

Aplikasi Fuzzy Neural Network dan PSO pada Rancangan Jaringan Rantai Pasok

Yusraini Muharni[†]

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon

Jl. Jend. Sudirman Km. 3 Cilegon, Banten 42435

E-mail: yusmuharni@untirta.ac.id

ABSTRAK

Rancangan jaringan rantai pasok merupakan konfigurasi dari jaringan rantai pasok yang dibuat untuk memenuhi permintaan pelanggan. Jaringan ini terdiri dari: beberapa pelanggan, pusat-pusat distribusi yang mengirimkan produk kepada para pelanggan, industri manufaktur yang memproduksi dengan mentransformasikan bahan mentah menjadi produk jadi, serta para pemasok yang berperan dalam menyediakan bahan mentah bagi industri manufaktur. Kelancaran aliran bahan baku dan perlengkapan menjadi bagian penting yang harus dikelola dengan baik dalam manajemen rantai pasok. Untuk itu lokasi para pemasok juga perlu dipertimbangkan untuk mengurangi biaya transportasi. Pendekatan simulasi, *fuzzy neural network* dan *particle swarm optimization* digunakan dalam makalah ini guna mencari solusi optimal dengan waktu perhitungan matematis yang lebih ringkas. Hasil training dan testing *FNN* memberikan hasil pilihan pabrik yaitu Pabrik 1, Pabrik 3 dan Pabrik 5. Sedangkan Pusat Distribusi yang dipilih untuk dibuka adalah Pusat Distribusi 1, Pusat Distribusi 2, dan Pusat Distribusi 5.

Kata Kunci: Jaringan rantai pasok, Fuzzy Neural Network, Particle Swarm Optimization

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

[†] Corresponding Author

Perancangan jaringan rantai pasok melibatkan pemilihan beberapa entitas utama basis produksi, pembangunan tempat penyimpanan, pusat-pusat distribusi dan transportasi bahan baku. Dalam beberapa literasi disebutkan bahwa permasalahan perancangan jaringan rantai pasok setidaknya melibatkan empat submodel stokastik. Untuk mendapatkan solusi optimal dapat dilakukan dengan mengoptimalkan keempat submodel secara

1.2 Permasalahan

Perancangan jaringan rantai pasok dapat dilihat sebagai permasalahan optimisasi dengan multi faktor dan kendala tidak tentu (*uncertained*). Dalam makalah ini, hal yang menjadi pertimbangan adalah tingkat kekaburan (*fuzziness*) baik permintaan

1.3 Tujuan

Penerapan pendekatan fuzzy neural network dalam memecahkan persoalan rancangan rantai

berurutan dengan pendekatan algoritma heuristic (Cohen, 1988).

Seringkali, dengan maksud menurunkan biaya operasional dari jaringan rantai pasok pada akhirnya penyimpanan bahan baku juga pemasokannya tidak dapat dipenuhi secara optimal. Besarnya permintaan yang sifatnya fluktuatif menimbulkan efek terhadap biaya yang dapat dipandang sebagai hal yang fuzzy.

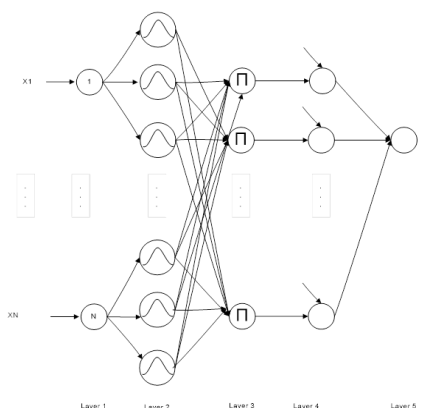
pelanggan maupun biaya operasional maka dapat dimodelkan dengan metode programming tanpa kendala. Studi kasus yang diterapkan pada makalah ini merujuk pada kajian yang dilakukan oleh Ji (2002).

pasok bertujuan mengatasi beberapa situasi fuzzy seperti permintaan pelanggan dan biaya operasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Fuzzy Neural Network

