



JURNAL IPTEK

MEDIA KOMUNIKASI TEKNOLOGI

homepage URL : ejurnal.itats.ac.id/index.php/iptek



Prediksi Angka Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) Berdasarkan Faktor Cuaca Menggunakan Metode *Extreme Learning Machine* (Studi Kasus Kecamatan Tembalang)

Anneta Shifa Ichwani¹, Helmie Arif Wibawa²

^{1,2}Departemen Ilmu Komputer/Informatika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal IPTEK – Volume 23
Nomer 1, Mei 2019

Halaman:
31–24

Tanggal Terbit :
31 Mei 2019

DOI:
10.31284/j.iptek.2019.v23i1.471

EMAIL

annetashifa@gmail.com
helmie@if.undip.ac.id

PENERBIT

LPPM- Institut Teknologi
Adhi Tama Surabaya
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal IPTEK by LPPM-ITATS is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRACT

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is an endemic disease in Indonesia. The increase in the incidence of dengue fever is caused by many factors including environmental conditions, both social, biological and physical. Tembalang Subdistrict, from 2007 to 2016, ranked first as a sub-district with the highest Incident Rate (IR) in all cities in Semarang. Appropriate handling needs to be done in anticipation of increasing the number of patients in the following years. One of the treatments that can be done is to predict the incidence of dengue fever in later times so that the government can prepare preventive measures. The prediction of the incidence of dengue fever can be done by using weather predictors, wherein this study uses three weather predictors, air temperature, humidity, and rainfall as well as the incidence of dengue fever to predict the incidence of dengue fever the next time. This study used the Extreme Learning Machine (ELM) artificial neural network to predict the incidence of dengue fever based on weather factors. The results of this study indicate that the ELM model can produce the lowest MSE test of 0.0116 and all the training time is less than 1 second.

Keywords: Artificial neural network; Dengue Hemorrhagic Fever; Extreme Learning Machine; Weather

ABSTRAK

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit endemis di Indonesia. Meningkatnya angka kejadian demam berdarah ini disebabkan oleh banyak faktor, antara lain keadaan lingkungan, baik lingkungan sosial, biologis, maupun fisik. Kecamatan Tembalang, dari tahun 2007 hingga 2016, menempati peringkat pertama sebagai kecamatan dengan *Incident Rate* (IR) DBD tertinggi sekota Semarang. Penanganan yang tepat perlu dilakukan sebagai antisipasi kenaikan angka penderita pada tahun-tahun berikutnya. Salah satu penanganan yang dapat dilakukan adalah memprediksi angka kejadian demam berdarah pada waktu-waktu berikutnya sehingga pemerintah dapat menyiapkan tindakan pencegahan. Prediksi angka kejadian demam berdarah ini dapat dilakukan dengan menggunakan prediktor cuaca. Dalam penelitian ini, digunakan tiga prediktor cuaca, yaitu suhu udara, kelembapan, dan curah hujan serta angka kejadian demam berdarah untuk memprediksi angka kejadian demam berdarah pada waktu berikutnya. Penelitian ini menggunakan jaringan saraf tiruan *Extreme Learning Machine* (ELM) untuk memprediksi angka kejadian demam berdarah berdasarkan faktor cuaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ELM dapat menghasilkan MSE pengujian terendah sebesar 0,0116 dan waktu pelatihan kurang dari 1 detik.

Kata kunci: Cuaca; Demam Berdarah Dengue; *Extreme Learning Machine*; Jaringan saraf tiruan

