

Pengenalan Aksara Arab Menggunakan Metode JST Dengan Fitur HOG Dan LBP

Retiana Krisna Wati¹, Hafiz Irsyad²

^{1,2}Universitas MDP; Jl. Rajawali No 14, +62(711)376400/373630
Program Studi Teknik Informatika, Universitas MDP, Palembang
e-mail:¹retianakrisnawati@mhs.mdp.ac.id, ²hafizirsyad@mdp.ac.id

Abstrak

Aksara Arab merupakan aksara yang digunakan untuk menuliskan bahasa Arab yang dituliskan dari kanan ke kiri. Aksara Arab penting untuk dipelajari bagi umat muslim karena digunakan dalam peribadahan agama Islam. Dalam mempelajari aksara Arab pemula mengalami kesulitan karena memiliki bentuk yang berbeda-beda. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan suatu sistem yang mampu mengenali pola dari aksara Arab, dengan menerapkan Histogram of Oriented Gradient (HOG) dan Local Binary Pattern (LBP) sebagai ekstraksi fitur untuk pengenalan aksara Arab serta menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Hasil ciri dari HOG dan LBP masing-masing akan dijadikan masukan pada proses pembelajaran pada JST dengan berbagai training function serta menggunakan 3 neuron yaitu 5, 10 dan 15. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan ekstraksi fitur HOG maupun menggunakan ekstraksi fitur LBP trainbr memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan training function lainnya. Dengan menggunakan fitur HOG pada neuron 5 dengan nilai accuracy sebesar 99,66%, precision sebesar 95,35%, recall sebesar 95,25% dan f1-score sebesar 95,23%. Sedangkan dengan menggunakan fitur LBP pada neuron 5 dengan nilai accuracy sebesar 99,75%, precision sebesar 96,95%, recall sebesar 96,53% dan f1-score sebesar 96,54%. Kedua ekstraksi fitur tersebut, HOG maupun LBP dapat mengenali aksara Arab dengan baik.

Kata kunci— Aksara Arab, HOG, LBP, Training Function, JST

Abstract

Arabic characters are characters used to write Arabic written from right to left. Arabic characters are important to learn for Muslims because they are used in Islamic studies. In studying Arabic characters beginners have difficulty because they have different forms. This research aims to implement a system capable of recognizing patterns from Arabic characters, by applying the Histogram of Oriented Gradient (HOG) and Local Binary Pattern (LBP) as a feature extraction for Arabic character recognition as well as using the Method of Artificial Neural Network (JST). The characteristics of HOG and LBP will be used as inputs on the learning process in JST with various training functions and use 3 neurons namely 5, 10 and 15. Based on the test results using HOG extraction feature as well as using LBP trainbr feature extraction has a higher success rate than other training functions. By using HOG feature on neuron 5 with accuracy value of 99.66%, precision by 95.35%, recall by 95.25% and f1-score by 95.23%. While by using LBP feature on neuron 5 with accuracy value of 99.75%, precision by 96.95%, recall by 96.53% and f1-score by 96.54%. Both extraction features, HOG and LBP can recognize Arabic characters well.

Keywords— Arabic characters, HOG, LBP, Training Function, ANN

1. PENDAHULUAN

Aksara merupakan keseluruhan dari suatu sistem tulisan. Dalam bahasa Arab, umat Muslim mengenal sistem tulisan yang disebut aksara Arab. Aksara Arab merupakan aksara yang digunakan untuk menuliskan bahasa Arab yang dituliskan dari kanan ke kiri. Aksara Arab terdiri dari 28 huruf, yang dimulai dari ا sampai dengan ي. Aksara Arab tersebut setiap hurufnya memiliki bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan jumlah titik dan posisi titik dalam penulisannya. Dari bentuk tersebut pengenalan aksara Arab dapat dilakukan dengan menggunakan pengenalan bentuk atau pengenalan pola.

Pada penelitian ini, fitur HOG dan LBP digunakan untuk mengambil ciri bentuk pada citra. Sedangkan JST merupakan salah satu metode yang digunakan untuk pengenalan objek.

Penelitian terdahulu [1] menggunakan *feature from Histogram of Oriented Gradients* (HOG) sebagai *input* pelatihan dan pengujian metode *recognition*. Metode *recognition* menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dengan algoritma propagasi balik. Akurasi pengenalan yang dapat dicapai dalam penelitian ini adalah sebesar 90%. Pada penelitian lain juga penggunaan HOG sebagai ekstraksi ciri memiliki kemampuan pengenalan bentuk baik dengan akurasi yang tinggi dan proses pelatihan menggunakan fitur ini memiliki waktu yang cepat, seperti pada pengenalan mobil, hasil akurasi yang didapatkan sebesar 82,5% [2]. Pada penelitian [3] saliency-HOG sebagai fitur bentuk berbasis *saliency* mampu menjadi salah satu kombinasi fitur yang dapat memberikan representasi bentuk berdasarkan wilayah dominan dari sebuah citra. Peforma klasifikasi jenis buah dan sayuran menggunakan fitur *Saliency-HOG* dan *Color Moments* mampu memberikan hasil yang baik dengan *precision*, *recall*, dan *accuracy* terbaik masing-masing adalah 98,57%, 98,55% dan 99,120%. Pada penelitian [4] untuk mendeteksi slot parkir menggunakan HOG dengan cara citra diproses menjadi *image feature hog*. Dengan citra diubah menjadi *feature hog*, maka citra tersebut memiliki nilai vector. Nilai inilah yang dibandingkan dengan citra masukkan lainnya. Dari hasil pengujian, posisi optimal dari kamera untuk mendapatkan hasil yang optimal adalah dengan jarak 8 meter dari slot parkir dengan akurasi *distance feature hog* sebesar 93,33% serta dengan *threshold* sebesar 50 dengan akurasi sebesar 95% agar dapat mendeteksi objek.

Meskipun fitur LBP merupakan ekstraksi ciri yang menggambarkan pola tekstur citra, fitur ini tetap dapat digunakan untuk pengenalan aksara, seperti pada penelitian [5] menggunakan *Local Binary Pattern* (LBP) untuk ekstraksi cirinya dapat digunakan untuk mengenali aksara Bali dengan nilai akurasi tertinggi sebesar 74,6% dengan menggunakan metode klasifikasi KNN. LBP digunakan untuk mengekstrak ciri unik dari citra aksara Jawa. Sementara KNN pada penelitian ini digunakan untuk menentukan kelas dari citra aksara Jawa berdasarkan hasil ekstraksi ciri LBP. Dari hasil pengujian didapatkan nilai akurasi tertinggi sebesar 82,5% dimana *parameter* yang digunakan adalah *cell size* berukuran 64x64 dan nilai $k = 3$ [6]. pada penelitian mengenai pengenalan karakter Jawa menggunakan LBP ini menggunakan citra yang sama seperti yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu citra aksara yang ditulis tangan. Pada penelitian [7] LBP disini sebagai ekstraksi fitur dan Manhattan *Distance* sebagai pengenalannya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini sebanyak 5 kali tiap partisipan dengan hasil pengujian rata-rata sebesar 80,8% dan pengujian tertinggi sebesar 94%.