Jaringan syaraf tiruan telah banyak diterapkan di berbagai bidang sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan (Kuo, 2001). FNN memiliki kemampuan untuk menerapkan aturan *fuzzy if-then* sebagai perkiraan pemetaan nonlinier dari vektor input nyata ke keluaran *fuzzy* (Ishibuchi, 1996). Jang mengusulkan ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. Sistem ini memanfaatkan prosedur pembelajaran hibrida dimana ANFIS membangun pemetaan input-output berdasarkan pengetahuan manusia dalam bentuk aturan fuzzy if-then dan pasangan data input-output tertentu. ANFIS terdiri dari lima blok fungsional seperti aturan dasar yang berisi sejumlah aturan if. Database mendefinisikan fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy yang digunakan dalam aturan fuzzy; Unit pengambilan keputusan yang melakukan operasi inferensi pada peraturan; Antarmuka fuzzifikasi yang memiliki kemampuan untuk mengubah masukan menjadi tingkat kecocokan dengan nilai linguistik; Antarmuka defuzzifikasi yang mengubah hasil fuzzy dari inferensi menjadi output.



Gambar 1. Arsitektur Fuzzy Neural Network

Pada lapisan pertama, beberapa simpul dipersiapkan untuk variabel-variabel masukan. Tidak diperlukan perhitungan apapun pada tahapan ini. Lapisan kedua disebut term. Tiap simpul pada lapisan ini merepresentasikan sebuah variabel linguistik dari setiap variabel masukan. Simpul-simpul pada lapisan kedua merupakan simpul keanggotaan, dalam hal ini menggunakan fungsi keanggotaan *Gaussian*. Simpul-simpul keanggotaan mempunyai fungsi menghubungkan sebuah variabel linguistic dengan distribusi kemungkinan untuk variabel-variabel tersebut. Luaran dari simpul term ke j^{th} yang diasosiasikan dengan x_i adalah

$$\mu_{Ai}(x_i) = \exp\left(-\left(\frac{x_i - m_{in}}{\sigma_{in}}\right)^2\right) \tag{1}$$

Lapisan ketiga disebut lapisan aturan. Pada lapisan ini simpul antecedent dihubungkan dengan simpul konsekuennya. Luaran dari simpul aturan berdasarkan persamaan (2).

$$O_r^3 = \prod_{i=1}^n \mu_{Aik}(x_i) \tag{2}$$

Dimana k ditentukan oleh kriteria koneksi. Lapisan keempat merupakan lapisan akhir atau luaran. Disinilah konsekuensi dihubungkan dengan luaran. Luaran numerik diperoleh berdasarkan persamaan (3).

$$y = \sum_{r=1}^m \beta^r \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^F}(x_i) \quad (3)$$

Performansi FNN ditunjukkan dengan seberapa baik nilai *Mean Square Error (MSE)* yang dihasilkan (Persamaan 4).

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (Y_i - D_i)^2 \quad (4)$$

2.2 Particle Swarm Optimization

Optimalisasi partikel partikel (satu metode perhitungan evolusioner) terinspirasi oleh perilaku sosial hewan, khususnya burung berkelompok dan kelompok ikan, Eberhart & Kennedy memperkenalkan (Berbeda dengan algoritma genetika, PSO tidak memiliki operator evolusi seperti crossover dan mutasi. Dimulai dengan partikel awal yang terdistribusi secara acak di permukaan masalah dengan kecepatan tertentu. Untuk menghindari jaringan syaraf tiruan terjebak di lokal minima, sangat penting untuk menyediakan jaringan dengan bobot awal yang baik. Ini akan membantu mengurangi waktu latihan dan juga meningkatkan akurasi dalam prediksi. Partikel

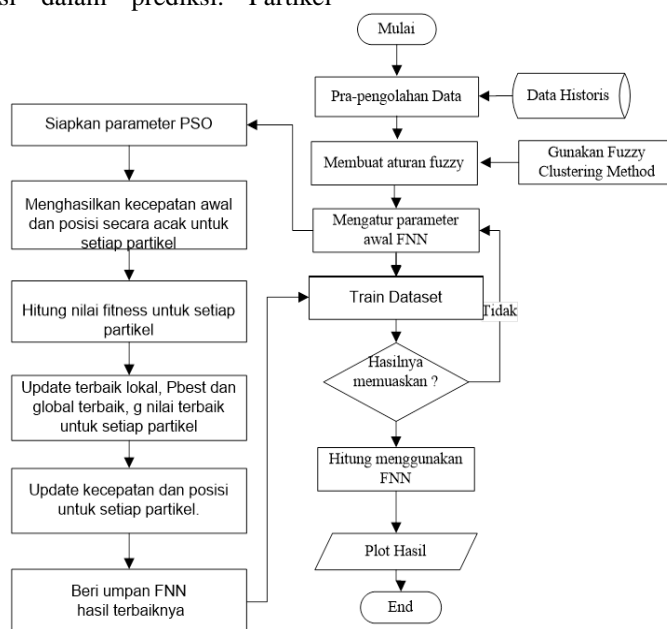
memperbarui kecepatan dan posisi mereka berdasarkan solusi terbaik lokal dan global:

