

**STUDI SISTEM DETEKSI DINI UNTUK MANAJEMEN
KRISIS PANGAN DENGAN SIMULASI MODEL DINAMIS DAN
KOMPUTASI CERDAS**

(Study of Early Warning System for Food Crisis Management with Dynamic
Model Simulation and Intelligent Computation)

**Kudang B. Seminar¹⁾, Marimin²⁾, Nuri Andarwulan³⁾, Yayuk Farida
Belawati⁴⁾, Yenny Herdiyenny⁵⁾, Mohamad Solahudin¹⁾**

¹⁾Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

²⁾Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

³⁾Dep. Ilmu Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

⁴⁾Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia IPB

⁵⁾Dep. Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

ABSTRAK

Pada penelitian ini pengembangan sistem isyarat dini (Early Warning System/EWS) dengan simulasi sistem dinamis dan komputasi cerdas menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) telah dilakukan sampai pada level prototipe software yang telah diuji dan divalidasi pada 28 propinsi dengan jumlah kabupaten sebanyak 265 kabupaten. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 167 buah data dan sisanya digunakan untuk pengujian. Akurasi sistem dalam mendeteksi level krisis pangan adalah 96.9%, dengan tingkat error (*mean square error* /MSE sebesar 0.11). Faktor dan parameter krisis pangan serta variabel-variabel yang diturunkan dari parameter krisis pangan telah dirumuskan dan dari hasil pengujian dan analisis keluaran komputasi cerdas dengan JST dapat diidentifikasi bobot prioritas semua variabel tersebut terhadap kondisi krisis pangan dengan urutan bobot terbesar hingga terkecil sebagai berikut : Padi puso (X5), Penduduk dibawah garis kemiskinan (X4), Angka kematian bayi (X3), IHSG (X10), Berat badan Balita dibawah standar (X2), Harga beras (X8), Tanpa hutan (X6), Rasio konsumsi normatif (X1), Curah hujan 30 tahun (X7), Perubahan kurs dolar (X9). Keterkaitan faktor yang berhubungan dengan ketahanan pangan bersifat kompleks, dinamis, dan probabilistik. Kompleksitas tersebut disebabkan oleh faktor yang berpengaruh adalah multi aspek dan multi dimensi. Simulasi model dinamis akan mampu menggambarkan kriticalitas hubungan antar faktor yang mempengaruhi krisis. Pemahaman hubungan dan sifat kedinamisan faktor penentu krisis pangan akan sangat bermanfaat dalam perumusan kebijakan penghindaran dan penanggulangan krisis.

Kata kunci : Sistem Isyarat Dini, deteksi krisis pangan, komputasi cerdas, dinamika sistem.

ABSTRACT

This research has developed an Early Warning System (EWS) integrated with dynamic system simulation and intelligent computation using Artificial Neural Network (ANN) to detect the level of food crisis. The system has been tested and validated using a set of data comprising 28 provinces and 265 districts (kabupaten). The data used for training consists of 167 elements, and the remaining data is used for testing and validation. The accuracy of the system to detect the level of food crisis is 96.9%, with mean square error (MSE) equal to 0.11. Food crisis factors and parameters together with variables derived from the identified parameters have been formulated from testing and validation of the system prototype and the analysis of the system output of ANN. It can be identified

that the weight priority of all variables are shown in decreasing order with respect to weight as follows: 1). Natural Disaster (X5), 2). People under poverty line (X4), 3). Infant mortality (X3), 4). IHS (X10), 5). Infant underweight (X2), 6). Price of rice (X8), 7). Area without forest (X6), 8). Normative Consumption Ratio (X1), 9). Annual Rainfall (X7), and 10). Dollars Exchange (X9). Factor interactions that relate to food food vulnerability is complex, dynamic, and probabilistic involving multi aspects and multi dimensions. Dynamic system simulation unified with an intelligent computation using Artificial Neural Network (ANN) can be utilized to cope with criticality of such factor interactions that influence food crisis.

Keywords : Early Warning System (EWS), food crisis detection, intelligent computation, system dynamics.

