

Klasifikasi Tingkat *Roasting* Biji Kopi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* Berbasis Citra Digital

Danang Aditya Nugraha, Anggri Sartika Wiguna

Abstrak—Kopi merupakan salah satu komoditas di Indonesia yang masih memiliki potensi untuk dikembangkan. Kualitas komoditas kopi ini tidak hanya didasarkan pada jenis maupun kondisi fisik dari biji kopi, namun juga berdasarkan proses *roasting* biji kopi tersebut. Bidang computer vision saat ini telah menjadi salah satu solusi dalam upaya meningkatkan efisiensi pengolahan berbagai komoditas, tentunya dapat dimanfaatkan dalam proses pengolahan biji kopi. Dalam penelitian ini dilakukan proses klasifikasi tingkat *roasting* biji kopi, dengan menggunakan citra hasil *roasting* sebagai input proses klasifikasi. Proses secara keseluruhan terdiri dari beberapa tahap diantaranya adalah segmentasi citra, ekstraksi fitur, yang kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma *backpropagation*. Data yang digunakan terdiri dari 240 citra digital kopi, dengan 4 tingkat kematangan biji kopi yaitu biji mentah, *light roasting*, *medium roasting*, dan *dark roasting*. Proses klasifikasi terdiri dari tahap *training* dan *testing*, dan berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan hasil terbaik dengan nilai performa 0.107, dan akurasi hasil proses *training* sebesar 82,7% sedangkan akurasi proses *testing* sebesar 76,7%.

Kata Kunci—Kopi, klasifikasi, *roasting*, jaringan syaraf tiruan, *Back propagation*

I. INTRODUCTION

Dalam bidang perkebunan di Indonesia, salah satu komoditas penting dan masih memiliki peluang untuk dikembangkan adalah komoditas kopi. Produksi kopi dalam negeri tercatat telah mencapai 600.000 ton per tahun dan lebih dari 80% hasil produksi tersebut berasal dari perkebunan rakyat. Sedangkan melalui pejualan ekspor kopi, devisa yang didapatkan dapat mencapai kurang lebih US\$ 824.02 juta (2009) (Dirjen Perkebunan, 2011).

Kopi yang diperdagangkan memiliki nilai berdasarkan jenis dan mutu dari biji kopi tersebut. Namun tidak terlepas proses pengolahan kopi juga menentukan harga jual akhir dari produk kopi. Semua faktor tersebut memiliki korelasi langsung pada rasa dari produk akhir kopi sehingga memiliki pengaruh pada harga produk akhir dari komoditas kopi. Salah satu

permasalahan adalah untuk menentukan jenis kopi, mutu kopi dan juga tingkat kematangan dalam proses pengolahan biji kopi secara kasat mata, mengingat banyaknya jenis kopi yang diperdagangkan berdasarkan dari daerah tanam dan juga varietas tanaman penghasil biji kopi tersebut.

Salah satu bidang dalam ilmu komputer yang memiliki peran penting adalah dalam bidang Computer Vision. Bidang ini memiliki peran dalam hal mengolah data berbentuk citra digital, untuk mendapatkan informasi, yang nantinya dapat diolah lebih lanjut. (Sandra dkk, 2007) menunjukkan dalam penelitiannya bahwa metode pengolahan citra dapat digunakan sebagai alternatif teknologi untuk melakukan sortasi visual [1]. Bidang Computer Vision melibatkan metode kecerdasan buatan sebagai metode untuk penentuan hasil akhir dari informasi yang dihasilkan. Teknik pengolahan citra bisa memberikan informasi yang baik jika digabungkan dengan sistem pengambilan keputusan yang bisa memberikan akurasi tinggi [2]. Salah satu alat pengambilan keputusan adalah metode jaringan saraf tiruan. Penerapan jaringan saraf tiruan adalah mengolah berbagai data yang dihasilkan oleh sistem visual dalam upaya pengambilan keputusan yang tepat berdasarkan data-data tadi dan hubungannya satu sama lain [3]. Kombinasi penggunaan teknologi pengolahan citra dan jaringan saraf tiruan memungkinkan memberikan hasil optimal, karena memiliki kelebihan dalam menyelesaikan persoalan yang bersifat non-linear [4].

