

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR LAMPIRAN.....	v
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II.....	9
2.1 Pertanian Presisi.....	9
2.2 <i>Plant Factory</i>	11
2.3 <i>Computer Vision</i>	12
2.4 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	14
2.5 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	15
2.6 Sistem <i>monitoring</i> tanaman otomatis berbasis mobile mechanism.....	19
2.7 Integrasi Sistem Mekanisme <i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	20
BAB III.....	22
3.1 Kerangka Pikir Penelitian.....	22
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	25
3.3 Alat dan Bahan.....	25
3.3.1 Alat.....	25
3.3.2 Bahan.....	52
3.4 Prosedur Penelitian.....	54
3.4.1 Perancangan Pergerakan Sistem <i>Computer Numerical Control</i>	56
3.4.2 Perancangan Sistem Deteksi <i>Computer Vision</i>	68

3.4.3	Implementasi Sistem dan Pengambilan Data.....	79
3.5	Analisis Data	92
3.5.1	Perhitungan Sistem CNC	93
3.5.2	Uji Regresi Linier.....	97
3.5.3	Validasi sistem perancangan	98
BAB IV	101
4.1	Hasil Model <i>Computer Vision</i>	101
4.1.1	Hasil Evaluasi Model <i>computer vision</i>	105
4.2	Hasil Perancangan Sistem <i>Computer Numerical Vision</i>	113
4.2.1	Hasil Perancangan Pergerakan Sistem CNC	113
4.2.2	Hasil Sistem Deteksi dan <i>Monitoring</i> Tanaman.....	116
4.3	Hasil Uji Validasi Pergerakan Motor	122
4.4	Hasil Implementasi Sistem CNC	126
BAB V	143
DAFTAR PUSTAKA	146
LAMPIRAN	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Infrastruktur lapisan CNN (Wardani & Leonardi, 2023)	15
Gambar 2. 2 Perbandingan antara berbagai versi model YOLO.....	18
Gambar 3. 1 Kerangka pikir penelitian	22
Gambar 3. 2 Raspberry pi-5 8GB RAM	26
Gambar 3. 3 <i>Microcontroller</i> ESP32	28
Gambar 3. 4 Micro SD card penyimpanan data	29
Gambar 3. 5 Stepper motor Nema17.....	30
Gambar 3. 6 Driver A4988.....	31
Gambar 3. 7 Kabel JST XH pin6	32
Gambar 3. 8 <i>Pulley Idler</i>	33
Gambar 3. 9 <i>Timing belt</i> jalur rangkaian motor	34
Gambar 3. 10 Kamera webcam <i>logitech Brio 300</i>	34
Gambar 3. 11 kamera webcam <i>logitech C270</i>	36
Gambar 3. 12 kapasitor 100 μ F/25V.....	37
Gambar 3. 13 <i>Limit Switch</i> KW4-32-3 5A 250VAC.....	38
Gambar 3. 14 <i>Fan</i> 12V DC	39
Gambar 3. 15 Resistor 10 K Ω	40
Gambar 3. 16 <i>Driver step down LM25966</i>	41
Gambar 3. 17 <i>Power Supply</i> 12 V AC to DC	42
Gambar 3. 18 Kabel <i>extension</i> 3.0 USB Hub	43
Gambar 3. 19 Pompa 104WP maguro.....	44
Gambar 3. 20 Set komputer <i>raspberry pi 5</i>	45
Gambar 3. 21 Elitech GSP-6 pengamatan kondisi lingkungan.....	46
Gambar 3. 22 Arduino IDE	47
Gambar 3. 23 Tampilan editor program <i>python</i>	48
Gambar 3. 24 Tampilan <i>platform</i> Roboflow	49
Gambar 3. 25 Tampilan <i>library</i> YOLO V11	50
Gambar 3. 26 Tampilan awal <i>software</i> raspbian	51
Gambar 3. 27 Tampilan <i>Website</i> Agrarise.....	52
Gambar 3. 28 Tanaman selada dengan produksi hidroponik dalam ruangan.....	53
Gambar 3. 29 Nutrisi hidroponik AB Mix	54
Gambar 3. 30 Diagram alir prosedur penelitian.....	56
Gambar 3. 31 Diagram alir perancangan pergerakan sistem CNC	58
Gambar 3. 32 Skema rangkaian elektronik sistem <i>computer numerical control</i> ..	59
Gambar 3. 33 Hasil rancangan Skema Perancangan PCB <i>Board</i> Pergerakan motor	59
Gambar 3. 34 Diagram alir pergerakan sistem CNC inisiasi sistem (a)	64
Gambar 3. 35 Diagram alir pergerakan sistem CNC kondisi <i>home</i> (b)	65
Gambar 3. 36 Diagram alir pergerakan sistem CNC kondisi <i>move</i> (c).....	66
Gambar 3. 37 Diagram alir sistem deteksi tanaman	68

