

Optimasi Penjadwalan Olahraga ITC 2021 Menggunakan *Swap*

Alda Muhammad Sulaiman^{*1}, Ahmad Muklason²

^{1,2}Departemen Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: ^{*1}aldamuhammadsulaiman@gmail.com

Abstrak

Riset operasi memiliki salah satu bidang yakni penjadwalan olahraga. Topik ini menjadwalkan sebuah pertandingan olahraga dengan tidak melanggar batasan yang ada. Permasalahan penjadwalan olahraga saat ini menjadi semakin kompleks dengan banyaknya batasan yang ada. Kompetisi International Timetabling Competition on Sports Timetabling 2021 (ITC 2021) merupakan salah satu yang mengeluarkan dataset realworld terbaru. Optimasi kualitas penjadwalan olahraga untuk menurunkan nilai penalty pada solusi akhir dari penjadwalan merupakan focus dari penelitian ini. Penerapan algoritma ini mampu menghasilkan optimasi dengan rata-rata 10 dari solusi awal. Algoritma ini juga menghasilkan solusi yang konsistern selama 10.000.000 kali percobaan setiap dataset.

Kata kunci—Penjadwalan Olahraga, Algoritma Tabu Search, Hiper Heuristik

Abstract

Operations research has one area, namely sports scheduling. This topic is scheduling a sporting event without violating any existing restrictions. The problem of sports scheduling today is becoming increasingly complex with the many limitations that exist. The International Timetabling Competition on Sports Timetabling 2021 (ITC 2021) is one of those that releases the latest realworld dataset. Optimizing the quality of sports scheduling to reduce the penalty value in the final solution of scheduling is the focus of this research. The application of this algorithm is able to produce optimization with an average of 10 from the initial solution. This algorithm also produces a consistent solution during 10.000.000 trials for each dataset.

Keywords— Sports Scheduling, Taboo Search Algorithm, Hyper Heuristics

1. PENDAHULUAN

Permasalahan penjadwalan olahraga adalah permasalahan kombinatorial optimasi yang terdiri dari membuat jadwal yang menentukan tim siapa, dimana, dan kapan diadakan pertandingan [1]. Format data yang tidak seragam menyulitkan untuk mendapatkan data perbandingan.

Dataset terbaru, ITC 2021, memiliki tingkat kompleksitas yang sangat tinggi. Dataset ini terdiri dari 8 dataset. Secara garis besar dataset ini memiliki 5 batasan.

Tujuan utama dari kompetisi ini adalah menjadwalkan tim ke dalam jadwal pertandingan yang tersedia tanpa melanggar *hard constraint* yang ada. Kualitas dari solusi yang dihasilkan ditentukan oleh nilai *penalty*. Solusi yang paling baik merupakan solusi dengan *penalti* paling kecil. [2].

Pembuatan jadwal untuk kompetisi olahraga telah menjadi topik riset sejak 1970. Sejak itu, jurnal akademik tentang penjadwalan olahraga meningkat drastis. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa masalah *relaxed* dapat diatasi dengan algoritma *local search* dimana pendekatan *mathematical programming* atau *constraint programming* cocok untuk masalah *constrained* [3]. *Late Acceptance Hill-Climbing* (LAHC) merupakan metodologi pencarian yang baru dan sangat sederhana. Algoritma ini berdasar algoritma *local search*, dimana menerima *non-improving moves* dimana nilai fungsi tujuan lebih baik daripada suatu angka pada iterasi sebelumnya. Angka ini berperan sebagai parameter masukan dimana menentukan jumlah waktu pemrosesan dari prosedur pencarian [4].