Penelitian yang menggunakan JST, seperti pada penelitian [8] identifikasi tanaman buah tropika berdasarkan tekstur permukaan daunnya yang diekstraksi fitur GLCM yang kemudian digunakan sebagai *input* dari pelatihan JST untuk proses identifikasi. Akurasi tertinggi untuk semua *hidden neuron* yang telah dirata-rata ada pada tanaman Belimbing yaitu sebesar 94% dan akurasi terendah ada pada tanaman Nangka dengan rata-rata akurasi untuk setiap *hidden neuron* sebesar 66%. Untuk pengujian seluruh tanaman dengan menggunakan *hidden neuron* sebanyak 7 menghasilkan nilai akurasi sebesar 90%. Menggunakan *prototype character recognition*

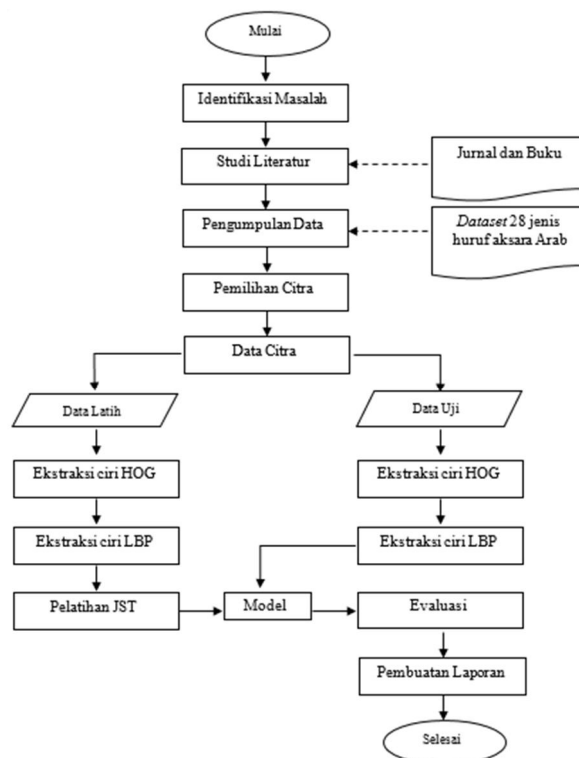
dengan klasifikasi *neural network* dengan metode *backpropagation* pada sandi rumput pramuka, hasil pengujian yang diperoleh memiliki tingkat keberhasilan sebesar 76,28% untuk setiap karakter tunggal dan untuk kata yang disambung sebesar 78,37% [9]. Pada penelitian lain [10] Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode Propagasi Balik memiliki rata-rata akurasi sebesar 99.7217% dalam mengidentifikasi tulisan tangan huruf Hangul secara benar. Penelitian [11] akurasi *training* diperoleh sebesar 62,7%. Prediksi menggunakan 26 sampel citra the berbeda menunjukkan tingkat akurasi sebesar 42,31%.

Penelitian terkait aksara Arab atau huruf Arab, sudah dilakukan dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN), seperti pada penelitian [12] sistem dapat mengenali pola tulisan Arab Melayu dengan metode CNN dengan nilai akurasi 4,12% dari 10 sample pola citra yang telah di inputkan. Pada penelitian [13] pengenalan pola huruf hijaiyah khat kufi menggunakan deteksi tepi *sobel* dan Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* dengan menggunakan parameter uji *learning rate* dan *epoch*. Simulasi dilakukan 28 target huruf hijaiyah dengan *learning rate* 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, dan *epoch* 25, 1000, 3000, 5000, 10000. Akurasi terbaik didapatkan pada *learning rate* 0.01 dan *epoch* 10000 yaitu sebesar 100%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya fitur ekstraksi ciri *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan *Local Binary Pattern* (LBP) memiliki tingkat akurasi yang baik untuk mengenali bentuk sedangkan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) baik dalam mengenali objek berdasarkan bentuk objek.

2. METODE PENELITIAN

Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan untuk pengenalan aksara Arab menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan fitur HOG dan LBP dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kerangka Tahapan Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah penelitian mengenai pengenalan aksara Arab dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan ekstraksi fitur *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan *Local Binary Pattern* (LBP).

2.2 Studi Literatur

Tahapan ini merupakan pencarian beberapa jurnal dan buku yang terkait mengenai pengenalan aksara Arab menggunakan bermacam metode yang digunakan, jurnal yang terkait mengenai metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan mengenai ekstraksi ciri citra *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dan *Local Binary Pattern* (LBP).

2.3 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, dilakukan pengumpulan data yang diperlukan berkaitan dengan penelitian yang dikerjakan, data yang digunakan adalah citra aksara Arab dengan menggunakan *public dataset* yaitu *Arabic handwritten*. Data tersebut didapatkan pada alamat *website kaggle* (<https://www.kaggle.com/rashwan/arabic-chars-mnist>). *Dataset* ini terdiri dari 28 huruf. Setiap citra berukuran 32 x 32 piksel. *Dataset* yang dipilih terdapat 16.800 citra aksara Arab, yang diambil pada penelitian ini sebanyak 3.360 citra. Pada setiap huruf aksara Arab terdiri dari 120 citra. Citra yang telah dipilih disimpan pada folder berdasarkan nama hurufnya.

2.4 Data Latih dan Data Uji

Data citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra aksara Arab. Data citra tersebut dibagi menjadi dua yaitu data citra latih dan data citra uji. Citra data latih yaitu data yang berisi nilai yang digunakan untuk menentukan kelas yang cocok. Sedangkan citra data uji adalah data yang berisi data baru yang akan diklasifikasikan oleh model yang telah dibuat dan diketahui nilai akurasi dari proses klasifikasi. Data latih terdiri dari 84 citra dan 36 citra sebagai data uji, yang terdiri dari 28 kelas aksara Arab. Sehingga total banyaknya data latih adalah 2.352 citra dan banyaknya data uji adalah 1008 citra.

2.5 Ekstraksi Ciri HOG dan LBP

Pada tahap ini, dilakukan untuk mengambil ciri pada objek didalam citra. Fitur yang digunakan adalah HOG dan LBP. Pada HOG, dilakukan proses perhitungan *Gradient*, *Magnitude*, *Orientation*, *Block Normalization*, hingga dihasilkan *HOG Feature*. Pada LBP, dilakukan perbandingan piksel pusat dengan piksel-piksel tetangga. Piksel tetangga bernilai 0 jika nilai piksel tetangga lebih kecil dibandingkan nilai piksel pusat, jika nilai piksel tetangga lebih besar atau sama dengan nilai piksel pusat maka bernilai 1. Nilai piksel baru tersebut kemudian dikalikan dengan 2.