PENDAHULUAN

Dengue Fever (DF) serta komplikasinya yaitu *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF) dan *Dengue Shock Syndrome* (DSS) telah menjadi masalah serius di bidang kesehatan masyarakat internasional [1]. Demam Berdarah Dengue (DBD) atau DHF adalah penyakit yang disebabkan oleh virus Dengue famili *Flaviviridae*, dengan genusnya adalah *flavivirus* yang ditularkan ke tubuh manusia melalui nyamuk *Aedes aegypti* yang terinfeksi. Demam berdarah adalah salah satu penyakit menular yang ditandai demam mendadak, pendarahan, baik di kulit maupun di bagian tubuh lainnya serta dapat menimbulkan syok dan kematian [2]. Dinas Kesehatan Kota Semarang mencatat bahwa Kecamatan Tembalang hampir setiap tahunnya menempati peringkat tertinggi sebagai kecamatan dengan *Incident Rate* (IR) DBD tertinggi sekota Semarang. Tercatat pada tahun 2006, Kecamatan Tembalang menempati peringkat ketiga. Pada tahun 2007 hingga 2016, Kecamatan Tembalang menempati peringkat pertama sebagai Kecamatan dengan IR DBD tertinggi sekota Semarang.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menekan angka kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah dengan melakukan prediksi terhadap angka penderita sehingga nantinya pemerintah dapat menetapkan kebijakan pencegahan agar penderita DBD tidak terus meningkat setiap tahunnya. Prediksi atau peramalan kejadian demam berdarah ini dapat dilakukan dengan menggunakan unsur iklim karena seperti yang telah disebutkan sebelumnya. DBD sendiri disebabkan oleh nyamuk yang pertumbuhannya secara langsung dipengaruhi oleh iklim dan cuaca [3]. Di era sekarang, era teknologi yang berkembang dengan pesat, prediksi bukan lagi hal yang sulit untuk dilakukan. Salah satu cara untuk melakukan prediksi adalah dengan menggunakan jaringan saraf tiruan yang dapat diaplikasikan menggunakan komputer. Kelebihan jaringan syaraf tiruan ini adalah pada *control area*, prediksi, dan pengenalan pola serta kemampuan dalam menghasilkan *output* yang mampu mendekati nilai sebenarnya [4].

Salah satu model yang terdapat dalam jaringan saraf tiruan adalah Extreme Learning Machine. Model ini merupakan model pembelajaran baru yang diperkenalkan oleh [5]. Extreme Learning Machine atau yang biasa disingkat ELM merupakan jaringan tiruan *feedforward* dengan *single hidden layer feedforward neural network* (SLFNs) [5]. Model ELM dibuat untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang dimiliki oleh jaringan saraf tiruan, terutama dalam hal *learning speed*. ELM memiliki *learning speed* yang cepat karena parameter-parameter yang digunakan pada ELM seperti *input weight* dan *hidden bias* dipilih secara *random* sehingga pada akhirnya ELM juga dapat menghasilkan *good generalization performance*.

Penelitian sebelumnya tentang prediksi menggunakan ELM pernah dilakukan oleh [6]. Dalam penelitian tersebut, penulis membandingkan beberapa metode, di antaranya: ELM, *feedforward networks without feedback*, *feed forward backpropagation networks*, *radial basis function*, dan Elman Networks yang digunakan untuk memprediksi harga emas. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa ELM menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan metode lainnya dengan durasi pelatihan tersingkat [6].

Beberapa penelitian lainnya tentang prediksi menggunakan ELM di antaranya ialah penelitian untuk memprediksi kondisi cuaca di wilayah malang [7]. Dari hasil penelitian tersebut, didapatkan nilai *means square error* (MSE) sebesar 0,0646. Pada penelitian lainnya yang digunakan untuk peramalan jumlah kunjungan pasien, didapatkan hasil MSE sebesar 0,0270 [4]. Namun, sampai saat ini, belum ada model ELM untuk memprediksi angka kejadian demam berdarah.

Berdasarkan masalah dan uraian yang telah dikemukakan sebelumnya, pada penelitian ini dibahas mengenai model yang dapat melakukan prediksi angka kejadian demam berdarah berdasarkan faktor cuaca menggunakan jaringan saraf tiruan Extreme Learning Machine. Dalam penelitian ini, digunakan empat prediktor yaitu curah hujan, suhu udara, kelembapan, dan angka penderita.

