

## SELEKSI FITUR MENGGUNAKAN HYBRID BINARY GREY WOLF OPTIMIZER UNTUK KLASIFIKASI HADIST TEKS ARAB

M. Bahrul Subkhi<sup>\*1</sup>, Chastine Fatichah<sup>2</sup>, Agus Zaenal Arifin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Email: <sup>1</sup>bahruls27@gmail.com, <sup>2</sup>chastine@cs.its.ac.id, <sup>3</sup>agusza@cs.its.ac.id  
<sup>\*</sup>Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 01 Mei 2022, diterima untuk diterbitkan: 04 Oktober 2023)

### Abstrak

Seleksi fitur pada teks Arab merupakan tugas yang menantang karena sifat Bahasa Arab yang kompleks dan kaya. Dalam klasifikasi hadist teks Arab membutuhkan seleksi fitur, karena hadist teks Arab berbeda dengan dokumen teks arab. Hadist teks Arab memiliki sanat dan matan yang menjadi pertimbangan dalam klasifikasi hadist teks arab. Penelitian ini mengusulkan metode seleksi fitur menggunakan *Hybrid Binary Grey Wolf Optimizer* untuk klasifikasi hadist teks arab. Metode HBGWO mengkombinasikan kemampuan pencarian lokal atau eksplorasi yang dimiliki BGWO, dan kemampuan pencarian di sekitar solusi terbaik atau eksploitasi yang dimiliki PSO. Data set yang digunakan berupa teks Arab diambil dari islambook.com. yang terdiri dari lima kitab yaitu Shahih Bukhari, Shahih Muslim, Sunan Ibnu Majah, Sunan Abu Dawud dan Sunan at-Tirmidzi. Pada kumpulan kitab tersebut diambil 5 kelas yaitu Tuhid, Sholat, Zakat, Puasa dan Haji berjumlah 844. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan fitur BGWOPSO dengan mencari fungsi fitness dan klasifikasi menggunakan SVM mendapatkan 84%, dapat mengungkapkan kinerja yang unggul dibandingkan dengan menggunakan klasifikasi KNN 76% dalam soal mengklasifikasikan teks hadits Arab dengan data yang tidak seimbang.

**Kata kunci:** seleksi fitur, BGWO, PSO, BGWOPSO, Hadist, Teks Arab.

## FEATURE SELECTION USING HYBRID BINARY GREY WOLF OPTIMIZER FOR ARABIC TEXT HADIST CLASSIFICATION

### Abstract

Feature selection in Arabic text is a challenging task due to the complex and rich nature of Arabic. In the classification of Arabic text hadith requires feature selection, because Arabic text hadith is different from Arabic text documents. Arabic text hadith has sanat and matan which are considered in the classification of Arabic text hadith. This study proposes a feature selection method using the Hybrid Binary Gray Wolf Optimizer for Arabic text hadith classification. The HBGWO method combines the local search or *pyg* exploration capabilities of the BGWO, and the search capabilities around the best solutions or exploits that PSO has. The data set used in the form of Arabic text is taken from islambook.com. which consists of five books, namely Sahih Bukhari, Sahih Muslim, Sunan Ibn Majah, Sunan Abu Dawud and Sunan at-Tirmidhi. In this collection of books, 5 classes were taken, namely Tuhid, Prayer, Zakat, Fasting and Hajj totaling 844. The results showed that the selection of BGWOPSO features by looking for fitness functions and classification using SVM obtained 84%, can reveal superior performance compared to using KNN classification 76% in terms of classifying Arabic hadith texts with unbalanced data.

**Keywords:** Feature Selection, BGWO, PSO, BGWOPSO, Hadist, Arabic Text.

### 1. PENDAHULUAN

Klasifikasi teks merupakan proses mengklasifikasikan teks menggunakan teknik *machine learning*. Pada umumnya sistem klasifikasi dirancang untuk menangani dokumen yang ditulis dalam bahasa Inggris, oleh karena itu belum tentu menghasilkan kinerja yang baik pada dokumen yang ditulis dalam Bahasa Arab. Sistem klasifikasi teks

Arab merupakan tugas yang menantang karena sifat Bahasa Arab yang kompleks dan kaya. Berbeda dengan Bahasa Inggris, Bahasa Arab memiliki dua puluh delapan huruf, dua jenis kelamin (feminin dan maskulin), banyak infleksi, dan ditulis dari kanan ke kiri. Dalam Bahasa Arab, kata benda berbentuk tunggal, ganda, atau jamak. Bahasa Arab memiliki

tiga kasus tata bahas yaitu nominatif, akusatif, dan genitif (Hamouda Chantar, 2019).