PENDAHULUAN

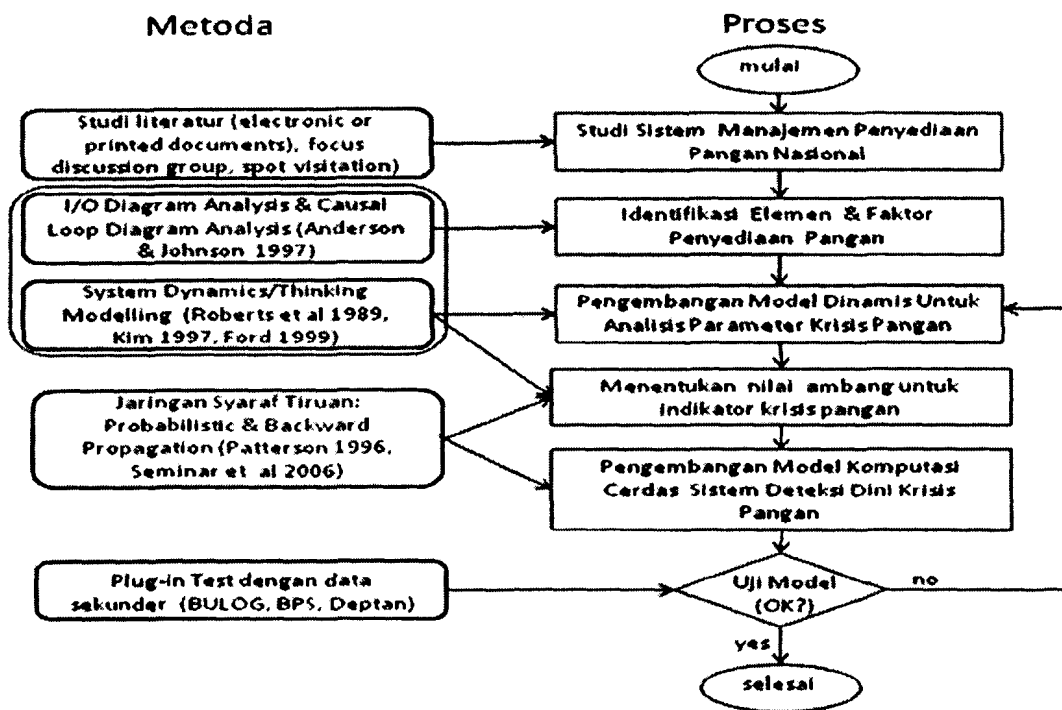
Pemahaman hubungan dan sifat kedinamisan faktor penentu krisis pangan akan sangat bermanfaat dalam perumusan kebijakan penghindaran dan penanggulangan krisis. Apabila indikasi faktor krisis dapat diketahui lebih awal, maka bentuk hubungan antar faktor dapat dibangun dalam suatu model dinamis dengan terlebih dahulu merumuskan tahapan dan barometer krisis pangan. Berdasarkan model yang dibangun selanjutnya dapat disusun suatu model sistem deteksi dini krisis pangan yang mampu memberikan gambaran jangka pendek dan menengah ancaman ketahanan pangan yang akan terjadi.

Tujuan utama studi ini adalah untuk merumuskan metode deteksi dini dan arahan terapi krisis pangan dengan tujuan antara dan lanjutannya sebagai berikut :

1. Merumuskan faktor dan parameter krisis pangan.
2. Merumuskan model sistem deteksi dini krisis pangan dengan menentukan nilai-nilai ambang variabel-variabel yang diturunkan dari parameter yang diperoleh pada tujuan (1).
3. Mempelajari sensitifitas faktor dan parameter krisis pangan dalam rangka merumuskan faktor kunci yang berguna untuk perumusan model-model penanganan krisis pangan.
4. Mengevaluasi dan merumuskan metodologi Protokol Manajemen Krisis Pangan.