2.6 Pelatihan JST dan Model

Pada tahap ini penelitian menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Tahapan pembangunan sistem untuk melatih JST agar dapat mengenali data latih dengan baik dengan nilai yang didapatkan dari ekstraksi HOG dan LBP untuk menghasilkan *output* yang dapat digunakan pada tahap pengujian. Pada penelitian ini, menggunakan skenario dengan *training function* sebanyak 17 dan skenario juga dilakukan terhadap jumlah *neuron* pada *hidden layer*. Jumlah *neuron* yang digunakan yaitu 5, 10 dan 15. Model merupakan arsitektur JST yang sudah melalui tahap pelatihan, yang kemudian digunakan untuk pengujian citra uji.

2.1 Evaluasi

Proses evaluasi ini akan dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi keberhasilan pada metode yang digunakan, dengan menggunakan *Confusion Matrix* yang dimana akan menghitung nilai *Accuracy* dan *F1-Score* menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4).

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (3)$$

$$F1-Score = 2 \times \frac{Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad (4)$$

Keterangan:

TP = Jumlah data positif citra aksara Arab yang dikenali dengan benar oleh sistem.

TN = Jumlah data negatif citra aksara Arab yang dikenali dengan benar oleh sistem.

FN = Jumlah data negatif citra aksara Arab namun dikenali salah oleh sistem.

FP = Jumlah data positif citra aksara Arab namun dikenali salah oleh sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Ekstraksi Fitur Histogram of Oriented Gradient (HOG) dan Local Binary Pattern (LBP)

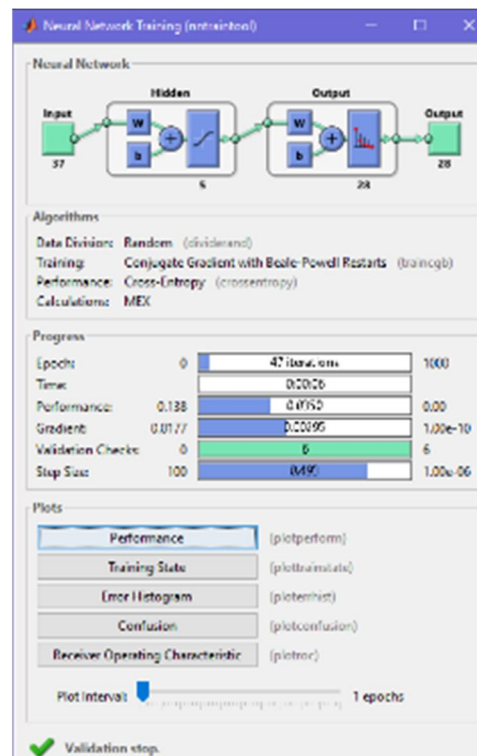
Pada tahap ini, dilakukan proses ekstraksi ciri menggunakan HOG, mula-mula citra RGB diubah menjadi *grayscale* pada setiap citra data latih dan data uji. Kemudian hasil dari proses ekstraksi disimpan secara terpisah, hasil ekstraksi HOG untuk data latih disimpan dengan nama "hog_train" dan hasil ekstraksi HOG untuk data uji disimpan dengan nama "hog_test". Hasil ekstraksi fitur HOG pada seluruh citra yang berjumlah 2.352 citra dengan menggunakan MATLAB. Terdapat 2.352 kolom, 84 kolom pertama untuk huruf ا, 84 kolom selanjutnya untuk huruf ب dan seterusnya hingga 84 kolom terakhir untuk huruf ي. Pada LBP sama seperti pada ekstraksi ciri HOG, mula-mula citra RGB diubah menjadi *grayscale* pada setiap citra data latih dan data uji. Kemudian hasil dari proses ekstraksi disimpan secara terpisah, hasil ekstraksi LBP untuk data latih disimpan dengan nama "lbp_train" dan hasil ekstraksi LBP untuk data uji disimpan dengan nama "lbp_test". Hasil ekstraksi fitur LBP pada seluruh citra yang berjumlah 2.352 citra dengan menggunakan MATLAB. Terdapat 2.352 kolom, 84 kolom pertama untuk huruf ا, 84 kolom selanjutnya untuk huruf ب dan seterusnya hingga 84 kolom terakhir untuk huruf ي. Hasil dari ekstraksi fitur LBP dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil dari ekstraksi fitur HOG dapat dilihat pada Gambar 2 dan hasil dari ekstraksi fitur LBP dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 2. Hasil Ekstraksi Fitur HOG

Gambar 3. Hasil Ekstraksi Fitur HOG

3.2 Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Histogram of Oriented Gradient (HOG)

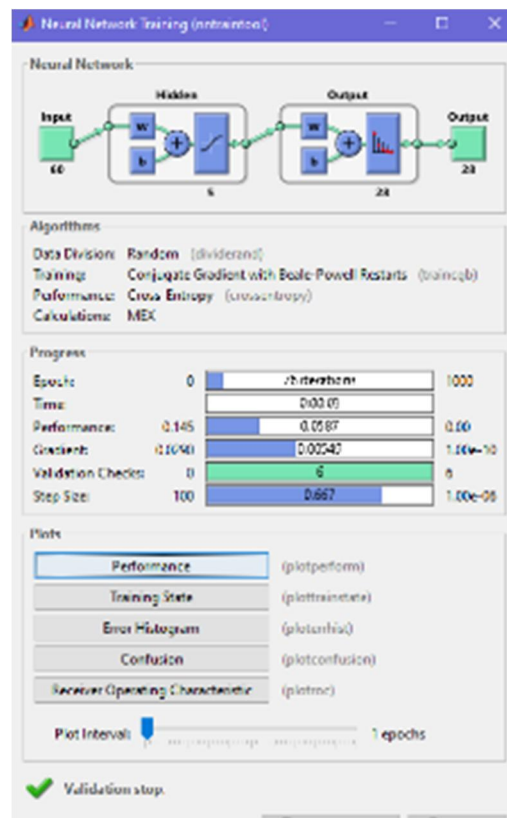
Pada tahap ini, dilakukan implementasi pada model Jaringan Syaraf Tiruan dengan menggunakan alat pelatihan pada aplikasi MATLAB dengan menggunakan data latih yang telah diekstraksi fitur HOG sehingga Jaringan Syaraf Tiruan dapat mengenali data latih. Pada gambar 4 merupakan hasil *training* dengan menggunakan *single hidden layer* dengan *neuron* 5 dan 28 *output* dari 28 jenis aksara Arab.