Gambar 3. 38 Proses pembuatan <i>dataset</i> pada <i>roboflow</i>	71
Gambar 3. 39 Proses anotasi gambar pada <i>dataset</i>	72
Gambar 3. 40 Hasil pembuatan <i>dataset</i>	73
Gambar 3. 41 Proses dan hasil <i>training dataset</i>	75
Gambar 3. 42 Diagram alir sistem deteksi tanaman <i>computer vision</i> dengan model YOLO inisiasi deteksi (a).....	77
Gambar 3. 43 Diagram alir sistem deteksi tanaman model YOLO pemrosesan gambar (b)	78
Gambar 3. 44 Diagram alir sistem deteksi tanaman model YOLO penyimpanan gambar baru (c)	79
Gambar 3. 45 Diagram alir sistem deteksi dan <i>monitoring</i> pertumbuhan tanaman berbasis CNC	80
Gambar 3. 46 Diagram alir sistem CNC proses inisiasi sistem	82
Gambar 3. 47 Diagram alir sistem CNC proses perhitungan skala ratio	83
Gambar 3. 48 Diagram alir sistem CNC proses deteksi dan posisi tanaman.....	84
Gambar 3. 49 Diagram alir sistem CNC proses perhitungan langkah motor.....	86
Gambar 3. 50 Diagram alir sistem CNC proses <i>monitoring</i> tanaman.....	88
Gambar 3. 51 Diagram alir sistem CNC proses perhitungan luasan gambar.....	89
Gambar 3. 52 Diagram alir sistem CNC proses hasil nilai segmentasi tanaman..	90
Gambar 3. 53 Diagram alir sistem CNC proses analisis hasil <i>monitoring</i>	91
Gambar 3. 54 Diagram alir sistem CNC proses penyimpanan data.....	92
Gambar 3. 55 Skematik perhitungan sistem CNC	94
Gambar 4. 1 <i>File model computer vision</i>	102
Gambar 4. 2 Hasil model deteksi <i>computer vision</i> ; (a) Kondisi rak PF, (b) Kondisi pencahayaan PF, (c) Kondisi hidroponik dalam ruangan, (d) Kondisi pencahayaan ruangan.....	103
Gambar 4. 3 Hasil model segmentasi <i>computer vision</i> ; (a) selada 14 HST, (b) selada 21 HST	105
Gambar 4. 4 Hasil evaluasi model pada <i>training epochs</i> 75; (a) <i>train box loss</i> , (b) <i>train classification loss</i> , (c) <i>train distribution focal loss</i> , (d) <i>metric precision</i> , (e) <i>metrics recall</i> , (f) <i>validation loss</i> , (g) <i>validation classification loss</i> , (h) <i>validation distribution focal loss</i> , (i) <i>metric average precision 50%</i> , (j) <i>metric average precision 50%-95%</i>	106
Gambar 4. 5 Hasil evaluasi model pada <i>training epochs</i> 100; (a) <i>train box loss</i> , (b) <i>train classification loss</i> , (c) <i>train distribution focal loss</i> , (d) <i>metric precision</i> , (e) <i>metrics recall</i> , (f) <i>validation loss</i> , (g) <i>validation classification loss</i> , (h) <i>validation distribution focal loss</i> , (i) <i>metric average precision 50%</i> , (j) <i>metric average precision 50%-95%</i>	107
Gambar 4. 6 Hasil evaluasi model pada <i>training epochs</i> 125; (a) <i>train box loss</i> , (b) <i>train classification loss</i> , (c) <i>train distribution focal loss</i> , (d) <i>metric precision</i> , (e) <i>metrics recall</i> , (f) <i>validation loss</i> , (g) <i>validation classification loss</i> , (h) <i>validation distribution focal loss</i> , (i) <i>metric average precision 50%</i> , (j) <i>metric average precision 50%-95%</i>	108