METODE PENELITIAN

Tahapan proses riset dan metoda untuk masing-masing tahapan proses disajikan pada Gambar 1. Langkah awal adalah studi tentang manajemen sistem pangan (khusus komoditi beras) melalui studi literatur pada dokumen tercetak maupun dokumen elektronik (CD, Web), diskusi pakar (focus group discussion) maupun visitasi ke lokasi sumber pakar atau data pengamatan. Data sekunder yang berkaitan dengan aspek produksi komoditas pangan, teknologi budidaya, penggunaan lahan, konsumsi pangan dan kependudukan akan dikumpulkan untuk melandasi model maupun nilai peubah yang dipergunakan. Sumber data utama adalah BPS, Bulog dan Deptan baik dalam bentuk publikasi tercetak maupun website. Untuk pengecekan nilai dari beberapa peubah penentu dan juga untuk memantapkan model terutama yang berkaitan baik dengan distribusi maupun produksi pangan, akan dilakukan visitasi ke lapang.



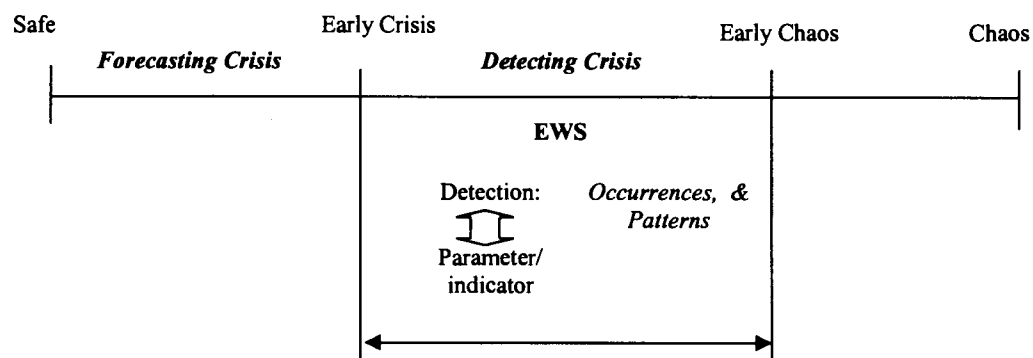
Gambar 1. Tahapan proses riset beserta metoda yang digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sistem Deteksi Dini yang Dikembangkan

Sistem Deteksi Dini (*Early Warning System/EWS*) yang dikembangkan dalam studi ini adalah EWS yang melakukan deteksi indikasi krisis pada perioda awal terjadinya fenomena krisis (*occurences*) dan pola fenomena (*patterns: combination of variables & progress of occurences*) hingga terjadinya fenomena *chaos* (Gambar 2). Perioda dari awal krisis sampai memasuki perioda *chaos* adalah perioda yang diharapkan masih dapat melakukan tindakan untuk pemulihan dan pencegahan terhadap *chaos* yang merupakan kelumpuhan akibat krisis yang akut dan tidak mungkin dilakukan pemulihan (Barton, Newell & Wilson 2002, hal 99-101). Dengan demikian fungsi EWS adalah mendeteksi fenomena krisis sedini mungkin untuk mencegah terjadinya *chaos*.

Posisi EWS dalam perioda antar awal krisis hingga awal *chaos* sangat diperlukan mengingat laju peningkatan permintaan pangan lebih cepat dibandingkan laju peningkatan produksi pangan (Tanjung 2009). Artinya bahwa peluang terjadinya krisis pangan pada kondisi yang demikian semakin besar dan sensitif sehingga diperlukan sistem deteksi dini penanggulangannya sebelum terjadi kondisi *chaos*. Selanjutnya, menurut Khoduri (2009), pengambilan keputusan di tingkat nasional masih belum peka terhadap sinyal-sinyal pasar dan iklim yang mengindikasikan krisis pangan, tetapi lebih mengandalkan pada data-data statistik ramalan (*forecasting*) dan berpeluang diperdebatkan (*debatable*).