Gambar 4. Pelatihan Model JST Menggunakan HOG

3.3 Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Local Binary Pattern (LBP)

Pada tahap ini, dilakukan implementasi pada model Jaringan Syaraf Tiruan dengan menggunakan alat pelatihan pada aplikasi MATLAB dengan menggunakan data latih yang telah diekstraksi fitur LBP sehingga Jaringan Syaraf Tiruan dapat mengenali data latih. Pada gambar 5 merupakan hasil *training* dengan menggunakan *single hidden layer* dengan *neuron* 5 dan 28 *output* dari 28 jenis aksara Arab.



Gambar 4. Pelatihan Model JST Menggunakan LBP

3.4 Pelatihan dan Hasil Pengujian JST pada Training Function Trainbr Menggunakan HOG

Training function yang digunakan sebanyak 17 dan jumlah neuron yang digunakan ada 3 yaitu 5, 10 dan 15. sehingga terdapat 3 arsitektur JST yang berbeda, setiap arsitektur tersebut dicoba sebanyak 3 kali sehingga akan terdapat 9 percobaan (3 jumlah neuron x 3 percobaan run program). Pada tabel 1 merupakan hasil dari pelatihan JST pada training function trainbr.

Tabel 1. Hasil Pelatihan JST pada Training Function Trainbr Menggunakan HOG

No	Neuron	MSE	Epoch	Time	Data Latih Dikenali	Data Uji Dikenali
1	5	0.000392	1000	1 jam 33 menit 10 detik	2313	954
2		0.000113	584	59 menit 55 detik	2339	961
3		0.000251	1000	1 jam 24 detik	2330	933
4	10	0.000395	1000	1 jam 33 menit 59 detik	2271	776
5		4.27e-10	33	3 menit 36 detik	2314	844
6		0.000177	1000	2 jam 25 menit 18 detik	2277	760
7	15	0.000191	1000	1 jam 54 menit 4 detik	2245	673
8		6.74e-05	1000	1 jam 45 menit 46 detik	2265	679
9		5.94e-05	1000	1 jam 35 menit 3 detik	2258	707

Berdasarkan tabel 1 dari 3 buah *neuron* yang digunakan dan telah dicoba sebanyak 3 percobaan *run program* pada setiap *neuron*, dapat disimpulkan bahwa *neuron* 5 merupakan hasil terbaik dalam pengenalan data latih dan data uji. Untuk pengenalan data latih dan data uji yang telah dicoba sebanyak 3 percobaan *run program* pada setiap *neuron* yang digunakan mendapatkan hasil pengenalan yang baik pada percobaan ke 2 pada *neuron* 5 dengan hasil sebesar 961 data yang dikenali, kemudian mendapatkan hasil pengenalan yang baik pada percobaan ke 2 pada *neuron* 10 dengan hasil sebesar 844 data yang dikenali, sedangkan pada *neuron* 15 mendapatkan hasil pengenalan yang baik pada percobaan ke 3 dengan hasil sebesar 707 data yang dikenali.

Pada tahap pengujian JST menggunakan citra uji sebanyak 1008 citra aksara Arab. Tahap ini digunakan untuk penentuan hasil pengujian JST menggunakan *training function* sebanyak 17, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan *confusion matrix* untuk menentukan *accuracy* dan *F1-Score*. Tabel 2 merupakan hasil dari tingkat akurasi pada pengenalan JST terhadap data uji menggunakan *confusion matrix*.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Confusion Matrix* pada *Function Trainbr* Menggunakan HOG

Kelas	5 Neuron				10 Neuron				15 Neuron			
	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
ا	99,80	94,74	100,00	97,30	100,00	100,00	100,00	100,00	98,81	78,57	91,67	84,62
ب	99,80	100,00	94,44	97,14	98,21	87,50	58,33	70,00	98,02	78,57	61,11	68,75
ت	99,50	91,89	94,44	93,15	98,02	66,67	88,89	76,19	96,73	52,94	75,00	62,07
ث	99,80	94,74	100,00	97,30	99,40	94,12	88,89	91,43	98,61	80,56	80,56	80,56
ج	99,41	91,67	91,67	91,67	98,81	80,00	88,89	84,21	97,52	65,71	63,89	64,79
ح	99,11	90,91	83,33	86,96	99,21	91,18	86,11	88,57	97,82	73,33	61,11	66,67
خ	99,70	92,31	100,00	96,00	98,81	81,58	86,11	83,78	97,62	63,04	80,56	70,73
د	99,60	97,14	91,89	94,44	98,71	84,85	77,78	81,16	97,12	60,00	58,33	59,15
ذ	99,41	94,12	88,89	91,43	99,31	91,43	88,89	90,14	98,12	86,96	55,56	67,80
ر	99,60	92,11	97,22	94,59	99,50	89,74	97,22	93,33	98,41	88,46	63,89	74,19
ز	99,70	97,14	94,44	95,77	98,81	83,33	83,33	83,33	97,92	64,15	94,44	76,40
س	99,50	94,29	91,67	92,96	97,92	70,27	72,22	71,23	97,92	77,78	58,33	66,67
ش	99,90	97,30	100,00	98,63	98,21	72,50	80,56	76,32	96,53	51,28	55,56	53,33
ص	99,90	100,00	97,22	98,59	98,81	90,00	75,00	81,82	97,02	59,38	52,78	55,88
ض	100,00	100,00	100,00	100,00	99,11	88,57	86,11	87,32	97,82	67,50	75,00	71,05
ط	99,90	100,00	97,22	98,59	98,91	79,07	94,44	86,08	98,91	85,71	83,33	84,51
ظ	99,70	94,59	97,22	95,89	99,21	93,75	83,33	88,24	98,91	90,32	77,78	83,58
ع	99,41	94,12	88,89	91,43	99,01	86,11	86,11	86,11	97,62	64,29	75,00	69,23
غ	99,50	89,74	97,22	93,33	99,11	88,57	86,11	87,32	98,31	80,65	69,44	74,63
ف	99,80	100,00	94,44	97,14	99,21	88,89	88,89	88,89	98,71	81,08	83,33	82,19

ق	99,90	100,00	97,22	98,59	98,61	89,29	69,44	78,13	98,41	81,25	72,22	76,47
ك	99,70	92,31	100,00	96,00	98,41	75,00	83,33	78,95	98,61	89,29	69,44	78,13
ل	99,50	89,74	97,22	93,33	98,61	82,35	77,78	80,00	98,31	80,65	69,44	74,63
م	99,60	97,06	91,67	94,29	98,61	77,50	86,11	81,58	98,31	82,76	66,67	73,85
ن	99,80	100,00	94,44	97,14	98,81	87,50	77,78	82,35	97,22	61,76	58,33	60,00
و	99,50	94,29	91,67	92,96	98,21	69,57	88,89	78,05	96,03	46,30	69,44	55,56
هـ	99,50	89,74	97,22	93,33	98,71	82,86	80,56	81,69	98,02	75,00	66,67	70,59
ي	99,90	100,00	97,22	98,59	99,21	93,75	83,33	88,24	96,92	55,10	75,00	63,53
Rata-rata	99,66	95,35	95,25	95,23	98,84	84,50	83,73	83,73	97,87	72,23	70,14	70,34

Berdasarkan tabel 2 hasil *accuracy* 5 *neuron* 99,66%, 10 *neuron* 98,84% dan 15 *neuron* 97,87%. Hasil *precision* 5 *neuron* 95,35%, 10 *neuron* 84,50% dan 15 *neuron* 72,23%. Hasil *recall* 5 *neuron* 95,25%, 10 *neuron* 84,50% dan 15 *neuron* 70,14%. Sedangkan hasil *f1-score* 5 *neuron* 95,23%, 10 *neuron* 83,73% dan 15 *neuron* 70,34%.

