
MODEL HIDDEN MARKOV UNTUK MEMPREDIKSI HARGA BERAS DAN PERPINDAHAN KONSUMEN BERAS DI PROVINSI SUMATERA BARAT

Binti Karomah

Universitas Surakarta

Alamat e-mail: bintikaromah@gmail.com

ABSTRAK

Model hidden Markov merupakan pengembangan dari rantai Markov. Rantai Markov merupakan salah satu proses stokastik yang memiliki sifat prediktif. Sifat prediktif tersebut dapat dipahami sebagai suatu kejadian dimasa akan datang yang sangat bergantung pada perilaku masa sekarang. Parameter dari model ini adalah matriks probabilitas transisi, matriks probabilitas awal, ekspektasi, dan varians dari proses observasi. Model diterapkan untuk memprediksi harga beras Solok nonsubsidi dan memprediksi perpindahan konsumen beras Solok. Diasumsikan bahwa faktor penyebab kejadian perubahan harga beras Solok dan perpindahan konsumen beras Solok tidak diamati secara langsung dan membentuk rantai Markov. Keadaan seperti ini dapat dimodelkan dengan model hidden Markov dan algoritma Viterbi dengan mengimplementasikannya menggunakan software Delphi. Prediksi harga beras Solok menggunakan 36 data harga beras dari tahun 2016, 2017, 2018 setiap bulannya, sedangkan untuk data prediksi perpindahan konsumen beras menggunakan kuesioner dengan total 420 orang responden yang tersebar di dua kelurahan di kota Solok. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi harga beras Solok ini mendapatkan hasil yang sangat baik. Nilai MAPE yang cukup kecil yaitu 6.11% (kurang dari 20%) sehingga data prediksi yang dihasilkan mendekati data aktual atau data sebenarnya. Prediksi perpindahan konsumen beras menghasilkan barisan hidden state yang sesuai dengan alasan harga dan kualitas beras. Harga dan kualitas beras sangat mempengaruhi konsumen beras dalam menentukan pilihan beras yang akan dikonsumsi. Dengan demikian model hidden Markov dengan algoritma Viterbi dapat memprediksi dengan baik pada masalah harga dan perpindahan konsumen beras Solok.

Kata kunci : Model Hidden Markov, Markov Chain, MAPE, Algorithm Viterbi.

PENDAHULUAN

Setiap kejadian sangat berkaitan dengan penyebab kejadiannya. Kejadian atau peristiwa yang berkaitan dengan penyebab kejadiannya dikenal dengan proses stokastik. Proses stokastik merupakan suatu proses yang berkaitan dengan observasi yang berorientasi waktu. Misalnya, permintaan produk-produk tertentu pada hari yang berturut-

turut, proses kelahiran dan kematian, dan pelayanan dalam antrian [1].

Rantai Markov merupakan salah satu proses stokastik yang memiliki sifat prediktif. Sifat prediktif tersebut dapat dipahami sebagai suatu kejadian dimasa akan datang yang sangat bergantung pada perilaku masa sekarang. Dengan demikian, penyebab kejadian yang tidak diamati secara langsung atau tersembunyi (hidden) dan berpotensi membentuk

rantai Markov yang membentuk hubungan antara pasangan kejadian dengan penyebab kejadiannya sehingga dapat dituliskan dengan model hidden Markov.

Model hidden Markov telah diterapkan dalam berbagai bidang. Bidang-bidang ilmu yang pernah menerapkan model hidden Markov adalah biologi (seperti masalah genetika), bidang kebahasaan, bidang teknologi komunikasi, bidang ekonomi, bidang teknik, bidang informatika, dan bidang budaya.

Berbagai contoh penelitian yang menggunakan model hidden Markov adalah penelitian yang dilakukan oleh Manuele Bicego, dkk pada tahun 2008 yang menerapkan model hidden Markov dengan menganalisis tren lokal naik-turunnya harga di pasar finansial. Model hidden Markov yang digunakan pada penelitian Manuele Bicego, dkk bertujuan untuk menganalisis tanda-tanda naik dan turunnya harga tersebut. Selain itu penelitian yang melakukan penerapan model hidden Markov adalah penelitian yang dilakukan oleh Endang Wahyu Handamari, dkk, dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa model hidden Markov dengan menggunakan algoritma forward-backward dapat digunakan untuk memprediksi profil protein sequence asam amino. Penelitian selanjutnya yang menerapkan model hidden Markov adalah penelitian yang dilakukan Suharleni pada tahun 2012, model hidden Markov yang digunakan dalam penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui perpindahan trader terhadap broker forex online.

