

INTISARI

Pemrograman Linier (LP) masih menjadi andalan untuk optimasi skala besar yang cepat, tetapi banyak masalah rantai pasok memiliki struktur biaya nonlinier yang tidak dapat langsung ditangani oleh LP. Salah satu solusi klasik adalah penggunaan *Separable Programming* (SP), yang menggantikan *term* nonlinier dengan segmen linier sehingga model tetap dapat diselesaikan oleh *solver* LP. Meskipun teknik ini sudah dikenal, *feasibility* secara praktis pada perencanaan rantai pasok energi dimana terdapat diskon harga per satuan dan kendala aliran pipa saling berinteraksi belum terdokumentasi dengan baik. Oleh karena itu, studi ini mendemonstrasikan bagaimana SP diintegrasikan ke dalam model pengadaan LNG dan alokasi pipa pada rantai pasok pembangkit listrik di Indonesia.

Data sintesis untuk volume pembelian, titik segmen harga, dan kapasitas jaringan dibuat mengikuti spesifikasi kasus dari sebuah proyek. Fungsi harga satuan nonlinier dalam fungsi objektif dilinierkan menggunakan SP dengan segmen yang dapat diatur. Rangkaian *design of experiments* (DOE) kemudian dilakukan untuk memvariasikan jumlah segmen dan jumlah aktor dalam setiap eselon. Semua model diimplementasikan dalam Python menggunakan PySCIPOpt sebagai *library* utama dan diselesaikan menggunakan komputer standar. Waktu penyelesaian dicatat untuk menilai skalabilitas dari model.

SP berhasil membuat setiap *term* tetap dapat diselesaikan dan mendekati nilai optimum nonlinier. Secara umum, model dengan kompleksitas lebih tinggi dengan jumlah aktor lebih banyak pada setiap aktornya memiliki waktu penyelesaian yang lebih tinggi. Uji faktor tunggal menunjukkan bahwa peningkatan eselon FSRU dan Pipa memiliki kontribusi paling besar terhadap kompleksitas model. Selain itu juga didapat bahwa beberapa skenario faktorial justru selesai lebih cepat setelah aktor dalam eselon ditambah. DOE dengan rentang lebih kecil untuk membuktikan fenomena ini menegaskan bahwa keberadaan aktor yang mudah untuk dieksploitasi pada suatu eselon dapat mempermudah algoritma simplex untuk mendapat jalur alternatif optimum lebih awal sehingga memperpendek waktu pencarian. Temuan ini mengindikasikan bahwa desain jaringan dapat memengaruhi waktu proses LP dan layak untuk diteliti lebih lanjut.

Kata Kunci: *Linear Programming*, Transformasi Linier, *Separable Programming*, Simulasi, Rantai Pasok, Optimasi, Riset Operasi

ABSTRACT

Linear Programming (LP) remains the workhorse for fast, large-scale optimization, yet many supply chain problems contain nonlinear cost structures that fall outside its scope. A classic remedy is Separable Programming (SP), which replaces nonlinear terms with piecewise linear segments so the model can still be solved by LP solvers. Although the technique is well known, its practical feasibility in energy supply chain planning where unit price discounts and pipeline flow constraints interact has not been fully documented. This study therefore demonstrates how SP can be embedded in an LNG procurement and pipeline allocation model for an Indonesian power plant supply chain.

Using case specifications supplied by a project, synthetic data were generated for purchase volumes, price-break points, and network capacities. The nonlinear unit price function in the objective and the nonlinear term in a subset flow constraint were each linearized via SP with controllable segment widths. A series of design of experiments runs varied the number of price breaks and the number of network nodes size. All models were implemented in Python using PySCIPOpt as its main library and solved on a standard desktop. Solution times were recorded to assess the scalability of the model.

SP kept every instance feasible and within the nonlinear optimum. As expected, larger models usually increased solution time. Single factor runs revealed that expanding FSRU and Pipe nodes had the steepest contribution on model complexity. Unexpectedly, several factorial scenarios solved faster after an increased node length. Re-running the DOE with finer level spacing confirmed that certain easy-to-exploit actor on a node give the simplex algorithm alternative paths that tighten bounds earlier which shortening the search. While preliminary, these findings suggest that judicious network design can materially influence LP runtimes and merits further investigation.

Keywords: *Linear Programming, Linear Transformation, Separable Programming, Simulation, Supply Chain, Optimization, Operation Research*