UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Identifikasi Parameter Empiris dan Tuning Iteratif Model Digital Twin PLTU Batubara Subkritis 200 MW
melalui Simulasi Dinamis**
Aditya Karunia, Dr. Ir. Akmal Irfan Majid, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Ketiadaan dokumentasi *tuning* parameter empiris pada model *digital twin* pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) menurunkan tingkat kepercayaan terhadap akurasinya sebagai basis studi fleksibilitas operasional. Penelitian ini mengidentifikasi parameter empiris prioritas dan melakukan *tuning* iteratif pada model *digital twin* PLTU batubara subkritis 200 MW berbasis pustaka ClaRa dalam Dymola. Model divalidasi melalui simulasi dinamis terhadap data historian Sistem Pengawasan Terdistribusi (DCS).

Metodologi terdiri atas enam tahap. Model dikonfigurasi dari data *Heat Balance Diagram* (HBD) pada titik Turbine Maximum Continuous Rating (TMCR). Verifikasi awal kondisi tunak dilakukan dengan parameter *baseline* generik ClaRa pada tiga titik operasi: TMCR, 75% TMCR, dan 50% TMCR. Parameter empiris diidentifikasi melalui analisis sensitivitas *one-at-a-time* (OAT) dengan perturbasi ±5%. *Tuning* iteratif dilakukan berbasis kalibrasi kuadrat terkecil. Hasilnya diverifikasi akhir terhadap ambang ISA 77.20.01-2012, lalu divalidasi secara dinamis menggunakan metrik Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Root Mean Square Error (RMSE).

Verifikasi awal menghasilkan 8, 9, dan 7 dari 19 variabel gagal, berturut-turut pada TMCR, 75% TMCR, dan 50% TMCR. Pola pembalikan tanda deviasi pada hasil ini mengindikasikan sumber deviasi dominan terletak pada kurva masukan bahan bakar terhadap beban. Analisis OAT menempatkan parameter faktor koreksi laju alir massa bahan bakar pada peringkat pertama, dengan indeks sensitivitas agregat 1,648, dua orde magnitudo di atas enam parameter lainnya.

Kalibrasi kuadrat terkecil diterapkan pada faktor koreksi laju alir massa bahan bakar, mencakup dua koreksi: koreksi global pada titik acuan TMCR dari 1,05 menjadi 1,06399, dan koreksi faktor tabel beban pada titik 50% TMCR dari 1,0754 menjadi 1,04622. Kalibrasi ini menurunkan jumlah variabel gagal menjadi 6, 7, dan 4. Temperatur uap utama, temperatur uap *reheat*, dan daya terminal generator terpenuhi kriterianya di ketiga titik operasi, tanpa perlu men-*tuning* enam parameter empiris berperingkat lebih rendah. Satu residu tersisa pada tekanan uap *reheat* di titik 75% TMCR, teratribusi pada batasan struktural model.

Validasi dinamis terhadap lintasan perubahan beban DCS menunjukkan MAPE di bawah 1% untuk tiga variabel: daya terminal generator (0,884%), tekanan uap utama (0,485%), dan temperatur uap *reheat* (0,665%). Tekanan uap *reheat* menyisakan residu terbesar (MAPE 13,916%), konsisten dengan temuan verifikasi tunak. Penelitian ini menunjukkan bahwa kalibrasi terarah berbasis peringkat sensitivitas pada parameter dominan mampu menghasilkan model *digital twin* yang terverifikasi dan tervalidasi, tanpa memerlukan penyesuaian menyeluruh atas seluruh parameter empiris yang tersedia.

Kata kunci: *digital twin*, PLTU batubara subkritis, ClaRa, analisis sensitivitas *one-at-a-time*, *tuning* parameter, validasi dinamis

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Identifikasi Parameter Empiris dan Tuning Iteratif Model Digital Twin PLTU Batubara Subkritis 200 MW
melalui Simulasi Dinamis**
Aditya Karunia, Dr. Ir. Akmal Irfan Majid, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The absence of documented empirical parameter tuning for power plant digital twin models undermines confidence in their accuracy as a basis for operational flexibility studies. This research identifies priority empirical parameters and performs iterative tuning of a 200 MW subcritical coal-fired power plant digital twin model built on the ClaRa *library within* Dymola*. The model is validated through dynamic simulation against Distributed Control System (DCS) historian data.*

The methodology comprises six stages. The model is configured from Heat Balance Diagram (HBD) data at the Turbine Maximum Continuous Rating (TMCR) point. Initial steady-state verification is performed using generic ClaRa *baseline parameters at three operating points: TMCR, 75% TMCR, and 50% TMCR. Empirical parameters are identified through ±5% one-at-a-time (OAT) sensitivity analysis. Iterative tuning is performed based on least-squares calibration. The results are then verified against ISA 77.20.01-2012 thresholds and dynamically validated using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE) metrics.*

Initial verification yielded 8, 9, and 7 of 19 variables failing at TMCR, 75% TMCR, and 50% TMCR respectively. A sign-reversal deviation pattern in these results indicates that the dominant deviation source lies in the fuel-input-versus-load curve. OAT analysis ranked the fuel mass flow rate correction factor parameter first, with an aggregate sensitivity index of 1.648, two orders of magnitude above the remaining six parameters.

Least-squares calibration was applied to fuel mass flow rate correction factor, comprising two corrections: a global correction at the TMCR reference point from 1.05 to 1.06399, and a load-table-factor correction at the 50% TMCR point from 1.0754 to 1.04622. This calibration reduced the number of failing variables to 6, 7, and 4. Main steam temperature, reheat steam temperature, and generator terminal power met their criteria at all three operating points, without tuning the six lower-ranked empirical parameters. One residual remained in reheat steam pressure at the 75% TMCR point, attributed to a structural limitation.

Dynamic validation against the DCS load-change trajectory showed MAPE below 1% for three variables: generator terminal power (0.884%), main steam pressure (0.485%), and reheat steam temperature (0.665%). Reheat steam pressure retained the largest residual (MAPE 13.916%), consistent with the steady-state verification findings. This research demonstrates that targeted calibration based on sensitivity ranking of the dominant parameter can produce a verified and validated digital twin model without requiring comprehensive adjustment of every available empirical parameter.

Keywords: *digital twin, subcritical coal-fired power plant,* ClaRa*, one-at-a-time sensitivity analysis, parameter tuning, dynamic validation*