

Estimasi Pola Cuaca Wilayah Pekanbaru Menggunakan Probabilistic Neural Network

Aszani¹, Mustakim²

^{1,2}Laboratorium Data Mining Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Tampan, Pekanbaru, Riau – Indonesia 28293
email: ¹aszasani@gmail.com, ²mustakim@uin-suska.ac.id,

Abstrak

Saat ini, pihak Stasiun Meteorologi Klas 1 Pekanbaru diminta dan diharapkan untuk dapat lebih intensif dalam memantau, menyediakan dan memberikan informasi prakiraan cuaca yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Karena informasi mengenai cuaca yang tepat sangatlah penting dan dibutuhkan oleh semua orang. Pemanfaatan informasi tersebut antara lain dalam membuat perencanaan dan pelaksanaan program diberbagai sektor pembangunan, pertanian, maupun kegiatan ekonomi lainnya. Disisi lain, cuaca selalu berubah sehingga melakukan prakiraan cuaca bukan hal yang mudah, kita harus mengetahui pola-pola cuaca yang terjadi. Pihak BMKG dalam melakukan pengelompokan pola menggunakan data curah hujan minimal 10 tahun terakhir sehingga diperoleh informasi mengenai pola curah hujan normal, bawah normal dan atas normal. Probabilistic Neural Network (PNN) menyediakan suatu solusi yang umum untuk permasalahan penggolongan pola dengan suatu pendekatan yang dikembangkan di dalam statistika yang disebut dengan penggolongan bayes. Oleh karena itu, PNN biasa digunakan untuk melakukan pattern classification. Dalam penelitian ini dilakukan Estimasi Pola Cuaca Wilayah Pekanbaru menggunakan metode PNN dengan data tahun 2007-2012 dan rata-rata akurasi keseluruhan dari hasil pengujian adalah sebesar 88.00%. Akurasi tertinggi terdapat pada bulan Januari, April dan Agustus yaitu sebesar 96.77%. Sedangkan akurasi terendah terdapat pada bulan November yaitu sebesar 70.00%.

Kata kunci: Cuaca, Estimasi, Pattern Classification, Probabilistic Neural Network, Stasiun Meteorologi Klas 1 Pekanbaru

Abstra ct

Currently, Meteorology Station Class 1 of Pekanbaru requested and is expected to be more intensive in monitoring, providing weather forecasts and provide information appropriate to the needs of society. Because information about the right weather is very important and needed by everyone. Utilization of such information include the planning and implementation of programs in various sectors of construction, agriculture, and other economic activities. Besides, the weather always changed so did the weather forecast is not an easy thing, we have to know the weather patterns that occur BMKG parties when the grouping pattern using rainfall data of at least the last 10 years in order to obtain information about the pattern of normal rainfall, below normal and above normal. Probabilistic Neural Network (PNN) provides a general solution for pattern classification problems with an approach developed in statistics called Bayes classification. Therefore, PNN is used to perform pattern classification. In this study, Estimates Weather Regional Pekanbaru Patterns using PNN method with data 2007-2012 and an average overall accuracy of the test results is equal to 88.00%. Accuracy is highest in January, April and August in the amount of 96.77%. While the lowest for the accuracy of November in the amount of 70.00%.

Keywords: Estimation, Meteorology Station Class 1 of Pekanbaru, Pattern Classification, Probabilistic Neural Network, Weather

1. Pendahuluan

Cuaca merupakan bagian dari keseharian manusia dan berubah-ubah. Kebutuhan akan informasi cuaca saat ini dirasakan semakin penting. Pemanfaatan informasi tersebut antara lain dalam membuat perencanaan dan pelaksanaan program diberbagai sektor pembangunan, pertanian, maupun kegiatan ekonomi lainnya. Pekanbaru adalah Ibukota Provinsi Riau, terletak

antara $101^{\circ} 14'$ – $101^{\circ}34'$ Bujur Timur dan $0^{\circ}25'$ - $0^{\circ}45'$ Lintang Utara. Kota Pekanbaru pada umumnya beiklim tropis dengan suhu udara maksimum berkisar antara $34,1^{\circ} C$ - $35,6^{\circ} C$ dan suhu minimum antara $20,2^{\circ} C$ – $23,0^{\circ} C$ [1].