Beberapa metode kecerdasan buatan telah dimanfaatkan untuk penentuan jenis maupun mutu dari kopi. Seperti yang terlihat pada beberapa penelitian dimana pada penelitian tersebut digunakan beberapa fitur analisa tekstur dari citra biji kopi yang kemudian dengan bantuan metode Neural Network *Backpropagation* dilakukan proses klasifikasi mutu dari biji kopi [5]. Demikian halnya dalam penelitian [6], dimana pada penelitian tersebut juga menggunakan metode Neural Network *Backpropagation* terhadap beberapa fitur dari citra digital, yaitu fitur warna, fitur tekstur dan juga fitur morfologi dari citra biji kopi, untuk melakukan klasifikasi jenis varietas kopi Ethiopia.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, proses klasifikasi telah dilakukan terhadap citra digital biji kopi mentah, untuk mendapatkan tingkat mutu maupun jenis dari biji kopi, namun di satu sisi untuk mendapatkan produk akhir dari kopi yang konsisten secara kualitas, tidak hanya ditentukan berdasarkan jenis dan mutu biji

Danang Aditya Nugraha adalah dosen Program Studi Teknik Informatika Universitas Kanjuruhan Malang (email : danang.adty@unikama.ac.id)

Anggri Sartika Wiguna adalah dosen Program Studi Teknik Informatika Universitas Kanjuruhan Malang (e-mail: anggrisartikawiguna@unikama.ac.id)

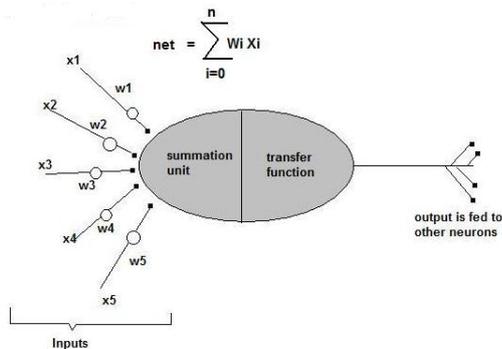
kopi, namun juga dalam proses pemasakan biji kopi atau lebih disebut dengan istilah *roasting*. Tingkat kematangan dalam proses pemasakan biji kopi, sulit untuk ditentukan oleh orang awam, sehingga pabrik produsen kopi memerlukan seseorang dengan keahlian khusus untuk melakukan pengendalian kualitas dalam hal kematangan proses *roasting*.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka dalam penelitian ini dengan menggunakan pendekatan citra digital dan metode kecerdasan buatan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*, akan diaplikasikan untuk melakukan klasifikasi hasil proses *roasting* biji kopi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu metode pembelajaran data, yang mensimulasikan cara kerja otak manusia. Sebuah jaringan syaraf tiruan terdiri dari *neuron-neuron* yang saling terhubung, dan operasi perhitungan yang dilakukan pada setiap *neuron* ditunjukkan seperti pada gambar 2.1

Berdasarkan gambar 2.1 setiap neuron melakukan



Gambar 2.1 Perhitungan Neuron

perhitungan penjumlahan perkalian dari setiap input x yang menuju neuron tersebut dengan nilai bobot w yang bersesuaian. Hasil penjumlahan tersebut kemudian melalui perhitungan *transfer function* sehingga didapatkan output dari setiap *neuron*.

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan – lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layer*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan.

Arsitektur jaringan syaraf banyak lapisan (*multilayer*) menyusun neuron menjadi suatu bentuk berlapis2 dimulai dari *layer input* hingga *layer output*. Algoritma pembelajaran *backpropagation* bertugas melakukan penyesuaian jaringan syaraf tiruan, dengan cara mengubah nilai bobot, berdasarkan kesesuaian antara hasil *layer output* dengan target sebenarnya. Proses perubahan bobot berjalan merambat mundur dari *layer output* menuju *layer input*.

