

MODEL PREDIKSI *PRODUCTION DELAY* DALAM PROSES PRODUKSI STRIP MILL DENGAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM

Yusraini Muharni[†]

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jend. Sudirman Km. 3 Cilegon

*Email: yusraini@untirta.ac.id

Abstrak

Abstrak – Dalam system produksi flow shop, kelancaran aliran proses produksi menjadi hal yang sangat penting. Hal ini akan menjadi jaminan dapat terpenuhinya jadwal produksi yang telah direncanakan. Penundaan proses produksi (*production delay*) karena gangguan pada mesin merupakan permasalahan yang kerap muncul pada proses produksi strip mill. Sebagai akibatnya adalah penjadwalan produksi yang telah disusun menjadi tidak valid. Disamping itu, waktu penyelesaian (*makespan*) menjadi lebih panjang dari yang semula direncanakan. Dalam kajian ini, metode *adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS)* yang merupakan gabungan jaringan syaraf tiruan dan teori fuzzy di terapkan untuk memprediksi *production delay* dalam produksi strip mill. Variabel masukan adalah waktu antara gangguan, sedangkan variabel luaran adalah lamanya *production delay*. Sebanyak 146 data yang digunakan dalam model prediksi ini, dimana 70% data dialokasikan sebagai data pelatihan dan sisanya merupakan data pengujian. Hasil pelatihan model ANFIS menunjukkan bahwa nilai MSE berada dibawah 0.05 (MSE= 0.0464). Dengan demikian hasil prediksi dapat dipakai sebagai masukan bagi manajer produksi sebagai informasi pendukung dalam menyusun jadwal produksi (*production scheduling*).

Kata Kunci — *Fuzzy logic, flow shop, ANFIS, penjadwalan.*

[†] Corresponding Author

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan hal yang krusial dalam sistem manufaktur. Persoalan penjadwalan akan bertambah kompleksitasnya dengan naiknya jumlah job dan jumlah mesin. Dengan demikian kuat sekali dasarnya bahwa persoalan penjadwalan mesin dapat dikatakan sebagai persoalan *nondeterministic polynomial time-hard (NP-hard)* terutama ketika jumlah mesin lebih dari dua (Rock 1984).

Dalam sistem produksi flow shop, asumsinya adalah bahwa sejumlah n job yang masing-masing terdiri dari k operasi yang mempunyai urutan proses-mesin yang telah ditentukan. Selayaknya setiap job diproses dari mesin 1 ke mesin berikutnya tanpa adanya jeda antar mesin. Sebagai tambahan, setiap mesin hanya memproses satu job dalam satu waktu dan tiap job hanya dikerjakan di tiap-tiap mesin satu kali (Tasgetiren et al. 2007).

Penerapan metode kecerdasan buatan (Artificial intelligence) dalam persoalan penjadwalan produksi telah diprakarsai oleh Sabuncuoglu (1998). Dalam kajiannya, Sabuncuoglu (1998) melakukan telaah *literature* dan menyusun arah penelitian dalam penjadwalan produksi dengan menerapkan metode jaringan syaraf tiruan. Dalam persoalan penjadwalan flow shop, *Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* diterapkan dalam mengestimasi makespan pada penjadwalan produksi dengan kondisi *no-wait two stage hybrid flow shop* (Shafaei, et al., 2011).

Pada penelitian ini, metode *Adaptive Neuro fuzzy inference system (ANFIS)* yang merupakan gabungan jaringan syaraf tiruan dan teori fuzzy diterapkan untuk memprediksi *production delay* dalam produksi strip mill. Tujuan yang ingin dicapai adalah memperoleh informasi guna mendukung perencanaan penjadwalan produksi dengan mempertimbangkan gangguan yang ada.

Makalah ini disusun dengan sistematika sebagai berikut: Bagian kedua membahas metodologi penelitian, bagian ketiga membahas hasil dan pembahasan dimana langkah-langkah yang ditempuh untuk memperoleh hasil prediksi diuraikan dan bagian keempat adalah kesimpulan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Data

Data mengenai gangguan pada proses produksi strip mill pada penelitian ini diperoleh dari perusahaan. Data yang dikumpulkan sebanyak 146 data berasal dari gangguan selama bulan februari tahun 2017. Untuk keperluan pelatihan dan pengujian, data dibagi menjadi dua

dengan persentase 70% data untuk pelatihan dan selebihnya digunakan untuk pengujian.