Model hidden Markov terdiri atas dua bagian, yaitu observed state dan hidden state. Observed state merupakan bagian yang diamati dalam model hidden Markov, sedangkan hidden state merupakan bagian yang tersembunyi dalam model hidden Markov. Salah satu permasalahan yang dapat diterapkan

dengan dua bagian dari model hidden Markov tersebut adalah untuk memprediksi harga beras dan perpindahan konsumen beras.

Beras merupakan salah satu bahan pokok di dalam kebutuhan hidup manusia. Salah satu provinsi penghasil beras terbaik di Indonesia adalah Sumatera Barat. Provinsi Sumatera Barat merupakan provinsi yang memiliki penduduk bermata pencaharian sebagai petani. Salah satu daerah di Sumatera Barat yang mendominasi area persawahan adalah kota Solok. Beras Solok merupakan beras unggulan di Indonesia.

Data yang diambil adalah harga beras di Kota Solok, Provinsi Sumatera Barat setiap bulan pada tahun 2016, tahun 2017 dan tahun 2018 yang merupakan harga jual nonsubsidi untuk pelanggan.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari BPS (Badan Pusat Statistik) kota Solok provinsi Sumatera Barat. Harga beras tersebut mengalami perubahan yang berfluktuasi. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah kebijakan pemerintah, situasi politik, cuaca dan sebagainya. Kejadian-kejadian tersebut dapat berulang tetapi tidak dapat dipastikan waktunya. Selain itu, diasumsikan bahwa penyebab kejadian bersifat Markov dan tidak diamati secara langsung, sehingga masalah perubahan harga beras dan perpindahan konsumen beras tersebut dapat dituliskan dengan model hidden Markov.

Pada penelitian ini Model hidden Markov digunakan untuk memprediksi harga beras di Kota Solok. Pemilihan model hidden Markov dalam penelitian ini dipertimbangkan karena model hidden Markov memiliki keunggulan dengan waktu diskrit dan observasinya kontinu. Model hidden Markov dengan algoritma Viterbi yang telah dimodifikasi digunakan untuk mengetahui perpindahan konsumen beras di Kota

Solok. Selanjutnya, digunakan penduga rekursif untuk membandingkan hasilnya.

Model hidden Markov adalah perkembangan dari Markov Chain. Pada model Markov umum, state-nya langsung dapat diamati. Oleh karena itu, probabilitas tansisi state menjadi satu-satunya parameter. Permasalahannya adalah menentukan parameter-parameter tersembunyi (hidden) dari parameter-parameter yang diamati (observed). Parameter-parameter yang ditentukan kemudian dapat digunakan untuk analisis yang lebih jauh. Dengan kata lain, model hidden Markov state-nya tidak diamati secara langsung. State inilah yang merupakan bagian yang tersembunyi atau hidden. Setiap state memiliki distribusi probabilitas yang mungkin muncul, oleh karena itu barisan keluaran yang dihasilkan oleh model hidden Markov memberikan sebagian informasi tentang barisan dari state-statenya[4].

Pada penelitian ini, model diterapkan untuk memprediksi harga beras. Data yang diambil adalah harga beras tiap bulan dari tahun 2016, 2017, dan 2018 yang merupakan harga Non subsidi untuk pelanggan. Harga beras tersebut mengalami perubahan yang berfluktuasi. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah kebijakan pemerintah, harga gabah, situasi politik, cuaca, dan sebagainya, kejadian ini dapat berulang tetapi tidak dapat dipastikan waktunya.

Selain itu, dapat diasumsikan bahwa harga beras tersebut dibangkitkan oleh proses pengamatan yang dipengaruhi oleh faktor penyebab yang merupakan rantai Markov. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan harga beras ini diasumsikan sebagai state (diskrit) dari suatu rantai Markov (X, k) yang tidak diamati. Misalkan banyaknya faktor tersebut adalah N . Pada setiap state data beras ini dibangkitkan oleh peubah acak Y_k yang menyebar dengan sebaran tertentu pada ruang probabilitas Ω, F, P, Y, k adalah data

yang diamati merupakan data kontinu, sehingga model hidden Markov yang digunakan adalah model hidden Markov dengan waktu diskrit dan observasinya kontinu.