TINJAUAN PUSTAKA

Demam Berdarah

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit infeksi yang disebabkan oleh adanya virus. DBD ditularkan melalui nyamuk, terutama *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* yang ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Indonesia sendiri merupakan negara tropis. DBD merupakan penyakit endemik yang dapat muncul sepanjang tahun, terutama saat musim hujan yang merupakan kondisi paling optimal untuk nyamuk berkembang biak [8].

Pada umumnya, penderita DBD akan mengalami fase demam selama 2 hingga 7 hari. Pada fase pertama, yaitu hari pertama hingga hari ketiga, penderita akan merasakan demam yang cukup tinggi sampai 40°C. Kemudian pada fase kedua, penderita akan mengalami fase kritis yang terjadi pada hari keempat hingga hari kelima. Pada fase ini penderita akan mengalami turunnya demam hingga 37°C dan penderita merasa dapat melakukan aktivitas normal seperti sebelumnya. Namun, justru fase inilah yang merupakan fase kritis. Penderita seharusnya segera mendapatkan pengobatan, jika pada fase ini penderita tidak segera mendapatkan pengobatan yang akurat, dapat terjadi kesalahan fatal, yaitu penderita dapat mengalami penurunan trombosit secara drastis akibat pecahnya pembuluh darah. Di fase ketiga yang berlangsung pada hari keenam hingga hari ketujuh, penderita akan merasakan demam kembali. Fase ini dinamakan fase pemulihan. Pada fase inilah trombosit perlahan naik dan akhirnya menjadi normal kembali [9].

Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan atau yang biasa disingkat JST merupakan model tiruan dari cara kerja pembelajaran otak manusia yang digambarkan ke dalam suatu program komputer. JST ini diharapkan dapat berpikir layaknya manusia dalam menyimpulkan sesuatu yang berasal dari potongan-potongan informasi yang diterima [10]. Jaringan saraf tiruan dikembangkan berdasarkan model matematis dengan mengansumsikan neuron-neuron yang saling berhubungan melalui sinyal-sinyal dan setiap neuron yang saling berhubungan tersebut mempunyai bobotnya masing-masing. Bobot-bobot ini berguna untuk mengalihkan sinyal yang ditransmisikan. Tiap neuron ini juga memiliki fungsi aktivasi yang digunakan untuk menentukan besaran keluaran.

Jaringan saraf tiruan dapat dibagi menjadi 3 bagian [11] yaitu:

1. Lapisan Input (*Input Layer*)
Node-node di dalam lapisan input disebut unit-unit input. Unit input inilah yang akan menerima input dari luar.
2. Lapisan Tersembunyi (*Hidden Layer*)
Node-node di dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi.
3. Lapisan Output (*Output Layer*)
Node-node di dalam lapisan *output* disebut unit-unit *output*. *Output* dari lapisan ini merupakan hasil keluaran jaringan saraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

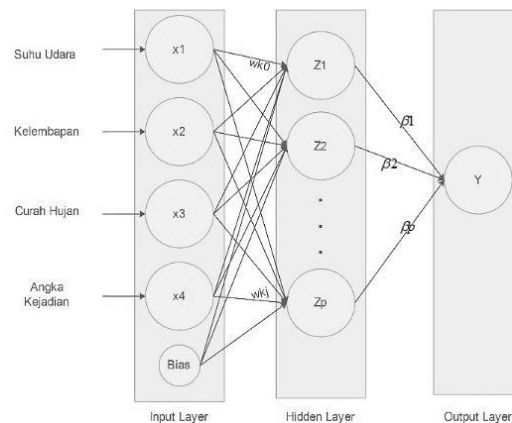
METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data cuaca dan data penderita demam berdarah di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Data-data tersebut diperoleh dari beberapa instansi yang berbeda. Untuk data curah hujan, diperoleh melalui data yang tersedia di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang [12], sedangkan data suhu udara dan kelembapan diperoleh dari *website* www.wunderground.com [13] dan *website* www.ncdc.noaa.gov [10]. Untuk data terakhir, yaitu data penderita demam berdarah per bulan, diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Semarang. Data tersebut berjumlah 132 data yang berasal dari data per bulan yang dimulai pada tahun 2006 hingga tahun 2016.