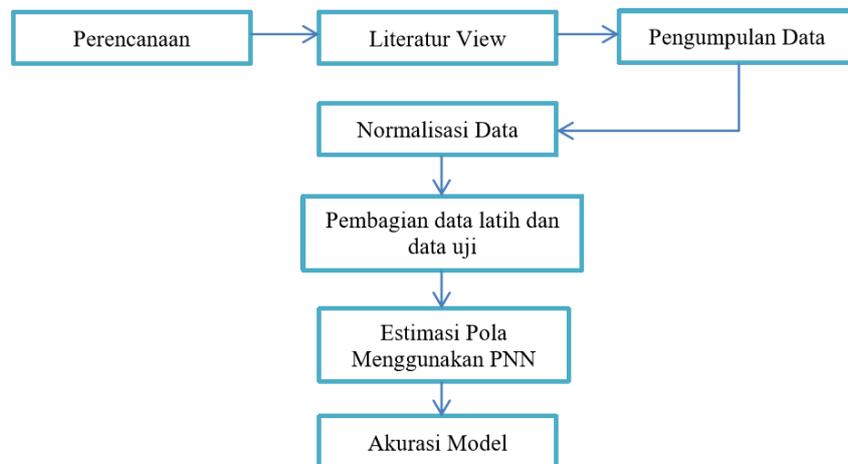
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah *Lembaga Pemerintah Non Departemen* (LPND) yang merupakan instansi pelayanan dan penyediaan informasi di bidang meteorologi, klimatologi dan geofisika. Saat ini, pihak BMKG diminta dan diharapkan untuk dapat lebih intensif dalam memantau, menyediakan dan memberikan informasi prakiraan cuaca yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Disisi lain, cuaca selalu berubah, karena itu disadari bahwa melakukan prakiraan cuaca bukan hal yang mudah. Namun demikian penelitian-penelitian dalam membuat prakiraan cuaca sudah banyak dilakukan. Beberapa penelitian mengenai prakiraan cuaca di Pekanbaru yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation sebagai prediksi curah hujan [1]. Prakiraan Cuaca di kota Pekanbaru dengan metode *K-Nearest Neighbor* [16]. Keluaran yang dihasilkan adalah membagi cuaca menjadi lima kategori yaitu cerah, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat dan hujan sangat lebat. Sementara itu, pihak BMKG dalam melakukan pengelompokan pola menggunakan data curah hujan minimal 10 tahun terakhir sehingga didapatkanlah informasi mengenai pola curah hujan normal, bawah normal dan atas normal.

Probabilistic Neural Network (PNN) menyediakan suatu solusi yang umum untuk permasalahan penggolongan pola dengan suatu pendekatan yang dikembangkan di dalam statistika yang disebut dengan penggolongan bayes [2]. Oleh karena itu, PNN biasa digunakan untuk melakukan *pattern classification*. Pada algoritma *backpropagation* dikenal sangat membantu dalam banyak aplikasi karena kesederhanaannya dalam proses pelatihan, namun jika diterapkan pada contoh kasus yang menuntut kecepatan proses, maka hal ini kurang cocok karena akan memakan waktu banyak. Sedangkan *Probabilistik Neural Network* (PNN) adalah algoritma yang mementingkan kecepatan waktu dalam pembelajaran. Kelebihan algoritma PNN adalah kemudahan yang diberikan untuk memodifikasi jaringan ketika dilakukan penambahan atau pengurangan data pelatihan yang digunakan [2]. Dapat diketahui bahwa PNN tidak didesain adanya tambahan pelatihan selama contoh yang lama masih dipresen-tasikan secara eksplisit dalam jaringan.