Selanjutnya, untuk kasus penelitian yang kedua, model hidden Markov didefinisikan atas kumpulan lima elemen yaitu N, M, π, A, B . Jika $\lambda = (\pi, A, B)$ maka model hidden Markov mempunyai elemen tertentu N dan M . Kelima elemen ini akan dijabarkan sebagai berikut [10].

Pendugaan parameter model hidden Markov dilakukan menggunakan metode maximum likelihood dan pendugaan ulang menggunakan metode expectation maximization (EM) yang melibatkan perubahan ukuran. Perubahan ukuran dilakukan untuk mempermudah dalam perhitungan secara matematika. Perubahan ukuran probabilitas diperoleh dengan mengubah ukuran probabilitas menjadi probabilitas baru. Dari ukuran probabilitas baru akan diinterpretasikan kembali ke dalam probabilitas asal. Perubahan ukuran ini dibatasi oleh turunan Radon-Nikodym. Pendugaan parameter menggunakan metode EM menghasilkan parameter dalam bentuk pendugaan rekursif. Pendugaan rekursif diperlukan untuk menduga parameter baru. Pendugaan rekursif meliputi pendugaan untuk state, banyaknya lompatan, lamanya waktu kejadian, dan proses observasi.. Selanjutnya, untuk menghitung seberapa besar ukuran kesalahan model prediksi yang didapatkan digunakan Mean Absolut Percentage Error (MAPE). Suatu model dikatakan layak jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan cukup layak jika nilai MAPE berada diantara 10% dan 20%. Persamaan MAPE ditunjukkan oleh persamaan berikut ini:

$$MAPE : \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t}}{n} \times 100 \%$$

Berdasarkan uraian – uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang

Analisis Model Hidden Markov Untuk Memprediksi Harga Beras dan Perpindahan Konsumen Beras di Kota Solok Provinsi Sumatera Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan konstruksi dan implementasi model hidden Markov untuk memprediksi harga beras di kota Solok dengan menggunakan software Delphi dan konstruksi serta implementasi model hidden Markov untuk memprediksi perpindahan konsumen beras di kota Solok dengan menggunakan software Delphi.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Sumber data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder yang diambil dari data BPS Kota Solok Sumatra Barat. yakni data terkait prediksi harga beras Solok menggunakan 36 data harga beras dari tahun 2016, 2017, 2018 setiap bulannya, sedangkan untuk data prediksi perpindahan konsumen beras menggunakan kuesioner dengan total 420 orang responden yang tersebar di dua kelurahan di kota Solok.

Informasi mengenai harga eceran beras dari periode Januari 2016 sampai Desember 2018 di kantor BPS Kota Solok sedangkan tempat penelitian untuk menyebarkan kuesioner tentang perpindahan beras Solok adalah di Kecamatan Lubuk Sikarah dan Kecamatan Tanjung Harapan.

Data primer dalam penelitian ini yaitu hasil jawaban kuesioner yang diisi oleh 420 orang responden dan data sekunder diperoleh dari hasil wawancara dengan staf bagian administrasi BPS Kota Solok dan hasil tinjauan terhadap dokumen harga eceran beras tahun 2016 sampai 2018 di kota Solok.

Adapun variable – variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. A : Matriks Transisi yang merupakan probabilitas transisi state
2. B : Probabilitas Observasi (harga beras terhadap harga gabah)
3. Vektor π : Matriks Probabilitas Awal
4. Vektor O : Kemungkinan Observasi (daftar harga mungkin untuk gabah)
5. Vektor S : Kemungkinan State (daftar harga yang mungkin untuk beras)
6. Vektor Y : Urutan observasi
7. T : Jumlah pengamatan atau Percobaan yang dilakukan yang berkaitan dengan waktu
8. N : Jumlah hidden state
9. M : Jumlah observed state
10. S : (S_1, S_2, \dots, S_N) himpunan hidden state
11. X : (x_1, x_2, \dots, x_r) barisan *hidden state*.

