

Kajian Literatur Sistematis: Pemanfaatan Program Bilangan Bulat dalam Optimasi Jadwal Produksi

Annisa Ul Khoiriah Pasaribu¹, Mukhlida Khofipah Hasibuan², Nuria Ulfah Lubis³,
Yulia Nasution⁴, Siti Salamah Br Ginting⁵
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2,3,4,5}

Email: nrulfs01@gmail.com, sitisalamahginting@uinsu.ac.id.

Sejarah Artikel:

Diterima 20-06-2025
Disetujui 21-06-2025
Diterbitkan 24-06-2025

ABSTRACT

Production scheduling is a major challenge in complex and dynamic manufacturing systems. One of the widely used approaches to optimize production schedules is Integer Programming (IP), especially Mixed Integer Linear Programming (MILP). This systematic literature review aims to analyze the use of IP in production scheduling based on scientific publications from Google Scholar in the period 2020–2025. A total of 20 articles that met the inclusion criteria were analyzed thematically to identify trends, dominant industry sectors, and integration of supporting methods. The results of the study show that MILP is consistently used to improve production efficiency, reduce makespan, and optimize resource allocation. The use of heuristic algorithms and software such as Python and Gurobi also strengthen the effectiveness of IP implementation, especially in complex and large-scale scenarios. This study provides important insights for researchers and practitioners in designing scheduling strategies based on mathematical optimization.

Keywords: integer programming, MILP, production optimization, scheduling, systematic literature review

ABSTRAK

Penjadwalan produksi merupakan tantangan utama dalam sistem manufaktur yang kompleks dan dinamis. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengoptimalkan jadwal produksi adalah Program Bilangan Bulat (Integer Programming/IP), khususnya Mixed Integer Linear Programming (MILP). Kajian literatur sistematis ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan IP dalam penjadwalan produksi berdasarkan publikasi ilmiah dari Google Scholar pada periode 2020–2025. Sebanyak 20 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi tren, sektor industri yang dominan, serta integrasi metode pendukung. Hasil kajian menunjukkan bahwa MILP secara konsisten digunakan untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi makespan, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya. Penggunaan algoritma heuristik dan perangkat lunak seperti Python dan Gurobi turut memperkuat efektivitas penerapan IP, terutama dalam skenario kompleks dan berskala besar. Kajian ini memberikan wawasan penting bagi peneliti dan praktisi dalam merancang strategi penjadwalan berbasis optimasi matematis.

Kata kunci: integer programming, MILP, optimasi produksi, penjadwalan, kajian literatur sistematis

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Annisa UI Khoiriah Pasaribu, Mukhlida Khofipah Hasibuan², Nuria Ulfah Lubis, Yulia Nasution, & Siti Salamah Br Ginting. (2025). Kajian Literatur Sistematis: Pemanfaatan Program Bilangan Bulat dalam Optimasi Jadwal Produksi. Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(4), 1539-1545. <https://doi.org/10.63822/j0kxs342>

PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan elemen fundamental dalam sistem manufaktur yang menentukan bagaimana dan kapan proses produksi dilaksanakan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti mesin, tenaga kerja, dan waktu, guna memenuhi permintaan pasar secara efisien. Dalam praktiknya, penjadwalan produksi menghadapi tantangan yang kompleks, seperti banyaknya variasi produk, batasan kapasitas produksi, serta ketidakpastian dalam rantai pasok. Oleh karena itu, diperlukan metode analitis yang mampu merancang solusi optimal berdasarkan berbagai parameter tersebut.

Program Bilangan Bulat (*Integer Programming/IP*) adalah salah satu pendekatan matematis yang digunakan secara luas dalam mengatasi masalah penjadwalan. Berbeda dengan metode optimasi linier biasa, IP mensyaratkan bahwa variabel keputusan berupa bilangan bulat, yang sangat relevan untuk kasus nyata seperti jumlah barang, unit kerja, dan shift karyawan. Dengan karakteristik tersebut, IP dapat menyusun keputusan yang lebih realistis dan dapat diterapkan langsung dalam lingkungan produksi.

Sejak tahun 2020, perhatian terhadap efisiensi produksi meningkat seiring dengan tantangan industri global yang semakin kompleks, terutama akibat pandemi, fluktuasi permintaan pasar, dan transformasi digital. Dalam konteks ini, IP menjadi semakin relevan karena mampu memberikan hasil yang presisi untuk pengambilan keputusan dalam kondisi terbatas. Beberapa studi bahkan mulai mengintegrasikan IP dengan algoritma heuristik dan perangkat lunak modern untuk mempercepat waktu komputasi dan memperluas cakupan penerapannya.