Oleh karena itu dipilihlah metode PNN sebagai metode penelitian untuk estimasi pola cuaca wilayah Pekanbaru. Penelitian yang dilakukan adalah mengolah data yang tersimpan selama ini pada *Database* sehingga bisa dimanfaatkan untuk memperoleh informasi guna pengambilan keputusan bagi pihak Stasiun Meteorologi Pekanbaru dalam melakukan tugasnya dan penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi algoritma PNN dalam melakukan *pattern classification*.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2.1 Data Mining

Data mining adalah suatu istilah yang digunakan untuk menguraikan penemuan pengetahuan di dalam database. Data mining adalah proses yang menggunakan teknik statistik, matematika, kecerdasan buatan dan machine learning untuk mengekstraksi mengidentifikasi informasi yang bermanfaat dan pengetahuan yang terikat dari berbagai database besar [9].

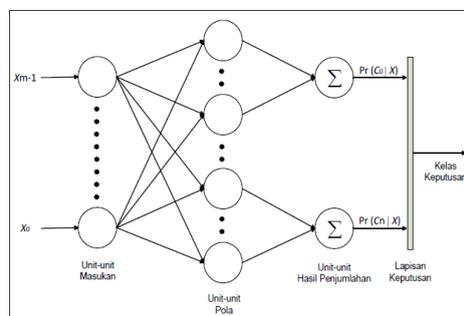
2.2 Pengenalan Pola

Secara umum pengenalan pola adalah suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur (ciri) atau sifat utama dari suatu obyek. Pola sendiri adalah suatu entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi serta diberi nama. Pola bisa merupakan kumpulan hasil pengukuran atau pemantauan dan bisa dinyatakan dalam notasi vektor atau matriks. Teknik pengenalan pola merupakan salah satu komponen penting dari mesin atau sistem cerdas yang digunakan baik untuk mengolah data maupun dalam pengambilan keputusan [11].

2.3 Probabilistic Neural Network (PNN)

Probabilistic Neural Network (PNN) dikembangkan pertama kali oleh Donald F. Specht pada tahun 1988. PNN adalah sebuah metode jaringan syaraf tiruan yang menggunakan prinsip dari teori statistik yaitu Bayesian Classification untuk menggantikan prinsip heuristik yang digunakan oleh algoritma Backpropagation [2]. Probabilistic Neural Network adalah suatu metode jaringan syaraf tiruan (neural network) yang menggunakan pelatihan (training) supervised. Jaringan syaraf tiruan probabilistik tergolong dalam pembelajaran terawasi (*supervised learning*) karena keluaran yang diharapkan telah diketahui sebelumnya dan merupakan model yang dibentuk berdasarkan penaksir fungsi peluang [11].

Arsitektur dari PNN terdiri dari 4 layer, yaitu *input layer*, *pattern layer*, *summation layer*, dan *decision layer / output layer* seperti dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Arsitektur PNN

Input layer tidak melakukan perhitungan apapun, hanya mentransfer data *input* menuju tiap *neuron* pada *pattern layer*. Tiap *neuron* pada *pattern layer* akan melakukan perhitungan probabilitas (jarak) antara *input* dengan data yang tersimpan pada *neuron pattern layer*. Selanjutnya, *summation layer* akan menerima *input* dari tiap *neuron pattern layer* dan akan menjumlahkannya sehingga akan didapat berapa kemungkinan suatu *input x* masuk ke dalam suatu kelompok t . Dan terakhir, *output layer* akan menghasilkan hasil klasifikasi berdasarkan hasil dari *summation neuron* yang memiliki nilai yang paling besar.

Misalkan terdapat n kelas, $C_0, C_1, C_2, \dots, C_{n-1}$; diasumsikan pola yang diamati adalah variabel acak x dengan m -dimensi dan fungsi padat peluang bersyarat x , bila diketahui bahwa pola tersebut berasal dari kelas C_k , dinotasikan dengan $P = (x|C_k)$. Dengan menerapkan aturan pertama dari Bayes, dapat ditulis peluang berikutnya dari variabel x pada kelas C_k sebagai :

$$\Pr(C_k|X) = \frac{p(x|C_k) \Pr(C_k)}{p(x)} \quad (1)$$

Keputusan dari masalah tersebut dapat diformulasikan dengan cara yang lebih umum untuk meminimalkan resiko yaitu dengan meminimalkan peluang. Aturan keputusan Bayes dalam kasus ini cukup sederhana untuk menentukan kelas C_k , yaitu dengan memilih yang paling besar, hal ini berarti :