Gambar 2. Posisi peran EWS yang dikembangkan

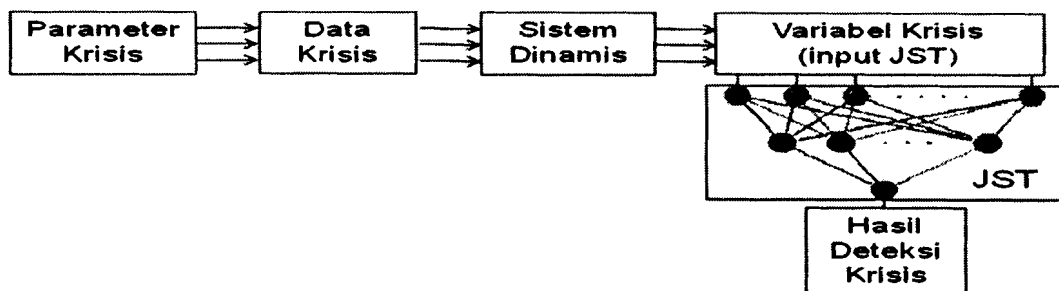
Ketika krisis mulai terjadi maka diperlukan sistem deteksi dan isyarat dini untuk memberikan sinyal krisis kepada pengambil kebijakan untuk melakukan tindakan sebelum terjadinya kondisi terus memburuk mencapai *chaos* (Barton, Newell & Wilson 2002, hal 99-101).

Berdasarkan peran dan fungsi EWS yang disajikan di atas maka parameter dan variabel indikator krisis yang digunakan diutamakan pada beberapa kriteria: (1) ketersediaan (*availability*), (2) keterbaruan (*uptodateness*), (3) kesegeraan (*timeliness*), (4) relevansi (*relevance*), (5) akurasi (*accuracy*). Dengan demikian kecepatan proses akuisisi data, komputasi dan deteksi dari EWS dapat ditingkatkan. Gambar 3 menggambarkan kerangka pengembangan model komputasi EWS.

Pengembangan Model Sistem Deteksi Dini

Model yang EWS yang dikembangkan mengacu kepada pendekatan sistem dinamik berdasarkan diagram lingkaran sebab akibat yang dibuat. Selanjutnya beberapa model dianalisis pada kondisi-kondisi krisis tertentu untuk mengetahui perilaku model terhadap perubahan variabel yang ada di dalamnya dengan menggunakan perangkat lunak Sistem Dinamis pada perangkat keras komputer. Berdasarkan penjelasan tersebut, sistem yang akan dibangun merupakan suatu sistem yang rumit yang memerlukan suatu metoda pemecahan metoda sistem dinamis (Anderson & Johnson 1997, Roberts et al 1989, Kim 1997) untuk menganalisisnya serta menggunakan komputasi cerdas dengan jaringan syaraf tiruan (Patterson 1996, Seminar et al 2006) untuk sintesa model sistem deteksi dini.

Data-data yang relevan untuk indikator krisis yang diturunkan dari parameter krisis diproses melalui sistem dinamis untuk analisis interaksi antar data sehingga dapat dihasilkan variabel-variabel krisis yang menjadi masukan modul akhir yaitu Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk mengeluarkan hasil diagnosis dan deteksi krisis.



Gambar 3. Model Utama Komputasi EWS yang dikembangkan

memprediksi nilai besaran Rasio Konsumsi Normatif Beras berdasarkan data series produksi dan konsumsi yang tersedia.

