

Sistem Identifikasi Kualitas Cuka Apel Menggunakan Kamera, Sensor Kimia, dan Metode Artificial Neural Network

Achmad Setiawan, Muhammad Rivai, dan Harris Pirngadi
Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id

Abstrak—Produksi apel pada tahun 2012 hingga 2014 sebesar 590.004 ton, 838.915 ton, dan 708.438 ton. Salah satu produk olahan yang dapat diciptakan dengan berbahan dasar apel adalah cuka apel. Namun untuk saat ini penilaian kualitas cuka apel dilakukan dengan pengindraan manusia dimana hal tersebut tidaklah akurat. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem identifikasi kualitas cuka apel menggunakan kamera, sensor kimia, dan metode *artificial neural network* (ANN). Parameter yang diambil untuk pengukuran dan penentuan standar antara lain keasaman, warna, dan kadar alkohol pada cuka apel. Alat ini diuji coba pada 6 cuka apel berbeda yaitu, Bragg, Heinz, Cuka Apel Batu, Cuka Apel Kusuma, Daesang Chung Jun One, dan Cuka Apel Tahesta. Alat ini dapat menggolongkan cuka apel ke dalam 3 golongan berbeda.

Kata Kunci—Cuka Apel, Neural Network, Raspberry Pi, Sensor Kimia, Visual Komputer.

I. PENDAHULUAN

PRODUKSI apel pada tahun 2012 hingga 2014 sebesar 590.004 ton, 838.915 ton, dan 708.438 ton [1]. Dengan begitu produk olahan berbasis apel menjadi peluang perusahaan untuk meningkatkan harga produk dengan cara memproses apel menjadi produk makanan atau minuman olahan. Salah satu produk olahan yang dapat diciptakan dengan berbahan dasar apel adalah cuka apel. Pada umumnya cuka apel ini digunakan untuk bahan tambahan sebagai penyedap rasa makanan. Pembuatannya tergolong mudah. Lama pembuatan dari langkah awal hingga langkah akhir selama kurang lebih 3–4 minggu tergantung spesifikasi yang diinginkan. Selain cuka apel digunakan untuk bahan tambahan sebagai penyedap rasa di beberapa makanan, cuka apel juga diketahui memiliki manfaat untuk menurunkan berat badan bagi orang yang mengalami obesitas atau untuk meraih tubuh yang ideal dan mengatasi diabetes melitus dengan mengontrol kadar glukosa pada darah, yang dilakukan oleh *asam asetat* yang merupakan komponen aktif yang terkandung dalam cuka apel dengan efek *anti-glycemic* [2].

Diabetes merupakan suatu penyakit yang dapat ditandai dengan kadar gula darah melebihi batas normal yaitu lebih dari atau sama dengan 200mg/dl atau 126mg/dl kadar gula darah puasa [3]. Diabetes melitus merupakan penyakit yang menyerang hampir seluruh tubuh manusia seperti kulit dan jantung dan dapat menimbulkan komplikasi [4].

Total pengidap diabetes melitus di dunia dalam waktu tertentu adalah sebanyak 1,9% dimana hal tersebut menjadikan diabetes melitus sebagai penyebab kematian dengan urutan ke tujuh di dunia [5]. Pada tahun 2000, jumlah manusia yang terjangkit diabetes melitus di dunia sebanyak 171 juta jiwa dan diperkirakan pada tahun 2030 akan

meningkat pesat menjadi 366 juta jiwa [6]. Komplikasi yang dapat disebabkan oleh diabetes melitus antara lain katarak, *nephropathy*, *retinopathy*, infeksi luka, dan *atherosclerosis* [7]. Masalah yang ditemui ketika dilakukan penanganan pengidap penyakit diabetes melitus ini adalah kejenuhan pasien ketika diberi serangkaian terapi diet dimana terapi diet sangatlah diperlukan untuk mencapai keberhasilan [8].

Sedangkan obesitas merupakan suatu keadaan dimana terjadi penumpukan lemak di dalam tubuh. Manusia yang mengalami obesitas dapat meningkatkan risiko untuk terjangkit penyakit–penyakit lain seperti penyakit jantung [9]. Selain penyakit jantung, obesitas juga dapat meningkatkan risiko terjadinya kerusakan sendi dan tulang [10]. Faktor–faktor yang dapat memicu terjadinya obesitas antara lain tekanan dari pendidikan, pekerjaan, asupan makan yang berlebih, stress, kurangnya aktivitas fisik, jenis kelamin, serta usia. Penduduk Indonesia memiliki prevalensi obesitas sebesar 15,4%, sedangkan di Surabaya memiliki prevalensi penduduk pengidap obesitas terbanyak di Jawa Timur, yaitu sebesar 27,3% dan 39,2%.