Metode Analisis

Adapun langkah - langkah yang dilakukan dalam menganalisis data pada penelitian ini adalah: (1) mengambil nilai-nilai parameter pada data sekunder dan data primer, (2) merumuskan model hidden Markov dengan menentukan state, (3) menghitung nilai probabilitas transisi antar state, (4) membentuk matriks probabilitas awal, (5) membentuk matriks probabilitas transisi, (6) membentuk matriks probabilitas observasi, (7) mengimplementasikan model hidden Markov dengan menggunakan software Delphi, (8) menganalisis hasil simulasi, dan (9) membahas dan menarik kesimpulan.

HASIL PENELITIAN

Penggunaan model hidden Markov untuk memprediksi harga beras Solok dilakukan setelah mengumpulkan data harga eceran beras Solok nonsubsidi periode Januari 2016 sampai Desember 2018. Data tersebut diperoleh dari dokumen Badan Pusat Statistik (BPS) kota Solok. Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis persamaan model

hidden Markov dengan waktu diskrit dan observasinya kontinu.

Model hidden Markov diterapkan untuk memprediksi harga eceran beras Solok yang merupakan harga jual nonsubsidi untuk pelanggan dari bulan Januari tahun 2016 sampai dengan bulan Desember 2018. Sumber data diambil dari BPS Kota Solok.

Diasumsikan bahwa harga beras Solok tersebut dibangkitkan oleh proses pengamatan yang dipengaruhi oleh factor penyebab yang merupakan rantai Markov. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan harga beras Solok tersebut diasumsikan sebagai state dari suatu rantai Markov $\{X_k\}$ yang tidak diamati. Misalkan banyak faktor tersebut adalah N . Pada setiap state data harga beras Solok tersebut dibangkitkan oleh peubah acak Y_k yang menyebar dengan sebaran uniform pada ruang probabilitas (π, A, B) .

Terdapat sebanyak 36 buah data pengamatan harga beras Solok, pada kurun waktu Januari 2016 sampai dengan Desember 2018. Nilai prediksi beras Solok diduga dengan menggunakan nilai pengamatan harga gabah. Nilai dugaan ini diharapkan mendekati nilai yang sebenarnya. Pendugaan dilakukan dengan menggunakan algoritma Viterbi.

Parameter parameter yang diuji cobakan terhadap algoritma Viterbi pada model hidden Markov dijelaskan sebagai berikut, (1) matriks A adalah matriks transisi, yang merupakan probabilitas transisi state dengan ukuran matriks 45×45 , (2) matriks B yang merupakan probabilitas observasi (harga beras terhadap harga gabah) dengan ukuran matriks 45×30 , (3) vektor p yang merupakan probabilitas awal dengan ukuran 45×1 , (4) vector O yang merupakan kemungkinan observasi (daftar harga yang mungkin untuk gabah) dengan ukuran 30×1 . Dalam hal ini dibatasi dari 2.050 hingga 4.950 dengan jarak setiap anggota adalah 100 rupiah,

(5) vektor S yang merupakan kemungkinan state (daftar harga yang mungkin untuk beras) dengan ukuran 45×1 . Dalam hal ini dibatasi dari 7.550 hingga 11.950 dengan jarak setiap anggota adalah 100 rupiah, dan (6) vector Y yang merupakan urutan observasi dengan ukuran 36×1 .

Selanjutnya, matriks A , B , dan vektor p yang digunakan diisi dengan bilangan acak sehingga diperoleh nilai galat dan nilai MAPE yang cukup kecil yaitu 6.11% (kurang dari 20%) sehingga data prediksi yang dihasilkan mendekati data aktual atau data sebenarnya. Selain itu, grafik harga beras Solok pada data aktual dan data prediksi hampir sama. Dengan demikian, model hidden Markov dengan algoritma Viterbi dapat memprediksi harga eceran beras Solok non subsidi untuk tahun-tahun berikutnya dengan baik.

Beras Solok yang diprioritaskan oleh konsumen beras Solok di Kota Solok ini adalah beras Sokan, beras Anak Daro, beras Caredek, beras Randah Kuniang dan kumpulan dari beras Solok lainnya, sehingga untuk kepentingan penelitian ini disebar kuesioner yang ditujukan kepada para konsumen beras Solok yang menggunakan beras Solok tersebut.

Berdasarkan jawaban kuesioner untuk pernyataan ketiga yang terdapat pada lampiran, diperoleh jumlah responden yang menggunakan beras Solok pada bulan Juni 2019 sebagai berikut ini.