Pada dasarnya, untuk melakukan tugas pemrosesan dokumen dalam hal ini klasifikasi, dokumen teks biasanya diubah menjadi vektor *term-frequency* (Gerard Salton, 1988). Transformasi semacam itu menimbulkan masalah dimensi ruang fitur yang tinggi karena setiap token unik di setiap dokumen akan direpresentasikan sebagai dimensi dalam ruang fitur. Ada dua pendekatan untuk mereduksi dimensi: *feature extraction* (FE) dan *feature selection* (FS) (Li-Yeh Chuang, 2008). Kedua pendekatan tersebut bertujuan untuk mengurangi jumlah fitur dalam ruang fitur, tetapi metode FE mengurangi ruang fitur dengan menghasilkan kombinasi fitur baru, sedangkan metode FS menyertakan dan menghilangkan fitur yang disajikan dalam ruang fitur tanpa mengubahnya.

Beberapa penelitian mengusulkan algoritma *hybrid* pada seleksi fitur dengan menggabungkan kemampuan eksploitasi dan kemampuan eksplorasi antar algoritma. Seperti penelitian (Narinder Singh, 2017) meningkatkan kinerja *Grey Wolf Optimizer* (GWO) (Seyedali Mirjalili, 2014) dengan mengkombinasikan *Particle Swarm Optimization* (PSO) (J. Kennedy, 1995). Peningkatan kinerja dengan menggunakan kemampuan eksploitasi pada PSO dan kemampuan eksplorasi pada GWO untuk mengungguli algoritma PSO dan GWO secara signifikan dalam hal kualitas solusi, stabilitas solusi, kecepatan konvergensi, dan kemampuan untuk menemukan global optimal.

Tujuan utama penelitian (Narinder Singh, 2017) adalah menggunakan eksploitasi pada PSO dan eksplorasi pada GWO untuk memecahkan masalah optimasi. Penelitian (Qasem Al-Tashi, 2019) menggunakan operator yang sesuai untuk menyelesaikan masalah biner dengan memadukan BGWO (Hamouda Chantar, 2019) dan GWOPSO (Narinder Singh, 2017) menghasilkan Binary PSOGWO (BGWOPSO). Hasil eksperimen BGWOPSO yang diusulkan lebih baik dari metode lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hamouda Chantar, 2019) mengusulkan *Binary Grey Wolf Optimizer* (BGWO) sebagai teknik seleksi fitur berbasis *Wrapper* dalam klasifikasi teks Arab yang memiliki dimensi tinggi dan permasalahan dalam mengidentifikasi fitur yang paling relevan. BGWO digunakan pada tahap pemilihan subset fitur yang optimal, sedangkan *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbor* (KNN), *Naïve Bayes* (NB), dan *Support Vector Machine* (SVM) digunakan dalam tahap evaluasi untuk menilai kualitas subset fitur yang dipilih. Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknik seleksi fitur yang diusulkan dengan skema *elite-based crossover* dapat mencapai kinerja yang unggul pada masalah klasifikasi teks Bahasa Arab. Seleksi Fitur yang dihasilkan BGWO dalam klasifikasi teks Arab memberikan kinerja yang baik

dalam kualitas solusi. Namun, dalam seleksi fitur yang dilakukan oleh (Hamouda Chantar, 2019) merupakan teks arab, hal tersebut berbeda dengan dokumen hadist teks arab memiliki sanat dan matan yang menjadi pertimbangan dalam dokumen dan sering dipakai dalam penguatan dokumen.