3.5 Pelatihan dan Hasil Pengujian JST pada Training Function Trainbr Menggunakan LBP

Training function yang digunakan sebanyak 17 dan jumlah *neuron* yang digunakan ada 3 yaitu 5, 10 dan 15. sehingga terdapat 3 arsitektur JST yang berbeda, setiap arsitektur tersebut dicoba sebanyak 3 kali sehingga akan terdapat 9 percobaan (3 jumlah *neuron* x 3 percobaan *run program*). Pada tabel 3 merupakan hasil dari pelatihan JST pada *training function trainbr*.

Tabel 3. Hasil Dari Pelatihan JST pada *Training Function Trainbr*

Tabel 3 Hasil Pelatihan JST pada *Training Function Trainbr* Menggunakan LBP

No	Neuron	MSE	Epoch	Time	Data Latih Dikenali	Data Uji Dikenali
1	5	2.73e-05	724	1 jam 19 menit 48 detik	2335	972
2		0.000685	1000	2 jam 6 menit 34 detik	2317	917
3		7.21e-05	503	1 jam 10 menit 20 detik	2340	973
4	10	0.000922	1000	3 jam 15 menit 40 detik	2220	678
5		0.00118	1000	3 jam 40 menit 48 detik	2205	680
6		0.000423	1000	3 jam 44 menit 7 detik	2257	729
7	15	0.00120	1000	3 jam 35 menit 9 detik	2138	457
8		0.00110	1000	2 jam 58 menit 54 detik	2122	500
9		0.000969	1000	3 jam 4 menit 27 detik	2148	430

Berdasarkan tabel 3 dari 3 buah *neuron* yang digunakan dan telah dicoba sebanyak 3 percobaan *run program* pada setiap *neuron*, dapat disimpulkan bahwa *neuron* 5 merupakan hasil terbaik dalam pengenalan data latih dan data uji. Untuk pengenalan data latih dan data uji yang telah dicoba sebanyak 3 percobaan *run program* pada setiap *neuron* yang digunakan mendapatkan hasil pengenalan yang baik pada percobaan ke 3 pada *neuron* 5 dengan hasil sebesar 973 data yang dikenali, kemudian mendapatkan hasil pengenalan yang baik pada percobaan ke 3 pada *neuron* 10 dengan hasil sebesar 729 data yang dikenali, sedangkan pada

neuron 15 mendapatkan hasil pengenalan yang baik pada percobaan ke 2 dengan hasil sebesar 500 data yang dikenali.

Pada tahap pengujian JST menggunakan citra uji sebanyak 1008 citra aksara Arab. Tahap ini digunakan untuk penentuan hasil pengujian JST menggunakan *training function* sebanyak 17, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan *confusion matrix* untuk menentukan *accuracy* dan *F1-Score*. Tabel 4 merupakan hasil dari tingkat akurasi pada pengenalan JST terhadap data uji menggunakan *confusion matrix*.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Confusion Matrix* pada *Function Trainbr* Menggunakan LBP

Kelas	5 Neuron				10 Neuron				15 Neuron			
	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
أ	99,60	94,44	94,44	94,44	98,81	83,33	83,33	83,33	98,81	78,57	91,67	84,62
ب	99,70	94,59	97,22	95,89	99,11	84,62	91,67	88,00	96,92	58,06	50,00	53,73
ت	99,11	84,62	91,67	88,00	98,91	83,78	86,11	84,93	95,44	38,10	44,44	41,03
ث	99,60	94,44	94,44	94,44	98,71	84,85	77,78	81,16	96,43	50,00	66,67	57,14
ج	99,80	100,00	94,44	97,14	97,92	70,27	72,22	71,23	96,53	51,52	47,22	49,28
ح	99,80	100,00	94,44	97,14	98,81	87,50	77,78	82,35	95,24	31,25	27,78	29,41
خ	100,00	100,00	100,00	100,00	98,51	86,21	69,44	76,92	95,24	33,33	33,33	33,33
د	99,70	100,00	91,67	95,65	98,02	69,05	80,56	74,36	95,83	40,00	33,33	36,36
ذ	99,50	100,00	86,11	92,54	99,21	93,75	83,33	88,24	95,73	37,93	30,56	33,85
ر	99,21	81,82	100,00	90,00	99,21	83,33	97,22	89,74	96,73	54,05	55,56	54,79
ز	99,01	100,00	72,22	83,87	99,11	88,57	86,11	87,32	96,43	50,00	52,78	51,35
س	99,01	78,26	100,00	87,80	98,81	81,58	86,11	83,78	95,93	44,44	55,56	49,38
ش	100,00	100,00	100,00	100,00	99,40	100,00	83,33	90,91	95,93	36,84	19,44	25,45
ص	100,00	100,00	100,00	100,00	97,62	71,43	55,56	62,50	95,24	30,00	25,00	27,27
ض	100,00	100,00	100,00	100,00	97,22	60,53	63,89	62,16	94,44	29,17	38,89	33,33
ط	100,00	100,00	100,00	100,00	98,12	70,73	80,56	75,32	97,22	60,00	66,67	63,16
ظ	100,00	100,00	100,00	100,00	96,92	54,72	80,56	65,17	96,43	50,00	66,67	57,14
ع	100,00	100,00	100,00	100,00	97,82	69,44	69,44	69,44	95,14	34,15	38,89	36,36
غ	99,90	100,00	97,22	98,59	98,31	82,76	66,67	73,85	97,42	63,89	63,89	63,89
ف	99,60	92,11	97,22	94,59	97,42	65,63	58,33	61,76	96,92	57,58	52,78	55,07
ق	99,50	94,29	91,67	92,96	97,62	73,08	52,78	61,29	96,53	52,17	33,33	40,68
ك	100,00	100,00	100,00	100,00	96,43	50,00	50,00	50,00	95,63	37,50	33,33	35,29
ل	100,00	100,00	100,00	100,00	97,02	57,14	66,67	61,54	96,23	47,50	52,78	50,00
م	100,00	100,00	100,00	100,00	96,73	54,55	50,00	52,17	96,53	51,52	47,22	49,28
ن	100,00	100,00	100,00	100,00	95,93	41,94	36,11	38,81	95,63	38,24	36,11	37,14