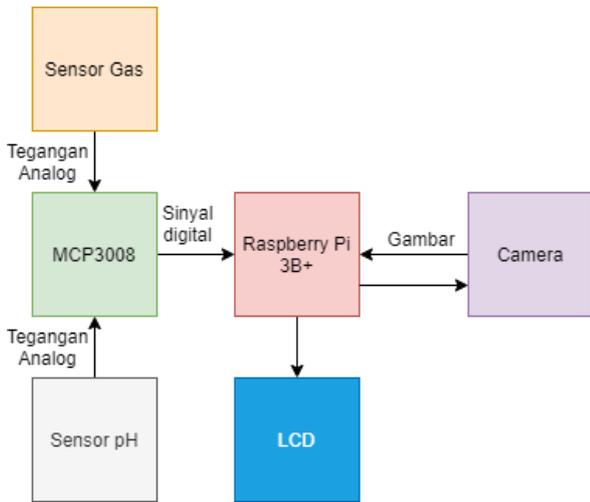
Dengan produksi apel yang melimpah khususnya di Jawa Timur dan manfaat yang dapat diambil dari apel cukup banyak, mulai bermunculan UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) baru yang memproduksi hasil olahan dari apel, salah satunya cuka apel. Namun, UMKM yang baru kebanyakan tidak memiliki peralatan yang memadai untuk menghasilkan cuka apel dengan rasa yang konsisten dan memenuhi standar kualitas rasa. Penilaian rasa sering kali menggunakan lidah manusia (kualitatif).

Maka dari itu, diperlukan alat dengan harga terjangkau namun cukup akurat untuk menjaga kualitas serta konsistensi rasanya. Dengan rasa dan kualitas yang konsisten, UMKM akan mendapatkan kepercayaan dari konsumen dan mengundang konsumen untuk menjadi pembeli tetap. Memanfaatkan perpaduan dari sensor pH, kamera, dan sensor gas dibantu dengan *neural network*, produksi cuka apel akan menjadi lebih konsisten pada rasa dan kualitas produk. Selain itu, *quality control* dapat dilakukan secara otomatis oleh alat dengan cara klasifikasi dan pengidentifikasian apakah cuka apel yang jadi sudah cukup bagus untuk dipasarkan.

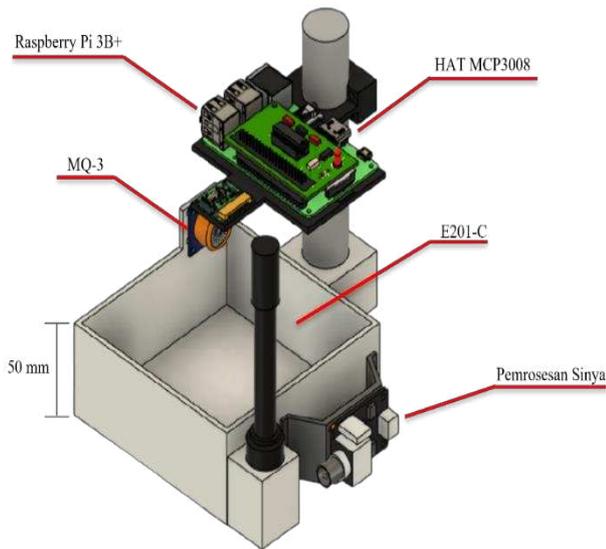
II. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok

Pada alat ini menggunakan Raspberry Pi, MCP3008, Raspi Cam, sensor gas, sensor pH beserta papan pengondisian sinyalnya. Diagram blok pada Gambar 1 menunjukkan hubungan antara komponen–komponen yang digunakan dalam sistem identifikasi kualitas cuka apel.



Gambar 1. Diagram blok keseluruhan sistem.



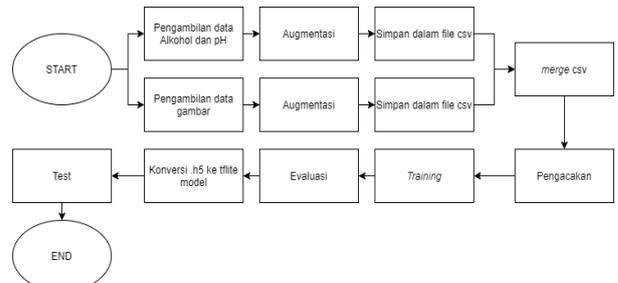
Gambar 2. Rancangan keseluruhan alat.

B. Perancangan Perangkat Keras

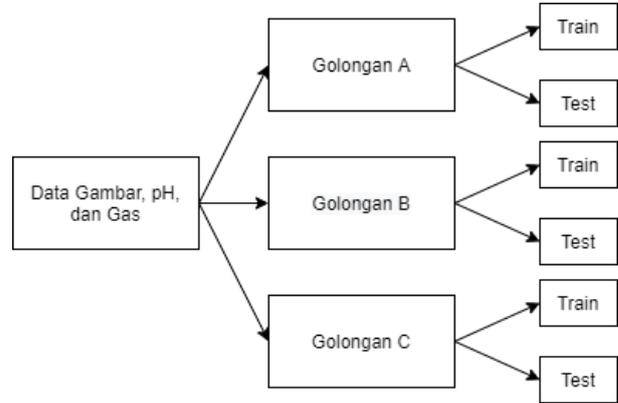
Rancangan pada Gambar 2 dibagi menjadi 2, yaitu bagian bawah (kontainer) dan bagian atas (braket Raspberry Pi dan Raspi Cam). Pada bagian bawah terdapat 4 komponen utama yaitu *signal processing module* untuk sensor pH, probe sensor pH, sensor gas MQ - 3, dan kontainer atau wadah cuka apel.

