

Prototype Sistem Sortasi Buah Kopi Berbasis *Image Processing* Menggunakan Metode *You Only Look Once* (YOLO)

Fajar Nabil Muhammad^{1*}, Edy Setiawan², Imam Sutrisno³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

*E-mail : fajarnabil17@student.ppons.ac.id

Abstrak

Kopi mutu asal dari Indonesia masih tergolong rendah, dikarenakan masih banyaknya kandungan kopi cacat dan bercampur dengan barang non-kopi. Cacat biji kopi yang penting adalah biji berwarna hitam, biji coklat, biji pecah, dan biji berlubang. Proses sortasi merupakan salah satu kunci pokok untuk memperoleh mutu biji kopi yang baik. Oleh karena itu, diperlukan alat bantu untuk proses sortasi, penulis memiliki inovasi untuk merancang sebuah alat bantu untuk proses sortasi buah kopi menggunakan pengolahan citra dengan menggunakan webcam dan menggunakan Arduino Uno sebagai kontroler dari sensor dan aktuator yang terintegrasi dengan metode You Only Look Once (YOLO) melalui komunikasi serial yang dianggap sesuai oleh peneliti dalam pengerjaan Tugas Akhir. Sistem akan memberikan hasil secara real-time saat proses berlangsung melalui HMI pada aplikasi, sehingga memudahkan operator dalam melakukan proses sortasi. Berdasarkan hasil dari pengujian menggunakan metode You Only Look Once (YOLO), uji perfoma dengan nilai accuracy 100%, nilai recall 100%, dan precision 100%. Uji real-time dengan nilai keberhasilan pengujian sebesar 91%, dengan jarak deteksi objek sejauh 27 cm dari webcam.

Kata Kunci : Neural Network, Pengolahan Citra Digital, Sortasi, *You Only Look Once* (YOLO)

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas penting di dalam perdagangan dunia yang melibatkan beberapa negara produsen dan banyak negara konsumen. Kopi, meskipun bukan merupakan tanaman asli Indonesia, tanaman ini mempunyai peranan penting dalam industri perkebunan di Indonesia. Areal perkebunan kopi di Indonesia pada tahun 2010 mencapai lebih dari 1,210 juta hektar dengan total produksi sebesar 686.921 ton dimana 96% diantaranya yaitu areal perkebunan kopi rakyat, dengan jumlah petani yang terlibat sebanyak 1.881.694 KK. Laju perkembangan areal kopi di Indonesia rata-rata mencapai sebesar 2,11 % per tahun [1].

Kopi mutu asal dari Indonesia masih tergolong rendah, dikarenakan masih banyaknya kandungan kopi cacat dan bercampur dengan barang non-kopi. Cacat biji kopi yang penting adalah biji berwarna hitam, biji coklat, biji pecah, dan biji berlubang. Presentase cacat mutu biji kopi adalah 13,5% biji berlubang karena hama bubuk buah, 36,9% biji hitam karena petik muda, 7,8% biji pecah karena penggilingan kurang tepat, dan 37,7% adalah biji coklat, berkulit ari, bertutul-tutul karena fermentasi dan penggilingan kurang

tepat, serta 3,8% biji bercampur dengan batu, gelondong kering dan tanah kering [2].

Proses panen merupakan kunci pokok untuk memperoleh mutu biji kopi yang baik. meliputi kegiatan pembersihan, pengupasan, sortasi, pengawetan, pengemasan, penyimpanan, standardisasi mutu, dan transportasi hasil produksi budidaya tanaman [3]. Untuk memproduksi kopi berkualitas sangat tergantung pada metode pemetikan dan proses sortasi buah kopi. Terdapat 2 metode pemetikan kopi, yakni petik pilih (selectively picked) dan petik racutan (strip picked) atau bisa disebut dengan memetik semua buah kopi [4].