$$V_{ij}^{new} = V_{ij}^{old} + c_1 \cdot r_1 \cdot (P_{ij}^{ibest} - C_{ij}^{old}) + c_2 \cdot r_2 \cdot (P_{ij}^{gbest} - C_{ij}^{old}) \quad (5)$$

$$C_{ij}^{new} = C_{ij}^{old} + V_{ij}^{old} \quad (6)$$

- Prosedur untuk optimasi Partikel Swarm Optimization diringkas sebagai berikut:
- Langkah 1: Buat definisi masalah (fungsi objektif, bilangan atau partikel)
 - Langkah 2: Menyiapkan parameter awal (posisi, kecepatan, dan populasi)
 - Langkah 3: Hitung nilai fitness
 - Langkah 4: Update terbaik lokal, Pbest dan global terbaik, Gbest
 - Langkah 5: Memperbarui kecepatan dan posisi untuk setiap partikel dengan menggunakan Persamaan.2 nilai V tidak boleh lebih besar dari Vmax
 - Langkah 6: Berhenti jika iterasi maksimal tercapai, jika tidak kembali ke langkah 3

Prosedur terperinci untuk penelitian ini adalah meringkas d dalam diagram berikut.



Gambar 2. Diagram Alur Fuzzy Neural Network

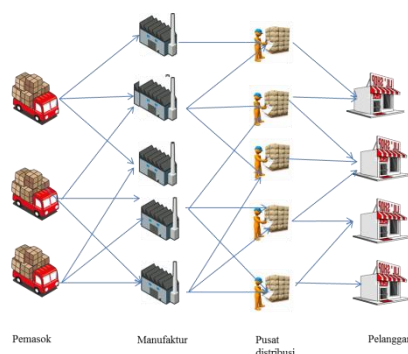
2.3 Jaringan Rantai Pasok

Integrasi adalah kata kunci jika ingin membangun jaringan rantai pasok yang efisien (Ying-Hua). Hal ini tidak lain karena jaringan rantai

pasok melibatkan entitas dari berbagai lapisan yaitu pelanggan, pusat distribusi, manufaktur dan para pemasok. Ketiadaan integrasi akan melemahkan

jaringan yang dibangun, untuk itu komitmen dari seluruh entitas yang terlibat sangat diperlukan. Beberapa literasi menyebutkan bahwa persoalan rancangan jaringan rantai pasok merupakan bagian

dari *NP-complete* problem sehingga lebih tepat untuk diselesaikan dengan pendekatan algoritma *heuristic* (Santoso,2005; Kumar,2005).



Gambar 3. Ilustrasi jaringan rantai pasok

Rancangan jaringan rantai pasok dalam makalah ini menggunakan informasi pada kajian yang dilakukan oleh Ji (2002), dimana terdapat tiga pemasok, lima pabrik yang akan dipilih, lima pusat distribusi dan empat pelanggan (Gambar 1.) Sedangkan untuk bahan baku terdapat tiga jenis bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat produk jadi dengan perbandingan 2:1:1. Perbandingan ini digunakan oleh pabrik untuk menghasilkan bahan baku. Besarnya permintaan terhadap produk jadi merupakan variabel stokastik.

Biaya operasi rantai pasokan terdiri dari: biaya satuan bahan baku yang dibeli dari pemasok, biaya untuk mengangkut produk unit dari pabrik ke pusat distribusi, biaya untuk mendistribusikan unit produk dari pusat distribusi kepada pelanggan. Biaya ini diberikan dalam bentuk bilangan fuzzy. dan kita bisa melihat fungsi keanggotaannya adalah Triangular.

Untuk memudahkan dalam merumuskan model matematis rancangan jaringan rantai pasok, berikut adalah notasi yang digunakan dalam tulisan ini.

