

MODEL HIDDEN MARKOV PADA PREDIKSI HARGA BERAS DAN PERPINDAHAN KONSUMEN BERAS DI KOTA SOLOK PROVINSI SUMATERA BARAT

Melsi Diansa Putri

Mahasiswa Program Magister Matematika Universitas Brawijaya Malang
cii.diansa@gmail.com

ABSTRACT

Hidden Markov models is the development of a Markov chain. Markov chain is a stochastic process that has predictive properties. The predictive nature can be understood as an event in the future is highly dependent on the behavior of the present. Parameters of the model is the transition probability matrix, the initial probability matrix, expectation, and variance of the observation process. The model is applied to predict the price of non-subsidized Solok rice and predict the movement of Solok rice consumers. It is assumed that the causes of events and changes in the price of rice Solok rice consumers displacement is not observed directly and form a Markov chain. So that this situation can be modeled with hidden Markov models. Predicted price of rice SMF using 36 rice price data from 2010, 2011, 2012 per month, while for the data transfer predictions rice consumers using questionnaires with a total of 420 respondents spread across two villages in Solok city. Hidden Markov models and algorithms with discrete time and continuous observations are used to predict the price of rice SMF with implementing it using Delphi software to get excellent results. MAPE values are quite small ranging from 2.17% - 3.74 % (less than 20 %) so that the data generated predictions approaching the actual data or actual data. Hidden Markov models and the Viterbi algorithm has been modified and implemented using the Delphi software hidden state sequence that produces Solok rice consumer row most likely based on models and observations of five categories of state, so in get results Caredek rice, Anak Daro rice, Soka rice, Randah Kuniang rice, and Misc rice.

Key Words: *Hidden Markov Models, Markov Chain, MAPE, The Viterbi Algorithm*

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 lahir mati, dan pelayanan dalam antrian (Hines, 1990).

Rantai Markov merupakan salah satu proses stokastik yang memiliki sifat

prediktif. Sifat prediktif tersebut dapat dipahami sebagai suatu kejadian di masa 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 ke bahasaan, bidang teknologi komunikasi, bidang ekonomi, bidang teknik, bidang informatika, dan bidang budaya. Salah satu contoh penelitian yang menggunakan model ini 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. Selanjutnya, 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 Suharlani pada tahun 2012, model *hidden* Markov yang digunakan dalam penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui perpindahan trader terhadap *broker forex online*. Lestari pada tahun 2010 menggunakan model *hidden* Markov ini untuk meramalkan harga premium dengan waktu diskrit dan observasi kontinu dengan hasil yang cukup baik. Selanjutnya Musafa pada tahun 2010, menggunakan model *hidden* Markov Kontinu dengan algoritma EM dan menganalisisnya menggunakan *software Mathematica 7.0*, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penyebab kejadian maka akan semakin baik hasil ramalannya.

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 per pindahan 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 2010, tahun 2011 dan tahun 2012 yang merupakan harga jual nonsubsidi untuk pelanggan.

Sumber data diambil dari BPS (Badan Pusat Statistik) kota Solok provinsi Sumatera Barat. Harga beras tersebut mengalami perubahan yang berfluktuasi. Hal ini disebabkan karena banyak faktor, diantaranya 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, maka masalah perubahan harga beras dan perpindahan konsumen beras tersebut dapat dituliskan dengan model *hidden* Markov.

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.

Peluang adalah suatu nilai di antara 0 dan 1 yang menggambarkan besarnya kesempatan untuk munculnya suatu kejadian tertentu pada kondisi tertentu. Istilah lain dari peluang adalah probabilitas. Probabilitas suatu kejadian yang pasti terjadi atau probabilitas suatu kepastian adalah 1, dinotasikan $P(S)=1$; sedangkan probabilitas kejadian yang mustahil terjadi atau probabilitas kemustahilan adalah 0, dinotasikan $P(\emptyset)=0$. Secara lengkap, nilai probabilitas suatu kejadian A , di notasikan $P(A)$, adalah $0 \leq P(A) \leq 1$ (Nugroho, 2008).