Algoritma pembelajaran *backpropagation* secara lengkap ditunjukkan sebagai berikut :

- Inialisasi bobot awal yang terdiri dari bobot dari input menuju hidden layer, bobot bias, bobot dalam hidden layer bila ada, bobot dari hidden layer ke node output dengan menggunakan metode random.
- Tetapkan maksimum Epoch atau iterasi, Target error, dan Learning rate (a).
- Selama belum mencapai maksimum Epoch atau MSE kurang dari target error lakukan :

Tahap pembelajaran :

- a. Tiap unit input dikalikan bobot masing-masing, yang kemudian dijumlahkan dengan nilai bobot bias masing-masing.
- b. Gunakan fungsi aktivasi untuk mendapatkan sinyal output
- c. Lakukan hingga mencapai unit output
- d. Pada unit output tiap output dari hidden layer dikalikan bobot masing-masing dijumlahkan dengan nilai bobot bias unit output
- e. Lakukan fungsi aktivasi untuk mendapatkan sinyal output
- f. Hitung nilai error dari sinyal output tersebut. Error = nilai output sebenarnya – nilai output dari proses
- g. Jumlahkan kuadrat error tersebut
- h. Hitung nilai delta dari error output
Delta = error * $f'(y_{in})$
- i. Hitung perubahan nilai bias dan bobot ke unit output
Perubahan bias = $a * \text{delta}$
Perubahan bobot = $a * \text{delta} * \text{nilai } z \text{ bobot tersebut}$
- j. Hitung nilai delta untuk tiap node hidden layer
Delta_{in} = Delta lapisan sebelumnya * bobot yang bersesuaian
Delta = Delta_{in} yang bersesuaian * $f'(z_{in})$
- k. Hitung perubahan nilai bias dan bobot ke hidden layer
- l. Tambahkan perubahan masing-masing bobot dan bias dengan nilai bobot dan bias semula sehingga didapat nilai bobot maupun bias yang baru.
- m. Hitung MSE

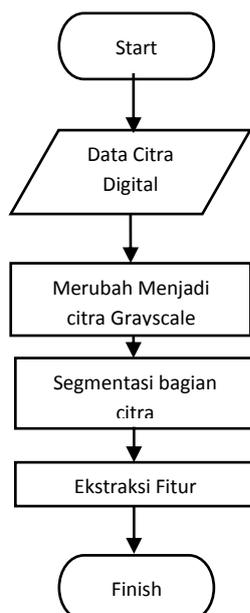
- Lakukan hingga semua data training teruji
 - Lakukan pengujian terhadap keseluruhan dataset.
- Fungsi aktivasi pada jaringan syaraf tiruan *backpropagation* menggunakan fungsi sigmoid biner yang ditunjukkan oleh persamaan 2.1

$$z = f(z_{in_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{in_j}}} \quad (2.1)$$

III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan data citra biji kopi dengan 4 klasifikasi, yaitu biji mentah, biji *light roasting*, biji *medium roasting* dan biji *dark roasting*. Jumlah keseluruhan data citra adalah 240 buah, yang nantinya akan dibagi menjadi data *training* dan data *testing* dengan prosentase tertentu. Setiap citra melalui beberapa tahap *pre-processing* untuk mendapatkan fitur

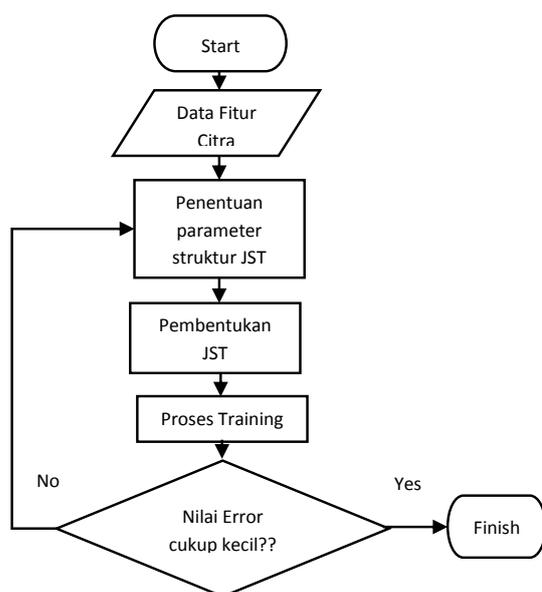
yang nantinya siap untuk dilakukan proses klasifikasi, tahapan proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart pengolahan citra

Fitur yang digunakan dari citra input terdiri dari 3 macam, yaitu nilai *meanRed*, *meanGreen*, dan *meanBlue*. Ketiga fitur tersebut didapatkan pada area biji kopi setelah dilakukan proses segmentasi pada citra input.