- i : Produk
 - s : Pemasok
 - d : Pusat distribusi
 - m : Pabrik
 - c : Pelanggan
 - p : Harga
 - r : Bahan baku
 - c_m : Biaya memulai pabrik dan operasional
 - c_d : Biaya mendirikan pusat distribusi dan operasional
 - c_p : Biaya produksi produk i di pabrik m
 - c_{imd} : Biaya transportasi produk i dari pabrik m ke pusat distribusi
 - c_{idc} : Biaya transportasi produk i dari pusat distribusi d ke pelanggan c
 - n_{max} : Jumlah bahan baku r di supplier s
 - q_p : Produksi maksimum produk i di pabrik m
 - q_d : Jumlah mak. produk i di Pusat distribusi d
 - qr : Jumlah bahan baku r yang diperlukan untuk memproduksi produk i
 - J_m : Jumlah mak. pabrik yang dapat didirikan
 - J_d : Jumlah mak. pusat distribusi yang boleh didirikan.
- Variabel-variabel keputusan dalam persoalan ini adalah:
- X_{rps} : jumlah bahan baku r yang dibeli oleh pabrik p dari supplier s
 - X_{imd} : jumlah produk i yang dikirim dari pabrik m ke pusat distribusi d
 - x_{idc} : jumlah produk i yang dikirim dari pusat distribusi d ke pelanggan c

Total biaya rantai pasok dihitung sebagai berikut:

$$C(x, y, c) = \sum_{r,s,m} c_{rsm} x_{rsm} + \sum_{i,m} (c_p \sum_d x_{imd}) + \sum_{i,m,d} x_{imd} + \sum_{i,d,c} c_{idc} x_{idc} + \sum_m c_m J_m + \sum_d c_d J_d \quad (7)$$

Tabel 1.
Kendala Kapasitas, Biaya setup, dan Permintaan stokastik dari pelanggan

Pemasok	Pabrik		Pusat Distribusi		Permintaan pelanggan
	Kapasitas total	Biaya Tetap	Kapasitas total	Biaya Tetap	
500	400	1800	530	1000	N(460,20)
650	550	900	590	900	N(340,10)
390	490	2100	400	1600	N(450,20)
	300	1100	370	1500	N(330,20)
	500	900	580	1400	

Tabel 2.
Biaya pengiriman unit produk dari pabrik ke pusat distribusi

Pusat Distribusi	Pusat Distribusi				
	D1	D2	D3	D4	D5
Pabrik 1	(4,5,6)	(4,6,8)	(3,4,5)	(6,7,8)	(4,5,6)
Pabrik 2	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,6,8)	(7,8,9)
Pabrik 3	(5,7,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(8,9,10)	(5,6,7)
Pabrik 4	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,6,8)	(7,8,9)
Pabrik 5	(5,7,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(8,9,10)	(5,6,7)

Tabel 3.
Biaya pengiriman dari Pusat distribusi ke pelanggan

Pusat Distribusi	Wilayah Pelanggan			
	C1	C2	C3	C4
D1	(4,5,6)	(4,6,8)	(3,4,5)	(6,7,8)
D2	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,6,8)
D3	(5,7,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(8,9,10)
D4	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,6,8)
D5	(5,7,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(8,9,10)

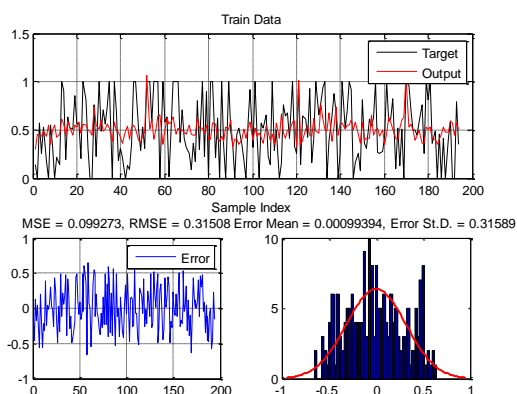
Tabel 4.
Biaya pengiriman dari Supplier ke Pabrik