Kontainer berukuran 114 x 114 x 47 mm pada dengan ketebalan 3 mm keluar. Volume yang dapat ditampung oleh kontainer ini maksimal sebanyak 610812 mm³ atau setara dengan 0.610812 liter.

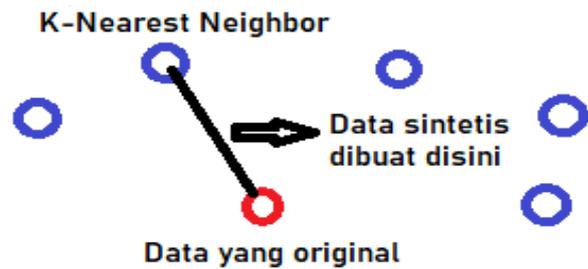
Signal processing module untuk sensor pH diletakkan di bagian samping kiri wadah cuka apel di sisi yang sama dengan probe sensor ph. Probe sensor pH diletakkan sedikit keluar dari wadah cuka apel dimaksudkan agar tidak mengganggu pembacaan atau pengambilan gambar yang dilakukan oleh Raspi Cam. Di sisi kanan wadah cuka apel terdapat sensor gas MQ - 3. Sensor ini diletakkan di bagian sedikit di belakang dan tidak di dalam wadah (sedikit di atas wadah dengan jarak 2 mm dari tepi atas wadah cuka apel) dengan pertimbangan agar tidak mengganggu pembacaan atau pengambilan gambar Raspi Cam.



Gambar 3. Diagram blok keseluruhan sistem kerja perangkat lunak.



Gambar 4. Diagram blok pra-pemrosesan data.

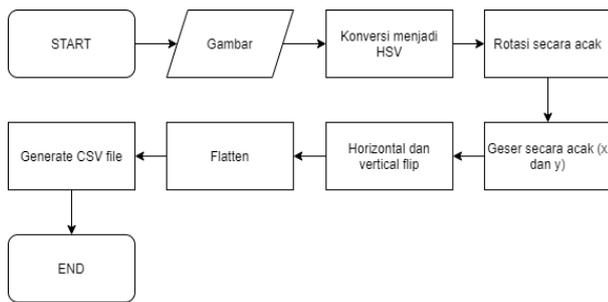


Gambar 5. Ilustrasi cara kerja algoritma *K-Nearest neighbor*.

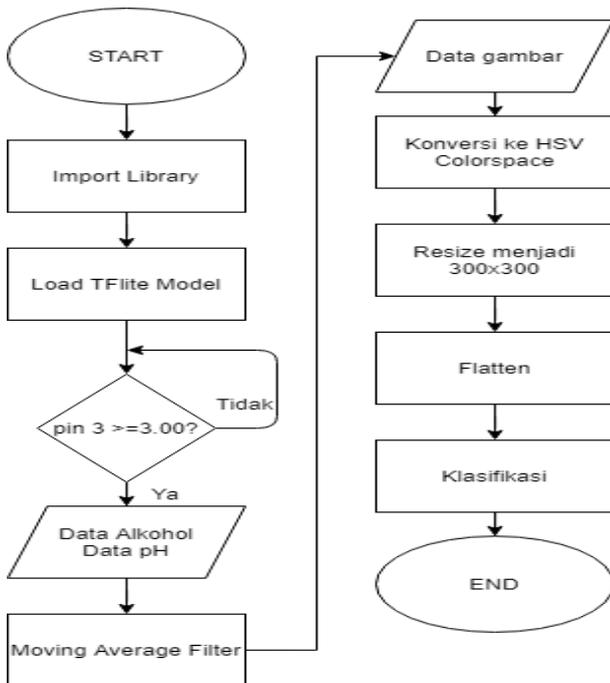
Pada bagian atas terdapat 4 komponen utama, yaitu Raspi Cam, Raspberry Pi, dan HAT MCP3008. Raspi Cam diletakkan sejauh 90 mm dari permukaan wadah cuka apel sedangkan Raspberry Pi dan HAT MCP 3008 diletakkan bertumpukan satu sama lain dengan HAT MCP3008 berada di atas.

Bagian bawah dengan bagian atas dihubungkan dengan pipa dengan ukuran 3/4 dim. Jarak bagian bawah dengan bagian atas dapat diatur secara manual. Untuk mempererat hubungan antara pipa dengan braket menggunakan kabel tis dengan memanfaatkan keempat lubang yang tersedia. Untuk meminimalisir gangguan cahaya dari luar maka diperlukan box. Dimensi box adalah 35 cm x 20 cm x 24 cm. Di dalam box terdapat lampu LED 5050 sebanyak 162.

Dengan LED sebanyak 162 buah diperlukan daya yang cukup besar untuk menghidupkan LED tersebut. LED tersebut dikemas dalam bentuk strip. Pada setiap strip nya terdiri dari 6 LED. Setiap LED memerlukan daya sebesar 0,24 watt. Total konsumsi daya untuk pencahayaan dalam box adalah sebesar 38,8 watt. Diffuser pada LED bagian atas ditambahkan agar cahaya dari LED tidak terefleksi ke permukaan cairan cuka apel.



Gambar 6. Diagram alir augmentasi data gambar.



Gambar 7. Diagram alir perangkat lunak untuk klasifikasi.