Suatu percobaan yang dapat diulang dalam kondisi yang sama dan hasilnya tidak dapat diprediksi secara tepat, tetapi dapat diketahui semua kemungkinan hasil yang muncul disebut percobaan acak. Himpunan semua hasil, yang mungkin dari percobaan acak disebut ruang sampel dan dinotasikan dengan Ω . Suatu kejadian A adalah himpunan bagian dari ruang sampel Ω (Ross, 2000).

Salah satu proses stokastik adalah model rantai Markov yang memiliki sifat bahwa perilaku stokastik pada waktu yang akan datang hanya bergantung pada waktu atau keadaan sekarang dan tidak bergantung pada keadaan yang lalu (Lestari, 2009).

Model rantai Markov dikembangkan oleh seorang ahli Rusia yang bernama A.A. Markov pada tahun 1906. Rantai Markov merupakan suatu alat dalam bidang riset operasi dalam mengambil suatu keputusan. Rantai Markov telah banyak diterapkan untuk menganalisa tentang perputaran merek dalam pemasaran, perhitungan rekening-rekening, jasa-jasa persewaan mobil, perencanaan penjualan, masalah-masalah persediaan, pemeliharaan mesin, antrian, perubahan harga pasar saham, maupun administrasi rumah sakit.

Suatu kelas dari *state* adalah suatu himpunan tak kosong S sehingga semua pasangan *state* yang merupakan anggota dari S berkomunikasi satu dengan yang lain, serta tidak ada *state* yang merupakan anggota S yang berkomunikasi dengan *state* yang bukan anggota S (Ross, 2000).

Linda J. S. Allen menyebutkan sebagai *communication classes*, apabila suatu rantai Markov disebut tak tereduksi atau *irreducible* jika hanya terdapat satu kelas *state* atau hanya satu *communication class*, sedangkan terdapat lebih dari satu maka rantai Markov dikatakan *reducible*.

Model *hidden* Markov adalah perkembangan dari *Markov Chain*. Pada model Markov umum, *state*-nya langsung dapat diamati. Pada model ini, 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* (Suharlani, 2012).

Pada penelitian ini, model diterapkan untuk memprediksi harga beras. Data yang diambil adalah harga beras tiap bulan dari tahun 2010, 2011, dan 2012 yang merupakan harga nonsubsidi untuk pelanggan. Harga beras tersebut mengalami perubahan yang berfluktuasi. Hal ini disebabkan karena banyak faktor, seperti 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 $\{X_k\}$ yang menyebabkan terjadinya Y_k perubahan harga beras ini diasumsikan sebagai *state* (diskrit) dari suatu rantai Markov yang tidak di amati. Misalkan banyaknya faktor tersebut adalah N . pada setiap *state*: $F \propto Y_k$ data beras ini dibangkitkan oleh peubah acak yang menyebar dengan sebaran tertentu pada ruang probabilitas Ω , P 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 (Rabiner, 1989).

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 matematik. 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.

Masing-masing penduga tersebut di definisikan sebagai berikut (Elliot, 1995).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Dikatakan jenis penelitian kuantitatif karena menggunakan data berupa angka. Prediksi harga beras Solok menggunakan 36 data harga beras dari tahun 2010, 2011, 2012 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 2010 sampai Desember 2012 di kantor BPS Kota Solok sedangkan tempat penelitian untuk menyebarkan kuesioner tentang perpindahan beras Solok 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 2010 sampai 2012 di kota Solok. Adapun langkah-langkah dalam mengolah data, yaitu (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 *soft ware* Delphi, (8) menganalisis hasil simulasi, dan (9) membahas dan menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan model *hidden* Markov untuk memprediksi harga beras Solok dilakukan setelah mengumpulkan data harga eceran beras Solok nonsubsidi periode Januari 2010 sampai Desember 2012. Data tersebut diperoleh dari dokumen Badan Pusat Statistik 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 2010 sampai dengan bulan Desember 2012. Sumber data diambil dari BPS (Badan Pusat Statistik) Kota Solok. Diasumsikan bahwa harga beras Solok tersebut dibangkitkan oleh proses pengamatan yang dipengaruhi oleh faktor 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_{ki} yang menyebar dengan sebaran tertentu pada ruang probabilitas (Ω, F, P) .