Penelitian ini mengusulkan metode seleksi fitur menggunakan *hybrid binary grey wolf optimizer* untuk klasifikasi hadist teks arab. Dengan kemampuan pemilihan subset fitur dan meminimkan jumlah fitur dalam klasifikasi yang dimiliki BGWO. Kemudian untuk mendapatkan kekuatan dalam pencarian lokal atau eksploitasi pada BGWO, dengan menggunakan kemampuan kecerdasan individu dan mencari ruang pencarian di sekitar solusi terbaik yang dimiliki PSO. Dengan *hybrid* antara BGWO dengan PSO untuk seleksi fitur dalam meningkatkan kinerja klasifikasi hadist teks arab yang lebih optimal. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pertimbangan kepada penelitian selanjutnya untuk menyelesaikan permasalahan seleksi fitur pada kumpulan hadist teks arab. Selain itu penelitian ini dapat memberikan pertimbangan kepada pengembang untuk mempercepat komputasinya dalam klasifikasi hadist teks arab.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Hybrid Binary Grey Wolf Optimization (BGWO) dan PSO

Untuk meningkatkan kekuatan kedua varian antara kemampuan eksploitasi dengan kemampuan eksplorasi, yang dilakukan oleh (Narinder Singh, 2017) menggabungkan *Grey Wolf Optimization* (GWO) untuk kemampuan eksplorasi dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk kemampuan eksplorasi. Penelitian yang dilakukan tersebut menghasilkan hasil yang signifikan, yang menjadikan (Qasem Al-Tashi, 2019) untuk melakukan penelitian versi binernya. Agen dapat bergerak di sekitar ruang pencarian terus menerus dalam PSOGWO asli (N. Singh, 2017) karena mereka memiliki vektor posisi dengan domain nyata yang kontinu.

Menurut (E. Emary, 2016) mekanisme pemutakhiran serigala merupakan fungsi dari tiga posisi vektor yaitu  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  yang mempromosikan setiap serigala ke tiga solusi terbaik pertama. Agar agen bekerja dalam ruang biner, pemutakhiran posisi dapat dimodifikasi menjadi persamaan berikut (E. Emary, 2016).

$$(x_d^{t+1}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{sigmoid} \left\{ \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \right\} \geq \text{rand} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Di mana  $x_d^{t+1}$  adalah posisi pembaruan biner pada iterasi  $t$  dalam  $d$  dimensi  $d$ ,  $\text{rand}$  adalah bilangan acak yang diambil dari distribusi seragam  $\in [1,0]$ , dan  $\text{sigmoid}$  ( $a$ ) dilambangkan sebagai berikut:

$$\text{sigmoid}(a) = \frac{1}{1+e^{-10(x-0.5)}} \quad (2)$$

$x_1, x_2, x_3$  diperbarui dan dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$(x_1^d) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_a^d + bstep_a^d) > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$(x_2^d) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_\beta^d + bstep_\beta^d) > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$(x_3^d) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_\delta^d + bstep_\delta^d) > 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Di mana  $x_{a,\beta,\delta}^d$  vektor posisi dari alpha, beta, delta  $\alpha, \beta, \delta$  serigala dalam dimensi  $d$ , dan  $bstep_{a,\beta,\delta}^d$  merupakan langkah biner pada dimensi  $d$   $\alpha, \beta, \delta$ , yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$(bstep_{a,\beta,\delta}^d) = \begin{cases} 1 & \text{if } bstep_{a,\beta,\delta}^d \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

Dengan rand nilai acak yang diturunkan dari distribusi seragam  $\in [1,0]$ ,  $d$  menunjukkan dimensi, dan  $cstepd$  adalah nilai kontinu  $bstep_{a,\beta,\delta}^d$ . Komponen ini dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$(bstep_{a,\beta,\delta}^d) = \frac{1}{1 + e^{-10(A_1^d D_{a,\beta,\delta}^d - 0.5)}} \quad (5)$$

Dalam BGWOPSO, dan berdasarkan tiga posisi solusi terbaik yang diperbarui pada (3), eksplorasi dan eksploitasi dikendalikan oleh bobot konstan inersia yang secara matematis dimodelkan sebagai berikut (N. Singh, 2017):

$$\begin{aligned} \vec{D}_a &= |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_a - w * \vec{X}|, \\ \vec{D}_\beta &= |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - w * \vec{X}|, \\ \vec{D}_\delta &= |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - w * \vec{X}|, \end{aligned} \quad (6)$$