Pemasok	Wilayah Pelanggan				
	P1	P2	P3	P4	P5
S1	(4,5,6)	(4,6,8)	(3,4,5)	(6,7,8)	(4,5,6)
	(3,5,7)	(5,6,7)	(3,4,5)	(5,7,9)	(3,5,7)
	(4,5,6)	(4,6,8)	(6,7,8)	(5,6,7)	(4,5,6)
S2	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,6,8)	(7,8,9)
	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,6,8)	(7,8,9)
	(7,8,9)	(4,6,8)	(7,8,9)	(4,5,6)	(6,7,8)
S3	(5,7,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(8,9,10)	(5,6,7)
	(5,7,9)	(5,6,7)	(2,3,4)	(7,9,11)	(4,6,8)
	(3,4,5)	(4,5,6)	(2,3,4)	(8,9,10)	(5,6,7)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan rancangan jaringan rantai pasok merupakan permasalahan yang kompleks yang melibatkan banyak kombinasi dan perhitungan (*NP-hard problem*). Algoritma heuristik dan metaheuristik telah banyak dilibatkan untuk menyelesaikan permasalahan ini. Untuk keperluan perhitungan

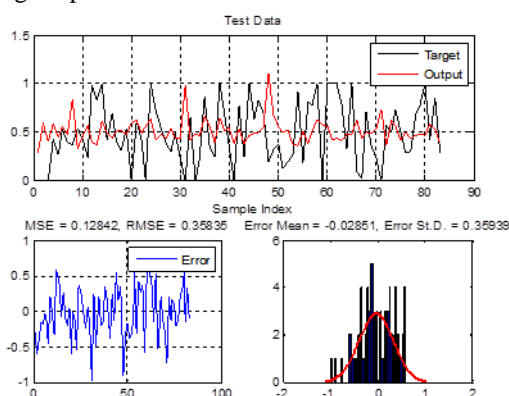
dilakukan simulasi dengan perangkat lunak matlab. Sebanyak 200 data digunakan sebagai data latihan (*training data*) FNN dan 100 data digunakan untuk uji (*testing data*) FNN. Gambar 4 memperlihatkan proses iterasi dan akurasi dari perhitungan FNN.



Gambar 4. Hasil FNN untuk data latihan

Hasil training dan testing FNN memberikan hasil pilihan pabrik yaitu Pabrik 1, Pabrik 3 dan Pabrik 5. Sedangkan Pusat Distribusi yang dipilih untuk

dibuka adalah Pusat Distribusi 1, Pusat Distribusi 2, dan Pusat Distribusi 5.



4. KESIMPULAN

Dalam paper ini ,disajikan pendekatan fuzzy neural netwok yang dikombinasikan dengan algoritma particle swarm optimization untuk menyelesaikan permasalahan rancangan jaringan rantai pasok .

Hasil perhitungan dari persoalan dengan kombinasi 3 pemasok, 5 manufaktur, 5 pusat disribusi dan 4 pelanggan memberikan solusi optimal.

PUSTAKA

Cohen, M A.,& Lee, H L.(1988). *Strategic analysis of integrated production –distribution systems: Models and methods*, *Operations Research*, 36,216-228.

Eberhart, R. C., & Kennedy, J. (1995) *A new optimizer using particle swarm theory," in The sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, 39-43.

Ishibuchi, H. & Nii, M. (1996). *Generating fuzzy if-then rules from trained neural networks: Linguistic analysis of neural networks*, *IEEE International Conference on Neural Networks*, 1-4, 1133-1138.

Ji Xiao-yu, Shao Zhen.(2002). *Model and Algorithm for Supply Chain Network Design by Uncertain Programming*, *Systems Engineering Theory & Practice*, 2, 118-122.

K. Dogan, M. Goetschalckx, (1999). *A primal decomposition method for the integrated design of multi-period production–distribution systems*, *IIE Transactions*, 31,1027–1036.

Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R.(2006). *A Fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain*, *Int. J. Production Economics*, 10.

Kuo, R. J. (2001). *A sales forecasting system based on fuzzy neural network with initial weights generated by genetic algorithm*, *European Journal of Operational Research*, 129, 496-517

Liu, B.(2002), *Theory and Practice of Uncertain Programming*, Physica Verlag, Heidelberg, 156-161.

Pisvae, M. S., Rabbani, M., & Torabi, S.A.(2011) *A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty*. *Applied mathematical Modeling* 35,637-649.

Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, M.,Shapiro, A., (2005) A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty, *European Journal of Operational Research*, 167(1), 96-115.

Simchi-Levi, David., Kaminsky, P., Simchi-Levi, Edith. (2009). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, strategies and case studies*. Mc Graw-Hill Singapore.

Wang, F., Lai, X. & Shi, N.(2011). *A multi-objective optimization for green supply chain network design*. *Decision Support Systems*, 51, 262-269.