$$d(x) = C_k \text{ jika } p(x|C_k) > p(x|C_i) \Pr(C_j) \quad (2)$$

Model jaringan syaraf tiruan probabilistik yang dibuat oleh Cain memperbolehkan setiap kelas memiliki parameter penghalus, σ_k , yang berbeda satu dengan yang lain dan menerapkan algoritma belajar yang baru untuk memperoleh σ_k secara otomatis. Apabila tiap kelas memiliki parameter yang memiliki fungsi peluang dapat ditulis sebagai :

$$p(x|C_k) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{m}{2}} \sigma_k^{m|C_k|}} \sum_{p_i \in C_k} \exp[-||x - w_i||^2 / (2\sigma_k^2)] \quad (3)$$

3. Analisis Dan Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisa data cuaca tahun 2007-2012 yang telah didapatkan saat melakukan kerja praktek di Stasiun Meteorologi Pekanbaru dan pengolahan estimasi pola terhadap data tersebut. Pengolahan dilakukan dengan proses memilih data input (temperatur, tekanan, kelembapan dan kecepatan angin) dengan target (curah hujan), inialisasi bobot dan estimasi pola menggunakan metode *Probabilistic Neural Network* (PNN). Analisa dan hasil dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.1. Pengumpulan Data

Unsur cuaca yang digunakan sebagai masukan adalah Temperatur, Tekanan, kelembapan dan kecepatan angin setiap bulan. Keempat variabel ini digunakan sebagai masukan karena variabel-variabel ini penyebab utama terjadinya hujan. Adapun estimasi target adalah curah hujan. Sebagai contoh disajikan 10 data dalam satu bulan pada setiap variabel dari keseluruhan data yang digunakan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 1. Data Temperatur bulan Juni

Tanggal	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	28.2500	28.2500	29.4250	28.5000	27.0500	27.1250
2	26.8000	27.6250	29.0500	28.8750	27.6250	29.2000
3	27.7500	26.6000	28.0500	29.0500	28.2000	29.0500
4	27.5500	27.0500	27.4250	28.6000	27.9750	28.9750
5	27.7000	27.3500	28.9000	28.4500	27.1000	27.6500
6	26.2000	27.5500	29.9500	28.9750	27.3500	27.4500
...
...
27	27.8250	27.4750	27.3000	26.9250	27.7250	27.2250
28	28.2250	27.9500	28.1500	27.9000	28.0500	26.7000
29	28.9500	26.8000	28.6500	28.2500	25.9250	27.5250
30	29.5500	26.4000	26.2000	27.9250	26.3500	27.1500

Sumber: BMKG

Pembersihan data dilakukan untuk mengurangi efek noise pada saat proses perhitungan dan menghilangkan atribut yang tidak digunakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian kelas pada data target dengan menggunakan *Equal Width* yaitu Membagi kedalam interval yang ditentukan dengan lebar yang sama. Data dibagi menjadi tiga kelas yaitu Kelas 1 (rendah), Kelas 2 (sedang), dan Kelas 3 (tinggi). Sebagai contoh disajikan 10 data dalam satu bulan dari keseluruhan data yang digunakan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2. Pembagian Kelas Data Curah Hujan bulan Juni

Tanggal	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	13.0000	40.5000	15.0000	4.3000	7.0000	9.2000
2	13.0000	4.7000	6.7000	21.0000	3.4000	0.1000
3	13.0000	87.6000	69.0000	0.1000	2.5000	18.0000
4	13.5000	20.0000	15.0000	7.4000	3.0000	18.0000
5	16.5000	16.8000	15.0000	21.0000	8.6000	18.0000
6	0.2000	20.0000	15.0000	21.0000	7.0000	7.0000
...
...
27	13.0000	20.0000	15.0000	21.0000	7.0000	18.0000
28	13.0000	0.2000	15.0000	1.6000	1.2000	88.5000
29	13.0000	3.5000	6.0000	21.0000	7.0000	18.0000
30	13.0000	1.0000	15.0000	42.5000	7.0000	27.5000

3.2. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data terbagi menjadi tiga tahap yaitu melakukan normalisasi untuk setiap variabel target, membagi data latih dan data uji dari keseluruhan data yang digunakan dan tahap terakhir yaitu estimasi pola menggunakan metode PNN