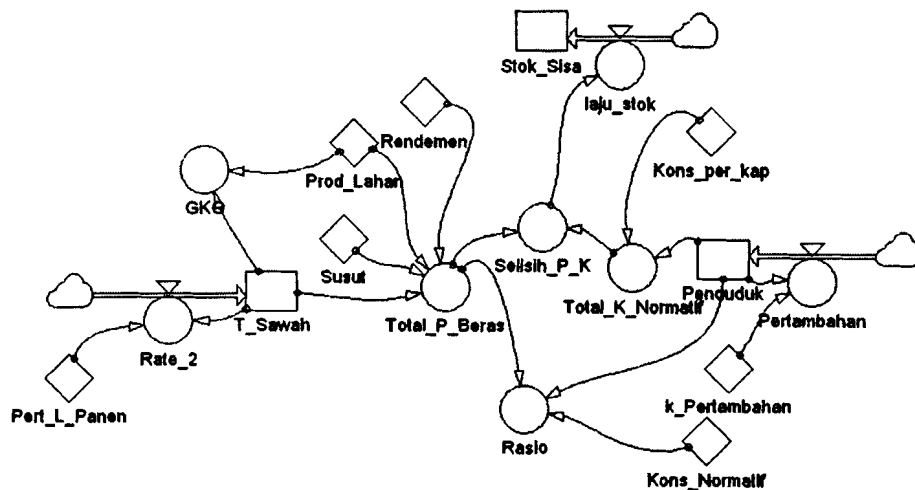
Kuantifikasi Peubah dan Asumsi

Nilai awal peubah-peubah yang digunakan, parameter dan pengaruh keterkaitan antara satu peubah dengan peubah lain yang signifikan ditentukan berdasarkan data empirik maupun informasi yang dikumpulkan dari pustaka yang relevan. Beberapa peubah umum yang diperlukan nilai awalnya pada produksi beras antara lain Luas Panen, Rendemen, Susut, Laju Perubahan Luas Lahan, dan Laju Perubahan Produktivitas. Pada konsumsi beras nilai awal yang digunakan antara lain Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Normatif.

MODEL DAN ANALISIS

Model Sistem Dinamis

Model sistem dinamis dibangun berdasarkan diagram sebab akibat yang menggambarkan hubungan antara total produksi beras dan jumlah konsumsi normatif di suatu kabupaten. Berdasarkan kedua variabel tersebut selanjutnya ditentukan nilai Rasio Konsumsi Normatif Beras terhadap Produksi Bersih Per Kapita.



Gambar 5. Model Perhitungan Rasio Konsumsi Normatif Beras.

Uji dan Implementasi JST

- Data Percobaan

Data yang digunakan pada percobaan adalah data pangan di seluruh propinsi Indonesia pada tahun 2003. Data diambil dari buku Peta Kerawanan Pangan Indonesia (*A Food Insecurity Atlas of Indonesia*) tahun 2005. Data percobaan terdiri dari :

1. Indikator-indikator kesehatan dan gizi
2. Indikator-indikator Kerawanan Pangan Sementara
3. Indikator-indikator akses terhadap pangan
4. Indikator ketersediaan pangan
5. Peringkat Kabupaten berdasarkan indikator individu dan indikator komposit kerawanan pangan.

Parameter yang digunakan pada percobaan diantaranya adalah : (X1) rasio konsumsi normatif, (X2) berat badan Balita dibawah standar, (X3) angka kematian bayi, (X4) penduduk dibawah garis kemiskinan, (X5) padi puso, (X6) tanpa hutan, (X7) curah hujan 30 tahun, (X8) harga beras, (X9) perubahan kurs dolar, dan (X10) IHSG.

Pada percobaan ini sepuluh parameter tersebut selanjutnya digunakan sebagai penentu tingkat rawan pangan. Berdasarkan data FIA, nilai skor yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan memiliki interval dari 1-265. Semakin besar nilai skor artinya tingkat kerawanan pangan semakin tinggi. Pada penelitian ini nilai tersebut kemudian ditransformasi kedalam beberapa nilai selang untuk memudahkan interpretasi. Pembagian selang tersebut digunakan untuk membagi tingkat kerawanan pangan menjadi lima tingkat status pangan yaitu : 1).Rawan, 2). Agak Rawan, 3). Hati-hati, 4). Aman, dan 5). Sangat Aman.

Transformasi nilai yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan transformasi *linear homogeny*. Dalam hal ini sebagai misal nilai garis dengan batas minimum a dan batas maksimum b dan nilai tersebut akan ditransformasi pada n kelas, maka panjang nilai untuk masing-masing kelas adalah $(b-a)/n$, sebagai miss. Maka nilai pertama adalah $a-a+c$, nilai ke-2: $a+c - a+2c$ dan

seterusnya. Berdasarkan transformasi tersebut, maka status pangan menjadi :
 1).Rawan : skor (213 – 265), 2).Agak Rawan : (160 – 212), 3).Hati-hati : (107 – 159), 4).Aman : (54 – 106), dan 5).Sangat Aman : (1-53).