Sebelum diolah, buah kopi diperiksa kulitas petiknya. Sortasi buah kopi harus dilakukan, yaitu buah kopi merah segar dipisahkan dari bahan-bahan lain yang menyebabkan turunnya mutu kopi, seperti buah hijau, buah hitam, daun, ranting, batu, dan benda asing lainnya. Dengan demikian proses pengolahan kopi menjadi lebih mudah dan biji kopi kering terjamin kualitasnya. Terdapat dua metode dalam proses sortasi buah kopi, yaitu proses sortasi secara manual, dan proses sortasi dengan bantuan air [5].

Keberhasilan saat pasca panen sangat bergantung dari mutu bahan baku, pengolahan juga harus dilakukan dengan tepat waktu, tepat cara dan tepat jumlah seperti hasil produk pertanian lain [6]. Pengelompokan mutu dalam banyak kelas masih digunakan oleh metode *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), bahkan SNI. Metode ini memberikan banyak tingkatan harga yang sangat sensitif terhadap mutu. Oleh karena itu semakin banyak kelas mutu yang dapat dipisahkan oleh suatu system sortasi maka akan semakin menguntungkan dari sisi ekonomi. Menurut SCAA, beberapa jenis kopi dapat disortir menggunakan pengolahan citra dan JST [7].

Umumnya, 70% petani melakukan proses panen dengan metode racutan (*strip picked*) dan sisanya melakukan proses petik pilih (*selectively picked*), sedikit sekali petani yang melakukan sortasi atau pemisahan buah masak dari yang belum masak. Hanya 10% petani di daerah Wonosalam yang melakukan sortasi pada hasil panen kopi, serta masih dijumpai perbedaan indikator warna dalam proses sortasi yang dilakukan oleh para petani dan prosesor kopi.

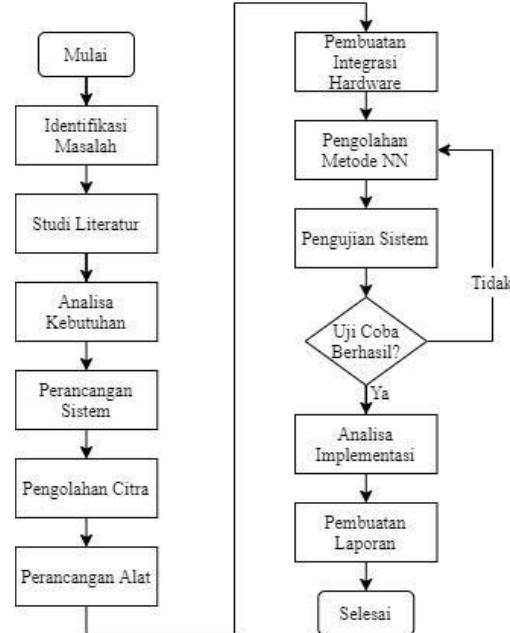
Berdasarkan kondisi diatas, penulis mengambil penelitian tentang system sortasi biji kopi dengan Conveyor belt berbasis pengolahan citra digital menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO). Penggunaan webcam pada prototype ini berfungsi sebagai pengambilan objek sebagai input. Input citra digital diolah dengan menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO) untuk melakukan proses klasifikasi warna objek, yang selanjutnya akan dilakukan pengambilan keputusan untuk melakukan proses sortasi. Sehingga dapat diketahui hasil dari proses pengambilan citra pada objek yang berada di *Conveyor belt*. Dengan adanya *prototype* ini diharapkan dapat membantu prosesor kopi dalam melakukan proses sortasi buah kopi, serta terdapat indikator pasti dalam proses sortasi. Oleh karena itu penulis mengangkat penelitian yang berjudul “*Prototype Sistem Sortasi Buah Kopi Berbasis Image Processing Menggunakan Metode You Only Look Once* (YOLO)”.

2. METODOLOGI

a. Alur Penelitian

Alur penelitian tugas akhir akan direpresentasikan pada *flowchart* gambar 2.1

berikut.