Ketiga fitur yang telah diambil dari setiap citra kemudian menjadi input pada proses *training* jaringan syaraf tiruan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada Gambar tersebut, menggambarkan proses *training* yang didahului dengan penentuan struktur jaringan syaraf tiruan. Struktur jaringan syaraf tiruan ditentukan berdasarkan dua parameter yaitu jumlah *hidden layer*, dan jumlah neuron pada setiap *hidden layer*. Setelah terbentuk struktur jaringan syaraf, langkah berikutnya adalah menentukan parameter proses *training* yang terdiri dari, maksimum iterasi, maksimum *error*, dan *learning rate*.

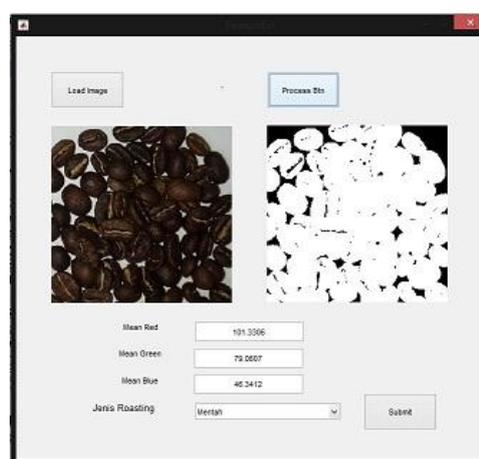


Gambar 3.2 Flowchart proses *training*

Parameter proses *training* menentukan jalannya algoritma *training*. Maksimum iterasi dan maksimum *error* menjadi kriteria penghentian proses *training*, sedangkan *learning rate* akan menentukan laju pembelajaran dalam proses *training*. Proses *training* akan diulang hingga didapatkan struktur serta parameter jaringan syaraf tiruan yang menghasilkan nilai *error* yang cukup kecil, sehingga diharapkan nantinya dapat mengklasifikasikan data *testing* dengan lebih akurat.

IV. HASILDAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan citra digital pada penelitian ini menerapkan metode segmentasi Otsu untuk mendapatkan area biji kopi pada citra. Dari area yang telah didapatkan tersebut kemudian diambil nilai rata-rata warna *red*, *green*, dan *blue* seperti yang ditunjukkan

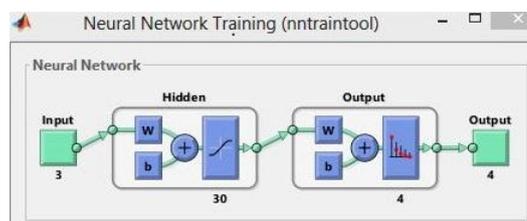


Gambar 4.1 Proses segmentasi dan ekstraksi fitur

pada Gambar 4.1.

Fitur dari setiap citra kemudian disimpan beserta kelas tingkat kematangan *roasting* dari citra biji kopi tersebut. Kumpulan data tersebut yang kemudian digunakan sebagai input proses pembelajaran jaringan syaraf tiruan. Dari total data input dibagi menjadi data *training* dan data *testing*, di uji coba dengan prosentase yang berbeda-beda.

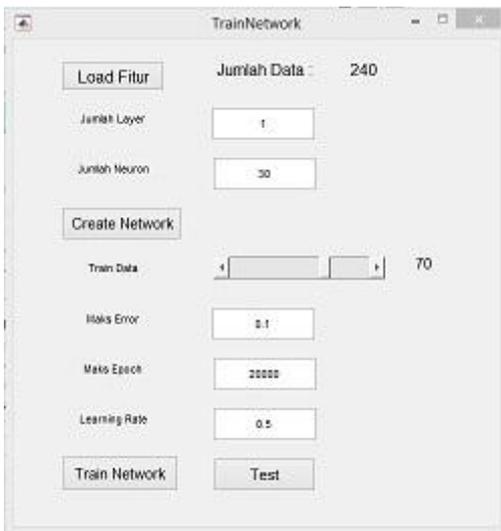
Struktur jaringan syaraf tiruan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 3 *node input* dan 1 *hidden layer* yang mengandung 30 *neuron*, 4 *output* yang mendefinisikan kelas dari tingkat *roasting* biji kopi



Gambar 4.2 Arsitektur jaringan syaraf tiruan

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Proses *training* dan *testing* dilakukan dengan parameter *goal*=0.1, maksimum iterasi=20000, *learning rate*=0.5 dan prosentase *training* data sebanyak 70% dari keseluruhan data seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Parameter *training*