Keberhasilan *tabu search* menjadi terkenal karena menghasilkan solusi yang cukup baik pada masalah kombinatorial besar. *Tabu Search* adalah *local search* berbasis metode optimasi. Pencarian bergerak dari satu solusi ke solusi lain, memilih elemen yang terbaik namun tidak *forbidden* di *neighborhood*. Metode ini menghindari solusi dengan beberapa atribut dengan tujuan menghindari berputar dan mengarahkan pencarian ke arah daerah yang belum dieksplor [5]. *Simulated annealing* adalah metaheuristik *local search* yang dipelajari dengan baik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang bersifat diskrit, lebih rendah, dan kontinyu. Fitur utama dari *simulated annealing* adalah menyediakan mekanisme untuk keluar dari *local optima* dengan membolehkan pergerakan *hill-climbing* (seperti pergerakan yang lebih buruk pada fungsi tujuan) dengan harapan untuk menemukan *global optimum* [6]. Terdapat beberapa jenis LLH yang akan digunakan, yaitu *Team Swap*, *Home Swap* dan *Round Swap* [7]. Dalam penjadwalan *round-robin*, setiap tim bermain melawan tim lain pada jumlah yang tetap [8]. Liga olahraga profesional adalah aktivitas ekonomi yang cukup penting di dunia. Tim dan liga tidak ingin rugi karena penjadwalan yang buruk. Penjadwalan permainan cukup sulit untuk dilakukan [9].

Heuristik, metaheuristik, dan hiper heuristik merupakan beberapa jenis metode dalam pengembangan algoritma dengan pendekatan heuristik. Metode heuristik sering menghasilkan hasil yang buruk pada beberapa kasus namun mudah untuk digunakan. Metode metaheuristik tidak dapat digunakan pada dunia komersial dan industri karena metode ini membutuhkan biaya yang mahal dan susah untuk diterapkan walaupun dapat menghasilkan solusi yang sangat baik. Sedangkan metode hiper heuristik lebih mampu menghasilkan solusi yang baik, cukup mudah, dan terjangkau [10]

Menurut penelitian-penelitian di atas, belum ada penelitian metode yang ditawarkan pada paper ini. Dataset yang digunakan sangat baru, yakni tahun 2021. Untuk metode *swapHome*, *swapTeam*, dan *swapRound* sudah dilakukan, namun untuk studi kasus yang berbeda dengan penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tahapan yakni praproses, desain algoritma, implementasi, dan analisis hasil.

2.1 Pra Proses Data

Pada dataset ITC 2021, selama terdapat beberapa kandidat jadwal yang pasti akan melanggar *hard constraint* yang ada, maka kandidat tersebut tidak mungkin digunakan selama penjadwalan.

2.1.1 Dataset

Dataset yang digunakan terbatas pada Test1-Test8 dari keseluruhan dataset ITC 2021. Detail jumlah tim dan slot setiap dataset dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 1. Dataset Test

| Nama Dataset | Tim | Slot |
|-----------------|-----|------|
| Test Instance 1 | 6 | 10 |
| Test Instance 2 | 6 | 10 |
| Test Instance 3 | 6 | 10 |
| Test Instance 4 | 6 | 10 |
| Test Instance 5 | 16 | 30 |
| Test Instance 6 | 18 | 34 |
| Test Instance 7 | 20 | 38 |
| Test Instance 8 | 20 | 38 |

2.2 Desain Algoritma

Desain algoritma terdiri atas 2 bagian, yakni solusi dan melakukan *swap* untuk meminimalisir penalti *hard constraint*.

2.2.1 Rumus Matematika

Capacity Constraint

Capacity constraint mengharuskan sebuah tim bertanding pada mode *home* atau *away* dan mengatur jumlah permainan yang dimainkan oleh sebuah atau sekumpulan tim

CA1

Setiap tim di grup tim T bermain setidaknya k menit dan paling banyak k_{max} {pertandingan kandang, pertandingan tandang, pertandingan} di grup waktu S . Setiap tim di T memicu deviasi yang sama dengan jumlah pertandingan kandang di S kurang dari k_{min} atau lebih dari k_{max} .

$$\forall i \in T : d_i = \max \left(k_{\min} - \sum_{j \in U} \sum_{s \in S} x_{i,j,s}; \sum_{j \in U} \sum_{s \in S} x_{i,j,s} - k_{\max}; 0 \right) \quad (1)$$

CA2

Setiap tim di grup tim T_1 bermain setidaknya k menit dan paling banyak k_{max} {home games, away games, games} melawan {teams, each team} di grup tim T_2 di grup waktu S .

$$\forall i \in T_1 : d_i = \max \left(k_{\min} - \sum_{j \in T_2} \sum_{s \in S} x_{i,j,s}; \sum_{j \in T_2} \sum_{s \in S} x_{i,j,s} - k_{\max}; 0 \right) \quad (2)$$