C. Cara Kerja Perangkat Lunak

Cara kerja perangkat lunak alat sistem identifikasi kualitas cuka apel ditunjukkan pada Gambar 3. Langkah pertama pada perancangan perangkat lunak ini adalah pengambilan data. Data yang diambil adalah konsentrasi pH dan kadar alkohol dan disimpan dalam bentuk file csv. Data lain yang diambil adalah data gambar yang telah dikonversikan *colorspace* nya menjadi HSV *colorspace*. HSV merupakan *colorspace* yang lebih selaras atau sesuai dengan penglihatan manusia. Selain itu, HSV *colorspace* juga memiliki kelebihan tidak terpengaruh dengan kondisi cahaya yang variatif [6]. Augmentasi data dilakukan menggunakan *script* yang dibuat menggunakan python. Untuk augmentasi gambar menggunakan *library* Tensorflow. Setiap gambar disimpan dalam format csv dalam bentuk nilai – nilai setiap pixel pada gambar tersebut. Kedua file csv lalu digabungkan menjadi satu. Data–data yang sudah digabungkan akan diacak atau *shuffle* agar data tidak berurutan. Data yang berurutan akan memengaruhi hasil *training neural network*. Penambahan kelas pada file csv dilakukan secara otomatis berdasarkan keberadaan gambar pada folder.

Data yang sudah siap dimasukkan ke model *neural network* untuk proses *training*. Model hasil *training* akan disimpan dalam bentuk model Keras (dengan format h5) dan model dikonversi menjadi model tflite (tensorflowlite). Script untuk pengujian model dibuat menggunakan bahasa

Tabel 1. Nilai pH dan alkohol per hari

Hari	pH	Alkohol (V)	Hari	pH	Alkohol (V)
1	4	1,7048	13	2,135	1,730
2	3,27	1,5179	14	2,537	1,473
3	2,36	1,444	15	1,924	1,553
4	2,713	1,430	16	1,862	1,573
5	2,975	1,435	17	1,562	1,440
6	2,749	1,673	18	1,840	1,386
7	2,528	1,343	19	1,939	1,495
8	2,239	1,663	20	1,854	1,463
9	4,518	1,664	21	1,887	1,456
10	2,818	1,440	22	1,940	1,496
11	2,084	1,492	23	1,930	1,521
12	2,081	1,690	24	1,940	1,567

Tabel 2. Tabel perbandingan ketiga produk cuka apel

Produk	Data	09:00	12:00	15:00	18:00
Bragg	pH	2,573	2,112	1,954	2,093
	Alkohol	1,853	1,721	1,843	1,730
Heinz	pH	2,3	1,991	1,976	2,429
	Alkohol	1,86	1,77	1,78	1,695
Cuka	pH	2,248	2,238	1,718	2,075
Apel	Alkohol	1,74	1,65	1,73	1,617

Tabel 3. Data akhir untuk keperluan training sebelum pengacakan.

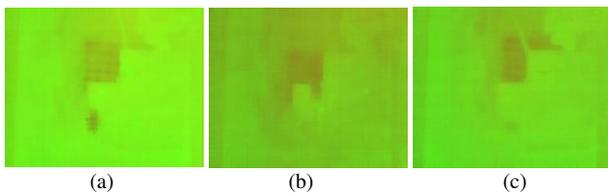
index	pH	Gas	pixel_0	...	pixel_269999	kelas
0	2.36	1.80	20	...	196	0
1	2.03	1.79	22	...	147	0
2	2.55	1.81	20	...	205	0
3	1.95	1.82	23	...	206	0
4	2.26	1.84	24	...	143	0
...
185	2.01	1.68	49	...	143	2
186	1.91	1.73	27	...	212	2
187	1.87	1.65	47	...	168	2
188	1.93	1.71	43	...	177	2

pemrograman python.

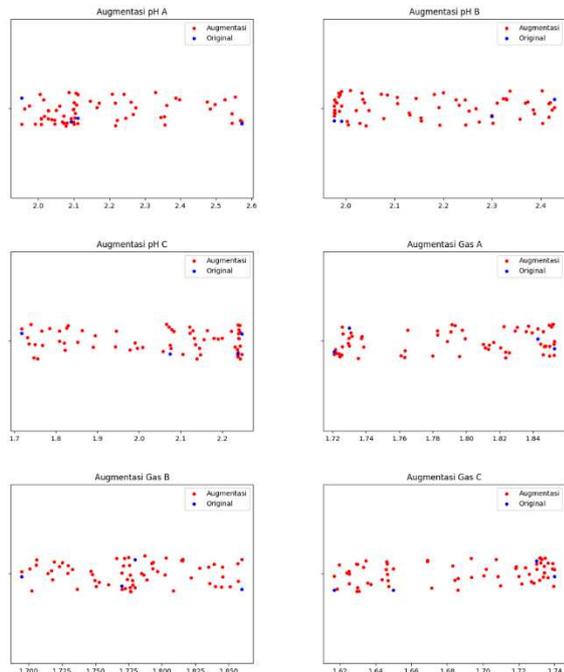
Setelah proses *training*, model dievaluasi agar dapat diketahui bahwa model *overfit* atau *underfit*. Kemudian model yang sudah jadi akan dimuat dan digunakan untuk memprediksi kualitas cuka apel menggunakan data yang didapat dari sensor pH, gas MQ-3, dan kamera sebagai *input*.