2.2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

2.2.1. Struktur ANFIS

Arsitektur ANFIS yang digunakan dalam model prediksi *production delay* dalam makalah ini menggunakan model Takagi-Sugeno-Kang (TSK) (Takagi dan Sugeno, 1985). Jang (1993) mengembangkan *ANFIS: Adaptive-Neuro-Based Fuzzy Inference System*. ANFIS memetakan proses input-output berdasarkan pengetahuan manusia dalam bentuk aturan *fuzzy if-then* dan pasangan data input-output tertentu (Muharni, 2017). ANFIS terdiri dari lima layer dengan penjabaran sebagai berikut:

- [Layer 1] berisikan simpul-simpul untuk variabel masukan. Pada tahapan ini tidak diperlukan perhitungan apapun.
- [Layer 2] Lapisan kedua disebut *term*. Tiap simpul pada lapisan ini mewakili sebuah variabel linguistik dari setiap variabel masukan. Simpul-simpul pada pada lapisan kedua merupakan simpul keanggotaan fuzzy. Dalam penelitian ini menggunakan fungsi keanggotaan *Triangular*. Fungsi ini diperkenalkan oleh Ishibuchi (1995, 1996). Simpul-simpul keanggotaan fuzzy mempunyai fungsi menghubungkan sebuah variabel linguistik dengan distribusi kemungkinan untuk variabel-variabel tersebut. Luaran dari simpul term ke j^{th} yang diasosiasikan dengan x_i adalah

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & X \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (1)$$

- [Layer 3] merupakan lapisan aturan. Disini simpul antecedent dihubungkan dengan simpul konsekuennya. Luaran dari simpul aturan berdasarkan persamaan (2).

$$O_r^3 = \prod_{i=1}^n \mu_{A_{ik}}(x_i) \quad (2)$$

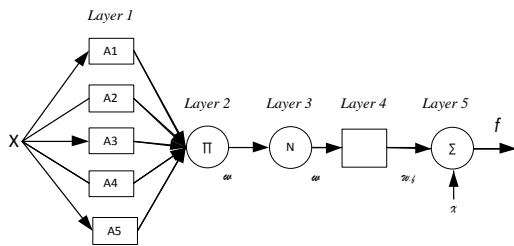
Dimana k ditentukan oleh kriteria koneksi.

- [Layer 4] 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 model prediksi ditunjukkan dengan seberapa baik nilai *Mean Square Error (MSE)* yang dihasilkan (Persamaan 4).

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



Gambar 1. Struktur ANFIS untuk Prediksi Production Delay

2.3 Algoritma pembelajaran Hybrid

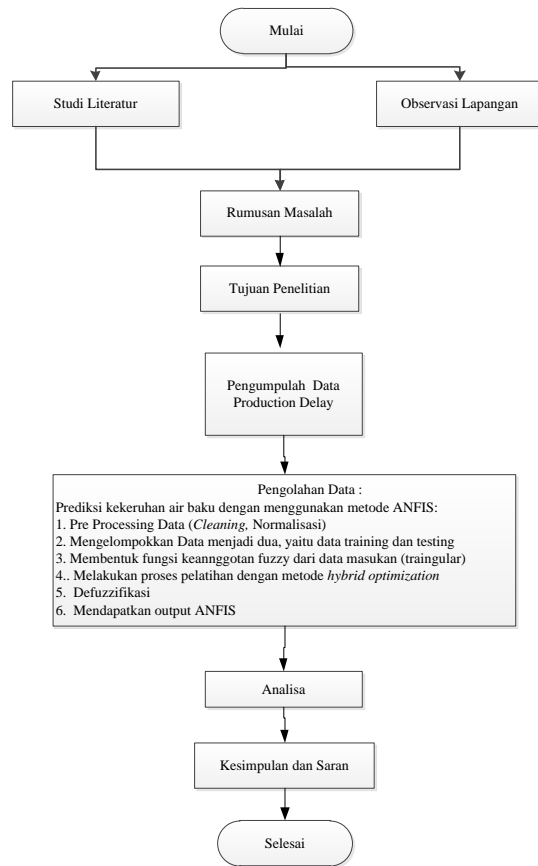
Hybrid optimization dipilih sebagai metode pelatihan. Kelebihan dari metode ini adalah merupakan kombinasi dari metode kuadrat terkecil dan backpropagation gradient descent method.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model ANFIS untuk prediksi production delay dalam proses produksi strip mill dimulai dengan langkah pertama yaitu melakukan pembersihan data dan normalisasi data. Data kemudian dibagi menjadi data pelatihan (100 data) dan data pengujian (46 data). Untuk masuk ke langkah kedua, maka dilakukan penghitungan matematis untuk fungsi keanggotaan dari variabel masukan (waktu antar kerusakan). Fungsi keanggotaan yang dipilih adalah Fungsi keanggotaan segitiga (Triangular Membership Function), beberapa parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