Hasil proses *training* serta *testing* ditunjukkan berdasarkan *confusion matrix* pada Gambar 4.4. Pada *matrix* tersebut terlihat bahwa akurasi proses *training* mencapai 82.7%, sedangkan pada proses *testing* menghasilkan akurasi 76.7%. Hasil tersebut masih belum terlalu maksimal terlihat dari cukup tingginya kesalahan hasil klasifikasi untuk membedakan tingkat *light roasting* dengan *medium roasting*, terlihat dari prosentase akurasi 77.3% dan 70.4% pada proses *training*, 60% dan 55.6 % pada proses *testing*. Proses klasifikasi biji mentah dan juga *dark roasting* menghasilkan akurasi yang cukup tinggi dengan nilai akurasi 100% pada proses *training* dan *testing* untuk biji mentah, sedangkan *dark roasting* menghasilkan akurasi

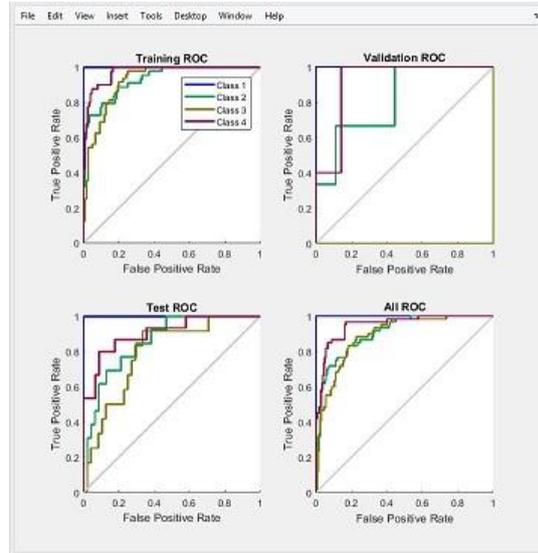


Gambar 4.4 *Confusion matrix* hasil proses *training* dan *testing*

91.2% untuk proses *training* dan 75% untuk proses *testing*.

Hasil tersebut didukung dengan kurva ROC yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Berdasarkan kurva tersebut terlihat bahwa proses klasifikasi terbaik didapatkan untuk kelas biji mentah kemudian diikuti dengan kelas *dark roasting* dan *medium roasting*.



Gambar 4.5 Kurva ROC proses *training* dan *testing*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uji coba dapat disimpulkan :

1. Metode jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *back propagation* terbukti berhasil melakukan klasifikasi tingkat *roasting* biji kopi dengan nilai akurasi yang cukup baik.
2. Proses klasifikasi masih menemui kesulitan dalam menentukan kelas *light roasting* dan *medium roasting*.
3. Tingkat klasifikasi biji mentah dan *dark roasting* tidak menemui kesulitan dikarenakan fitur warna yang dimiliki sangat berbeda dibandingkan kelas yang lain.

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya dengan beberapa saran berikut:

1. Perlu adanya penambahan fitur warna dalam proses klasifikasi agar perbedaan antara kelas *light roasting* dan *medium roasting* lebih menonjol.
2. Penelitian ini dapat dicoba model struktur jaringan syaraf tiruan yang lain untuk mendapatkan proses klasifikasi yang lebih akurat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ahmad Usman, Hadi K Purwadaria, and I Wayan Budiastira, "Pengembangan Metoda Pemeriksaan Mutu Buah Manggis Secara Non Destruktif Menggunakan Pengolahan Citra," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*, Bogor, 2007, pp. 902-913.

[2] Agus Supriatna Somantri, "Menentukan Klasifikasi Mutu Fisik Beras Dengan Menggunakan Teknologi Pengolahan Citra Digital Dan Jaringan Syaraf Tiruan," *Jurnal Standardisasi*, vol. 12, no. 3, pp. 162-173, 2010.

[3] Ahmad Usman, *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2005.

[4] Sri Kusumadewi, *Artificial Intelligence: Teknik Dan Aplikasinya*. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2003.

[5] Faridah, Gea Of Parikesit, and Ferdiansjah, "Coffee Bean Grade Determination Based on Image Parameter," *TELKOMNIKA*, vol. 9, no. 3, pp. 547-554, December 2011.

[6] Turi Birhanu, Getachew Abebe, and Girma Goro, "Classification of Ethiopian Coffee Beans Using Imaging Techniques," *East African Journal of Sciences*, vol. 7, no. 1, pp. 1-10, 2013.