Pemrosesan data perlu dilakukan sebelum dimasukkan ke model *neural network*. Hal yang perlu dilakukan untuk pra-pemrosesan data adalah pertama data berupa nilai alkohol, pH, dan gambar dijadikan satu dalam bentuk file csv. File csv terdiri dari 270004 kolom, yaitu data pH, data alkohol, data gambar (pixel 0 hingga 269999), index, dan kelas untuk klasifikasinya. Data alkohol dan pH disajikan dalam bentuk angka dan data gambar pada file csv disajikan dalam bentuk nilai–nilai setiap pixel pada gambar tersebut. Semua dilakukan otomatis menggunakan *script* python. Kelas pada file csv ditambahkan secara otomatis berdasarkan keberadaan gambar pada folder tertentu. Data yang sudah dikelompokkan atau dikelaskan akan di acak. Fungsi dari pengacakan ini adalah agar tidak mengganggu proses *training neural network*. Data yang telah diacak dibagi menjadi 3 keperluan, yaitu *train*, *validation*, dan *test*. Bagian *train* untuk dimasukkan ke model *neural network*, bagian *validation* digunakan untuk validasi pada saat proses *training*, dan bagian *test* digunakan untuk evaluasi hasil *training*.

Nilai dari kolom kelas dibagi menjadi 3, yaitu A, B, dan C. Setelah semua data siap, file csv disimpan dalam format file



Gambar 8. Perbandingan gambar cuka apel (a) Bragg, (b) Heinz, dan (c) Cuka apel batu.



Gambar 9. Hasil augmentasi data pH dan alkohol.

.csv. File csv ini yang nantinya dimuat untuk diambil datanya pada script lain untuk keperluan *training*. Gambar 4 menunjukkan diagram blok pra-pemrosesan data. Data yang digunakan untuk training adalah data augmentasi. Data yang berupa angka dan gambar yang digunakan sebagai acuan untuk *training* akan dihapus terlebih dahulu dari file *training*. Dengan begitu training tidak melibatkan data acuan augmentasi sehingga data acuan dapat digunakan untuk menguji model *neural network*.

D. Rancangan Perangkat Lunak Augmentasi Data pH dan Alkohol

Augmentasi diperlukan agar data *training* yang terbatas menjadi lebih banyak. Semakin banyak data untuk *training* maka semakin baik juga model hasil *training* nya. Augmentasi data alkohol dan data pH dipisah dengan data gambar agar mempermudah proses augmentasi. Pada bagian ini data yang diaugmentasi adalah data alkohol dan data pH.

Augmentasi data pH dan alkohol memanfaatkan teknik SMOTE. SMOTE merupakan singkatan dari *Synthetic Minority Over-Sampling Technique*. SMOTE memanfaatkan algoritma *K-Nearest Neighbor* saat membuat data sintesis. Pada awalnya SMOTE akan memilih data secara acak dari yang sudah tersedia. Setelah itu *K-Nearest Neighbor* diimplementasikan. Data sintesis akan dibuat diantara data yang sudah tersedia dengan *K-Nearest Neighbor* nya. Algoritma tersebut akan diulang secara terus menerus hingga sesuai dengan yang diinginkan. Cara kerja algoritma *K-Nearest Neighbor* diilustrasikan pada Gambar 5.

Tabel 4.

Data akhir untuk keperluan training setelah pengacakan

index	pH	Gas	pixel_0	...	pixel_269999	kelas
175	2.14	1.63	46	...	195	2
113	2.04	1.74	17	...	189	1
1	2.03	1.79	22	...	147	0
123	2.32	1.78	11	...	225	1
...
6	2.02	1.78	19	...	142	0
65	2.24	1.81	30	...	135	1
154	2.21	1.72	32	...	147	2
78	2.13	1.72	43	...	150	1
82	2.30	1.82	39	...	135	1

Tabel 5.

Tabel hasil pengujian ke produk bragg, heinz, dan cuka apel batu

Merek Cuka Apel	Golongan (Gambar)	Target	Error	Golongan (Angka)	Target	Error	Hasil	Error
Bragg	A (100%)	A (100%)	0%	A (88,81%)	A (100%)	11,19 %	Golongan A (94,405%)	5,595%
Heinz	B (100%)	B (100%)	0%	B (58,62%)	B (100%)	41,38 %	Golongan B (79,310%)	20,69%
Cuka Apel Batu	C (100%)	C (100%)	0%	C (75,13%)	C (100%)	24,87 %	Golongan C (87,566%)	12,434%

Tabel 6.