Literatur yang tersedia di Google Scholar menunjukkan bahwa IP, terutama dalam bentuk *Mixed Integer Linear Programming (MILP)*, merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam penelitian terkait penjadwalan produksi. MILP memberikan fleksibilitas yang lebih besar karena mampu menangani variabel bilangan bulat dan kontinu secara bersamaan. Model ini menjadi sangat berguna dalam penjadwalan yang mempertimbangkan waktu, biaya, dan kapasitas secara simultan.

Namun, meskipun penerapan IP cukup luas, masih diperlukan pemetaan sistematis terhadap bagaimana dan sejauh mana metode ini digunakan dalam berbagai sektor industri. Informasi ini penting untuk mengetahui efektivitas penerapan IP dalam berbagai konteks, serta potensi pengembangan metode lebih lanjut yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri yang dinamis.

Kajian literatur sistematis ini disusun untuk mengisi celah tersebut. Melalui penelusuran dan analisis mendalam terhadap artikel-artikel ilmiah yang tersedia di Google Scholar antara tahun 2020 hingga 2025, peneliti berupaya mengidentifikasi pola, tren, serta dampak dari penggunaan IP dalam penjadwalan produksi. Kajian ini juga akan menggali sektor industri mana yang paling banyak menggunakan pendekatan ini dan metode pendukung apa saja yang dikombinasikan bersama IP.

Lebih dari sekadar mengumpulkan referensi, kajian ini bertujuan menyusun narasi analitis mengenai efektivitas dan tantangan implementasi IP di berbagai skenario produksi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi peneliti dan praktisi industri yang ingin menerapkan pendekatan berbasis optimasi matematis dalam kegiatan produksinya.

Dengan pendekatan sistematis dan fokus waktu lima tahun terakhir, diharapkan hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah yang relevan terhadap pengembangan metodologi optimasi dalam penjadwalan produksi serta mendorong pemanfaatan teknologi analitik dalam sistem manajemen operasional yang lebih cerdas.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur sistematis (*systematic literature review*/SLR) dengan pendekatan kualitatif. Sumber data utama berasal dari Google Scholar yang dipilih karena memiliki jangkauan literatur akademik yang luas dan akses terbuka. Proses pencarian dilakukan menggunakan kata kunci seperti “*integer programming for production scheduling*”, “*optimasi jadwal produksi bilangan bulat*”, dan “*production scheduling with integer programming*”. Pencarian dibatasi hanya pada publikasi antara tahun 2020 hingga 2025 untuk memastikan keterkinian data dan relevansi dengan kondisi industri saat ini.

Langkah pertama dalam proses ini adalah identifikasi awal terhadap seluruh artikel yang mengandung kata kunci pencarian. Dari hasil pencarian awal, diperoleh 54 artikel yang kemudian dikaji dari sisi judul dan abstrak. Artikel yang tidak relevan dengan fokus kajian, seperti yang hanya membahas IP secara teoritis tanpa aplikasi pada penjadwalan produksi, langsung dieliminasi. Artikel yang masih meragukan relevansinya diperiksa lebih lanjut melalui isi penuh (*full-text reading*).

Selanjutnya, dilakukan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi, yaitu artikel yang: (1) dipublikasikan dalam jurnal ilmiah atau prosiding konferensi, (2) membahas implementasi atau pengembangan program bilangan bulat untuk penjadwalan produksi, dan (3) tersedia secara bebas melalui Google Scholar. Setelah dilakukan proses penyaringan dan penilaian kualitas, akhirnya terpilih 20 artikel yang menjadi bahan utama dalam analisis.

Analisis dilakukan secara tematik, dengan cara mengelompokkan artikel berdasarkan sektor industri, jenis model IP yang digunakan, serta pendekatan atau metode tambahan yang diintegrasikan (seperti algoritma heuristik). Informasi dari masing-masing artikel dikodekan ke dalam tabel analisis untuk memudahkan perbandingan antar studi. Peneliti juga mencatat adanya kecenderungan atau tren metodologis tertentu dalam literatur selama lima tahun terakhir.

Seluruh proses kajian dilakukan dengan tetap memperhatikan kaidah akademik, objektivitas penilaian, serta transparansi dalam pelaporan hasil. Kajian ini diharapkan tidak hanya menyajikan rekapitulasi penelitian yang telah ada, tetapi juga memberikan wawasan baru mengenai perkembangan dan potensi metode IP dalam penjadwalan produksi industri modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa sebagian besar artikel yang membahas program bilangan bulat dalam penjadwalan produksi menggunakan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). MILP banyak dipilih karena kemampuannya dalam menangani variabel keputusan yang bersifat bilangan bulat maupun kontinu. Model ini mampu menangani beragam kendala nyata dalam sistem produksi, mulai dari kapasitas mesin, batasan tenaga kerja, waktu proses, hingga urutan pengerjaan. Keunggulan MILP terletak pada fleksibilitas model serta hasil solusi yang akurat dan optimal.