Gambar 2.1 Flowchart Penelitian

b. Identifikasi Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini diambil dari kebutuhan para prosesor kopi dan petani kopi dalam melakukan proses sortasi buah kopi pada saat pascapanen. Dikarenakan masih banyak ditemukan petani atau prosesor kopi yang belum melakukan proses sortasi dengan baik dan benar. Inovasi pada alat ini diharapkan dapat membantu dalam proses sortasi buah ketika pascapanen.

c. Studi Literatur

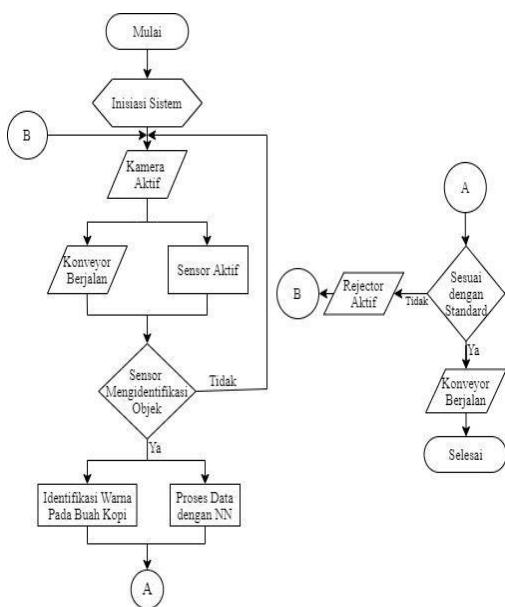
Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan sumber-sumber penelitian atau literasi untuk memahami konsep, teori, dan teknologi yang akan digunakan pada alat yang akan dibuat dan diteliti. Pada tahap ini penulis mencari informasi sebanyak-banyaknya mengenai *Image processing*, *You Only Look Once* dan *OpenCV*. Dengan internet, pencarian jurnal penelitian, artikel, dan sumber informasi lainnya yang terkait menjadi sangat mudah. Hasil dari tahap ini menjadikan penulis memahami konsep-konsep tersebut.

d. Perancangan Desain Sistem

Berdasarkan gambar 2.2 *flowchart* kerja sistem, tahap awal pada sistem deteksi adalah aktifnya semua sistem yang mencakup *conveyor belt* mulai berjalan ketika sistem dihidupkan, *webcam* aktif, serta *dataset* dan

library untuk pemrograman disiapkan. Palang pintu penampung kopi terbuka secara otomatis, diatur dengan timer sehingga dapat memberikan *delay* pada *flow* buah kopi.

Conveyor belt akan terus aktif sampai sensor *switch infrared* mendeteksi keberadaan objek. Maka selanjutnya *webcam* mulai melakukan proses identifikasi pada objek yang berada dibawahnya. Pada tahap identifikasi ini *webcam* juga mulai melakukan proses klasifikasi pada objek menurut parameter yang sudah ditetapkan, yang mana parameter tersebut berupa buah kopi matang, setengah matang, mentah, dan busuk.



Gambar 2.2 Flowchart Kerja Sistem

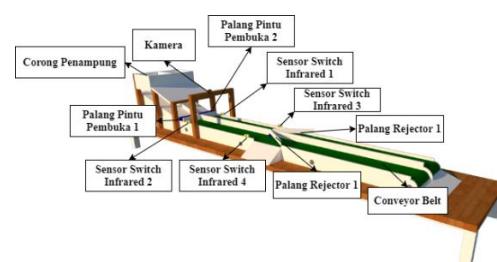
Perlu diketahui, pada saat proses identifikasi objek oleh *webcam* sebagai *input* dari citra digital memerlukan intensitas cahaya yang cukup, agar proses yang berlangsung dapat berjalan dengan baik. Saat objek tidak diberi intensitas cahaya yang baik, maka akan mengganggu nilai *input* pada proses identifikasi. Begitu juga berlaku sebaliknya, saat objek mendapatkan intensitas cahaya yang baik, maka data pada *input* citra akan baik juga. Karena dari bagian itu data *input* citra dapat dikategorikan sebagai data yang valid atau tidak.