Gambar 4. 7 Hasil Evaluasi model <i>computer vision</i>	112
Gambar 4. 8 Hasil perancangan sistem CNC; (a) Penampakan keseluruhan sistem CNC, (b) perancangan PCB board, (C) perancangan sistem hidroponik.....	114
Gambar 4. 9 Hasil perancangan sistem CNC; (a) Rangkaian sumbu X, (b) Rangkaian sumbu Y	115
Gambar 4. 10 Hasil perancangan sistem rangkaian elektronis CNC	116
Gambar 4. 11 Tempat sistem kontrol utama <i>microcomputer</i>	117
Gambar 4. 12 Hasil penyimpanan sistem deteksi dan <i>monitoring</i> pertumbuhan tanaman CNC di raspberry; (a) folder utama, (b) sub folder 1, (c) sub folder 2..	118
Gambar 4. 13 Hasil visualiasi sistem deteksi posisi dan <i>monitoring</i> pertumbuhan tanaman CNC; (a) pengambilan deteksi posisi tanaman (b) <i>monitoring</i> tanaman (c) perhitungan skala ratio.....	120
Gambar 4. 14 Hasil visualisasi model segmentasi tanaman; (a) pengukuran pertumbuhan tanaman, (b) <i>masking</i> tanaman.....	121
Gambar 4. 15 Grafik uji regresi linier motor X	124
Gambar 4. 16 Hasil uji regresi linier motor Y.....	125
Gambar 4. 17 Tampilan <i>website</i> Agrarise untuk memantau sistem CNC.....	127
Gambar 4. 18 <i>Monitoring</i> perubahan kondisi lingkungan suhu dan kelembaban relatif	128
Gambar 4. 19 Pertumbuhan tinggi tanaman selada.....	129
Gambar 4. 20 Visualisasi pertumbuhan tanaman selama 21 hari.....	131
Gambar 4. 21 Visualisasi hasil deteksi <i>computer vision</i> selama 21 hari.....	132
Gambar 4. 22 Visualiasi pergerakan sistem CNC dengan pergerakan tanaman 1-7	132
Gambar 4. 23 <i>Monitoring</i> Pengukuran luas kanopi tanaman pukul 09:00	134
Gambar 4. 24 <i>Monitoring</i> Pengukuran luas kanopi tanaman pukul 16:00	135
Gambar 4. 25 <i>Monitoring</i> pengukuran panjang tanaman pukul 09:00	137
Gambar 4. 26 <i>Monitoring</i> pengukuran lebar tanaman pukul 09:00.....	138
Gambar 4. 27 <i>Monitoring</i> pengukuran panjang tanaman pukul 16:00	139
Gambar 4. 28 <i>Monitoring</i> pengukuran lebar tanaman pukul 16:00.....	140
Gambar 4. 29 Hasil pengukuran berat awal dan akhir tanaman selada setelah 21 hari.....	141

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Raspberry pi-5 8GB RAM.....	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>microcontroller</i> ESP32	28
Tabel 3. 3 Spesifikasi Micro SD card penyimpanan data	29
Tabel 3. 4 Spesifikasi Stepper motor nema17	30
Tabel 3. 5 Spesifikasi driver A4988	31
Tabel 3. 6 Spesifikasi Kabel JST XH pin6.....	32
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Pulley Idler</i>	33
Tabel 3. 8 Spesifikasi kamera webcam <i>logitech</i> brio 300.....	35
Tabel 3. 9 Spesifikasi kamera webcam <i>logitech</i> C270.....	36
Tabel 3. 10 Spesifikasi kapasitor 100 μ F/25V	37
Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>driver step down</i> LM25966.....	41
Tabel 3. 12 Spesifikasi <i>power supply</i> 12V AC to DC	42
Tabel 3. 13 Spesifikasi Pompa 104 WP maguro	44
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>high performance computing</i>	45
Tabel 3. 15 Spesifikasi Elitech GSP-6 pengamatan kondisi lingkungan	46
Tabel 3. 16 Pengaturan <i>microstepping</i> pada <i>driver</i> motor A4988.....	62
Tabel 3. 17 <i>Range</i> nilai MAPE	99
Tabel 4. 1 Hasil uji MAPE dan RMSE sistem CNC.....	125

DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1. Data kalibrasi pergerakan motor	150
lampiran 2. Data implementasi sistem CNC	154
lampiran 3. Dokumentasi perancangan sistem CNC	158
lampiran 4. Dokumentasi hasil tanaman selada	159