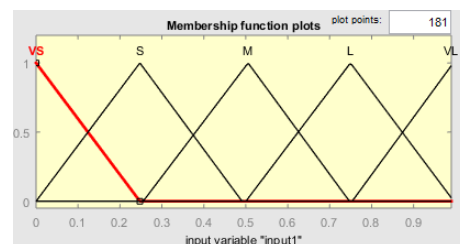
Tabel 1. Parameter variabel masukan dengan fungsi keanggotaan segitiga

Input Variabel (Time to Failure)	Parameter			Output	
	a	b	c	(Delay)	
Sangat Pendek	(0.248)	0.000	0.248	0.000	0.990
Pendek	0.000	0.248	0.497	0.324	1.068
Medium	0.262	0.515	0.751	0.393	1.184
Lama	0.498	0.768	0.996	0.028	0.961
Sangat Lama	0.779	1.006	1.238	0.341	0.622



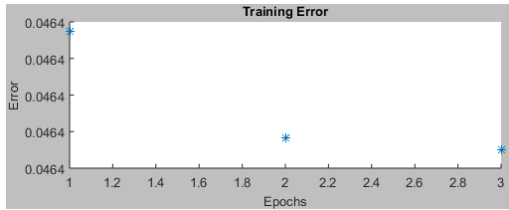
Gambar 2. Diagram alir metodologi penelitian

Variabel masukan, waktu antar kerusakan (x) dibagi kedalam 5 variabel linguistik, yaitu sangat pendek (VS), pendek (S), Medium (M), lama (L) dan Sangat Lama (VL). Bentuk dari keanggotaan segitiga untuk variabel masukan, x, dapat dilihat pada Gambar 3.



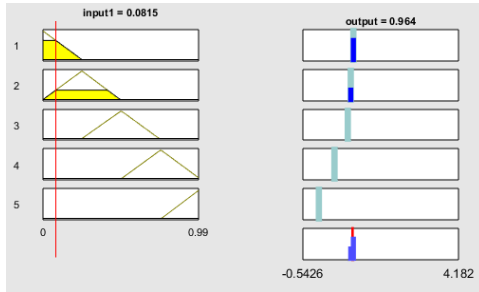
Gambar 3. Fungsi keanggotaan segitiga untuk variabel masukan, waktu antar kerusakan (x)

Setelah memperoleh fungsi keanggotaan fuzzy, maka langkah berikutnya adalah melakukan proses pelatihan model prediksi dengan metode hybrid learning, yaitu penggabungan antara fuzzy inference system (FIS) dengan backpropagation neural network. Proses pelatihan berhenti setelah mencapai epoch 3, dimana MSE 0.046. Hasil pelatihan ditunjukkan pada Gambar 4.

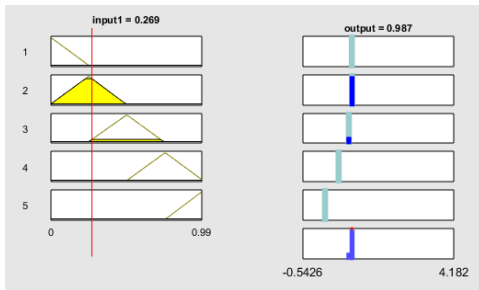


Gambar 4. pelatihan model prediksi dengan metode hybrid learning

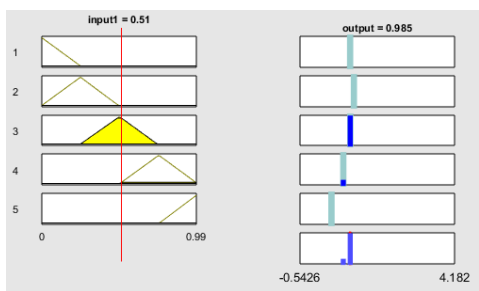
Setelah dilakukan



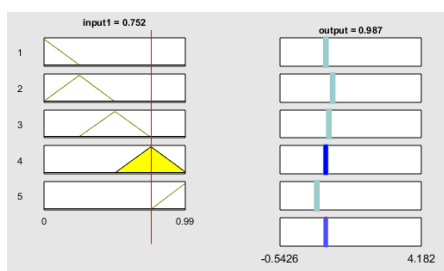
Gambar 5. Rule 1 Hasil Prediksi dengan Model ANFIS