Tabel hasil pengujian ke beberapa merek cuka apel

Merek cuka apel	Prosentase Keyakinan (data gambar)			Prosentase Keyakinan (data angka)			Hasil
	Golongan A	Golongan B	Golongan C	Golongan A	Golongan B	Golongan C	
Cuka Apel Kusuma	100%	0%	0%	1,50%	0,36%	98,14%	Golongan A (50,748%)
Daesang Chung Jun One	0%	0%	100%	1,66%	0,43%	97,91%	Golongan C (98,957%)
Tahesta	100%	0%	0%	85,168%	4,944%	9,888%	Golongan A (92,584%)

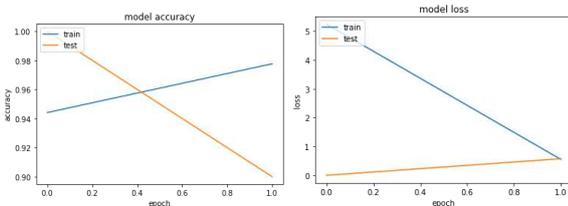
E. Rancangan Perangkat Lunak Augmentasi Data Gambar

Augmentasi gambar dilakukan agar data gambar yang terbatas menjadi lebih banyak. *Input* berupa gambar dengan format .jpg atau .png dikonversi *colorspace* nya dari BGR menjadi HSV (untuk gambar yang belum dalam HSV *colorspace*). Lalu gambar dirotasi secara acak ke kanan atau ke kiri. Selain itu gambar juga digeser terhadap sumbu x dan y. Gambar juga di *flip* dan di *mirror*. Setelah melalui proses augmentasi, beberapa pixel pada gambar akan hilang yang direpresentasikan dalam warna hitam. Untuk mengatasi masalah tersebut, pixel terdekat digunakan untuk menutupi pixel yang hilang. Dengan menduplikasi pixel terdekat, maka pixel yang hilang tersebut dapat tertutupi dengan pixel yang baru tanpa harus mengubah terlalu banyak pada Gambar 6.

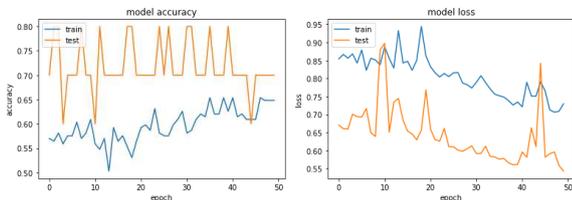
F. Arsitektur Neural Network

Algoritma *neural network* memiliki kemampuan untuk mempelajari dan memahami pola tertentu yang menyebabkannya tidak terpengaruh terhadap data error yang dihasilkan dari derau sensor [8]. Identifikasi pola merupakan proses mengenali sifat-sifat pola berdasarkan pola yang sudah tersedia. Pola baru dapat diklasifikasikan berdasarkan pola yang sudah dipelajari [9]. *Neural network* bekerja dengan mengubah nilai bobot yang terdapat pada arsitektur *neural network 2*.

Neural network digunakan untuk melatih data – data yang sudah tersedia. Arsitektur yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari 5 *layer*. *Layer* pertama adalah *layer input* yang terdiri dari data alkohol, pH, dan gambar. Setelah *layer* pertama terdapat 3 *hidden layer*. *Hidden layer* pertama berisi 128 *neuron* dengan *activation function* relu. *Hidden layer*



Gambar 10. Grafik hasil dari proses training data gambar melalui 2 epochs.



Gambar 11. Grafik hasil dari proses training data sensor melalui 50 epochs.

kedua berisi 64 *neuron* dengan *activation function* relu, dan *hidden layer* ketiga berisi 32 *neuron* dengan *activation function* relu. Layer terakhir merupakan *layer output*. *Layer output* berisi 3 *neuron*, yaitu golongan A, golongan B, dan golongan C. *Layer output* menggunakan *activation function* softmax.

G. Perancangan Perangkat Lunak untuk Klasifikasi

Program diawali dengan mengimpor *library* yang diperlukan. Setelah *library* siap, program memuat model Keras yang sudah dikonversi menjadi Tflite. Lalu program membaca nilai pin 3 MCP3008, bila nilai tegangan diatas 3 (tombol ditekan) maka proses dilanjutkan, bila tidak maka program menunggu. Setelah tombol ditekan, program mengambil data dari sensor pH dan sensor alkohol masing-masing sebanyak 20 data selama 10 detik (0,5 detik setiap pengambilan datanya). Data yang didapat kemudian difilter menggunakan *moving average filter*. Setelah data pH dan alkohol siap, selanjutnya program mengambil data berupa gambar. Gambar yang diambil dikonversi menjadi HSV *colorspace* dan ukurannya diubah menjadi 300 x 300 pixel. Gambar yang telah diubah ukurannya dilakukan *flatten*. *Flatten* berfungsi untuk mengubah data 3D menjadi 1D. Data yang sudah siap dimasukkan ke dalam python *list* dan dilakukan klasifikasi. Diagram alir dari perangkat lunak untuk klasifikasi ditunjukkan pada Gambar 7.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Analisa Pembuatan Cuka Apel

Untuk menganalisa bagaimana karakteristik cuka apel pada saat proses pembuatannya maka dibuatlah cuka apel. Untuk percobaan ini, digunakan apel sebanyak satu setengah buah dan dipotong dadu menjadi berukuran kecil. Potongan – potongan tersebut kemudian dimasukkan ke *juicer* dan dihaluskan. Sari apel yang berhasil didapat pada percobaan ini adalah sebanyak 217.7 ml. Kemudian campurkan ragi sebanyak 10-gram lalu diaduk sampai merata. Setelah itu cuka apel disimpan di tempat tertutup. Pastikan agar ada celah untuk udara keluar dan masuk tetapi celah cukup kecil bagi serangga untuk tidak masuk. Untuk memastikan cuka apel jauh dari serangga, digunakan kain atau cheesecloth atau barang serupa untuk menutupi lubang pada wadah untuk menampung cuka apelnya.