Setelah data terkumpul maka tahap selanjutnya adalah melakukan *mapping* data. Pada tahap *mapping* data, dilakukan pemetaan unit masukan dan unit keluaran sehingga data dapat diproses menggunakan arsitektur Extreme Learning Machine (ELM). Data cuaca yang terdiri atas suhu udara, kelembapan, dan curah hujan serta data penderita demam berdarah akan digunakan

sebagai unit masukan, sedangkan jumlah penderita demam berdarah pada satu bulan berikutnya dijadikan sebagai unit keluaran atau target.

Dari data-data yang telah terkumpul dan telah di-*mapping* maka dapat dibentuk arsitektur jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk memprediksi penderita DBD satu bulan ke depan. Bentuk dari arsitektur jaringan ELM ini adalah dengan menggunakan tiga *layer*. Dimana *layer* yang pertama adalah *input layer*, yang terdiri atas satu bias dan 4 *input neuron*. *Layer* yang kedua adalah *hidden layer*, yang terdiri atas satu bias dan *hidden neuron* sebanyak p . Kemudian, yang terakhir adalah *layer* ketiga, yaitu *output layer*, yang terdiri atas satu *output neuron*. Jumlah neuron pada *hidden layer* merupakan variabel yang dapat diubah. Data masukannya adalah berupa data cuaca dan angka penderita DBD dengan pola input data x_1, x_2, x_3, x_4 . *Output* yang dihasilkan berupa nilai y yang merupakan hasil angka kejadian DBD pada bulan berikutnya. Arsitektur dari model ELM yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Model ELM untuk Memprediksi Angka Kejadian DBD

Sebelum dilakukan proses pelatihan serta pengujian dengan model ELM, data yang digunakan pada penelitian ini terlebih dahulu dinormalisasi dengan rentang 0,1 hingga 0,9. Alasan penggunaan rentang ini dikarenakan fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi aktivasi Sigmoid yang tidak pernah mencapai 0 ataupun 1. Fungsi aktivasi Sigmoid ini disebut juga fungsi asimtotik [11]. Persamaan yang digunakan untuk normalisasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$X' = \frac{0.8 \times (X - a)}{b - a} + 0.1 \quad \dots (1)$$

dengan

- X' = data yang telah dinormalisasi
- X = data yang belum dinormalisasi
- a = data terkecil
- b = data terbesar

Dengan data yang telah dinormalisasikan tersebut maka data telah siap melalui proses pelatihan dan pengujian. Pelatihan ELM dimulai dengan menghitung nilai H . Nilai H didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [5] [12].

$$H_{ij} = g(\sum_{i=1}^n x_i w_{ji}^T + b_i) \quad \dots (2)$$

Dalam hal ini, x merupakan input, w merupakan bobot input menuju *hidden neuron*, sedangkan b merupakan bias. Setelah mendapatkan H , akan dilakukan penghitungan matriks Moore-Penrose yang didapat dari perkalian matriks *inverse* dan *transpose* keluaran *hidden layer* dengan persamaan sebagai berikut.

$$H^+ = (H^T H)^{-1} H^T \quad \dots (3)$$

dengan

- H^+ = Matriks Moore-Penrose
- H^T = Matriks *transpose* dari H
- H = Matriks keluaran *hidden layer*

Kemudian, akan dihitung bobot *output* (β). Bobot *output* ini dihasilkan dari perkalian matriks Penrose *hidden layer* dan *output layer* dengan persamaan sebagai berikut.

$$\beta = H^+T \quad \dots (4)$$

Langkah terakhir dari proses pelatihan ELM yaitu menghitung nilai prediksi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Y = \sum_{j=1}^m H\beta_j \quad \dots (5)$$

Pada akhir proses pelatihan, didapatkan besaran bobot input menuju *hidden layer* serta bobot *output*. Bobot ini selanjutnya akan digunakan dalam proses pengujian.

Proses pengujian dengan model ELM ini memiliki persamaan yang sama dengan proses pelatihan. Berikut ini adalah cara kerja pengujian dari model ELM.