- Rancangan Percobaan

Tahapan percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membagi data percobaan untuk data pelatihan dan data pengujian dari 28 propinsi dengan 265 kabupaten. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 167 buah data dan sisanya digunakan untuk pengujian.
2. Melakukan proses normalisasi data dengan persamaan sebagai berikut:

$$x_{norm} = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

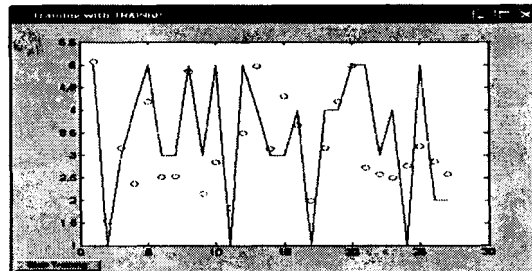
3. Melakukan simulasi stokastik menggunakan teknik simulasi Monte Carlo untuk parameter perubahan kurs dolar dan IHSG.
4. Melakukan pelatihan data menggunakan JST dengan arsitektur jaringan yang digunakan adalah (*Multi-Layer Perceptron* - MLP) yang bersifat *Backpropagation* dengan dua lapisan tersembunyi.
5. Melakukan pengujian dengan menggunakan data uji.

- Prototipe JST

Prototipe antar muka sistem untuk memasukkan data parameter untuk prediksi kerawanan pangan disajikan pada Gambar 11. Sedangkan Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian sistem. Garis biru menunjukkan pola pelatihan (model) sedangkan lingkaran kecil hijau menunjukkan hasil prediksi data percobaan.

Sistem Deteksi Dini Untuk Manajemen Krisis Pangan Dengan Komputasi Cerdas			
Data Pengguna			
Username	:	<input type="text" value="Admin"/>	
Password	:	<input type="password" value="Admin"/>	
		<input type="button" value="Cek"/>	<input type="button" value="Login"/>
		<input type="button" value="Logout"/>	
Konsumsi Normal (300 gr/orang/hari) (X1)	:	<input type="text" value="0.24"/>	
Daerah rawan pangan besar (X5)	:	<input type="text" value="29.83"/>	
Persentase Berat badan balita di bawah standar (X2)	:	<input type="text" value="20.2"/>	
Penyimpangan curah hujan aktual (X7)	:	<input type="text" value="14"/>	
Laju Angkor kematian bayi/1000 kelahiran (X3)	:	<input type="text" value="75.1"/>	
Kemiskinan Harga Beras (X8)	:	<input type="text" value="2800"/>	
Persentase penduduk di bawah garis kemiskinan (X4)	:	<input type="text" value="18.8"/>	
Perubahan Kurs Dolar (X6)	:	<input type="text" value="5200"/>	
Persentase Daerah Pusu (X9)	:	<input type="text" value="9.250"/>	
Kemiskinan IHSG (X10)	:	<input type="text" value="588.2004"/>	
Perkiraan			
Agak Rawan			
©2009 Penelitian Hasil Unggulan - Institut Pertanian Bogor			

Gambar 11. Tampak antar muka sistem untuk input data



Gambar 12. Hasil Pengujian JST

Analisis Percobaan

Berdasarkan hasil percobaan, tingkat akurasi yang diperoleh adalah sebesar 96.9%, dengan tingkat error (*mean square error (mse)* sebesar 0.11). Berdasarkan hasil percobaan dapat diketahui tingkat kepentingan (bobot) dari parameter yang digunakan. Data bobot hasil ujicoba sistem dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tingkat bobot dari parameter adalah sebagai berikut (diurutkan dari parameter yang paling besar bobotnya): 1).Padi puso (X5), 2).Penduduk dibawah garis kemiskinan (X4), 3).Angka kematian bayi (X3), 4).IHSG (X10), 5).Berat badan Balita dibawah standar (X2), 6).Harga beras (X8), 7).Tanpa hutan (X6), 8).Rasio konsumsi normatif (X1), 9).Curah hujan 30 tahun (X7), dan 10).Perubahan kurs dolar (X9).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini pengembangan sistem isyarat dini (Early Warning System/EWS) dengan simulasi sistem dinamis dan komputasi cerdas menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) telah dilakukan sampai pada level prototipe software yang telah diuji dan divalidasi pada 28 propinsi dengan jumlah kabupaten sebanyak 265 kabupaten. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 167 buah data dan sisanya digunakan untuk pengujian. Akurasi sistem dalam mendeteksi level krisis pangan adalah 96.9%, dengan tingkat error (*mean square error /MSE* sebesar 0.11). Faktor dan parameter krisis pangan serta variabel-variabel yang diturunkan dari parameter krisis pangan telah dirumuskan

