

Sistem Informasi Penjadwalan Jam Kerja Karyawan Pabrik Gula II Kwala Madu Menggunakan Algoritma PSO

Mario Maysan Kokod¹, Yulita Molliq Rangkuti², Adidtya Perdana³

^{1,2,3}Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

Email: ¹mariomaysan2001@gmail.com, ²yulitamolliq@unimed.ac.id, ³adidtyaperdana@unimed.ac.id³

Email Penulis Korespondensi: mariomaysan2001@gmail.com

Article History:

Received Mar 13th, 2024

Revised Jun 28th, 2024

Accepted Aug 08th, 2024

Abstrak

Penjadwalan karyawan merupakan hal yang penting di dunia industri, karena semua kegiatan produksi bergantung pada jadwal yang disediakan, sehingga harus disusun dengan benar dan diperbaiki pada setiap awal periode produksi, sehingga nantinya tidak mengganggu aktifitas jam kerja karyawan. Untuk menyelesaikan masalah tersebut digunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO). Algoritma ini dapat memecahkan masalah dengan membentuk partikel-partikel pada populasi awal secara acak, mengevaluasi nilai *fitness*, dan memperbarui *velocity* serta posisi dari partikel. Hal ini bertujuan untuk memecahkan permasalahan yang ditinjau dari fungsi *fitness* setiap partikel. Dari hasil pengujian, aplikasi penjadwalan jam kerja menggunakan algoritma PSO mampu menghasilkan jadwal karyawan yang efektif yang mencakup jam dimulainya *shift* hingga stasiun kerja masing-masing.

Kata Kunci : Penjadwalan Karyawan, *Particle Swarm Optimizaton*, *Constraint*, *Fitness*

Abstract

Employee scheduling is important in the industrial world, because all production activities depend on the schedule provided, so it must be prepared correctly and corrected at the beginning of each production period, so that later it does not interfere with employee working hours. To solve this problem, the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm is used. This algorithm can solve problems by randomly forming particles in the initial population, evaluating fitness values, and updating the velocity and position of the particles. This aims to solve problems in terms of the fitness function of each particle. From the test results, the working hour scheduling application using the PSO algorithm is able to produce an effective employee schedule which includes the start time of the shift to each work station.

Keyword : *Employee Scheduling*, *Particle Swarm Optimization*, *Constraints*, *Fitness*

1. PENDAHULUAN

Karyawan merupakan pilar keberhasilan sebuah perusahaan, mereka dapat beroperasi di berbagai sektor dan posisi, termasuk di perusahaan, organisasi, pemerintahan, swasta, nirlaba, dan bidang lainnya. Waktu kerja adalah hal yang tidak terhindarkan bagi karyawan, yang menjelaskan di mana dan kapan sumber daya tersedia untuk digunakan secara efektif. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan konsep penjadwalan agar karyawan dapat bekerja dengan efisien dan mengetahui waktu yang tepat untuk memulai dan menyelesaikan tugas mereka [1].

Pabrik Gula Kwala madu merupakan produsen gula yang dikelola oleh PT Sinergi Gula Nusantara dan merupakan anak perusahaan PT Perkebunan Nusantara II (PTPN II) yang bekerja dibidang agroindustri kelapa sawit, tebu, dan tembakau. Salah satu permasalahan yang sedang dialami Pabrik Gula Kwala adalah jadwal kerja yang tidak efektif dalam penyusunan diawal proses produksi. Berdasarkan hasil wawancara dengan General Manajer Pabrik Gula PTPN II Kwala Madu Bapak J.H Purba, ST mengatakan bahwa pada saat ini manager produksi menerapkan sistem perencanaan kerja secara manual yang diserahkan kepada kepala asisten setiap bagian untuk menyusun jadwal kerja untuk setiap bagian unit produksi utama dan unit pendukung produksi. Penyusunan jadwal kerja dilakukan oleh kepala asisten setiap bagian, kepala mandor lapangan dan wakil mandor lapangan dan proses penyusunan ini dilakukan secara konvensional dan aklamasi sesuai kesepakatan ketiga pimpinan bagaian tersebut. Jadwal karyawan setiap shif yang sudah di bentuk akan disahkan oleh manager produksi sehingga jadwal yang sudah disepakati diawal tidak dapat diubah pada saat proses produksi berlangsung. Dalam proses produksi terdapat 3 (tiga) pembagian shif kerja yaitu pagi, sore dan malam dan masing masing 8 (delapan) jam kerja normal tidak termasuk lembur yang dilakukan karyawan.