CA3

Setiap tim di grup tim T_1 bermain setidaknya k menit dan paling banyak k_{max} {home games, away games, games} melawan tim di grup tim T_2 di setiap urutan k {time slots, games}. Setiap tim di T_1 memicu penyimpangan yang sama dengan jumlah jumlah pertandingan kandang melawan tim di T_2 kurang dari k menit atau lebih dari k_{max} untuk setiap urutan k slot waktu

$$\forall i \in T_1 : d_i = \sum_{l=1}^{|P|-k+1} \left(\max \left(k_{\min} - \sum_{j \in T_2} \sum_{s=l}^{l+k-1} x_{i,j,s}; \sum_{j \in T_2} \sum_{s=l}^{l+k-1} x_{i,j,s} - k_{\max}; 0 \right) \right) \quad (3)$$

CA4

Tim di grup tim T_1 bermain setidaknya k menit dan paling banyak k_{max} {home games, away games, games} melawan tim di grup tim T_2 di {time group, each time slot of time group} S . Pemutusan ambiguitas dengan CA2: $|T_1| > 1$. Grup waktu S memicu penyimpangan yang sama dengan jumlah pertandingan dengan tim tuan rumah di T_1 dan tim di T_2 kurang dari k_{min} atau lebih dari k_{max} .

$$d = \max \left(k_{\min} - \sum_{i \in T_1} \sum_{j \in T_2} \sum_{s \in S} x_{i,j,s}; \sum_{i \in T_1} \sum_{j \in T_2} \sum_{s \in S} x_{i,j,s} - k_{\max}; 0 \right) \quad (4)$$

Game Constraint

Batasan permainan memaksakan atau melarang penugasan tertentu dari permainan ke slot waktu

GA1

Setidaknya k_{min} dan paling banyak k_{max} game dari $G = \{ (i_1, j_1), (i_2, j_2), \dots \}$ berlangsung dalam kelompok waktu S . Grup waktu S memicu deviasi yang sama dengan jumlah game di G kurang dari k_{min} atau lebih dari k_{max}

$$d = \min \left(k_{\min} - \sum_{(i,j) \in G} \sum_{s \in S} x_{i,j,s}; \sum_{(i,j) \in G} \sum_{s \in S} x_{i,j,s} - k_{\max}; 0 \right) \quad (5)$$

Break Constraint

Batasan istirahat mengatur frekuensi dan waktu istirahat dalam suatu kompetisi. Sebuah tim memiliki istirahat kandang (tandang) ketika memainkan dua pertandingan kandang (tandang) berturut-turut, tidak peduli berapa banyak *bye* yang dimiliki tim ini di antara dua pertandingan

BR1

Setiap tim di grup tim T memiliki {tepat, tidak lebih dari} k {*home break*, *away break*, *break*} di grup waktu S . Setiap tim di T memicu deviasi yang sama dengan selisih jumlah *home break* di S dan k .

$$\forall i \in T : d_i = \left| k - \sum_{s \in S} b_{i,s} h_{i,s} \right| \quad (6)$$

BR2

Jumlah seluruh {*home break*, *away break*, *break*} tim di grup tim T adalah {tepatnya, tidak lebih dari} k di grup waktu S .

$$d = \left| k - \sum_{i \in T} \sum_{s \in S} b_{i,s} h_{i,s} \right| \quad (7)$$

Fairness And Attractiveness Constraints

Kendala berikut meningkatkan keadilan atau daya tarik kompetisi.

FA2

Setiap pasangan tim dalam grup tim T memiliki selisih {permainan kandang, pertandingan tandang, pertandingan} yang dimainkan tidak lebih besar dari k setelah setiap slot waktu di S . Setiap pasangan tim di T memicu penyimpangan yang sama dengan perbedaan terbesar dalam pertandingan kandang yang dimainkan lebih dari k selama semua slot waktu di S

$$\forall i, j \in T, i < j : d_{i,j} = \max_{s \in S} \left(\left| \sum_{t \in T} \sum_{1 \leq p \leq s} (x_{i,t,p} - x_{j,t,p}) \right| - k; 0 \right) \quad (8)$$

2.3 Implementasi Algoritma

Program Intellij dengan bahasa pemrograman *Java* diimplementasikan pada bagian ini. Dataset tersebut diimplementasikan dengan cara menjalankan datasetnya dengan jumlah iterasi 10.000.000.