Tabel 1. Jumlah responden beras Solok Juni 2019

No	Beras Solok	Responden	Proporsi
1	Beras Sokan	126	0.300
2	Beras Anak Daro	161	0.383
3	Beras Caredek	84	0.200
4	Beras Randah Kuniang	42	0.100
5	Lain – lain	7	0.017
	Total	420	1

Tabel 1 menunjukkan bahwa responden beras Sokan ada 126, dibagi jumlah total responden, yaitu 420, maka hasil yang diperoleh adalah 0,300. Responden beras Anak Daro ada 161, dibagi jumlah total responden, yaitu 420, maka hasil yang diperoleh adalah 0,383. Responden beras Caredek ada 84, dibagi jumlah total responden, yaitu 420, maka hasil yang diperoleh adalah 0,200. Responden beras Randah Kuniang ada 42, dibagi jumlah total responden, yaitu 420, maka hasil yang diperoleh adalah 0,100. Responden beras lain-lain ada 7, dibagi jumlah total responden, yaitu 420, maka hasil yang diperoleh adalah 0,017. Selanjutnya, data responden yang memakai beras Solok pada bulan November 2019 sesuai jawaban kuesioner, ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Responden beras Solok Bulan November 2019

No	Beras Solok	Responden	Proporsi
1	Beras sokan	105	0.250
2	Beras Anak Daro	119	0.283
3	Beras Caredek	112	0.267
4	Beras Randah Kuniang	49	0.117
5	Lain –lain	35	0.083
Total		420	1

Tabel 2 menunjukkan bahwa meskipun jumlah total responden tetap, yaitu 420 responden, namun jumlah responden pada masing-masing beras Solok mengalami perubahan. Misalnya jumlah responden beras Sokan pada bulan Juni 2019 ada 126 responden, pada bulan November 2019 berubah menjadi 105 responden. Perubahan ini juga berimplikasi pada perubahan proporsi masing-masing responden beras Solok. Misalnya proporsi responden beras Sokan pada bulan Juni 2019 adalah 0,300, namun pada bulan November 2019 proporsi responden beras Sokan menjadi 0,250.

Mengacu pada landasan teori, nilai probabilitas awal yaitu $P(X_0 = q_i) =$

π_i untuk $i = 1, 2, 3, 4, 5$ $\pi_i \geq 0$ dimana N adalah banyaknya state dan $\sum_{i=1}^n \pi_i = 1$. Maka data pada tabel 2 kolom proporsi digunakan untuk membangun matriks probabilitas awal $\pi = \pi_i$ yang hasilnya disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Matriks Probabilitas awal (π)

No	Beras Solok	Probabilitas Awal (π)
1	Beras Sokan	0.300
2	Beras Anak Daro	0.383
3	Beras Caredek	0.200
4	Beras Randah Kuniang	0.100
5	Lain –lain	0.017
Total		1

Matriks probabilitas awal π dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi = [0,300 \ 0,383 \ 0,200 \ 0,100 \ 0,017]$$

Selanjutnya, diperoleh hasil olahan jawaban kuesioner untuk pertanyaan nomor tiga ke nomor lima. Hasil olahan jawaban kuesioner tersebut menggambarkan perpindahan konsumen beras dalam memilih beras Solok dari bulan Juni 2019 ke bulan November 2019 sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. Perpindahan Konsumen Beras dalam Memilih Beras Solok

Nov 19	Jun 19	Beras Sokan	Beras Anak Daro	Beras Caredek Kuniang	Beras Randah	Lain - lain	Total
Beras Sokan	42	14	42	21	7	126	
Beras Anak Daro	7	98	35	14	7	161	
Beras Caredek Kuniang	42	7	21	7	7	84	
Beras Randah	14	0	14	0	14	42	
Lain – lain	0	0	0	7	0	7	
Total	105	119	112	49	35	420	