ج	100,00	100,00	100,00	100,00	96,92	58,06	50,00	53,73	97,12	59,46	61,11	60,27
ا	100,00	100,00	100,00	100,00	97,62	61,54	88,89	72,73	98,41	77,78	77,78	77,78
ي	100,00	100,00	100,00	100,00	98,41	76,32	80,56	78,38	99,11	88,57	86,11	87,32
Rata-rata	99,75	96,95	96,53	96,54	98,02	73,02	72,32	72,18	96,40	49,34	49,60	49,06

Berdasarkan tabel 4 hasil *accuracy* 5 neuron 99,75%, 10 neuron 98,02% dan 15 neuron 96,40%. Hasil *precision* 5 neuron 96,95%, 10 neuron 73,02% dan 15 neuron 49,34%. Hasil *recall* 5 neuron 96,53%, 10 neuron 72,32% dan 15 neuron 49,60%. Sedangkan hasil *f1-score* 5 neuron 96,54%, 10 neuron 72,18% dan 15 neuron 49,06%.%

3.6 Hasil Pengujian JST Menggunakan Training Function pada HOG dan LBP

Pengujian yang menggunakan JST dengan 17 *training function* pada HOG dan melakukan pengujian menggunakan hasil dari implementasi JST yang dilakukan pada data latih dan jumlah *neuron* yang digunakan adalah 5 *neuron*, 10 *neuron* dan 15 *neuron* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian JST Menggunakan *Training Function* pada HOG

No.	Training Function	5 Neuron				10 Neuron				15 Neuron			
		Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
1	Traincgb	97,38	63,92	63,29	61,26	97,14	60,23	60,00	59,16	97,65	67,52	67,16	66,71
2	Traincgf	96,45	51,66	50,30	47,85	97,36	63,35	63,04	62,49	97,68	67,57	67,46	67,26
3	Traincgp	96,90	56,71	56,66	55,92	97,21	61,55	60,91	60,35	97,48	65,17	64,68	63,84
4	Traingd	93,13	0,55	3,87	0,63	93,24	3,55	5,36	2,28	93,08	3,19	3,17	2,26
5	Traingda	95,94	42,98	43,15	40,59	96,92	57,16	56,94	55,45	97,17	60,98	60,42	59,54
6	Traingdm	93,28	2,19	5,85	2,34	93,16	0,60	4,27	1,06	93,36	3,02	7,04	4,03
7	Traingdh	96,54	51,87	51,55	49,74	97,50	65,46	64,98	64,08	97,68	67,69	67,56	67,11
8	Trainoss	96,68	54,78	53,47	51,87	97,46	64,83	64,48	63,85	97,42	63,92	63,96	63,13
9	Trainrp	97,40	63,61	63,59	62,70	97,93	71,49	71,03	70,69	98,20	75,53	74,80	74,51
10	Trainscg	97,30	64,31	62,20	60,53	97,39	64,09	63,39	62,69	97,65	67,62	67,16	66,72
11	Trainb	93,15	0,38	4,07	0,63	93,35	1,54	6,85	1,74	93,14	1,23	3,97	1,53
12	Trains	93,25	0,67	5,46	1,08	93,17	0,45	4,37	0,74	93,28	1,50	5,85	2,02
13	Trainr	96,34	51,93	48,81	47,62	97,26	62,32	61,61	60,96	97,40	64,15	63,59	63,02
14	Trainlm	99,51	93,34	93,15	93,14	98,24	76,15	75,40	75,47	97,48	64,96	64,68	64,34

15	Trainc	96,78	55,38	54,96	53,86	97,49	65,27	64,88	64,38	97,70	68,19	67,76	67,21
16	Trainbr	99,66	95,35	95,25	95,23	98,84	84,50	83,73	83,73	97,87	72,23	70,14	70,34
17	Trainbfg	96,56	52,02	51,79	49,97	97,08	60,61	59,13	58,60	97,14	61,13	60,02	59,76
Rata-rata		96,25	47,16	47,50	45,59	96,51	50,77	51,20	49,87	96,55	51,51	51,73	50,78

Berdasarkan hasil pada tabel 5 pada 5 *neuron* nilai tertinggi adalah *trainbr* dengan *accuracy* sebesar 99,66%, *precision* sebesar 95,35%, *recall* sebesar 95,25% dan *f1-score* sebesar 95,23%. Sedangkan nilai terendah pada 5 *neuron* adalah *traingd* dengan *accuracy* sebesar 93,13%, *precision* terendah pada *trainb* dengan nilai sebesar 0,38%, *recall* terendah pada *traingd* dengan nilai sebesar 3,87% dan *f1-score* terendah pada *traingd* dengan nilai sebesar 0,63%.

Pada 10 *neuron* nilai tertinggi adalah *trainbr* dengan *accuracy* sebesar 98,84%, *precision* sebesar 84,50%, *recall* sebesar 83,73% dan *f1-score* sebesar 83,73%. Sedangkan nilai terendah pada 10 *neuron* adalah *traingdm* dengan *accuracy* sebesar 93,16%, *precision* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,45%, *recall* terendah pada *traingdm* dengan nilai sebesar 4,27% dan *f1-score* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,74%.

Pada 15 *neuron* nilai tertinggi adalah *trainrp* dengan *accuracy* sebesar 98,20%, *precision* sebesar 75,53%, *recall* sebesar 74,80% dan *f1-score* sebesar 74,51%. Sedangkan nilai terendah pada 15 *neuron* adalah *traingd* dengan *accuracy* sebesar 93,08%, *precision* terendah pada *trainb* dengan nilai sebesar 1,23%, *recall* terendah pada *traingd* dengan nilai 3,17% dan *f1-score* terendah pada *trainb* dengan nilai 1,53%.