Dalam penelitian yang dilakukan Harahap dan Siregar (2021), MILP digunakan untuk menyusun jadwal produksi makanan ringan di industri rumah tangga. Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan MILP dapat mengurangi makespan atau waktu penyelesaian produksi hingga 23%. Hal ini menunjukkan bahwa metode IP tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga mampu memberikan dampak nyata terhadap efisiensi operasional. Studi serupa juga ditemukan pada sektor tekstil dan logistik, yang menunjukkan efisiensi serupa dalam pemanfaatan kapasitas kerja dan minimasi waktu tunda.

Selain itu, pendekatan IP juga mulai dikombinasikan dengan metode heuristik untuk mengatasi masalah kompleks yang tidak dapat diselesaikan dengan IP murni. Wijaya dan Hanafiah (2023) mengembangkan model hybrid MILP dengan algoritma genetika pada penjadwalan produksi otomotif. Hasilnya menunjukkan peningkatan kecepatan komputasi tanpa mengurangi akurasi solusi. Kombinasi ini menjadi solusi efektif untuk skenario penjadwalan berskala besar, yang sering kali membutuhkan waktu proses yang panjang jika hanya menggunakan IP konvensional.

Penggunaan perangkat lunak open-source seperti Python dengan pustaka *PuLP* dan solver seperti Gurobi juga mendukung perkembangan metode ini. Banyak peneliti menggunakan bahasa pemrograman ini untuk membangun dan menguji model IP dalam konteks nyata. Fadillah et al. (2022) menunjukkan bagaimana Python digunakan untuk membuat model MILP dalam penjadwalan produksi berbasis permintaan fluktuatif, yang kemudian diuji pada skenario rumah tangga dan menghasilkan efisiensi distribusi waktu kerja hingga 18%.

Dalam beberapa kasus, IP digunakan untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya dalam kondisi ketidakpastian. Penelitian Utami dan Rizky (2024) menggunakan MILP untuk menjadwalkan produksi minuman herbal dengan mempertimbangkan variasi permintaan dan kapasitas gudang. Model ini memperhitungkan stok awal, kapasitas penyimpanan, serta prioritas pengiriman. Hasilnya menunjukkan penurunan biaya logistik sebesar 12% dan peningkatan ketepatan waktu pengiriman sebesar 21%.

Dari sisi sektor industri, penggunaan IP paling banyak ditemukan dalam industri manufaktur padat karya dan berbasis proses. Industri seperti tekstil, makanan, dan otomotif menjadi sasaran utama karena struktur produksinya yang kompleks dan sangat terpengaruh oleh penjadwalan. Namun demikian, mulai bermunculan studi dari sektor UMKM dan industri kreatif yang mulai mengadopsi metode ini, seperti pada industri batik dan produk olahan lokal.

Salah satu tantangan utama yang muncul dalam penerapan IP adalah lamanya waktu komputasi untuk skala besar. Oleh karena itu, tren penelitian cenderung mengarah pada pencarian solusi hybrid dan metaheuristik, seperti simulated annealing, tabu search, dan algoritma swarm intelligence. Meskipun demikian, IP tetap digunakan sebagai dasar pemodelan karena memberikan formulasi matematis yang kuat dan dapat diverifikasi.

Secara umum, pembahasan ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan program bilangan bulat dalam penjadwalan produksi tidak hanya berkembang dari sisi metodologi, tetapi juga dari sisi penerapannya dalam berbagai kondisi nyata industri. Kombinasi IP dengan pendekatan komputasi modern menjadi kunci utama dalam mengatasi kompleksitas sistem produksi yang semakin menuntut kecepatan dan ketepatan dalam pengambilan keputusan.

KESIMPULAN

Kajian ini menyimpulkan bahwa Program Bilangan Bulat, khususnya *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), merupakan

metode yang efektif dan luas digunakan dalam mengoptimasi jadwal produksi di berbagai sektor industri. MILP mampu menangani variabel keputusan berupa bilangan bulat dan kontinu secara simultan, serta menangani berbagai kendala realistis seperti kapasitas mesin, waktu proses, dan permintaan pasar yang fluktuatif.

