre>void pompa_nyala_semua(uint16_t pwm){ for (uint8_t i = 1; i <= 9; i++){ pwmController1.setChannelPWM(i - 1, pwm); pwmController2.setChannelPWM(i - 1, pwm); pwmController3.setChannelPWM(i - 1, pwm);}}</pre>	<p>Program menyalakan 27 pompa menggunakan trigger PWM.</p>

Pengujian pada pompa DC dengan mengatur lebar pulsa yang ditransmisikan ke driver MOSFET IRF540 yang berfungsi sebagai relay 12V. Data dikirimkan dari *arduino-program* ke driver dengan besar data 8-bit (0-255). Pada driver PWM dengan nilai 0 berarti MOSFET tertutup (0V), dan PWM dengan nilai 255 berarti MOSFET terbuka seluruhnya (12V). Pengujian dilakukan untuk menentukan ketinggian air berdasarkan besarnya nilai PWM dan tegangan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Diperoleh hasil terdapat perbedaan tegangan dan ketinggian air untuk setiap pompa, dengan tinggi air maksimal 2.1 meter.

Tabel 3. Pengujian PWM pada Pompa DC

No.	PWM Value	Pompa 1		Pompa 2		Pompa 3	
		Tegangan (V)	Tinggi air (m)	Tegangan (V)	Tinggi air(m)	Tegangan (V)	Tinggi air (m)
1	0	0.00	0.00	0.10	0.0	0	0
2	100	4.70	0.40	4.80	0.45	4.75	0.42
3	150	7.20	1.00	7.10	0.95	7.2	1.00
4	200	9.50	1.50	9.60	1.50	9.45	1.40
5	230	10.50	1.80	10.45	1.80	10.40	1.70
6	255	12.00	2.10	12.05	2.10	11.95	2.05

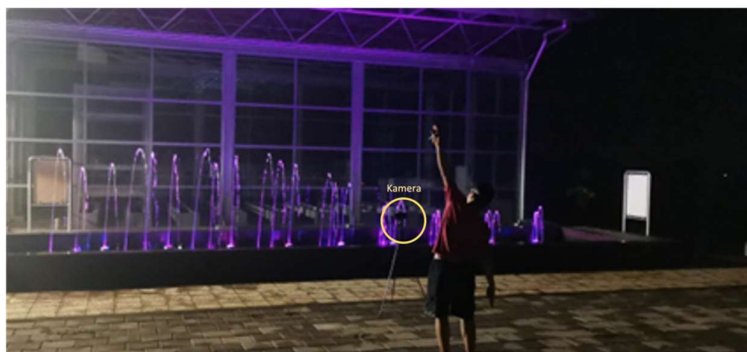
Lampu sorot yang juga berjumlah 27 unit diposisikan pada setiap pompa air. Lampu sorot LED ini sudah didukung oleh komunikasi secara serial untuk mempermudah pemrograman dan juga mengurangi jumlah kabel yang digunakan. Pada masukan awal dibutuhkan tambahan driver DMX Daisy Chain untuk masuk ke lampu pertama, pin keluar lampu sebelumnya dihubungkan ke pin masukan lampu selanjutnya. Pengujian ditunjukkan pada Gambar 13. dimana lampu terhubung satu sama lain secara serial. Untuk sebagian pemrograman dari lampu LED ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 12. Pengujian LED dengan Driver DMX Daisy Chain

Tabel 4. Program LED dengan Driver DMX Daisy Chain

Program	Penjelasan
<pre>void lampu_nyala_semua_putih(int warna){ red = 255; green = 255; blue = 255; for (int ch = 1; ch <= 27; ch++){ dmx_master.setChannelValue(3 * (ch - 1) + 1, red); dmx_master.setChannelValue(3 * (ch - 1) + 2, green); dmx_master.setChannelValue(3 * (ch - 1) + 3, blue);}}</pre>	Nyalakan semua lampu dengan warna putih.
<pre>void lampu_mati_semua(int warna){ red = 0; green = 0; blue = 0; for (int ch = 1; ch <= 27; ch++){ dmx_master.setChannelValue(3 * (ch - 1) + 1, red); dmx_master.setChannelValue(3 * (ch - 1) + 2, green); dmx_master.setChannelValue(3 * (ch - 1) + 3, blue);}}</pre>	Matikan semua lampu.