2.4 Analisis Hasil

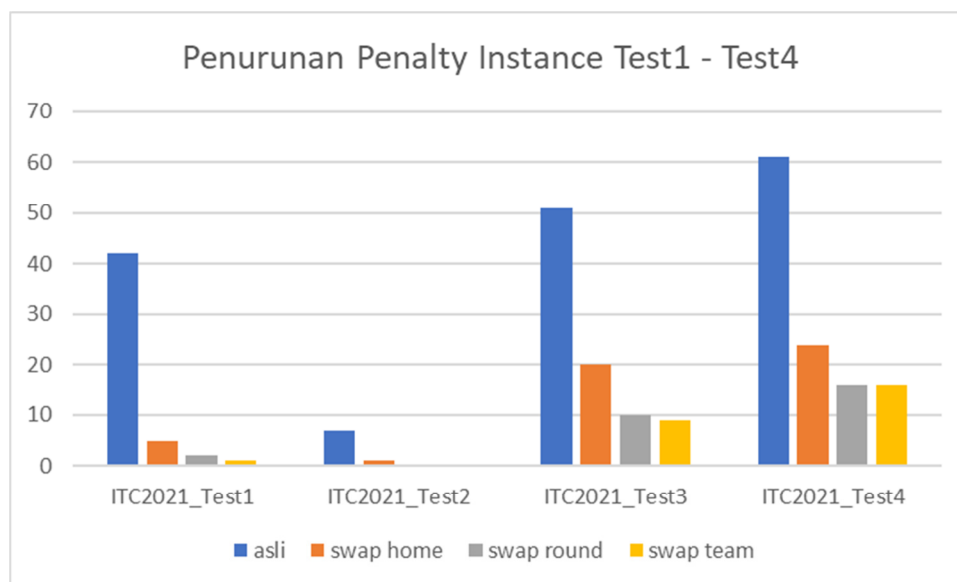
Dari hasil eksekusi tahap sebelumnya, dengan membandingkan nilai penalti *hard constraint* solusi sebelum dan sesudah optimasi, diperoleh hasil analisis optimasi yang berhasil..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

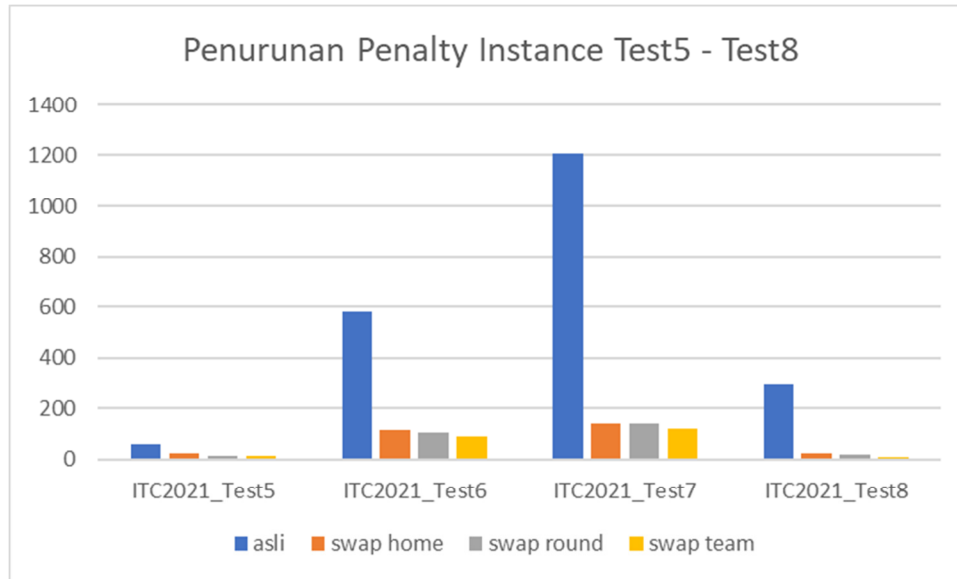
Metode *swap* dijalankan untuk mendapatkan *hard constraint* terkecil. Hasil menjalankan metode *swap* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penurunan Penalty

| | asli | swap home | swap round | swap team |
|---------------|------|-----------|------------|-----------|
| ITC2021_Test1 | 42 | 5 | 2 | 1 |
| ITC2021_Test2 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| ITC2021_Test3 | 51 | 20 | 10 | 9 |
| ITC2021_Test4 | 61 | 24 | 16 | 16 |
| ITC2021_Test5 | 57 | 22 | 16 | 12 |
| ITC2021_Test6 | 581 | 117 | 104 | 88 |
| ITC2021_Test7 | 1209 | 140 | 139 | 122 |
| ITC2021_Test8 | 296 | 22 | 21 | 9 |