Dengan demikian, kecepatan dan posisi telah diperbarui sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v_i^{k+1} &= w * (v_i^k + c_1 r_1 (x_1 + x_i^k) \\ &+ c_2 r_2 (x_2 + x_i^k) + c_3 r_3 (x_3 + x_i^k)) \end{aligned} \quad (7)$$

Perhatikan bahwa dalam (7) tiga solusi terbaik  $x_1, x_2, x_3$  diperbarui menurut (3)

$$x_i^{k+1} = x_a^{t+1} + v_i^{k+1} \quad (8)$$

Di mana  $x_a^{t+1}$  dan  $v_i^{k+1}$  saya dihitung berdasarkan Persamaan (1) dan Persamaan (8) masing-masing.

Berikut dibawah ini Psedocode Binary Grey Wolf Optimization dengan Particle Swarm Optimization (BGWOPSO).

## 2.2. Fitness Function

Kombinasi fitur terbaik adalah kombinasi dengan kinerja klasifikasi maksimum dan jumlah minimum fitur yang dipilih (E. Emary, 2016). Metode K- *Nearest Neighbor* (KNN) (Li-YehChuang, 2008) adalah metode yang sederhana dan mudah untuk diimplementasikan, serta pengklasifikasi yang sangat umum. KNN digunakan sebagai klasifikasi untuk memastikan kebaikan dari fitur yang dipilih (E. Emary, 2016). Dengan demikian, kebaikan suatu subset ditentukan berdasarkan dua kriteria utama yaitu jumlah fitur yang dipilih dalam subset, dan *error rate* dari KNN yang diperoleh dengan menggunakan subset fitur yang dipilih dari *data training* dengan algoritma BGWO. Semakin rendah tingkat kesalahan (*error rate*) dan jumlah minimal fitur yang dipilih, semakin baik subset fitur tersebut. *Fitness function* yang digunakan dalam BGWO untuk mengevaluasi posisi individu *grey wolf* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan

$$\text{Fitness} = \alpha E_R(D) + \beta \frac{|R|}{|C|} \quad (9)$$

Di mana  $E_R(D)$  adalah *error rate* dari KNN,  $R$  adalah panjang subset fitur yang dipilih, dan  $C$  adalah jumlah total fitur.  $\alpha \in [0,1]$  dan  $\beta = 1 - \alpha$  adalah konstanta untuk mengontrol pentingnya akurasi klasifikasi dan pengurangan fitur.

*Binary grey wolf optimizer* digunakan sebagai metode pencarian yang dapat secara adaptif mencari ruang fitur untuk memaksimalkan kriteria evaluasi fitur seperti yang ditunjukkan pada persamaan (9). Dimensi tunggal dalam ruang pencarian merepresentasikan fitur individu dan karenanya posisi *wolf* merepresentasikan kombinasi fitur.

## 3. PERANCANGAN SISTEM

Proses klasifikasi pada teks memiliki tiga tahap: preprocessing, seleksi fitur dan konstruksi model klasifikasi teks menggunakan pengklasifikasi machine learning pada data training. Data test terpisah diterapkan untuk menilai kinerja klasifikasi teks yang diperoleh. Pada gambar menunjukkan flowchart proses klasifikasi teks pada penelitian ini.

### 3.1. Tahap Klasifikasi

Pada tahap preprocessing, prosedur tokenization diterapkan untuk membuang istilah yang tidak berguna seperti diakritik, tanda baca, dan angka. Selain itu, kata-kata seperti stopword dan kata-kata langka yang sering muncul dalam dokumen teks dan tidak memiliki informasi yang membantu dalam

pembedaan antar kelas teks juga dibuang. Satu set kata-kata yang sangat informatif dipertahankan untuk digunakan untuk mewakili teks sebagai vektor fitur.

Tahap kedua dari tugas klasifikasi teks adalah proses seleksi fitur. Dalam klasifikasi teks, tujuan pemilihan fitur adalah untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi komputasi pengklasifikasi teks dengan menghilangkan fitur yang tidak relevan dan berisik.