dan dari hasil pengujian dan analisis keluaran komputasi cerdas dengan JST dapat diidentifikasi bobot prioritas semua variabel tersebut terhadap kondisi krisis pangan dengan urutan bobot terbesar hingga terkecil sebagai berikut: 1).Padi puso (X5), 2).Penduduk dibawah garis kemiskinan (X4), 3).Angka kematian bayi (X3), 4).IHSG (X10), 5).Berat badan Balita dibawah standar (X2), 6).Harga beras (X8), 7).Tanpa hutan (X6), 8).Rasio konsumsi normatif (X1), 9).Curah hujan 30 tahun (X7), dan 10).Perubahan kurs dolar (X9).

Dari hasil analisis bobot variabel di atas dapat dirumuskan bahwa urutan 1-3 merupakan aspek kritis yang harus menjadi fokus dari Protokol Manajemen Krisis Pangan. Puso adalah sesuatu hal terjadi di luar kemampuan manusia tetapi juga terjadi karena akibat utilisasi sumberdaya alam (lahan, hutan, air) yang tidak terkendali. Berarti penyediaan sistem penanganan bantuan pangan dan yang terkait akibat puso adalah prioritas utama. Kemiskinan pada urutan kedua adalah jelas merupakan tanggung jawab pemerintah pusat dan daerah untuk melakukan upaya peningkatan kesejahteraan. Kemiskinan ini akan menjadi faktor dominan terhadap kemampuan akses pangan yang rendah. Terkait erat dengan hal ini adalah kendala harga beras yang harus menguntungkan baik disisi konsumen akhir (hilir) dan disisi petani (hulu). Harga juga berpengaruh terhadap kemampuan akses pangan. Angka kematian bayi dan berat badan Balita dibawah standar juga merupakan dampak dari kemiskinan, puso, dan ketakcukupan gizi sehingga rasio konsumsi normatif akan memburuk. Variabel IHSG dan nilai kurs dollar terhadap rupiah dan kemiskinan juga merepresentasikan akibat dari sinyal krisis ekonomi.

Semua upaya deteksi dini untuk rawan pangan sangat menggantungkan peran dari lembaga formal (khususnya) maupun lembaga non-formal (umumnya) untuk gerakan ketahanan pangan. Lembaga formal yang saat ini dibentuk, didukung, dan dilembagakan pemerintah adalah DKP (Dewan Ketahanan Pangan) yang dipimpin langsung oleh presiden. Secara rasional dari sisi kekuasaan tidak bermasalah, namun pada operasionalnya masalah koordinasi vertikal dan horizontal pada era otonomi daerah saat ini masih menjadi hambatan yang signifikan (Khoduri 2009).

Hambatan utama dari sistem EWS yang dikembangkan di atas adalah perlunya ketersediaan data-data yang baik dalam (1) ketersediaan (*availability*), (2) keterbaruan (*uptodateness*), (3) kesegeraan (*timeliness*), (4) relevansi (*relevance*), (5) akurasi (*acurracy*).

Pengukuran luas tanam dan luas panen yang dilakukan dengan pengukuran mata (*eye measurement*) perlu dicermati ulang karena pasti banyak mengintroduksi bias dan galat dan sulit menjamin keberlanjutan atau periodisitas dari ketersediaan data tersebut. Sebaik apapun sistem yang dikembangkan untuk deteksi atau prediksi rawan pangan, tidak akan berarti signifikan jika masukan datanya tidak cukup kualitasnya.