1. Inisialisasi variabel-variabel yang diperlukan. Nilai dari bobot input dan bobot *output* diambil dari hasil tahapan training.
2. Menghitung matriks *output hidden layer* dengan menggunakan Persamaan (2).
3. Menghitung nilai Y dengan menggunakan Persamaan (5).

Di akhir proses pelatihan dan pengujian, dilakukan perhitungan akurasi. Dalam penelitian ini, pengukuran akurasi dilakukan dengan menggunakan Mean Square Error (MSE). Perhitungan MSE digunakan untuk mengukur apakah jaringan saraf tiruan dapat melakukan proses pembelajaran dengan baik. Fungsi ini mengambil rata-rata kuadrat eror yang terjadi antara *output* jaringan dan target. MSE digunakan satu *epoch* pelatihan. Dengan menghitung seluruh pola *actual output* dari setiap pola input yang akan dihitung selisihnya dengan pola *output* yang diinginkan. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung MSE [13].

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{e_1^2}{n} \quad \dots (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan dengan model ELM ini menggunakan percobaan *n split* sebanyak 9, 10, 11, 12, dan 13 serta *hidden neuron* sebanyak 2, 3, 4, 5, dan 6. Setiap *n split* dipasangkan dengan tiap *hidden neuron* sehingga total yang dihasilkan adalah 25. Hasil lengkap pelatihan dan pengujian dengan model ELM ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. MSE Pelatihan dan Pengujian Model ELM

No.	Split	Hidden Neuron	Rata-Rata MSE Training	Rata-Rata MSE Testing	Time (s)
1	9	2	0.0113	0.0122	0.045
2	9	3	0.0123	0.0148	0.034
3	9	4	0.0102	0.0122	0.080
4	9	5	0.0115	0.0144	0.058
5	9	6	0.0101	0.0126	0.047
6	10	2	0.0106	0.0117	0.035
7	10	3	0.0113	0.0152	0.038
8	10	4	0.0097	0.0155	0.045
9	10	5	0.0105	0.0168	0.053
10	10	6	0.0091	0.0145	0.054
11	11	2	0.0104	0.0125	0.086
12	11	3	0.0113	0.0155	0.19
13	11	4	0.0094	0.0140	0.12
14	11	5	0.0106	0.0172	0.08
15	11	6	0.0091	0.0139	0.087
16	12	2	0.0107	0.0123	0.063
17	12	3	0.0116	0.0154	0.042

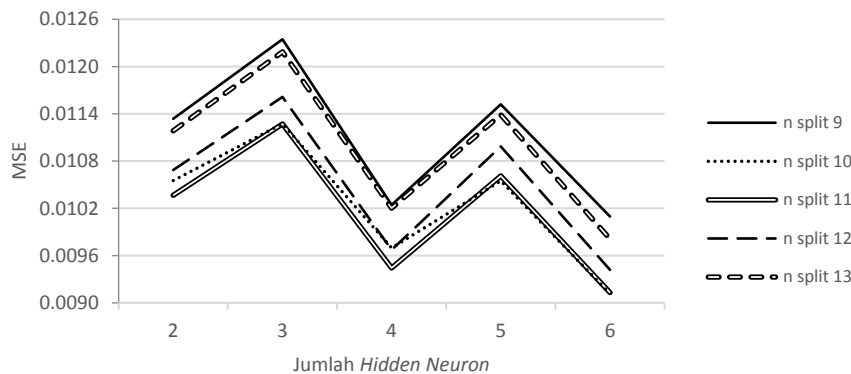
No.	Split	Hidden Neuron	Rata-Rata MSE Training	Rata-Rata MSE Testing	Time (s)
18	12	4	0.0097	0.0141	0.048
19	12	5	0.0110	0.0170	0.060
20	12	6	0.0094	0.0142	0.069
21	13	2	0.0112	0.0116	0.078
22	13	3	0.0122	0.0143	0.052
23	13	4	0.0102	0.0148	0.066
24	13	5	0.0114	0.0147	0.066
25	13	6	0.0098	0.0127	0.068