Tahap terakhir dari proses klasifikasi teks adalah membangun pengklasifikasi teks pada data pelatihan menggunakan subset optimal dari fitur yang dipilih oleh pendekatan seleksi fitur yang diterapkan, seperti Pendekatan BGWO dan kemudian mengevaluasi akurasi klasifikasinya pada data uji yang terpisah.

yang terdiri dari lima kitab yaitu Shahih Bukhari, Shahih Muslim, Sunan Ibnu Majah, Sunan Abu Dawud dan Suann at-Tirmidzi. Pada kumpulan kitab tersebut diambil 5 kelas yaitu Tuhid, Sholat, Zakat, Puasa dan Haji, detail jumlah data terdapat pada tabel.

Tabel 1. Dataset (training dan test)

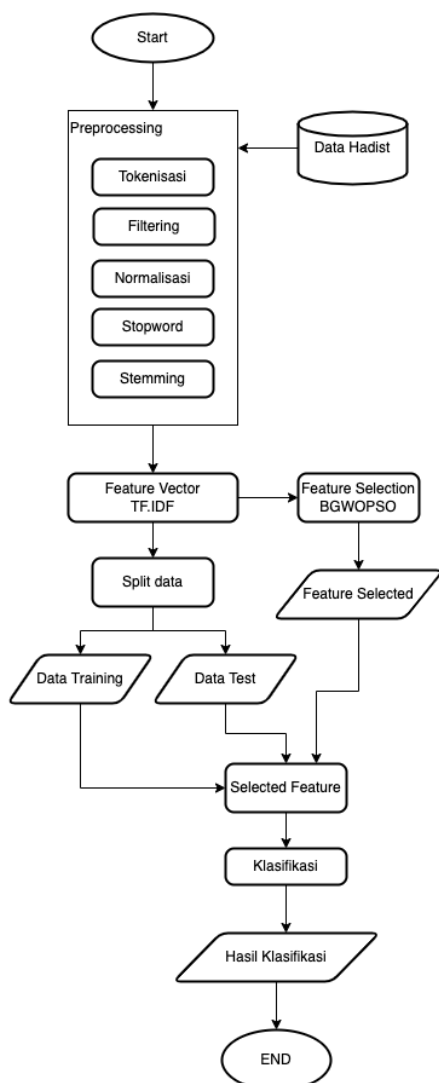
No	Kelas	Jumlah	Training	Test
1	Tauhid	236	165	71
2	Sholat	111	78	33
3	Zakat	155	108	47
4	Puasa	109	76	33
5	Haji	233	163	70
	Total	844	290	254

#### 4. HASIL DAN ANALISIS

Bagian ini memaparkan hasil yang diperoleh dan analisis dari penelitian yang dilakukan. Dengan menggunakan parameter setting pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter Setting

Parameter	value
K parameter for KNN classifier	5
Number of iterations	100
Parameter $\alpha$	0.99
inertia weight in PSO	0.9
acceleration factor c1 & c2	2
number of particles	10



Gambar 1. Flowchart Proses Klasifikasi.