Dari 20 artikel yang ditelaah, mayoritas penelitian menunjukkan bahwa penggunaan MILP dapat meningkatkan efisiensi operasional, baik dari segi waktu penyelesaian produksi (makespan), pengurangan biaya logistik, maupun optimalisasi sumber daya manusia dan mesin. Integrasi MILP dengan algoritma

heuristik, seperti algoritma genetika dan simulated annealing, menunjukkan potensi besar dalam mengatasi keterbatasan waktu komputasi pada masalah berskala besar.

Industri manufaktur padat karya seperti tekstil, makanan, dan otomotif menjadi sektor yang paling banyak memanfaatkan IP dalam praktik penjadwalan. Namun, terdapat pula indikasi positif adopsi IP di sektor UMKM dan industri kreatif. Ini menunjukkan bahwa metode IP tidak hanya relevan di industri besar tetapi juga memiliki potensi untuk diterapkan dalam skala kecil-menengah.

Tantangan utama dalam penerapan IP adalah kompleksitas model dan kebutuhan komputasi tinggi. Oleh karena itu, pengembangan model hybrid yang menggabungkan kekuatan matematis IP dengan efisiensi algoritma komputasi modern sangat diperlukan di masa mendatang.

Secara keseluruhan, hasil kajian ini menegaskan bahwa pemanfaatan program bilangan bulat dalam optimasi penjadwalan produksi merupakan pendekatan yang strategis dan adaptif terhadap dinamika industri saat ini. Temuan ini dapat menjadi dasar pengembangan riset lebih lanjut dan acuan praktis dalam manajemen operasional berbasis data dan teknologi.

SARAN

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya mulai mengembangkan model optimasi yang lebih adaptif dan efisien melalui pendekatan hybrid. Kombinasi antara program bilangan bulat, khususnya *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), dengan algoritma heuristik atau metaheuristik seperti algoritma genetika, tabu search, atau simulated annealing terbukti mampu mengatasi kendala waktu komputasi yang sering menjadi hambatan pada kasus penjadwalan berskala besar. Selain itu, arah penelitian juga dapat diperluas ke pendekatan multi-objektif yang mempertimbangkan beberapa variabel sekaligus, seperti biaya produksi, waktu penyelesaian, pemanfaatan sumber daya, serta tingkat kepuasan pelanggan, agar solusi yang dihasilkan semakin optimal dan realistis diimplementasikan.

Penelitian selanjutnya juga perlu mempertimbangkan perluasan konteks penerapan metode ini ke sektor di luar industri manufaktur, seperti logistik, layanan kesehatan, dan pendidikan, yang sama-sama memerlukan penjadwalan efisien. Pengembangan perangkat lunak berbasis IP dengan antarmuka yang ramah pengguna sangat disarankan untuk mendorong adopsi metode ini di kalangan industri kecil dan menengah (UMKM). Selain itu, integrasi model ini ke dalam sistem informasi produksi seperti ERP akan sangat bermanfaat dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara real-time. Dengan memperhatikan aspek tersebut, diharapkan penelitian-penelitian mendatang dapat memberikan kontribusi yang lebih luas terhadap praktik industri dan perkembangan keilmuan dalam bidang optimasi produksi.

REFERENSI

- Fadillah, R., Nurhadi, D., & Yusuf, A. (2022). Penjadwalan Produksi dengan Model Integer Programming pada Industri Rumah Tangga. *Jurnal Riset Operasi dan Industri*, 5(1), 44–52.
- Harahap, D., & Siregar, A. (2021). Optimasi Jadwal Produksi dengan Mixed Integer Linear Programming pada Industri Makanan Ringan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 134–141.
- Putra, Y. P., & Nugroho, R. A. (2020). Integer Programming untuk Optimasi Produksi Industri Baja. *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 21–28.

-
- Rahmawati, N., Rini, M., & Hidayat, T. (2023). Aplikasi MILP dalam Penjadwalan Produksi Batik Skala UMKM. *Jurnal Manajemen Produksi*, 11(3), 201–210.
- Sari, W., & Lestari, D. (2021). Penggunaan Integer Programming dalam Penjadwalan Job Shop pada Industri Tekstil. *Jurnal Informatika dan Sains*, 7(4), 98–106.
- Utami, A. D., & Rizky, M. (2024). Optimasi Jadwal Produksi Minuman Herbal Menggunakan Integer Programming. *Jurnal Logistik dan Rantai Pasok*, 6(2), 78–85.
- Wijaya, A., & Hanafiah, F. (2023). Evaluasi Hybrid MILP-GA dalam Penjadwalan Produksi Otomotif. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 10(1), 55–63.