Oleh sebab itu ketersediaan data spasial mengenai potensi sumber daya lahan menjadi salah satu informasi dasar yang dibutuhkan untuk pengembangan keberjalanan suatu sistem prediksi dan deteksi kerawanan pangan. Pemanfaatan teknologi pengolahan dan penyajian informasi spasial berupa Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Remote Sensing menjadi solusi dalam memberikan data dan informasi spasial yang lebih akurat karena sudah lebih minim terhadap intervensi manusia. Informasi ini terkait dengan distribusi luasan dan tingkat kesesuaian lahan, faktor pembatas, wilayah produksi yang tepat serta alternatif teknologi yang dapat diterapkan. Variabel-variabel seperti persentase luas area/lahan bervegetasi, terutama hutan, normal curah hujan (terhadap nilai hujan rata-rata selama 20-30 tahun), persentase luas areal pertanian/sawah yang Puso (resiko gagal panen), akibat banjir, kekeringan dan hama penyakit, dan persentase luas areal yang mengalami resiko degradasi lahan akibat erosi, banjir atau longsor berhubungan erat dengan data tematik spasial yang dapat diekstraksi dari citra satelit seperti: Landsat, SPOT, dan MODIS. Lebih lanjut, integrasi teknologi SIG/RS dengan metode-metode dalam analisis multikriteria: ANN, AHP, Fuzzy sangat dimungkinkan untuk pemecahan masalah yang berhubungan data-data spasial. Menurut Densham and Goodchild, (1989) dalam Malczewski, (1999), bahwa meskipun SIG memiliki kemampuan visualisasi dan analisis data spasial, akan tetapi sistem ini memiliki keterbatasan dalam menangani pengambilan keputusan spasial yang kompleks (*ill-defined*). Disinilah peran analisis multikriteria untuk mendukung pengambilan keputusan yang berbasis spasial.

Riset yang terkait dengan utilisasi teknologi SIG/RS dengan kombinasi analisis multikriteria telah dilakukan oleh mahasiswa bimbingan program magister dan menghasilkan paper ilmiah yang disajikan pada konferensi internasional.

Parameter kritis yang masih belum secara mendalam dikaji dalam riset ini adalah jaminan kebijakan dan sarana transportasi untuk distribusi beras dan kebijakan lumbung beras agar semua penduduk di wilayah Indonesia ini

mendapatkan alokasi bahan pangan khususnya beras dengan tepat jumlah dan tepat waktu. Riset tentang model distribusi dan penyimpanan beras menjadi bagian dari riset doktoral salah seorang mahasiswa bimbingan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian telah didanai dengan DIPA IPB NOMOR: 0154/023-24.2XII/2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, Virginia & Lauren Johnson. 1997. *Systems Thinking Basics: from Concepts to Causal Loop*. Pegasus Communication Inc.
- Barton, Dominic, R. Newell, G. Wilson. 2002. *Dangerous Markets: Managing in Financial Crisis*. Willey Finance Series. ISBN 0-471-22686-6. USA.
- FAO. 2000. *Handbook for Defining and Setting up a Food Security Information and Early Warning System*. (<http://www.fao.org/DOCREP/003/X8622E/x8622e04.htm> (8of12) 4/11/2009 21:04:46)
- Khudori. 2009. *Reorientasi Kebijakan Pangan*. *Majalah Pangan*, no.53/XVIII/Januari-Maret 2009, hal 17-31.
- Kim, Daniel H. 1997. *Systems Thinking Tools: A User's Reference Guide*. Pegasus Communication Inc.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria decision Analysis*. John Wiley & Sons, USA and Canada.
- Patterson, Dan W. 1996. *Artificial Neural Networks: Theory and Applications*. Prentice Hall, Singapura.
- Proyek Pengembangan Ketahanan Pangan. 2000. *Peta Keswasembadaan Pangan (Beras) Tahun 2000 ; Nasional, Propinsi, Kabupaten*. Departemen Pertanian Jakarta.
- Seminar, Kudang B., Agus Bueno, M.K. Alim. 2006. *Uji dan Aplikasi Komputasi Paralel pada Jaringan Syaraf Probabilistik (PNN) untuk Proses Klasifikasi Mutu Tomat*. *Jurnal Teknologi (terakreditasi)*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, hal.34-45, ed.1, thn. XX. ISSN 0215-1685.
- Tanjung, Dahuri. 2009. *Kebijakan Sistemik Menuju Pemanapan Ketahanan Pangan Nasiona*. *Majalah Pangan*, no.53/XVIII/Januari-Maret 2009, hal 43-53.