### 3.2. Dataset

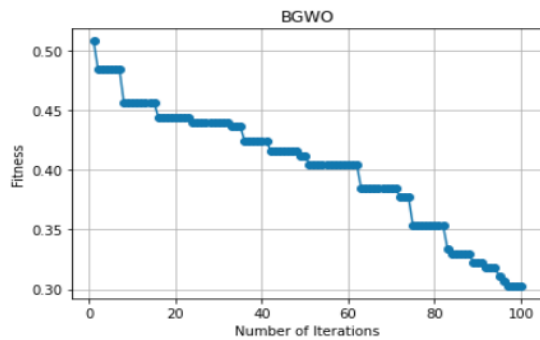
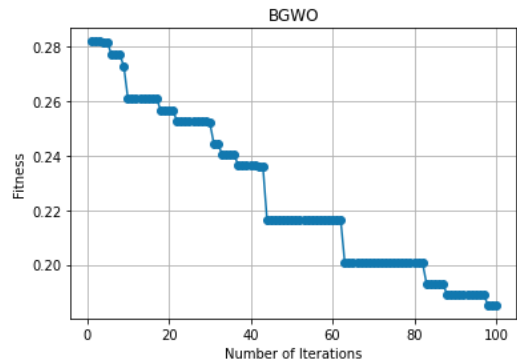
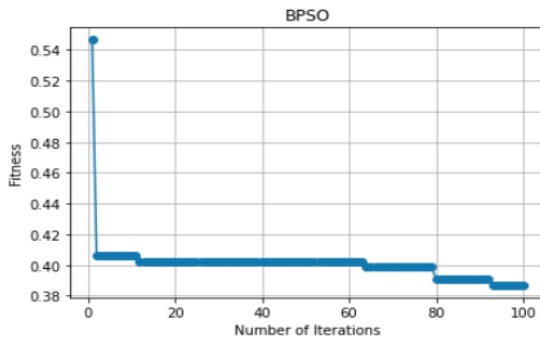
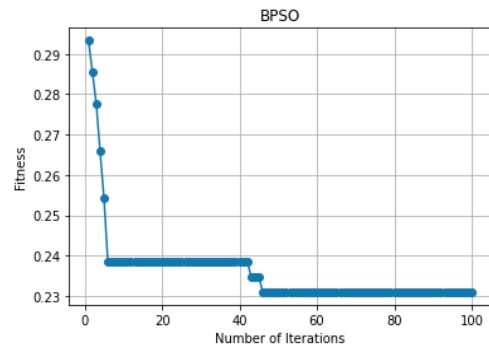
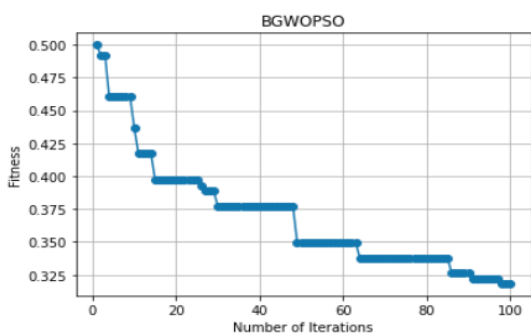
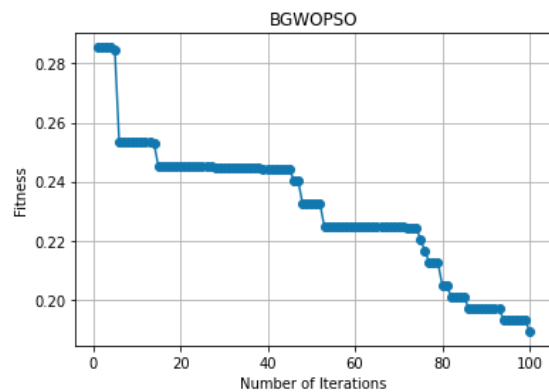
Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hadist yang diambil dari islambook.com.

Tabel 3. *Fitness Function* dengan KNN

Seleksi Fitur	Fitness Function (KNN)		
	KNN(n=5)	SVC(C=1.0)	SVC(C=10)
Tanpa seleksi fitur	64.1732283464567	71.25984251968500	75.98425196850390
BGWO	69.68503937007870	69.68503937007870	73.62204724409440
BPSO	61.417322834645600	66.53543307086610	72.04724409448810
BGWOPSO	61.417322834645674	71.25984251968504	<b>76.37795275590551</b>

Tabel 4. *Fitness Function* dengan SVM

Seleksi Fitur	Fitness Function (SVM C=0.1)		
	KNN(n=5)	SVC(C=1.0)	SVC(C=10)
Tanpa seleksi fitur	64.1732283464567	72.04724409448819	77.55905511811024
BGWO	55.90551181102362	81.49606299212599	73.22834645669292
BPSO	49.21259842519685	77.16535433070865	79.52755905511812
BGWOPSO	37.79527559055118	<b>84.64566929133859</b>	77.95275590551181