Gambar 14. Pengujian Keseluruhan Sistem Kendali Air Mancur

Kamera terhubung ke perangkat komputer dapat menggunakan kabel atau wireless. Peletakan kamera dapat secara bebas dipindahkan, tidak pada posisi statik. Namun untuk mendeteksi rangka manusia dengan dengan baik, posisi manusia harus berada dua meter di depan kamera seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.

Tabel 5. Luaran Program Berdasar Kondisi Masukan

No.	Posisi tangan Kiri		Posisi tangan Kanan		Keterangan	No. Pompa menyala	Ketinggian pompa menyala (cm)	Kondisi lampu
	x-axis	y-axis	x-axis	y-axis				
1	1	Semua	9	semua	Mode 1 – Aktifasi pompa	semua	100	semua menyala nila
2	>5	Semua	<5	semua	Mode 0 – Mematikan	tidak ada	0	tidak ada
3	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada	Mode 2 – Standby	semua	40	semua menyala cyan
4	3	255	7	255	Mode 1 – Aktif	semua	200	semua menyala putih
5	3	200	tidak ada	tidak ada	Mode 1 – Aktif	1 sampai 5	160	semua menyala ungu
6	tidak ada	tidak ada	7	200	Mode 1 – Aktif	5 sampai 9	160	semua menyala ungu
7	4	80	6	80	Mode 1 – Aktif	2 sampai 8	60	semua menyala kuning

Program yang tertanam pada arduino memiliki beberapa mode. Terdapat "Mode 1" yang merupakan mode untuk aktif, namun membutuhkan proses aktifasi. Proses aktifasi dilakukan dengan menempatkan tangan kiri pada bagian x-axis 1 dan tangan kanan di x-axis 9. Kemudian ada "Mode 2" merupakan mode untuk standby dimana tidak ada orang yang terdeteksi di *python-program*. Mode 0 merupakan mode untuk menonaktifkan seluruh fungsi dengan menukar posisi tangan kiri dan tangan kanan, seperti menyilangkan tangan atau berbalik badan. Tabel 5. menunjukkan kondisi masukan yang didapat dari pembacaan koordinat pergelangan tangan berupa x,y-axis terhadap keluaran yaitu kondisi lampu LED dan pompa air mancur.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem kendali air mancur yang terdiri dari pompa dan LED dapat bekerja sesuai dengan alur kerja yang diinginkan. Sistem mengendalikan air mancur baik melalui program secara manual ataupun interaktif menggunakan data dari computer vision. Pompa yang digunakan adalah pompa celup DC 12V dengan ketinggian maksimal air hingga 2,1 meter. Sedangkan lampu sorot yang digunakan adalah LED RGB sorot IP67 DC 24V. Perangkat pompa dan lampu dikendalikan oleh driver yang terhubung ke mikrokontroler. Driver pompa menggunakan PCA9685 16-Ch dikombinasikan dengan MOSFET IRF540 4-Ch agar pompa dapat dikendalikan ketinggiannya secara independent namun tidak membutuhkan banyak port/pin. Driver untuk lampu menggunakan *Arduino DMX Shield* sehingga memungkinkan untuk mengendalikan lampu secara independent dengan metode *daisy chain*. Pompa dan lampu bergerak secara interaktif mengikuti pergerakan manusia yang ditangkap oleh kamera. Data dari kamera kemudian diproses pada perangkat komputer yang kemudian datanya dikirim secara serial ke mikrokontroler.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Gunadarma karena telah mendanai penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu khususnya kepada tim UG-Technopark.