Kemudian pengujian yang menggunakan JST dengan 17 *training function* pada LBP dan melakukan pengujian menggunakan hasil dari implementasi JST yang dilakukan pada data latih dan jumlah *neuron* yang digunakan adalah 5 *neuron*, 10 *neuron* dan 15 *neuron* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian JST Menggunakan *Training Function* pada LBP

No.	Training Function	5 Neuron				10 Neuron				15 Neuron			
		Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
1	Traincgb	96,41	48,96	49,80	48,20	96,41	49,80	49,80	48,06	96,83	55,47	55,65	54,76
2	Traincgf	95,40	33,64	35,62	31,70	96,92	58,04	56,94	56,46	96,61	51,86	52,48	51,51
3	Traincgp	95,95	42,26	43,25	41,08	96,63	53,59	52,78	51,85	96,65	53,88	53,08	52,62
4	Traingd	93,30	0,88	6,15	1,53	93,20	1,62	4,76	2,20	93,26	2,82	5,65	3,32
5	Traingda	93,98	10,33	15,77	10,66	94,25	18,34	19,54	14,69	95,31	43,18	34,33	31,57
6	Traingdm	93,15	0,63	4,07	1,01	93,05	0,61	2,68	0,62	93,18	3,56	4,56	2,15
7	Traingdx	95,29	30,07	34,03	29,08	96,39	48,68	49,46	47,29	96,49	51,50	50,89	49,68

8	Trainoss	95,55	37,74	37,70	35,23	96,38	48,63	49,22	47,92	96,95	57,17	57,30	55,79
9	Trainrp	97,73	69,19	68,25	68,05	98,24	75,40	75,32	75,16	97,99	72,03	71,92	71,57
10	Trainscg	96,49	50,77	50,92	49,22	96,68	53,59	53,47	52,52	97,08	58,79	59,13	58,23
11	Trainb	93,17	2,15	4,37	1,48	93,15	4,71	4,17	1,72	93,20	2,15	4,76	2,49
12	Trains	93,15	0,47	4,07	0,75	93,21	0,87	4,96	1,41	93,22	1,86	5,06	2,06
13	Trainr	95,94	41,65	43,15	39,87	96,52	51,11	51,29	49,90	96,44	49,93	50,20	48,67
14	Trainlm	99,09	87,53	87,20	87,05	96,59	51,56	52,28	51,04	96,63	53,79	52,78	52,37
15	Trainc	96,22	47,32	47,02	45,46	96,70	54,47	53,87	53,23	96,90	57,25	56,65	56,39
16	Trainbr	99,75	96,95	96,53	96,54	98,02	73,02	72,32	72,18	96,40	49,34	49,60	49,06
17	Trainbfg	95,73	37,63	40,28	36,36	96,31	46,59	48,31	46,28	96,51	51,70	51,19	50,04
Rata-rata		96,25	95,66	37,54	39,30	36,66	95,80	40,63	41,25	39,56	95,86	42,13	42,07

Berdasarkan hasil pada tabel 6 pada 5 *neuron* nilai tertinggi adalah *trainbr* dengan *accuracy* sebesar 99,75%, *precision* sebesar 96,95%, *recall* sebesar 96,53% dan *f1-score* sebesar 96,54%. Sedangkan nilai terendah pada 5 *neuron* adalah *traingdm* dan *trains* dengan *accuracy* sebesar 93,15%, *precision* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,47%, *recall* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 4,07% dan *f1-score* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,75%.

Pada 10 *neuron* nilai tertinggi adalah *trainrp* dengan *accuracy* sebesar 98,24%, *precision* sebesar 75,40%, *recall* sebesar 75,32% dan *f1-score* sebesar 75,16%. Sedangkan nilai terendah pada 10 *neuron* adalah *traingdm* dengan *accuracy* sebesar 93,05%, *precision* sebesar 0,61%, *recall* sebesar 2,68% dan *f1-score* sebesar 0,62%.

Pada 15 *neuron* nilai tertinggi adalah *trainrp* dengan *accuracy* sebesar 97,99%, *precision* sebesar 72,03%, *recall* sebesar 71,92% dan *f1-score* sebesar 71,57%. Sedangkan nilai terendah pada 15 *neuron* adalah *traingdm* dengan *accuracy* sebesar 93,18%, *precision* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 1,86%, *recall* terendah pada *traingdm* dengan nilai 4,56% dan *f1-score* terendah pada *trains* dengan nilai 2,06%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian terhadap pengenalan aksara Arab, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan ekstraksi ciri HOG nilai *accuracy* tertinggi pada *neuron* 5 diperoleh *training function trainbr* dengan *accuracy* sebesar 99,66%, *precision* sebesar 95,35%, *recall* sebesar 95,25% dan *f1-score* sebesar 95,23%. Sedangkan nilai terendah pada *neuron* 5 adalah *traingd* dengan *accuracy* sebesar 93,13%, *precision* terendah pada *trainb* dengan nilai sebesar 0,38%, *recall* terendah pada *traingd* dengan nilai sebesar 3,87% dan *f1-score* terendah pada *traingd* dengan nilai sebesar 0,63%. Kemudian menggunakan ekstraksi ciri

- LBP nilai *accuracy* tertinggi pada *neuron* 5 diperoleh *training function trainbr* dengan *accuracy* sebesar 99,75%, *precision* sebesar 96,95%, *recall* sebesar 96,53% dan *f1-score* sebesar 96,53% dan *f1-score* sebesar 96,54%. Sedangkan nilai terendah pada 5 *neuron* adalah *traingdm* dan *trains* dengan *accuracy* sebesar 93,15%, *precision* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,47%, *recall* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 4,07% dan *f1-score* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,75%.
2. Dengan menggunakan ekstraksi ciri HOG nilai *accuracy* tertinggi pada *neuron* 10 diperoleh *training function trainbr* dengan *accuracy* sebesar 98,84%, *precision* sebesar 84,50%, *recall* sebesar 83,73% dan *f1-score* sebesar 83,73%. Sedangkan nilai terendah pada 10 *neuron* adalah *traingdm* dengan *accuracy* sebesar 93,16%, *precision* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,45%, *recall* terendah pada *traingdm* dengan nilai sebesar 4,27% dan *f1-score* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 0,74%. Kemudian menggunakan ekstraksi ciri LBP nilai *accuracy* tertinggi pada *neuron* 10 diperoleh *training function trainrp* dengan *accuracy* sebesar 98,24%, *precision* sebesar 75,40%, *recall* sebesar 75,32% dan *f1-score* sebesar 75,16%. Sedangkan nilai terendah pada 10 *neuron* adalah *traingdm* dengan *accuracy* sebesar 93,05%, *precision* sebesar 0,61%, *recall* sebesar 2,68% dan *f1-score* sebesar 0,62%.
 3. Dengan menggunakan ekstraksi ciri HOG nilai *accuracy* tertinggi pada *neuron* 15 diperoleh *training function trainrp* dengan *accuracy* sebesar 98,20%, *precision* sebesar 75,53%, *recall* sebesar 74,80% dan *f1-score* sebesar 74,51%. Sedangkan nilai terendah pada 15 *neuron* adalah *traingd* dengan *accuracy* sebesar 93,08%, *precision* terendah pada *trainb* dengan nilai sebesar 1,23%, *recall* terendah pada *traingd* dengan nilai 3,17% dan *f1-score* terendah pada *trainb* dengan nilai 1,53%. Kemudian menggunakan ekstraksi ciri LBP nilai *accuracy* tertinggi pada *neuron* 15 diperoleh *training function trainrp* dengan *accuracy* sebesar 97,99%, *precision* sebesar 72,03%, *recall* sebesar 71,92% dan *f1-score* sebesar 71,57%. Sedangkan nilai terendah pada 15 *neuron* adalah *traingdm* dengan *accuracy* sebesar 93,18%, *precision* terendah pada *trains* dengan nilai sebesar 1,86%, *recall* terendah pada *traingdm* dengan nilai 4,56% dan *f1-score* terendah pada *trains* dengan nilai 2,06%.
 4. Nilai akurasi dengan waktu komputasi terbaik diperoleh *trainlm* dengan *neuron* 5 mendapatkan nilai *accuracy* sebesar 99,51%, *precision* sebesar 93,34%, *recall* sebesar 93,15% dan *f1-score* sebesar 93,14% hanya membutuhkan waktu komputasi selama 2 menit 55 detik dengan menggunakan ekstraksi HOG. Kemudian nilai akurasi dengan waktu terbaik dengan menggunakan ekstraksi LBP diperoleh *trainlm* dengan *neuron* 5 mendapatkan nilai *accuracy* sebesar 99,09%, *precision* sebesar 87,53%, *recall* sebesar 87,20% dan *f1-score* sebesar 87,05% hanya membutuhkan waktu komputasi selama 4 menit 52 detik.