Keterangan:

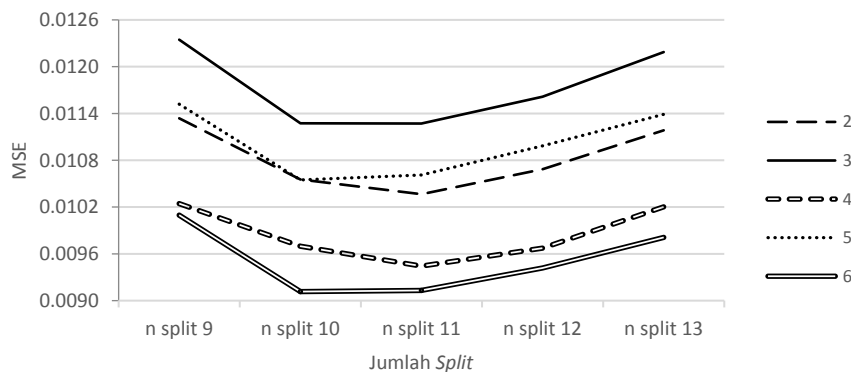
■ : Hasil MSE terkecil pada fase pelatihan dan pengujian

■ : Waktu eksekusi tercepat

Dari Tabel 1 tersebut didapatkan 2 grafik, yaitu grafik hasil pelatihan dan pengujian. Dari kedua grafik ini dapat dilihat pengaruh nilai *hidden neuron* dan *n split*. Perbandingan nilai MSE dengan kombinasi *n split-hidden neuron* pada pelatihan model ELM dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3, sedangkan untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



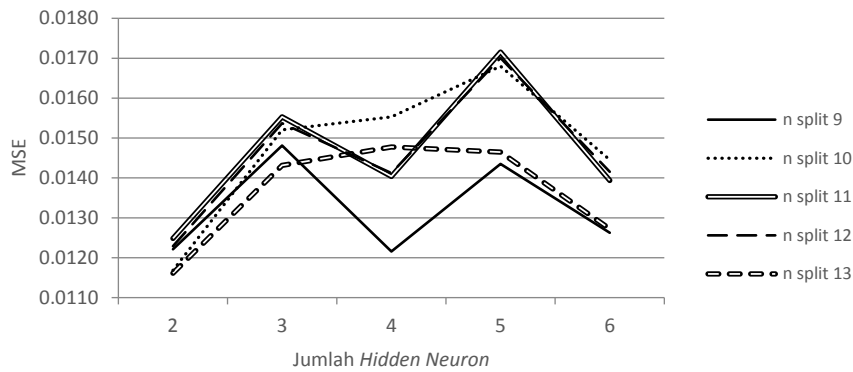
Gambar 2. Pengaruh Nilai *n Split* pada MSE Pelatihan Model ELM



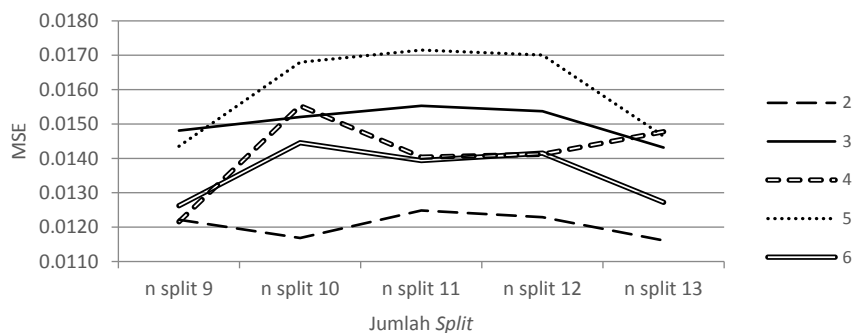
Gambar 3. Pengaruh Jumlah *Hidden Neuron* pada MSE Pelatihan Model ELM

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 tersebut, dapat dilihat bahwa jumlah *hidden neuron* 6 merupakan *hidden neuron* yang menghasilkan rata-rata MSE terkecil pada fase pelatihan, baik pada *n split* 10 dan 11 yaitu sebesar 0,0091.