DAFTAR RUJUKAN

- Anilkumar, A., Athulya, K. T., Sajjan, S., & Sreeja, K. A. (2021, June 8). Pose Estimated Yoga Monitoring System. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3882498>
- Ardiansyah, N. F., Rabi', A., Minggu, D., & Dirgantara, W. (2019). Computer Vision Untuk Pengenalan Obyek pada Peluncuran Roket Kendaraan Tempur. *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika Dan Komputer)*, 1(1). <https://doi.org/10.26905/jasiek.v1i1.3142>
- Buana, I. K. S. (2018). Aplikasi Untuk Pengoprasian Komputer dengan Mendeteksi Gerakan Menggunakan OpenCV Python. *SINTAK*, 2(0). <https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/sintak/article/view/6585>
- Joesyiana, K. (2018). Penerapan Metode Pembelajaran Observasi Lapangan (Outdoor Sstudy) pada Mata Kuliah Manajemen Operasional (Survey pada Mahasiswa Jurusan Manajemen Semester III Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Persada Bunda). *PEKA*, 6(2), 90–103. <https://journal.uir.ac.id/index.php/Peka/article/view/2740>
- Lubis, F. B., & Yanie, A. (2022). Implementasi Pulse Width Modulation (PWM) Pada Penyaluran Limbah Cair Pupuk Kelapa Sawit Berbasis Arduino. *Cetak) Journal of Electrical Technology*, 2(2), 39–46.

- Makahaube, S. S., Sambul, A. M., & Sompie, S. R. (2020). Implementation of Gesture Recognition Technology for Automated Education Service Kiosk. *Jurnal Teknik Informatika*, *16*(4), 465–472. <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jti.16.4.2021.34210>
- Muthalib, M. A., Irfan, Kartika, & Meliala, S. (2023). Pengiraan Pose Model Manusia pada Repetisi Kebugaran AI Pemrograman Python berbasis Komputerisasi. *INFOTECH Journal*, *9*(1), 11–19. <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.4233>
- Pramesti, A. D., & Yunita, L. (2018). Potensi Daya Tarik Wisata Air Terjun Bur Bulet Sebagai Daya Tarik Wisata Alam Di Takengon Aceh Tengah. *PUBLIKAUMA*, *6*(2), 31–37.
- Setyawan, FX. A., Sulistiyanti, S. R., & Yudamson, A. (2016). *Dasar Sistem Kendali*. AURA.
- Song, L., Yu, G., Yuan, J., & Liu, Z. (2021). Human pose estimation and its application to action recognition: A survey. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, *76*, 103055. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2021.103055>
- Suhendra, T., Uperiaty, A., Purnamasari, D. A., & Yuniyanto, A. H. (2018). Kendali Kecepatan Motor DC dengan Metode Pulse Width Modulation menggunakan N-channel Mosfet. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, *7*(2), 78–85. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i2.701>
- Suroso, Prasetijo, H., Nugroho, D. T., & Qosim, M. I. (2018). Analisis Unjuk Kerja Prototip Sistem Pengiriman Daya Nirkabel Jenis Resonansi Magnetik Menggunakan Inverter Setengah Jembatan Dan Kumparan Helix. *Dinamika Rekayasa*, *14*(2), 77–85. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2018.14.1.207>
- Syahwil, M. (2013). *Panduan Mudah Simulasi Dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. ANDI.
- Um, K., & Yoo, S. (2013). Developing Daisy Chain Receivers for Light-Emitting Diode Illumination Adopting the Digital Multiplex-512 Protocol. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *13*(10), 7092–7096. <https://doi.org/10.1166/jnn.2013.7633>
- Zhang, J., Chen, Z., & Tao, D. (2021). Towards High Performance Human Keypoint Detection. *International Journal of Computer Vision*, *129*(9), 2639–2662. <https://doi.org/10.1007/s11263-021-01482-8>