Data yang dianalisis menggunakan persamaan model *hidden* Markov dengan waktu diskrit dan observasinya kontinu kemudian diolah dengan menggunakan algoritma. Hal tersebut dilakukan untuk memprediksi harga beras Solok pada tahun 2010 sampai 2012. Analisis tersebut selengkapnya dapat dilihat dari uraian berikut ini. Pada penelitian ini, jumlah faktor penyebab kejadian perubahan harga beras Solok ditetapkan sebanyak 2 faktor atau $N = 2$.

$$A_1 = \begin{pmatrix} \frac{4}{7} & \frac{5}{9} \\ \frac{3}{7} & \frac{4}{9} \end{pmatrix}; \quad A_2 = \begin{pmatrix} \frac{2}{5} & \frac{6}{7} \\ \frac{3}{5} & \frac{1}{7} \end{pmatrix};$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} \frac{1}{7} & \frac{8}{9} \\ \frac{6}{7} & \frac{1}{9} \end{pmatrix}; \quad C_1 = \begin{pmatrix} 150 \\ 130 \end{pmatrix};$$

$$C_2 = \begin{pmatrix} 250 \\ 200 \end{pmatrix}; \quad \sigma_1 = \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \end{pmatrix}; \quad \sigma_2 = \begin{pmatrix} 40 \\ 35 \end{pmatrix};$$

Selanjutnya, dilakukan simulasi untuk memprediksi harga beras Solok dengan menerapkan algoritma *hidden* Markov dengan menggunakan *software* Delphi. Nilai MAPE diambil sebagai acuan untuk mengukur kesalahan hasil prediksi. Simulasi dilakukan dengan uji coba terhadap parameter-parameter yang telah ditetapkan pada algoritma. Hasil simulasi pada tabel 1.

Hasil analisis mengenai harga eceran beras Solok nonsubsidi dengan menggunakan model *hidden* Markov yang diolah dengan *software* Delphi dapat dilihat dari tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil Simulasi Prediksi Harga Beras Solok

	C	σ	MAPE (%)
A ₁	C ₁	σ_1	2.65
A ₂			2.17
A ₃			3.43
A ₁	C ₁	σ_2	3.19
A ₂			2.75
A ₃			3.51
A ₁	C ₂	σ_1	2.25
A ₂			3.74
A ₃			2.91
A ₁	C ₂	σ_2	2.60
A ₂			3.26
A ₃			2.54

Berdasarkan tabel 1, diperoleh nilai MAPE cukup kecil berkisar antara 2,17% - 3,74% (kurang dari 20%) sehingga data prediksi yang dihasilkan mendekati data aktual atau data sebenarnya. Grafik harga beras Solok pada data aktual dan data prediksi hampir sama. Untuk nilai C yang sama dengan nilai σ yang berbeda dan semakin membesar menghasilkan nilai MAPE yang semakin kecil. Demikian juga untuk nilai σ yang sama dengan nilai C yang berbeda dan semakin membesar menghasilkan nilai MAPE yang semakin kecil. Ini berarti dengan nilai MAPE yang kecil harga beras yang diprediksi semakin mendekati harga beras yang sebenarnya. Dengan demikian model *hidden* Markov dapat memprediksi dengan baik pada masalah harga beras Solok.

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 (lain-lain), maka 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 2013 sebagai berikut ini.