Jika yang teridentifikasi oleh sistem adalah buah kopi matang maka *rejector* akan mati, sistem akan memberikan informasi bahwa objek tersebut adalah kopi matang, dan

konveyor akan membawa buah kopi sampai kepada wadah penampung kopi matang. Ketika yang teridentifikasi sistem adalah buah kopi dengan *grade* “*reject*”, sistem akan memberikan informasi bahwa objek adalah *grade reject*, dan *rejector* akan melakukan proses sortir pada buah kopi tersebut. Data akan ditayangkan pada HMI, menunjukkan status objek yang sudah diidentifikasi. Sistem akan terus berjalan sesuai dengan *flowchart* sistem yang sudah ditentukan seperti pada Gambar 2.2 sampai dilakukan *stop*.

e. Perancangan Desain Mekanik

Rancangan penempatan *hardware* mulai dari sensor, *webcam*, *conveyor belt*, dan actuator dirancang sebaik mungkin agar mendapatkan respon sistem yang akurat dan efisien. Sesuai yang sudah direncanakan seperti yang terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sistem Rancangan *Hardware*

Panjang konveyor (*lt*) 1,5 m. Diasumsikan rata-rata diameter buah kopi \pm 2 cm dan berat rata-rata 2 gram sehingga kemampuan konveyor menerima beban (*load*) sebesar 1,5 kg. Pada perancangan ini konveyor berbentuk *horizontal* $\beta = 180^\circ$. Kecepatan konveyor dapat dihitung dengan persamaan (1)

$$V = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Dimana:

V : kecepatan konveyor (m/detik)

s : jarak total satu putaran(meter)

t : waktu (detik)

$$V = \frac{1.5}{22.3} \quad (1)$$

$$V = 0.672 \text{ m/s} \quad (1)$$

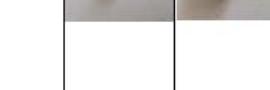
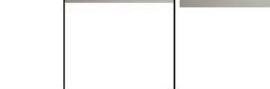
Kecepatan motor pada *conveyor belt* yang digunakan adalah 0.672 m/s.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Labelling dan Menentukan Class Dataset

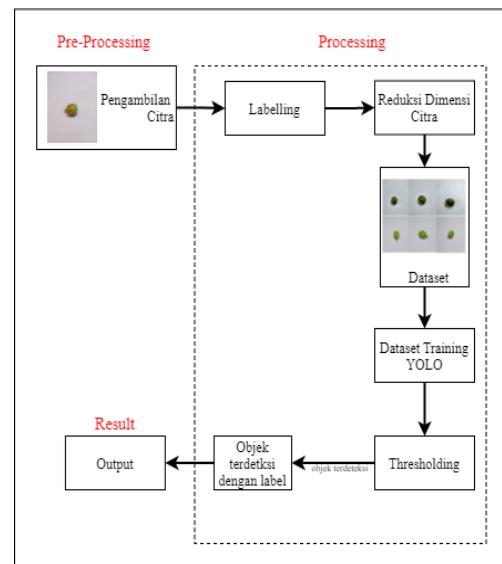
Labelling dan menentukan *class dataset* berfungsi sebagai proses awal pengenalan objek dalam citra, umumnya membutuhkan suatu ciri yang dapat membedakan antara objek yang satu dengan objek lainnya. Ciri yang dapat diekstrak antara lain adalah ciri ukuran (luas dan keliling) dan posisi (koordinat *centroid*) dari suatu objek. Proses tersebut menghasilkan koordinat objek pada *dataset*. Ketika proses *labelling* ditentukan juga berapa *class* yang akan digunakan dalam tahap selanjutnya. Pada proses ini penulis membagi *class* objek menjadi 2 *class*, yakni matang dan *reject*. Untuk kategori setengah matang, mentah dan busuk dimasukkan kedalam kategori *reject*. Dapat dilihat hasil dari proses *Labelling Dataset* pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tabel Dataset