Tabel 4 menunjukkan konsumen beras yang menggunakan beras Sokan pada bulan Juni 2019 berjumlah 126 konsumen. Kemudian pada bulan November 2019, dari 105 konsumen beras Sokan tersebut ada 42 konsumen yang tetap menggunakan beras Sokan; 14 konsumen pindah ke beras Anak Daro; 42 konsumen berpindah ke beras Caredek; 21 konsumen berpindah ke beras Randah Kuniang; dan 7 konsumen berpindah ke beras lain-lain. Baris ke dua menunjukkan konsumen yang menggunakan beras Anak Daro pada bulan Juni 2019 berjumlah 161 konsumen. Kemudian pada bulan November 2019 dari 119 konsumn beras Anak Daro tersebut ada 98 konsumen yang tetap menggunakan beras Anak Daro, 7 konsumen berpindah ke beras Sokan; 35 konsumen berpindah ke beras Caredek, 14 konsumen berpindah beras Randang Kuniang; dan 7 konsumen berpindah ke beras lain-lain dan demikian seterusnya.

Dengan demikian, data pada tabel 4 menunjukkan bahwa terjadi perpindahan konsumen dari beras Solok satu ke beras Solok lainnya dari periode bulan Juni 2019 ke bulan November 2019. Misalnya: jumlah konsumen yang menggunakan beras Sokan pada bulan Juni 2019 ada 126 konsumen sedangkan pada bulan November 2019 menurun menjadi 105 konsumen. Jumlah konsumen yang menggunakan beras Anak Daro pada bulan Juni 2019 ada 161 konsumen sedangkan pada bulan November 2019 menurun menjadi 119 konsumen. Berdasarkan landasan teori, dapat dibentuk matriks probabilitas transisi. Berikut ini matriks probabilitas transisi A :

$$A = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.111 & 0.333 & 0.167 & 0.056 \\ 0.043 & 0.610 & 0.217 & 0.087 & 0.043 \\ 0.500 & 0.083 & 0.251 & 0.083 & 0.083 \\ 0.333 & 0 & 0.334 & 0 & 0.333 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Nilai entry pada matriks A diperoleh dengan cara membagi jumlah responden setiap beras Solok pada bulan Juni 2019 dengan jumlah total responden setiap beras Solok pada bulan Juni 2019. Misalnya nilai 0,333 diperoleh dengan cara membagi jumlah responden beras Sokan pada bulan Juni 2019 yang sebanyak 42 responden dengan jumlah total responden beras Sokan pada bulan Juni 2019 yang sebanyak 126.

Matriks A merupakan matriks probabilitas transisi perpindahan konsumen terhadap beras Solok. Misalnya probabilitas konsumen berpindah dari beras Solok Anak Daro ke Sokan adalah sebesar 0,043, secara matematis ditulis $P(\text{Sokan} | \text{Anak Daro}) = 0,043$. Berdasarkan landasan teori, dapat dihasilkan matriks probabilitas observasi (B) berikut ini:

$$B = \begin{bmatrix} 0.133 & 0.200 & 0.334 & 0.200 & 0.133 \\ 0.118 & 0.412 & 0.176 & 0.235 & 0.059 \\ 0.188 & 0.062 & 0.625 & 0.059 & 0 \\ 0.143 & 0.143 & 0.571 & 0.143 & 0 \\ 0 & 0.200 & 0.400 & 0.200 & 0.200 \end{bmatrix}$$

Nilai entry pada matriks B diperoleh dengan cara membagi jumlah responden masing-masing beras Solok pada bulan November 2019 untuk setiap kategori yang dipilih dengan jumlah total responden setiap beras Solok pada bulan November 2019. Misalnya nilai 0,133 diperoleh dengan cara membagi jumlah responden beras Sokan pada bulan Juni 2019 yang memilih kategori 1 sebanyak 14 responden dengan jumlah total responden beras Sokan pada bulan November 2019 yang sebanyak 105.

Matriks B adalah matriks yang menunjukkan probabilitas konsumen dalam memilih beras Solok berdasarkan kategori. Misalnya jika konsumen menggunakan beras Caredek pada bulan November 2019, maka probabilitas konsumen memilih kategori 1 adalah sebanyak 0,188, secara matematis ditulis $P(1| \text{Caredek}) = 0,188$.

Selanjutnya, desain interface dari program Delphi yang digunakan dalam model hidden Markov. Masukan program ini adalah jumlah pengamatan barisan observasi dalam lima kategori yaitu kategori A untuk beras Sokan, kategori B untuk beras Anak Daro, kategori C untuk beras Caredek, kategori D untuk beras Randah Kuniang, kategori E untuk beras lain-lain.