Tabel 1 menunjukkan pH dalam satuan volt, konsentrasi pH, dan alkohol dalam satuan volt setiap harinya. Pengambilan data dilakukan pada pukul 14:00 WIB di ruang terbuka. Suhu rata-rata saat pengambilan data adalah 32°C.

B. Analisa Produk Cuka Apel

Produk cuka apel yang digunakan pada percobaan ini antara lain Bragg, Heinz, dan Cuka Apel Batu. Karakteristik yang diamati dan dibandingkan antara lain pH, alkohol, dan warna. Pengambilan data pH dan alkohol dilakukan pada 4 waktu berbeda yaitu saat pagi pada pukul 09:00, siang pada pukul 12:00, sore pada pukul 15:00, dan malam pada pukul 18:00. Tujuan diambilnya data pada 4 waktu tersebut memiliki suhu lingkungan yang berbeda-beda. Suhu yang berbeda memengaruhi pembacaan sensor pH.

Untuk pengambilan gambar pada waktu berbeda tidak akan terpengaruh oleh kondisi lingkungan dikarenakan box atau kotak yang tersedia meminimalisir gangguan dari luar yang tidak diharapkan. Gambar dari masing-masing cuka apel dapat dilihat pada Gambar 8.

Setelah dilakukan pengamatan pada ketiga produk cuka apel pada 4 waktu berbeda, maka dilakukan perbandingan untuk mengetahui apa perbedaan paling mencolok dari ketiga produk tersebut. Perbandingan produk cuka apel Bragg, Heinz, dan “Cuka Apel Batu” dapat diamati pada Tabel 2.

Data berupa pH berubah ubah setiap waktunya. Pada jam 09:00, Bragg memiliki nilai pH yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan Heinz dan Cuka Apel Batu. Pada jam 12:00, Cuka Apel Batu memiliki pH tertinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Pada pukul 15:00 semua nilai pH berada dibawah nilai 2 dan Heinz memiliki nilai pH tertinggi. Sedangkan pada pukul 18:00 pH kembali mendekati nilai seperti saat pukul 09:00.

C. Training Neural Network

Sebelum data digunakan untuk training, data akan diaugmentasi terlebih dahulu. Algoritma yang digunakan untuk augmentasi data pH dan alkohol adalah *K-Nearest Neighbor*. Untuk mempermudah melakukan augmentasi data, menggunakan fungsi SMOTE dari *library* imblearn dimana pada *library* tersebut dapat melakukan penyeimbangan data yang tidak berimbang menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*. Hasil dari Augmentasi dapat dilihat pada Gambar 9.

Data yang digunakan untuk training disajikan pada Tabel 3. Agar tidak mengganggu proses training, data perlu diacak agar kelas tidak berurutan dan tergolongkan. Bila model ditraining dalam keadaan kelas berurutan atau berkelompok maka model akan terlatih dengan mengira kemungkinan data yang diuji adalah kelas yang tergolong yang diproses paling pertama oleh program. Tabel data yang sudah diacak dapat dilihat pada Tabel 4. Dapat diamati pada data yang sudah diacak tidak terdapat klasifikasi kelas yang berkumpul berdekatan antara baris satu dengan baris lainnya.

Pada Tabel 4 terdapat total data pH, alkohol, dan pixel dengan jumlah 270000 sebanyak 189 data. Data pada Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan kumpulan data yang sudah melalui proses augmentasi dan pengacakan sehingga data tersebut sudah siap untuk melalui proses training. Pengacakan dilakukan otomatis dengan menggunakan bahasa pemrograman python. Dengan bantuan fungsi shuffle dari *library* scikit-learn *dataframe* dapat diacak dengan mudah.

Proses *training* data gambar dilakukan dengan 2 *epochs* sedangkan proses *training* data sensor dilakukan dengan *epochs* sebanyak 50. Gambar 10 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari proses *training* data gambar dan Gambar 11 menunjukkan grafik yang dihasilkan dari proses *training* data pH dan alkohol.

D. Hasil Pengujian

Pengujian model *neural network* dilakukan kepada Cuka apel Bragg, Heinz, dan “Cuka Apel Batu”. Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui seberapa besar error yang terjadi ketika pembacaan dilakukan. Tabel hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. Selanjutnya model *neural network* diuji pada produk cuka apel yang berbeda. Model *neural network* diuji pada Cuka Apel Kusuma, Daesang Chung Jun One, dan Tahesta. Hasil dari klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil yang didapat dari Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa model *neural network* pada data gambar terbukti lebih baik bila dibandingkan dengan model *neural network* pada data sensor. Hal tersebut dibuktikan dengan pengklasifikasian pada gambar selalu menunjukkan keyakinan sebesar 100% pada setiap penggolongannya sedangkan pada model *neural network* data sensor terdapat keraguan yang direpresentasikan dengan bentuk prosentase prediksi pada setiap golongannya. Error yang terjadi pada setiap klasifikasi tergolong tidak terlalu besar, sehingga menghasilkan prosentase keyakinan hasil akhir diatas 70%.