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan fitur HOG dan LBP serta metode klasifikasi JST dengan 17 *training function* menggunakan 3 variasi *neuron* untuk pengenalan aksara Arab, *trainbr* memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan *training function* lainnya. Dengan menggunakan fitur HOG pada *neuron* 5 dengan nilai *accuracy* sebesar 99,66%, *precision* sebesar 95,35%, *recall* sebesar 95,25% dan *f1-score* sebesar 95,23%. Huruf yang paling banyak dikenali yaitu ا, ث, خ, ش, ض dan ك, sedangkan huruf yang paling sedikit dikenali yaitu ح. Kemudian dengan menggunakan fitur LBP pada *neuron* 5 dengan nilai *accuracy* sebesar 99,75%, *precision* sebesar 96,95%, *recall* sebesar 96,53% dan *f1-score* sebesar 96,54%. Huruf yang paling banyak dikenali yaitu ر, خ, س, ش, ص, ط, ض, ع, ظ, ل, ك, ن, م, هـ dan و, sedangkan huruf yang paling sedikit dikenali yaitu ز.

5. SARAN

Berdasarkan kesimpulan, berikut saran yang nantinya dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Pada penelitian ini menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan 17 *training function* dengan 3 *neuron* yang berbeda yaitu 5, 10 dan 15. Pada setiap arsitektur dilakukan sebanyak 3 kali percobaan *run program*. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan *neuron* lebih dari 3 dan melakukan percobaan *run program* lebih dari 3 kali percobaan.
2. Menggunakan metode yang berbeda yang mungkin akan menghasilkan hasil yang lebih baik dari penelitian yang sudah dilakukan.
3. Pada penelitian ini menggunakan dataset *public* yang belum diketahui hasil akurasi yang diperoleh jika dataset yang digunakan diambil secara langsung oleh peneliti.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang terkait dengan pengenalan aksara Arab yang terangkai kata ataupun kalimat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Utama, E., Yapputra, F., & Gasim, G, 2018, *Identifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Bentuk Menggunakan Fitur HOG dan Jaringan Syaraf Tiruan*, *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, No. 1, Vol. 9, 1–6, <https://doi.org/10.36982/jig.v9i1.437>.
- [2] Alamsyah, D, 2017, *Pengenalan Mobil pada Citra Digital Menggunakan HOG-SVM*, *Jatiji*, No. 2, Vol. 1, 162–168.
- [3] Yohannes, Y., Priyadi, M. R., & Chandra, L, 2020, *Klasifikasi Jenis Buah dan Sayuran Menggunakan SVM Dengan Fitur Saliency-HOG dan Color Moments*, *Elkha*, No. 2, Vol. 12, 125. <https://doi.org/10.26418/elkha.v12i2.42160>.
- [4] Nugraha, R., Jati, A. N., & Ahmad, U. A, 2016, *Implementasi Histogram of Oriented Gradient (HOG) pada Embedded System untuk Identifikasi Slot Parkir Sebagai Pendukung Smart Parking System*, *E-Proceeding of Engineering*, Vol. 3, 771–777.
- [5] Sari, I. A. D. P., Hidayat, B., & Sunarya, U, 2015, *Pengenalan Aksara Bali Dengan Metode Local Binary Pattern*, *E-Proceeding of Engineering*, No. 2, Vol. 2, 2697–2704.
- [6] Susanto, A., Sinaga, D., Rachmawanto, E. H., & Setiadi, D. R. I. M, 2018, *Unjuk Kerja K-Nearest Neighbors Pada Pengenal Karakter Jawa Berbasis Local Binary Pattern*, *Prosiding SNATIF Ke -5 Tahun 2018*, Vol. 5, 25–30.
- [7] Syair, A. S., Sarita, M. I., & Ningrum, I. P, 2019, *Identifikasi Citra Tanda Tangan Menggunakan Local Binary Pattern (LBP) pada Smartphone Berbasis Android*, No. 1, Vol. 5, 17–24.
- [8] Yanto, B., -, B., -, J., & Hayadi, B. H, 2020, *Identifikasi Pola Aksara Arab Melayu Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Convolutional Neural Network (CNN)*, *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, No. 3, Vol. 3, 106–114, <https://doi.org/10.36085/jsai.v3i3.1151>.

-
- [9] Faturrahman, I, 2018, *Pengenalan Pola Huruf Hijaiyah Khat Kufi Dengan Metode Deteksi Tepi Sobel Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*, *Jurnal Teknik Informatika*, No. 1, Vol. 11, 37–46, <https://doi.org/10.15408/jti.v11i1.6262>.
- [10] Agmalaro, M. A., Kustiyo, A., & Akbar, A. R, 2013, *Identifikasi Tanaman Buah Tropika Berdasarkan Tekstur Permukaan Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan*, *Jurnal Ilmu Komputer Dan Agri-Informatika*, No. 2, Vol.2, 73, <https://doi.org/10.29244/jika.2.2.73-82>.
- [11] Zubair, S., & Solichin, A, 2017, *Pengenalan Karakter Sandi Rumput Pramuka Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation*, *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia*, No. 9, Vol. 3, 1–6.
- [12] Fathia, S, 2013, *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Pengenalan Tulisan Tangan Huruf Korea (Hangul) Menggunakan Metode Propagasi Balik*, *Journal of Chemical Information and Modeling*, No. 9, Vol. 53, 1689–1699.
- [13] Effendi, M., Fitriyah, F., & Effendi, U, 2017, *Identifikasi Jenis dan Mutu Teh Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan*, *Jurnal Teknotan*, No. 2, Vol. 11, 67, <https://doi.org/10.24198/jt.vol11n2.7>.