Gambar 2. Seleksi Fitur dengan BGWO Menggunakan *Fitness Function* (KNN n=5)Gambar 5. Seleksi Fitur dengan BGWO Menggunakan *Fitness Function* (SVM C=0.1)Gambar 3. Seleksi Fitur dengan BPSO Menggunakan *Fitness Function* (KNN n=5)Gambar 6. Seleksi Fitur dengan BPSO Menggunakan *Fitness Function* (SVM C=0.1)Gambar 4. Seleksi Fitur dengan BGWOPSO Menggunakan *Fitness Function* (KNN n=5)Gambar 7. Seleksi Fitur dengan BGWO Menggunakan *Fitness Function* (SVM C=0.1)

Hasil Seleksi Fitur dengan memanfaatkan kemampuan pemilihan subset fitur dan meminimalkan jumlah fitur dalam klasifikasi yang dimiliki BGWO. Kemudian, untuk mendapatkan kekuatan dalam pencarian lokal atau eksploitasi pada BGWO, menggunakan kemampuan kecerdasan individu dan mencari ruang pencarian di sekitar solusi terbaik yang dimiliki oleh PSO. Terlihat pada gambar 4 dan gambar 7, mendapatkan nilai *fitness function* menurun secara gradual atau perlahan dan stabil linear membuktikan kinerja BGWOPSO bekerja sesuai kemampuan dalam pencarian lokal dan pencarian disekitar solusi terbaik.

Pada gambar 3 dan gambar 6 nilai *fitness function* pada seleksi fitur BPSO menurun drastis, namun dengan nilai tertentu nilainya tetap. Berbeda dengan nilai *fitness function* pada seleksi fitur BGWO cukup stabil, dengan waktu lebih cepat dari pada BGWOPSO sesuai pada tabel 4.

Waktu yang ditunjukkan tabel 4, BGWOPSO membutuhkan sedikit lebih lama daripada seleksi fitur lainnya, karena mempertimbangkan fitur disekitar solusi terbaik yang dimiliki PSO.

Dapat dilihat tabel 4 dan tabel 5, feature size BGWOPSO pada lebih banyak dari pada BGWO, serta feature size pada BPSO paling banyak. Hasil feature size pada BGWOPSO membuktikan kemampuan kecerdasan individu dan mencari ruang pencarian di sekitar solusi terbaik yang dimiliki PSO.

Tabel 4. waktu dan jumlah hasil seleksi fitur (KNN)

<i>Fitness Function (KNN)</i>		
Seleksi Fitur	Waktu	Feature Size
BGWO	45 detik	751
BPSO	39 detik	1423
BGWOPSO	54 detik	772

Tabel 5 waktu dan jumlah hasil seleksi fitur (SVM)

<i>Fitness Function (SVM C=0.1)</i>		
Seleksi Fitur	Waktu	Feature Size
BGWO	02 menit 10 detik	586
BPSO	03 menit 19 detik	1424
BGWOPSO	02 menit 35 detik	615

Singkatnya, semua hasil simulasi menyatakan bahwa algoritma seleksi fitur BGWOPSO sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi BGWO dan PSO dalam hal kualitas hasil pada klasifikasi Hadist teks Arab.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini mengusulkan metode seleksi fitur menggunakan Hybrid Binary Grey Wolf Optimizer untuk klasifikasi hadist teks arab. Dengan kemampuan pemilihan subset fitur dan meminimalkan jumlah fitur dalam klasifikasi yang dimiliki BGWO. Kemudian untuk mendapatkan kekuatan dalam pencarian lokal atau eksploitasi pada BGWO, dengan

menggunakan kemampuan kecerdasan individu dan mencari ruang pencarian di sekitar solusi terbaik yang dimiliki PSO. Hasil dari proses seleksi fitur BGWOPSO yang menggunakan *fitness function* memakai klasifikasi KKN dan dibandingkan dengan klasifikasi SVM. Untuk tujuan ini, tiga set data Arab diambil dari islambook.com. yang terdiri dari lima kitab yaitu Shahih Bukhari, Shahih Muslim, Sunan Ibnu Majah, Sunan Abu Dawud dan Suann at-Tirmidzi. Pada kumpulan kitab tersebut diambil 5 kelas yaitu Tuhid, Sholat, Zakat, Puasa dan Haji berjumlah 844. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seleksi fitur BGWOPSO dengan pencarian *fitness function* dan klasifikasi memakai SVM, dapat mengungkapkan kinerja yang unggul pada masalah klasifikasi teks hadist Arab dengan data imbalance.