Permasalahannya adalah sistem penyusunan jadwal kerja yang dilakukan selama ini tidak lagi efisien dan belum terintegrasi secara otomatis antara unit produksi dengan sistem yang ada pada kantor direksi utama sehingga harus melakukan rekam ulang diakhir masa produksi secara manual, termasuk dalam menghitung total jam lembur karyawan dan

karyawan cuti atau sakit sehingga hal ini cukup memakan waktu. Dikarenakan dimasa produksi apabila karyawan yang sakit atau cuti maka jadwal yang disusun akan berantakan dan penentuan karyawan pengganti untuk menutupi karyawan yang absen ditentukan oleh pimpinan bagian dan ini tentu tidak efisien karena tidak ada sistem atau proses yang bisa menangani proses tersebut secara otomatis. Maka dari itu proses digitalisasi dalam memodifikasi jadwal kerja yang sudah ada akan menjadi terbaharukan khususnya dibagian produksi yang merupakan ranah Divisi Sumber Daya Manusia (SDM) untuk melakukan pengembangan sistem perencanaan kerja yang lebih efisien, akurat dan terintergrasi dalam meningkatkan kinerja Pabrik Gula Kwala Madu.

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan suatu teknik stokastik dalam optimisasi populasi yang ditemukan pada tahun 1995 oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy, yang terinspirasi oleh perilaku sosial kawanan burung atau ikan. Algoritma PSO memiliki beberapa kesamaan dengan metode komputasi evolusioner seperti algoritma genetik. Keunggulan algoritma PSO mencakup kemudahan implementasi dan kebutuhan yang minim akan fungsi operasi serta parameter yang harus diatur [2]. Dalam algoritma PSO, terdapat satu partikel atau sekumpulan partikel yang bergerak secara terus-menerus di dalam suatu ruang, dengan tujuan untuk menemukan jalur atau posisi optimal. Setiap partikel terus berusaha mencari solusi terbaik, dan partikel lainnya akan mengikuti jalur yang telah ditemukan meskipun jaraknya jauh dari partikel yang pertama [3]. Algoritma PSO menggabungkan strategi pencarian lokal dan global untuk mencari kombinasi terbaik dalam optimisasi penjadwalan. [4].

Penelitian terkait mengenai pejadwalan karyawan yaitu Optimasi Penjadwalan Jam Kerja Dimasa Pandemi Covid-19 dengan PSO. Dengan membentuk partikel pada populasi awal secara acak, mengevaluasi nilai *fitness*, *update velocity* dan posisi dari partikel berdasarkan ruang pencarian sehingga didapatkan penjadwalan yang optimal untuk jam kerja yang optimal dan mampu menekan biaya operasional dan efisiensi waktu [5]. Penelitian lainnya yaitu Penjadwalan Piket Pegawai di Dinas Kota Medan. Algoritma PSO mampu mengatasi masalah penjadwalan manual yang masih dilakukan menuju penjadwalan otomatis yang mampu memenuhi semua syarat dan aturan bagi pegawai untuk dijadwalkan. Hal ini mampu meningkatkan kualitas pelayanan ke masyarakat dan meningkatkan efisiensi kinerja karyawan [6].