Tabel 2. Jumlah responden beras Solok bulan Juni 2013

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	42	0.100

	Kuniang		
5	Lain-lain	7	0.017
	Total	420	1

Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah total responden penelitian ini adalah 420 responden. Adapun kolom proporsi pada tabel tersebut, diperoleh dengan cara membagi jumlah responden masing-masing Beras Solok dengan jumlah total responden. Misalnya: responden beras Sokan ada 126, dibagi jumlah total responden, yaitu 420, maka hasil yang diperoleh adalah 0,300. Selanjutnya data responden yang memakai beras Solok pada bulan November 2013 sesuai jawaban kuesioner, ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Jumlah responden beras Solok bulan November 2013

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 3 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 2013 ada 126 responden, pada bulan November 2013 berubah menjadi 105 responden. Perubahan ini juga berimplikasi pada perubahan proporsi masing-masing responden beras Solok. Misalnya: proporsi responden beras Sokan pada bulan Juni 2013 adalah 0,300, namun pada bulan

November 2013 proporsi responden beras Sokan menjadi 0,250.

Mengacu pada landasan teori, nilai probabilitas awal yaitu $P(X_0 = q_i) = \pi_i$ untuk $i = 1, 2, 3, 4, 5$ $\pi_i \geq 0$ dimana N adalah banyaknya *state* dan $\sum_{i=1}^5 \pi_i = 1$. Maka data

pada tabel 4.3 kolom proporsi digunakan untuk membangun matriks probabilitas awal $\pi = (\pi_i)$ yang hasilnya disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Matriks Probabilitas Awal (π)

No (i)	Beras Solok(q_i)	Probabilitas Awal (π_i)
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 2013 ke bulan November 2013 sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5. Perpindahan Konsumen Beras dalam Memilih Beras Solok

Nov 13	Beras	Beras	Beras	Beras	Lain-lain	Total
Jun 13	Sokan	Anak Daro	Caredek	Randah Kuniang		

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

Tabel di atas menunjukkan konsumen beras yang menggunakan beras Sokan pada bulan Juni 2013 berjumlah 126 konsumen. Kemudian pada bulan November 2013, 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 2013 berjumlah 161 konsumen. Kemudian pada bulan November 2013 dari 119 konsumen 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 ke beras Randah Kuniang; dan 7 konsumen berpindah ke beras lain-lain dan demikian seterusnya.

Dengan demikian, data pada tabel tersebut menunjukkan bahwa terjadi perpindahan konsumen dari beras Solok satu ke beras Solok lainnya dari periode bulan Juni 2013 bulan November 2013. Misalnya: jumlah konsumen yang menggunakan beras Sokan pada bulan Juni 2013 ada 126 konsumen sedangkan pada bulan November 2013 menurun menjadi 105 konsumen. Jumlah konsumen yang menggunakan beras Anak Daro pada bulan

Juni 2013 ada 161 konsumen sedangkan pada bulan November 2013 menurun menjadi 119 konsumen. Berdasarkan landasan teori, dapat dibentuk matriks probabilitas transisi yang mengacu pada Tabel 4. 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 2013 dengan jumlah total responden setiap beras Solok pada bulan Juni 2013. Misalnya nilai 0,333 diperoleh dengan cara membagi jumlah responden beras Sokan pada bulan Juni 2013 yang sebanyak 42 responden dengan jumlah total responden beras Sokan pada bulan Juni 2013 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:

$$P(\text{Sokan} \mid \text{Anak Daro}) = 0,043.$$

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 2013 untuk setiap kategori yang

dipilih dengan jumlah total responden setiap beras Solok pada bulan November 2013. Misalnya: nilai 0,133 diperoleh dengan cara membagi jumlah responden beras Sokan pada bulan Juni 2013 yang memilih kategori 1 sebanyak 14 responden dengan jumlah total responden beras Sokan pada bulan November 2013 yang sebanyak 105.

Matriks B adalah matriks yang menunjukkan probabilitas konsumen dalam memilih beras Sokan berdasarkan kategori. Misalnya jika konsumen menggunakan beras Caredek pada bulan November 2013, maka probabilitas konsumen memilih kategori 1 adalah sebanyak 0,334, secara matematis ditulis $P(1 \mid \text{Caredek}) = 0,334$.