Hasil normalisasi dapat dilihat pada lampiran. Sebagai contoh disajikan 10 data dalam satu bulan pada setiap variabel dari keseluruhan data yang digunakan sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 3. Normalisasi Data Temperatur bulan Juni

Tanggal	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	0.6119	0.7265	0.8600	0.6118	0.3147	0.4467
2	0.1791	0.5128	0.7600	0.7000	0.4755	1.0000
3	0.4627	0.1624	0.4933	0.7412	0.6364	0.9600
4	0.4030	0.3162	0.3267	0.6353	0.5734	0.9400
5	0.4478	0.4188	0.7200	0.6000	0.3287	0.5867
6	0.0000	0.4872	1.0000	0.7235	0.3986	0.5333
...
...
27	0.4851	0.4615	0.2933	0.2412	0.5035	0.4733
28	0.6045	0.6239	0.5200	0.4706	0.5944	0.3333
29	0.8209	0.2308	0.6533	0.5529	0.0000	0.5533
30	1.0000	0.0940	0.0000	0.4765	0.1189	0.4533

3.3. Pembagian Data Latih dan Data Uji

Untuk melakukan penghitungan PNN, dataset dibagi menjadi data latih dan data uji. Data latih adalah data yang akan disimpan untuk pelatihan yaitu data tahun 2007-2011. Sedangkan data uji adalah data masukan yang akan dicocokkan dengan data latih, dan data yang dijadikan data uji adalah data pada tahun 2012.

3.4. Estimasi Pola Menggunakan PNN

1. Input Layer

Input layer adalah inputan yang berisi vektor dari data uji yang akan dicari keberadaan kelasnya. Input layer bertujuan untuk mendistribusikan masukan data yang ada di pattern layer. Berikut disajikan salah satu vektor data uji yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data uji Tanggal 27 bulan Juni tahun 2012

Tanggal	Temperatur	Tekanan	Kelembapan	Angin	Kelas
27	0.47	1.00	0.27	1.00	1

2. Pattern Layer

Pattern Layer berisi vektor data training yang telah diketahui kelasnya. Pattern layer berfungsi menghitung jarak antara vektor data uji dan vektor data latih. Misalkan vektor data latih pada tabel 4.12 dibandingkan jaraknya dengan vektor data uji dengan rumus $||x-w_i||^2$ seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. Hasil perhitungan Pattern layer

No	Pattern $ x-w_i ^2$			
1	0.0252	0.3385	0.0000	0.0494
2	0.0752	0.1322	0.0366	0.0494
3	0.0001	0.0400	0.0067	0.1111
4	0.0025	0.0744	0.0606	0.1111
5	0.0000	0.0744	0.0000	0.1975
...
...
147	0.0016	0.0174	0.0353	0.4444
148	0.0000	0.0387	0.0632	0.0711
149	0.0251	0.0947	0.0148	0.0278
150	0.2014	0.0058	0.0413	0.1451

3. Summation Layer

Summation Layer adalah proses menjumlahkan semua vektor yang terdapat pada pattern layer menjadi satu vektor dari setiap kelasnya, kemudian vektor tersebut dibagi dengan ??, lalu hasil vektor tersebut dinegatifkan dan nilainya di eksponenkan.

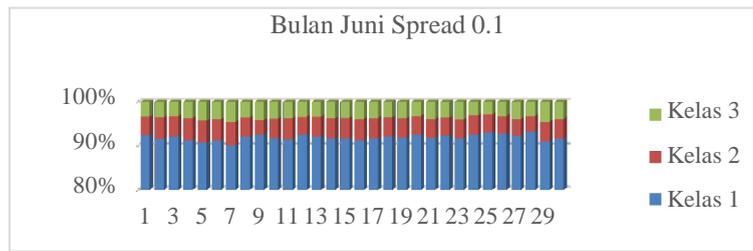
Hasil dari eksponen (-x) selanjutnya dijumlahkan berdasarkan kelasnya masing-masing. Pada penelitian ini nilai spread (yang digunakan ada tiga yaitu (0,1), (0,25), dan (0,5). Pada penelitian ini nilai spread (yang digunakan ada tiga yaitu (0,1), (0,25), dan (0,5).