No	Kelas Objek	Kategori	Gambar Asli	Hasil Labelling
1.	Matang	Matang		
2.	Reject	Mentah		
3.	Reject	Setengah matang		
4.	Reject	Busuk		

3.2 Pengolahan Metode YOLO

Pre-processing adalah proses yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai citra asli yang siap diolah, selanjutnya yakni *processing* dan mendapatkan result. Gambar 3.1 merupakan sketsa umum proses dari metode 28 YOLO. Sebelum masuk pada tahapan metode YOLO, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengambilan citra dari objek yang digunakan sebagai *dataset*, selanjutnya melakukan *labelling* serta menentukan *class* pada objek, hasil dari proses tersebut akan mendapatkan titik koordinat dan juga *class* dari objek yang akan digunakan sebagai *Dataset*.



Gambar 3.1 Alur Pengolahan Citra

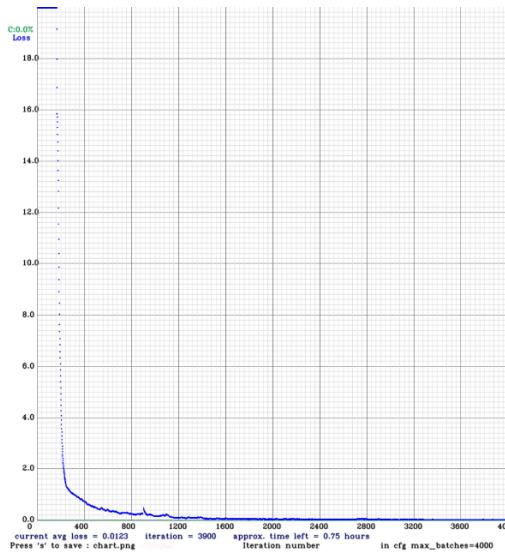
Selanjutnya, melakukan *training* *Dataset* dengan memanfaatkan *framework tensorflow* dan *pre-trained load model* dari YOLO. Gambar 3.1 adalah *flowchart* dari YOLO *algorithm*. YOLO merupakan algoritma yang berdasarkan pada *regression* (regresi) dimana dalam sekali proses *running* tersebut menghasilkan *output* prediksi kelas dan *bounding box* untuk setiap objek.

Uji performa YOLO dibutuhkan *dataset* yang digunakan sebagai data *training*. Terdapat 623 Gambar digunakan sebagai *dataset* yang diberi label dan dikelompokkan sesuai dengan *class* objek, yakni *reject* dan matang. Tabel 3.2 merupakan konfigurasi model *training* yang digunakan.

Tabel 3.2 Konfigurasi YOLO

Jenis Konfigurasi	Jumlah
Batch	64
Subdivisions	16
Max batches	4000
Steps	3200, 3600
Width	416
Classes	2
Filters	21

Jumlah *batch* dan *subdivisions* menentukan jumlah Gambar yang diproses sekaligus pada CPU dan GPU pada tiap 1 iterasi. Jumlah maximum iterasi pada *training* disebut dengan *max_batches*. Jika iterasi sudah mencapai 4000 iterasi, maka proses *training* akan berhenti. *Batch* adalah teknik untuk meningkatkan kinerja dan stabilitas dari *neural network*. Sedangkan subdivision adalah proses dimana *batch* dibagi menjadi banyak nilai *subdivision*.