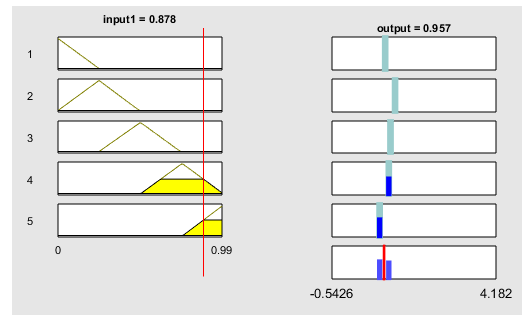
Gambar 6. Rule 2- Hasil Prediksi dengan Model ANFIS



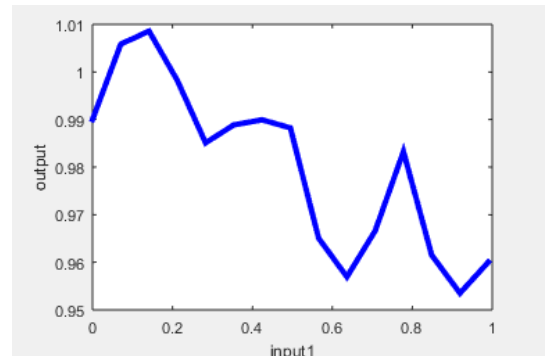
Gambar 7. Rule 3 Hasil Prediksi dengan Model ANFIS



Gambar 8. Rule 4- Hasil prediksi dengan model ANFIS



Gambar 9. Rule 5-Hasil prediksi dengan model ANFIS



Gambar 10. Karakteristik *production delay* setelah dilakukan prediksi dengan model ANFIS

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini model prediksi *production delay* pada proses produksi strip mill dengan menerapkan metode ANFIS telah dikembangkan. Kinerja model prediksi cukup baik dengan nilai MSE lebih kecil dari 0.05. Hasil prediksi dapat digunakan sebagai masukan bagi manajer produksi sebagai informasi pendukung dalam menyusun jadwal produksi (*production scheduling*).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada PT. Krakatau Steel, Cilegon yang memperkenalkan kami menggunakan data *production delay* pada proses produksi strip mill.

DAFTAR PUSTAKA

Jang, J.-S. R.(1993). *ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems*, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23, No. 3. pp. 665-685.
 Zadeh, L.A. (1965). *Fuzzy Sets. Inf. Control* 8. pp. 338-353.

- Muharni, Y. (2017). *Aplikasi Fuzzy Neural Network dan PSO pada Rancangan Jaringan Rantai Pasok*, *Journal Industrial Services*, Vol. 3. No. 1
- Ishibuchi H., Morioka K., & Turksen, I. B. (1995) Learning by fuzzified neural networks, *Internat. J. Approx. Reasoning*, 13: 327-358.
- 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.
- Rock, H. (1984). *The three-machine no-wait flow shop problem is NP-complete*. *Journal of Associate Computer Machinery*, 31, 336–345.
- Takagi, T., & Sugeno, M. (1985). *Fuzzy identification of systems and its applications, to modelling and control*, *IEEE Transactions on System, Man, Cybernetics*, 15 (1), 116–132.
- Tasgetiren, M.F., et al. (2007). *A discrete differential evolution algorithm for the no-wait flow shop scheduling problem with total flow time criterion*. *Proceedings of the 2007 IEEE symposium on computational intelligence in scheduling (CISched2007)*, Hawaii, USA, 251–258.
- Shafaei, R., Rabiee, M. & Mirzaeyan, M. (2011) *An adaptive neuro fuzzy inference system for makespan estimation in multiprocessor no-wait two stage flow shop*, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 24, No. 10, October 2011, 888–899.
- Sabuncuoglu, I., (1998). *Scheduling with neural networks – a review of the literature and new research directions*. *Production Planning and Control*, 9 (1), 2–12.