Pada kasus Cuka Apel Kusuma, data gambar tergolong sebagai golongan A sedangkan pada data sensor tergolong sebagai golongan C. Terjadi kebingungan pada model *neural network* saat menggolongkan Cuka Apel Kusuma. Untuk mengatasi hal tersebut pada setiap model *neural network* melakukan penggolongan, maka dilakukan kalkulasi untuk mendapatkan hasil akhir, seperti pada persamaan (1), (2), dan (3). Ketiga hasil prediksi selanjutnya dibandingkan. Nilai prediksi akhir (p_1 , p_2 , p_3) terbaik akan dijadikan sebagai hasil akhir dengan hasil perhitungan sebagai probabilitasnya.

Dari hasil yang didapat pada Tabel 5 dan 6 dapat disimpulkan bahwa model *neural network* mampu melakukan penggolongan atau pengklasifikasian cuka apel antara satu dengan lainnya melalui konsentrasi pH, alkohol, dan gambar.

$$p1 = \left(\frac{\text{prob gol A img} + \text{prob gol A num}}{2} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$p2 = \left(\frac{\text{prob gol B img} + \text{prob gol B num}}{2} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$p3 = \left(\frac{\text{prob gol C img} + \text{prob gol C num}}{2} \right) \times 100 \quad (3)$$

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistem identifikasi kualitas cuka apel menggunakan kamera, sensor kimia, dan metode *artificial neural network*. Komponen yang

digunakan meliputi Raspberry Pi sebagai pusat pengolahan data dan tempat neural network bekerja, MCP3008 sebagai ADC dimana mengubah tegangan analog menjadi sinyal digital, Raspi Cam sebagai pengambil data berupa gambar, sensor pH E-201C sebagai pengambil data berupa konsentrasi pH, dan sensor gas MQ-3 sebagai pengambil data berupa kandungan alkohol yang terdapat pada cuka apel. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, alat yang telah dibuat mampu untuk membaca konsentrasi pH, kadar alkohol dalam bentuk tegangan, mengambil gambar, dan mengklasifikasikan cuka apel. Hasil pengujian menunjukkan alat dapat mengklasifikasikan Cuka Apel Bragg dengan error sebesar 5,595%, Cuka Apel Heinz dengan error sebesar 20,69%, dan Cuka Apel Batu dengan error sebesar 12,434%. Alat juga diuji dengan Cuka Apel Kusuma yang terklasifikasikan sebagai golongan A dengan keyakinan 50,748%, Cuka Apel Daesang Chung Jun One yang terklasifikasikan sebagai golongan C dengan keyakinan 98,957%, dan Cuka Apel Tahesta yang terklasifikasikan sebagai golongan A dengan keyakinan 92,584%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Deoranto, A. Harwitasari, and D. Morita Ikasari, “Productivity and profitability analysis of apple cider production using American productivity center method on KSU brosem,” *Ind. J. Teknol. Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 5, no. 3, pp. 114–124, 2017.
- [2] S. Kausar, A. Humayun, Z. Ahmed, M. A. Abbas, and A. Tahir, “Effect of apple cider vinegar on glycemic control, hyperlipidemia and control on body weight in type 2 diabetes patients,” *Int. J. Med. Res. & Heal. Sci.*, vol. 8, no. 5, pp. 59–74, 2019.
- [3] D. W. Hestiana, “Faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan dalam pengelolaan diet pada pasien rawat jalan diabetes mellitus tipe 2 di Kota Semarang,” *JHE (Journal Heal. Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 137–145, 2017.
- [4] I. M. Sofa, “Kejadian obesitas, obesitas sentral, dan kelebihan lemak visceral pada lansia wanita,” *Amerta Nutr.*, vol. 2, no. 3, pp. 228–236, 2018.
- [5] V. G. Rontoyanni, J. C. Avila, S. Kaul, R. Wong, and S. P. Veeranki, “Association between obesity and serum 25 (OH) D concentrations in older Mexican adults,” *Nutrients*, vol. 9, no. 2, p. 97, 2017.
- [6] E. Hamuda, B. Mc Ginley, M. Glavin, and E. Jones, “Automatic crop detection under field conditions using the HSV colour space and morphological operations,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 133, pp. 97–107, 2017.
- [7] A. N. Kasanah, M. Muladi, U. Pujiyanto, and others, “Penerapan teknik SMOTE untuk mengatasi imbalance class dalam klasifikasi objektivitas berita online menggunakan algoritma KNN,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 2, pp. 196–201, 2018.
- [8] M. A. Putra, M. Rivai, and A. Arifin, “Milk Assessment using Potentiometric and Gas Sensors in Conjunction with Neural Network,” in *2018 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2018, pp. 409–412.
- [9] F. Winjaya, M. Rivai, and D. Purwanto, “Identification of Cracking Sound During Coffee Roasting using Neural Network,” in *2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2017, pp. 271–274.
- [10] F. Budiman, M. A. Nursyeha, M. Rivai, and others, “Pengenalan suara burung menggunakan mel frequency cepstrum coefficient dan jaringan syaraf tiruan pada sistem pengusir hama burung,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 64–72, 2016.