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5, dapat dilihat bahwa jumlah *hidden neuron* 2 dan *n split* 13 merupakan kombinasi *hidden neuron* dan *n split* yang menghasilkan rata-rata MSE terkecil pada fase pengujian, yaitu sebesar 0,0116.



Gambar 4. Pengaruh Nilai n Split pada MSE Pengujian Model ELM



Gambar 5. Pengaruh Jumlah *Hidden Neuron* pada MSE Pengujian Model ELM

Dari proses pelatihan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa dari kedua proses tidak memiliki kesamaan pola. Pada proses pelatihan, dapat dilihat bahwa n split 10 dan 11 serta *hidden neuron* 4 dan 6 menghasilkan MSE yang paling baik dibandingkan n split dan *hidden neuron* lainnya, sedangkan dalam proses pengujian, dapat dilihat bahwa n split 9 dan 13 serta *hidden neuron* 2 menghasilkan MSE yang paling baik.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai prediksi angka kejadian demam berdarah berdasarkan faktor cuaca ini adalah:

1. Dari pelatihan dan pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa n split serta *hidden neuron* terbaik dari pelatihan tidak sama dengan hasil dari pengujian.
2. Ditinjau dari rata-rata MSE pengujian maka didapatkan hasil bahwa model ELM terbaik memiliki MSE sebesar 0,0116 pada n split 13 dan jumlah *hidden neuron* sebanyak 6 serta menghasilkan waktu pelatihan yang kurang dari 1 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. H. O. WHO, in *Comprehensive Guidelines For Prevention and Control of Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever*, 2013.
- [2] Widoyono, in *Penyakit Tropis, Epidemiologi, Penularan, Pencegahan, & Pemberantasan. Kedua.*, Jakarta, Penerbit Erlangga, 2011.
- [3] A. M. V. Dini, R. N. Fitriany and R. A. Wulandari, "FAKTOR IKLIM DAN ANGKA INSIDEN DEMAM BERDARAH DENGUE DI KABUPATEN SERANG," *Makara, Kesehatan*, vol. 14, pp. 37-45, 2010.

- [4] D. P. Fardani, E. Wuryanto and I. Werdiningsih, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PERAMALAN JUMLAH KUNJUNGAN PASIEN MENGGUNAKAN METODE EXTREME LEARNING MACHINE (STUDI KASUS : POLI GIGI RS WAHIDIN SUDIRO HUSODO MOJOKERTO)," *Journal of Information System Engineering and Business Intellegence*, vol. 1, 2015.
- [5] G. B. Huang and C. K. Siew, "Extreme Learning Machine: Theory and Applications," *Journal Neurocomputing*, vol. 70, pp. 489-501, 2006.
- [6] S. K. Chandar, M. Sumathi and S. N. Sivanadam, "Forecasting Gold Prices Based on Extreme Learning Machine," *Internation Journal of Computers Communications & Control*, pp. 372-380, 2016.
- [7] Q. Humaini, "Jaringan Syaraf Tiruan Extreme Learning Machine (ELM) Untuk Memprediksi Kondisi Cuaca Di Wilayah Malang," Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2015.
- [8] Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan, "InfoDATIN," 2016.
- [9] Kementerian Kesehatan, "Demam Berdarah Dengue (DBD)," 25 april 2017.
- [10] S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [11] D. Puspitaningrum, *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*, Yogyakarta: Andi Offshet, 2006.
- [12] BPS, "Badan Pusat Statistik Kota Semarang," [Online]. Available: <https://semarangkota.bps.go.id/dynamictable/2016/03/08/30/data-curah-hujan-di-kota-semarang-dirinci-per-bulan-1984--2015.html>. [Accessed 20 Maret 2018].
- [13] Wunderground, "Weather Underground," [Online]. Available: www.wunderground.com. [Accessed 10 Juni 2018].