Dalam menggunakan seleksi fitur BGWOPSO, sangat disarankan dalam penggunaan metode klasifikasi pada penentuan *fitness function* sama dengan metode pada tahapan klasifikasi teks, serta menggunakan metode yang memiliki akurasi tertinggi dari proses tanpa seleksi fitur.

Penelitian selanjutnya *hibryd* dengan metode yang lain. Untuk mendapatkan multi-classifier baru yang efisien untuk tugas-tugas seleksi fitur pada klasifikasi teks Arab.

## DAFTAR PUSTAKA

- HAMOUDA CHANTAR, M. M., 2019. Feature selection using binary grey wolf optimizer with elite-based crossover for Arabic text classification. *Neural Computing and Applications*.
- NARINDER SINGH, S. S., 2017. Hybrid Algorithm of Particle Swarm Optimization dan Gray Wolf Optimizer untuk Meningkatkan Performa Konvergensi. *Journal of Applied Mathematics*.
- LOKESH KUMAR PANWARA, S. R., 2018. Binary Grey Wolf Optimizer for large scale unit commitment problem. *Swarm and Evolutionary Computation* 38, 251–266.
- N. SINGH, S. S., 2017. A novel hybrid GWO-SCA approach for optimization problems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 1586-1601.
- HELENA NURRAMDHANI IRMANDA, R. A., 2020. Klasifikasi Jenis Pantun dengan Metode Support Vector Machines (SVM). *JURNAL RESTI*, 915 - 922.
- CHANTAR, H. K., 2013. *New Techniques for Arabic Document Classification*. PhD: Thesis.
- E. EMARY, H. M., 2016. Binary grey wolf optimization approaches for feature selection. *Neurocomputing*, 371-381.
- R. PURUSHOTHAMAN, S. R., 2020. Hybridizing Gray Wolf Optimization (GWO) with Grasshopper Optimization Algorithm (GOA) for text feature selection and

- clustering. *Applied Soft Computing Journal*, 106651.
- MIRJALILI, S., 2016. SCA: A Sine Cosine Algorithm for solving optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 120-133.
- LI-YEHCHUANG, H.-W. C.-J.-H., 2008. Improved binary PSO for feature selection using gene expression data. *Computational Biology and Chemistry*, 29-38.
- M. ALI FAUZI, A. Z., 2017. Arabic Book Retrieval using Class and Book Index Based Term Weighting. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 3705-3711.
- ABDULLAH SAEED GHAREB, A. A., 2016. Hybrid feature selection based on enhanced genetic algorithm for text categorization. *Expert Systems with Applications*, 31-47.
- MEHAK KOHLI, S., 2018. Chaotic grey wolf optimization algorithm for constrained optimization problems. *Journal of Computational Design and Engineering*, 458-472.
- JUN YAN, B. Z., 2006. Effective and efficient dimensionality reduction for large-scale and streaming data preprocessing. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 320 - 333.
- GERARD SALTON, C. B., 1988. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. *Information Processing & Management*, 513-523.
- A.E. EIBEN, C. S., 1998. On evolutionary exploration and exploitation. *Fundamenta Informaticae*, 1-16.
- SEYEDALI MIRJALILI, S. M., 2014. Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 46-61.
- J. KENNEDY, R. E., 1995. Particle swarm optimization. *Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks*. Perth, WA, Australia: IEEE.
- MITCHELL, T., 1997. *Machine learning*. Boston: McGraw Hill.
- IRKHAM WIDHI SAPUTRO, B. W., 2019. Uji Performa Algoritma Naïve Bayes untuk Prediksi Masa Studi Mahasiswa. *CREATIVE INFORMATION TECHNOLOGY JOURNAL*, 1.
- QASEM AL-TASHI, S. J., 2019. Binary Optimization Using Hybrid Grey Wolf Optimization for Feature Selection. *IEEE*, 39496 - 39508.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*