Gambar 3.2 Grafik Training

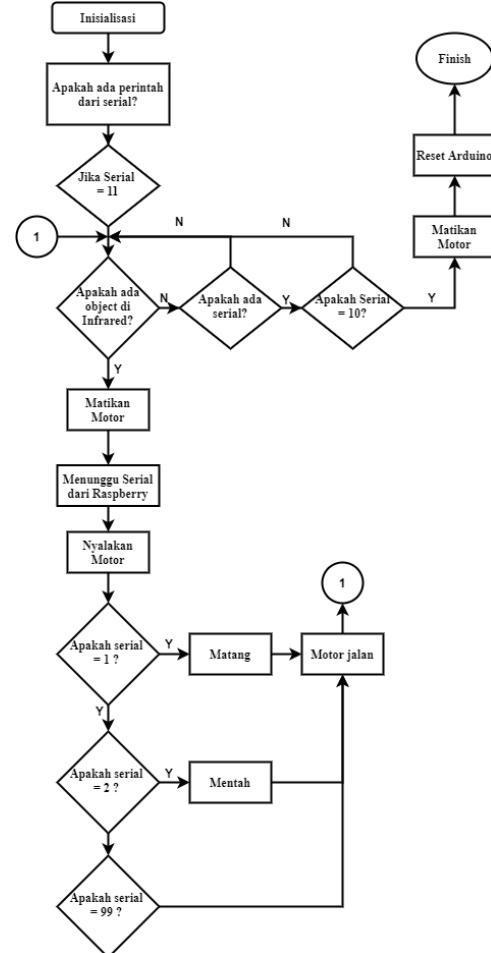
Gambar 3.2 adalah grafik *average loss* dari proses *training dataset* YOLO, dengan nilai *average loss* sebesar 0,0123. Pengujian bobot terbaik ditampilkan pada Tabel 3.3 didapatkan *mAP* tertinggi dengan nilai 100%, dengan waktu pemrosesan *dataset* sebanyak 624 *dataset* dibutuhkan waktu 119 detik. Pada deteksi 2 kelas yang sudah ditentukan yakni matang dan *reject*, didapatkan hasil *True Positive* (TP) 262 objek lebih besar dari *False Positive* (FP) objek yang terdeteksi pada kelas matang, sehingga nilai *Average*

Precision (AP) yang didapatkan sebesar 100%. 362 objek yang terdeteksi *True Positive* (TP) pada kelas *reject*, dan nilai *Average Precision* (AP) yang didapatkan sebesar 100%.

Tabel 3.3 Tabel Pengujian Performa YOLO

Load Model	YoloV3	
Matang	AP	100%
	TP	262
	FP	0
<i>Reject</i>	AP	100%
	TP	362
	FP	0
FN		0
Waktu Proses (s)		119
<i>Precision</i>		1.00
<i>Recall</i>		1.00
F1-score		1.00
IoU		92.5%
mAP@0.5		100%

3.3 Komunikasi Serial



Gambar 3.3 Flowchart Komunikasi Serial

Komunikasi serial adalah proses mengirim data satu per satu secara berurutan melalui saluran komunikasi atau bus pada PC/Laptop yang mentransmisikan satu *bit* data pada waktu tertentu. Arduino *board* setidaknya memiliki satu *port serial* yang biasa disebut dengan *Universal Asynchronous Reception Transmission* (UART), merupakan sebuah *simple protocol* yang memungkinkan Arduino untuk berkomunikasi dengan perangkat *serial* lainnya.

Pada Gambar 3.3 merupakan *flowchart* komunikasi serial yang terjadi antara Arduino Uno dengan Laptop dalam menjalankan proses sortasi. Sebelum melakukan komunikasi serial antara Arduino Uno dengan Python, perlu dilakukan *import serial* pada program python, serta menentukan *port serial* yang digunakan, pada penelitian ini penulis menggunakan *port COM 3* dan *baudrate 9600*.

Tahap awal dari komunikasi serial adalah fase Inisialisasi pada sistem, selanjutnya jika ada perintah dari serial dan nilai serial tersebut adalah 11. Nilai 11 pada serial adalah nilai yang menandakan bahwa komunikasi berjalan, lalu dilanjutkan pada sensor *switch infrared*, apabila terdapat objek yang memberi *trigger* sensor tersebut *webcam* akan melakukan identifikasi objek. Apabila sudah mendapatkan informasi dari objek, laptop akan mengirimkan serial kepada Arduino. Selanjutnya, jika serial yang keluar bernilai 1 maka objek yang terdeteksi dalam kategori matang, jika serial yang keluar bernilai 2 maka objek yang terdeteksi dalam kategori *reject*, dan jika nilai serial yang keluar adalah 99 maka yang terdeteksi bukan termasuk dalam objek yang diinginkan.