Gambar 1. Bagan Penurunan Penalty Test1-Test4



Gambar 2. Bagan Penurunan Penalty Test5-Test8

Dari Gambar dan Tabel diatas, ditemukan bahwa tidak selalu data yang semakin kompleks semakin gagal. Dapat dikatakan cukup anomali. Seperti yang ditunjukkan pada instance Test8 yang menurun lebih kecil daripada Test7. Untuk dataset Test3 berhasil *feasible* pada tahap *swap*.

4. KESIMPULAN

Pembentukan solusi awal dengan cara mengoptimasi pelanggaran menggunakan LLH *swap* hanya berhasil *feasible* 1 dari 8 *test instance*. Dapat dikatakan dataset ini sangat baru, sehingga mencari perbandingannya sedikit sulit. Penalti dapat turun dengan baik setelah dilakukan *swap home*, *swap round*, dan *swap team*.. Butuh iterasi cukup banyak untuk menurunkan penalti dataset yang semakin kompleks

5. SARAN

Dalam penelitian ini, tidak ada kombinasi LLH lain yang diuji. Pada penelitian selanjutnya, LLH yang telah digunakan dengan LLH lain, seperti *team swap* dan *round swap*, dapat ditambahkan atau diganti. Dengan mencoba berbagai jenis LLH, saya berharap mereka dapat menghasilkan solusi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Van Bulck, D. Goossens, J. Schönberger, and M. Guajardo, 2020, “*RobinX: A Three-Field Classification and Unified Data Format For Round-Robin Sports Timetabling*,” *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 280, No. 2, pp. 568–580, doi: 10.1016/j.ejor.2019.07.023.
- [2] G. Kendall, S. Knust, C. C. Ribeiro, and S. Urrutia, 2010, “*Scheduling in sports: An Annotated Bibliography*,” *Comput. Oper. Res.*, Vol. 37, No. 1, pp. 1–19, doi: 10.1016/j.cor.2009.05.013.
- [3] B. C. Ball and D. B. Webster, 1977, “*Optimal Scheduling For Even-Numbered Team Athletic Conferences*,” *AIIE Trans.*, Vol. 9, No. 2, pp. 161–169, doi: 10.1080/05695557708975138.
- [4] E. K. Burke and Y. Bykov, 2017, “*The Late Acceptance Hill-Climbing Heuristic*,” *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 258, No. 1, pp. 70–78, doi: 10.1016/j.ejor.2016.07.012.
- [5] M. Dell’Amico and M. Trubian, 1993, “*Applying Tabu Search To The Job-Shop Scheduling Problem*,” *Ann. Oper. Res.*, Vol. 41, No. 3, pp. 231–252, doi: 10.1007/BF02023076.
- [6] M. Gendreau and J.-Y. Potvin, 2010. *Handbook of Metaheuristics: International Series in Operations research e Management Science*.
- [7] T. Januario, C. C. Ribeiro, and D. De Werra, “*Keywords :*”
- [8] J. Schönberger, D. C. Mattfeld, and H. Kopfer, 2004, “*Memetic Algorithm Timetabling For Non-Commercial Sport Leagues*,” *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 153, No. 1, pp. 102–116, doi: 10.1016/S0377-2217(03)00102-4.
- [9] C. C. Ribeiro and S. Urrutia, 2007, “*Heuristics For The Mirrored Traveling Tournament Problem*,” *Eur. J. Oper. Res.*, Vol. 179, No. 3, pp. 775–787, doi: 10.1016/j.ejor.2005.03.061.
- [10] A. E. Burke, E. Hart, G. Kendall, J. Newall, P. Ross, and S. Schulenburg, “*Chapter # Hyper-Heuristics: An Emerging Direction In Modern Search Technology*.”