Entri matriks probabilitas transisi adalah $a_{ij} = P(X_{t+1} = j | X_t = i)$ dari setiap beras Solok sedangkan entri matriks probabilitas observasi adalah $b_i(v, k) = P(O_t = v_k | X_t = q_i)$ yang menyatakan probabilitas bersyarat kategori dari beras Solok dengan syarat setiap beras Solok. Matriks transisi awal merupakan $\pi = \{\pi_i\}$, $\pi_i = P(X_0 = q_i)$ dari setiap beras Solok.

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis tentang model hidden Markov untuk memprediksi harga beras Solok dan untuk memprediksi perpindahan konsumen beras Solok, maka dapat disimpulkan dua hal berikut ini.

Pertama, model hidden Markov dan algoritma Viterbi yang digunakan pada program prediksi harga eceran beras Solok nonsubsidi dengan software Delphi menghasilkan nilai MAPE yang cukup kecil yaitu 6.11% (kurang dari 20%) terlihat data prediksi yang dihasilkan mendekati data aktual atau data sebenarnya, sehingga program ini dapat

memprediksi harga eceran beras Solok nonsubsidi untuk tahun-tahun berikutnya.

Kedua, model hidden Markov dapat digunakan untuk mengetahui prediksi perpindahan konsumen beras Solok terhadap beras Solok yang dikonsumsi dengan membuat konstruksi model dan menggunakan algoritma Viterbi dengan software Delphi menghasilkan barisan hidden state yakni: konsumen memilih beras Sokan dengan alasan beras berwarna putih bersih, tekstur beras panjang panjang, nasi agak keras, rasa nasi manis, harga beras terjangkau; konsumen memilih beras Anak Daro dengan alasan beras berwarna putih bersih, tekstur beras halus kecil-kecil, beras harum, rasa nasi enak, nasi tahan lama, harga beras relative mahal; konsumen memilih beras Caredek dengan alasan beras berwarna putih bersih, tekstur beras panjang-panjang, rasa nasi manis, harga beras relatif mahal; konsumen memilih beras Randah Kuning dengan alasan beras berwarna putih keruh, tekstur beras panjang-panjang, rasa nasi manis, harga beras terjangkau; konsumen memilih beras lain-lain dengan alasan beras berwarna putih keruh, tekstur beras panjang panjang, rasa nasi manis, nasi tidak tahan lama, harga beras murah.

Selanjutnya, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah sebaiknya penelitian di lakukan untuk kasus-kasus yang lain yang mempunyai factor penyebab kejadian (N) lebih dari dua dan menggunakan algoritma Baum-Welch yang bertujuan untuk mengoptimalkan parameter parameter model dengan cara memperbaharui (re-estimasi) $\gamma = (\pi, A, B)$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hines, W.W. 1990. Probabilitas dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen. Jakarta: UI Press.

- [2] Bicego, M., Grosso, E., Otranto, E. 2008. A Hidden Markov Model Approach to Classify and Predict the Sign of Financial Local Trend. Jurnal (Online). Diakses tanggal 12 Oktober 2013.
- [3] Handamari, E. W., Kwardiniya, Kurniawaty, M., Emili. 2011. Prediksi Profil Asam Amino pada Family Protein Menggunakan Hidden Markov Model. Pointer Jurnal Volume 2, No. 2 September 2011, 87-99
- [4] Suharleni, F. 2012. Aplikasi Hidden Markov pada Treder terhadap Broker Forex Online. Universitas Brawijaya. Malang.
- [5] Lestari, Y. D. 2009. Penerapan Model Hidden Markov pada Peramalan Harga Premium. Tesis Jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- [6] Musafa. 2010. Kajian Model Hidden Markov Kontinu dan Aplikasinya pada Harga Beras. Tesis Jurusan Matematika Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [7] Nugroho, S. 2008. Dasar-dasar Metode Statistika. Jakarta: PT. Grasindo.
- [8] Ross, S.M. 2000. Stochastic Process. New York: John Willey and Sons.
- [9] Allen, L.J.S. 2003. An Introduction to Stochastic Processes with Applications to Biology. New Jersey: Pearson. Education. Inc.
- [10] Rabiner, L.R. 1989. A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition. Proceedings of The IEEE, 77 (2), 257-286.
- [11] Elliot, R.J. 1995. Hidden Markov Mode. New York: Springer-Verlag.