Jika tidak ada objek yang memberi *trigger* pada sensor *switch infrared*, maka sistem akan terus melakukan *looping* sampai terdapat objek yang memberi *trigger* pada sensor. Apabila saat proses *looping* tersebut terdapat serial yang bernilai 10, nilai tersebut adalah *command* pada sistem untuk *stop* proses yang sedang berlangsung dengan mematikan motor dan melakukan *reset* pada Arduino Uno.

3.4 Pengujian Real-time

Pengujian *real-time* dilakukan menggunakan *coding python* serta menggunakan bobot terbaik yang diperoleh dari hasil *training* metode *You Only Look Once*

(YOLO) dan *Neural Network Backpropagation*. Penggunaan *library* pada *OpenCV* untuk mengambil gambar secara *real-time*. Ketika coding sudah dijalankan, dan proses deteksi dimulai akan muncul objek yang terdeteksi secara *real-time* di HMI. Pengujian dilakukan dengan objek yang sudah ditentukan dan menggunakan *controller* laptop. Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Tabel Pengujian *Realtime*

No	Gambar	Hasil	Keterangan
1		Matang	Benar
2		Matang	Benar
3		Matang	Benar
4		Matang	Benar
5		Matang	Benar

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat di ambil yaitu sebagai berikut:

1. Dari pengujian *image processing* dengan metode *You Only Look Once* (YOLO) dan *Neural Network Backpropagation*, didapatkan hasil saat melakukan proses identifikasi objek menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO) memiliki nilai keberhasilan paling tinggi 91%, Pengujian tersebut menggunakan jarak minimal deteksi 27 cm dan intensitas cahaya yang terang.
2. Penggunaan Laptop sebagai *controller* memiliki *delay* dengan rentang waktu antar objek sebesar 3-5 detik pada saat proses identifikasi kematangan objek. Agar mendapatkan hasil dengan tingkat akurasi yang sempurna diperlukan tambahan *dataset*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dr. Juliansyah Noor, *LAMPIRAN PERATURAN MENTERI PERTANIAN*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [2] A. F. Amri, E. R. N. Herawati, dan ..., “Identifikasi Profil Kualitas Kopi Sebagai Acuan Pengembangan Produk Spesialti Di Kawasan Menoreh, Kulon Progo, Yogyakarta,” *J. Ind. Has.* ..., hal. 17–28, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://litbang.kemenperin.go.id/bbihp/article/view/5776>.
- [3] Pemerintah, “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1992 Tentang Sistem Budidaya Tanaman Dengan,” *Undang. Republik Indones. Nomor 12 Tahun 1992*, hal. 1–62, 1992, [Daring]. Tersedia pada: https://peraturan.bpk.go.id/Home/Download/35322/UU_Nomor_12_Tahun_1992.pdf.
- [4] “Publikasi – Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.” <https://iccri.net/publikasi/#1563216023752-05aea67c-ee08> (diakses Feb 13, 2021).
- [5] I. Subrata, K. Seminar, U. Ahmad, dan D. Soedibyo, “Rancang Bangun Sistem Sortasi Cerdas Berbasis Pengolahan Citra Untuk Kopi Beras,” *J. Keteknikan Pertan.*, vol. 24, no. 2, hal. 21751, 2010.
- [6] A. Hutagalung, “Jurnal Kopi,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., hal. 5–24, 1967.
- [7] D. W. Soedibyo, U. Ahmad, K. B. Seminar, dan I. D. M. Subrata, “The development of automatic coffee sorting system based on image processing and artificial neural network,” *AFITA 2010 Int. Conf. Qual. Inf. Compet. Agric. Based Prod. Syst. Commer.*, hal. 272–275, 2010.