Tabel 6. Perhitungan Akhir Summation layer

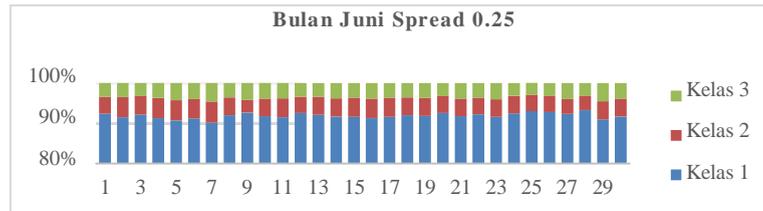
Spread	0.1	0.25	0.5
Kelas 1	0.0980	0.6128	2.4512
Kelas 2	0.0040	0.0251	0.1005
Kelas 3	0.0042	0.0262	0.1047

4. Output Layer

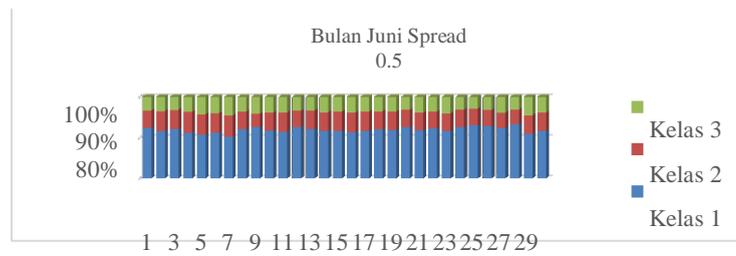
Output layer adalah mencari nilai maksimum dari output vektor, kemudian menghasilkan nilai keputusan kelas. Berdasarkan tabel 4.15 maka data uji pada tabel 4.12 termasuk ke dalam kelas 1. Perhitungan yang dilakukan pada data uji tersebut menghasilkan kelas yang sesuai. Berikut ini adalah Output Layer Bulan Juni dengan semua spread pengujian:



Gambar 3. Output Layer dengan data uji bulan Juni menggunakan Spread 0.1



Gambar 4. Output Layer dengan data uji bulan Juni menggunakan Spread 0.25



Gambar 5. Output Layer dengan data uji bulan Juni menggunakan Spread 0.5

3.5. Akurasi Model

3.5.1 Rasio kesalahan kecocokan

False Match Rate (FMR) menyatakan probabilitas sampel dari pengguna cocok dengan acuan yang diambil secara acak milik pengguna yang berbeda. Rasio kecocokan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\%Kecocokan = \frac{\sum \text{Data yang cocok}}{\sum \text{Jumlah data input}} \times 100 \quad (4)$$

Tabel 7. Perhitungan Rasio Kecocokan

Bulan	Rasio Kecocokan (%)
Januari	96.77
Februari	79.31
Maret	80.65
April	96.67
Mei	93.55
Juni	96.67
Juli	87.10
Agustus	96.77
September	90.00
Oktober	87.10
November	70.00
Desember	87.10

3.5.2. Rasio kesalahan Ketidakcocokan

False Non Match Rate (FNMR) menyatakan probabilitas sampel dari pengguna tidak cocok dengan acuan lain yang diberikan pengguna yang sama. Rasio kecocokan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\%Ketidakcocokan = \frac{\sum \text{Data yang tidak cocok}}{\sum \text{Jumlah data input}} \times 100 \quad (5)$$

Tabel 8. Perhitungan Rasio Ketidakcocokan

Bulan	Rasio Ketidakcocokan (%)
Januari	3.23
Februari	24.14
Maret	19.35
April	3.33
Mei	6.45
Juni	3.33
Juli	12.90
Agustus	3.23
September	10.00
Oktober	12.90
November	30.00
Desember	12.90

4. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Estimasi pola cuaca wilayah Pekanbaru menggunakan metode Probabilistic Neural Network dengan data tahun 2007-2012 berhasil dilakukan dengan akurasi tertinggi terdapat pada bulan Januari, April dan Agustus yaitu sebesar 96.77%. Sedangkan akurasi terendah terdapat pada bulan November yaitu sebesar 70.00%. Dengan Pembagian data latih tahun 2007-2011 dan data uji tahun 2012.
2. Pada penelitian ini nilai spread (yang digunakan ada tiga yaitu (0,1), (0,25), dan (0,5) menghasilkan nilai akurasi yang sama karena hanya melakukan tiga kali percobaan.
3. Pada pengujian estimasi pola terdapat rasio ketidakcocokan yaitu sebesar 30.00% pada bulan November.
4. Rata-rata akurasi keseluruhan dari pengujian adalah sebesar 88.00%.

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan kelas target yang berbeda yaitu langsung menggunakan data cuaca harian seperti cerah, berawan, hujan dan lainnya. Untuk kedepannya bisa melakukan percobaan spread lebih banyak lagi sehingga bisa didapatkan nilai spread terbaik pada penelitian tersebut.

Referensi

- [1] Adri, Muhammad. 2015. *Penerapan JST (BACKPROPAGATION) Sebagai Prediksi Curah Hujan Studi Kasus : Kota Pekanbaru*. Tugas Akhir. Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Syarif Kasim Riau.
- [2] Andriyanto, Endro,dkk.2013."Pengenalan Karakteristik Manusia Melalui Pola Garis Telapak Tangan Menggunakan Metode Probabilistik Neural Network." Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA.Vol.7 No.2
- [3] Anshari,dkk. 2013. "Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan User Interface Android". JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN:

2337-3539.

- [4] Atmaja, Bagus Tris. 2015. *Integrasi Sistem Fuzzy-Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk prakiraan cuaca jangka pendek*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh September.
- [5] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia No 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*. Jakarta: BMKG.
- [6] Fattah, Denanda. 2015. *Identifikasi Citra Daging Sapi dan Babi menggunakan Ekstaksi Fitur HSV dan Fitur Gabor dengan Klasifikasi Probabilistic Neural Network*. Tugas Akhir. Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Syarif Kasim Riau.
- [7] Gregorius,dkk. *Penentuan Harga Jual Properti secara Otomatis menggunakan Metode Probabilistic Neural Network*.
- [8] Handoko, Arif dkk. 2015. *Sistem Deteksi Kondisi Cuaca Berdasarkan citra awan berbasis pengolahan citra digital menggunakan algoritma K-NN*.
- [9] Kusri dan Luthfi, Emha T, *Algoritma Data Mining*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [10] Putra, Indra. 2009. *"Identifikasi Tanda Tangan Menggunakan Probabilistic Neural Networks (PNN) dengan Praproses menggunakan Transformasi Wavelet"*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- [11] Putra, Toni Wijanarko Adi. 2013. *"Pengenalan Wajah dengan Matriks Kookurensi aras keabuan dan jaringan syaraf tiruan Probabilistik"*. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [12] Prasetyo, Eko, *"Data Mining Konsep dan Aplikasi menggunakan Matlab."* Penerbit Andi, Yogyakarta. 2012.
- [13] Prasetyo, Eko. *"Data Mining Mengelola Data Menjadi Informasi Menggunakan Matlab."* Penerbit Andi, Yogyakarta. 2014.
- [14] Saputra, Richardo. 2015. *Implementasi Metode Wavelet Haar dan Probabilistic Neural Network untuk Pengenalan Citra Daging Babi dan Daging Sapi*. Tugas Akhir. Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Syarif Kasim Riau.
- [15] Suprpto,dkk. 2002. *"Pengenalan pola objek terotasi menggunakan jaringan syaraf tiruan Probabilistik"*. *Natural*, vol. 6, no. 2.
- [16] Syahputra,dkk.2011. *"Klasifikasi Varietas Tanaman Kelengkeng Berdasarkan Morfologi Daun menggunakan Backpropagation Neural Network dan Probabilistic Neural Network"* . *IJCCS*, Vol.5 No.3, Nov.
- [17] Yuliza, Rawinda. 2015. *Prakiraan Cuaca di Kota Pekanbaru dengan Metode K-Nearest Neighbor*. Tugas Akhir. Pekanbaru : Universitas Muhammadiyah Riau.