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 Kuning, kategori E untuk beras lain-lain. Entri matriks probabilitas transisi adalah $a_{ij} = P(X_{t+1} = j \mid X_t = i)$

dari setiap beras Solok sedangkan entri matriks probabilitas observasi adalah $b_i(v_k) = P(O_t = v_k \mid X_t = q_i)$,

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 prediksi harga beras Solok dan untuk prediksi perpindahan konsumen beras Solok, maka dapat

disimpulkan dua hal, yaitu (1) model *hidden* Markov dan algoritma yang digunakan pada program prediksi harga beras Solok dengan *software* Delphi menghasilkan nilai MAPE yang cukup kecil berkisar antara 2,17% - 3,74% (kurang dari 20%) sehingga data prediksi yang dihasilkan mendekati data aktual atau data sebenarnya, dan (2) model *hidden* Markov dapat digunakan untuk mengetahui prediksi perpindahan konsumen beras Solok dengan membuat konstruksi model dan menggunakan algoritma Viterbi yang telah dimodifikasi dengan *software* Delphi menghasilkan barisan *hidden state* beras Caredek, beras Anak Daro, beras Sokan, beras Randah Kuniang, dan beras lain-lain. Selanjutnya, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah sebaiknya penelitian dilakukan untuk kasus-kasus yang lain yang mempunyai faktor penyebab kejadian (N) lebih dari dua dan menggunakan algoritma Baum-Welch yang bertujuan untuk mengoptimalkan parameter-parameter model dengan cara memperbaharui (re-estimasi) $\lambda = (\pi, A, B)$.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013). **HMM/Model Markov Tersembunyi**. <http://www.wikipedia.com>.
- Anonim. (2013). **Beras Solok**. <http://ews.kemendag.go.id>. Artikel (*online*). Diakses tanggal 11 Oktober 2013.
- Bicego, M. dkk. (2008) **A Hidden Markov Model Approach to Classify and Predict the Sign of Financial Local Trend**. *Jurnal (Online)*. Diakses tanggal 12 Oktober 2013.
- Campbell, SD. (2002). **Regime Switching in Economic, Dissertation**. USA: University of Pennsylvania.
- Eddy, Sean R. (2004). **What is a Hidden Markov Model?** Saint Louis, USA: Washington University Scholl of Medicine.
- Elliot, RJ, Aggoun L, Moore JB. (1995). **Hidden Markov Mode**. New York: Springer-Verlag.
- Handamari, E.W. dkk. (2011). **Prediksi Profil Asam Amino pada Family Protein Menggunakan Hidden Markov Model**. *Pointer Jurnal Volume 2, No. 2 September 2011*, 87-99.
- Hines, William W, Montgomery, Douglas C. (1990). **Probabilitas dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen**. Jakarta: UI Press.
- Hidayanto, A. (2009). **Teori Umum Rantai Markov**. achmad.blog.undip.ac.id. *Jurnal (online)*. Diakses 10 Oktober 2013.
- Korolkiewicz, Malgorzata W., dan Elliot, RJ. (2008). **A Hidden Markov Model of Credit Quality**. Canada: University of Calgary.
- Lestari, Y. D. (2009). **Penerapan Model Hidden Markov pada Peramalan Harga Premium**. Jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Nugroho, S. (2008). **Dasar-dasar Metode Statistika**. Jakarta: PT. Grasindo.
- Makridakis, S, Wheelwright, SC, McGee. (1999). **Metodedan Aplikasi Peramalan**. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Ochi, Michel K. (1992). **Applied Probability and Stochastic Processes**. New York: John Willey and Sons.
- Roberts, Michael R. (1992). **Parameter Estimation in Hidden Markov Models**. San Diego: University of California.
- Ross, SM. (2000). **Stochastic Process**. New York: John Willey and Sons.

- Setiawaty, Kristina. (2005). **Pendugaan Parameter Model Hidden Markov**. Jurnal Matematika dan Aplikasinya, vol. 4.
- Sumarminingsih, E. (2006). **Modul Proses Stokastik**. Malang: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Brawijaya.
- Suharleni, F. (2012). **Aplikasi Hidden Markov pada Trader terhadap Broker Forex Online**. Universitas Brawijaya. Malang.
- Tai, Allen H. (2008). **Detection of Machine Failure: Hidden Markov Approach**. Hong Kong: The University of Hong Kong.