Penelitian lainnya mengenai penjadwalan yaitu Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Universitas Handayani Makassar dengan Algoritma PSO. PSO juga mampu mengatasi kewalahannya penjadwalan manual yang dilakukan dan beralih ke penjadwalan otomatis. Dengan mengoptimalkan 255 data perkuliahan, PSO mampu menjadwalkan perkuliahan serta preferensi jadwal mengajar dosen sesuai dengan kebijakan universitas [7]. Riset terdahulu yaitu penerapan PSO dalam penjadwalan kelas di SMK Panca Budi Medan. Penerapan yang hampir mirip dengan sebelumnya, menghasilkan penjadwalan yang tertata dengan baik tanpa mengakibatkan bentrokan antar jadwal kelas. Penjadwalan ini juga memudahkan guru pengajar dalam memilih jadwal kelas dan meningkatkan aktivitas pembelajaran [8].

Melihat dari hasil penelitian terdahulu, algoritma PSO terbukti bekerja dengan sangat optimal dalam melakukan penjadwalan jam kerja karyawan. Peneliti tertarik untuk mengembangkan sebuah sistem informasi berbasis *website* dalam mengoptimalkan penjadwalan karyawan menggunakan algoritma PSO yang dapat memudahkan Pabrik Gula Kwala madu dalam memodifikasi penjadwalan karyawan yang sudah ada sebelumnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Data diperoleh dari *website* resmi instansi terkait dan data karyawan dari General Manajer Pabrik Gula II Kwala Madu. Data yang diperlukan berupa data karyawan yang berisi informasi berupa nama, posisi, *shift* dan status karyawan. Lalu data stasiun kerja yang berisi informasi pembagian kerja pada proses produksi.

2.2 Pre-Processing Data

Data karyawan yang didapatkan nantinya akan melalui *pre-processing* terlebih dahulu, hal ini bertujuan agar data mudah dibaca dan diproses oleh algoritma PSO nantinya. Tahapan *pre-processing* yang digunakan sebagai berikut: [9]

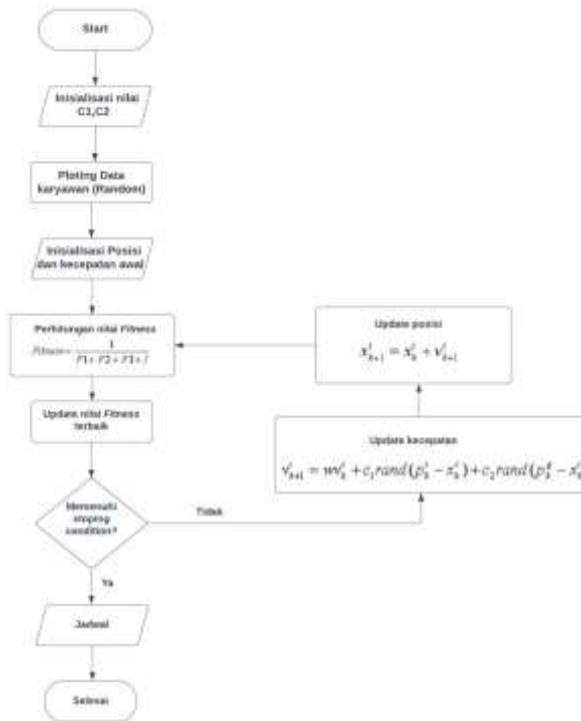
- Data Cleaning*, yaitu proses menghilangkan *noise* pada data. Serta penghapusan data yang tidak diperlukan.
- Data Transform*, yaitu proses transformasi data sebelum diolah dengan algoritma PSO. Hal tersebut bertujuan agar data dapat mudah diolah dan tidak menimbulkan bias [10].
- Data Normalize*, yaitu proses normalisasi data dengan menstandarisasikan data kedalam wujud skala semacam 0 hingga 1.

2.3 Implementasi algoritma PSO

Proses algoritma PSO terdiri dari tiga tahap yaitu: [11]

- Pembangkitan posisi serta kecepatan partikel, dilakukan secara acak pada awalnya untuk setiap partikel dalam algoritma PSO.
- Update velocity* melibatkan faktor-faktor seperti arah aktual partikel, arah terbaik sebelumnya (*pbest*), dan arah terbaik seluruh populasi (*gbest*) untuk mengubah kecepatan partikel [12].
- Update posisi dilakukan setelah update kecepatan, mengubah posisi partikel berdasarkan kecepatan baru untuk mendekati solusi optimum .

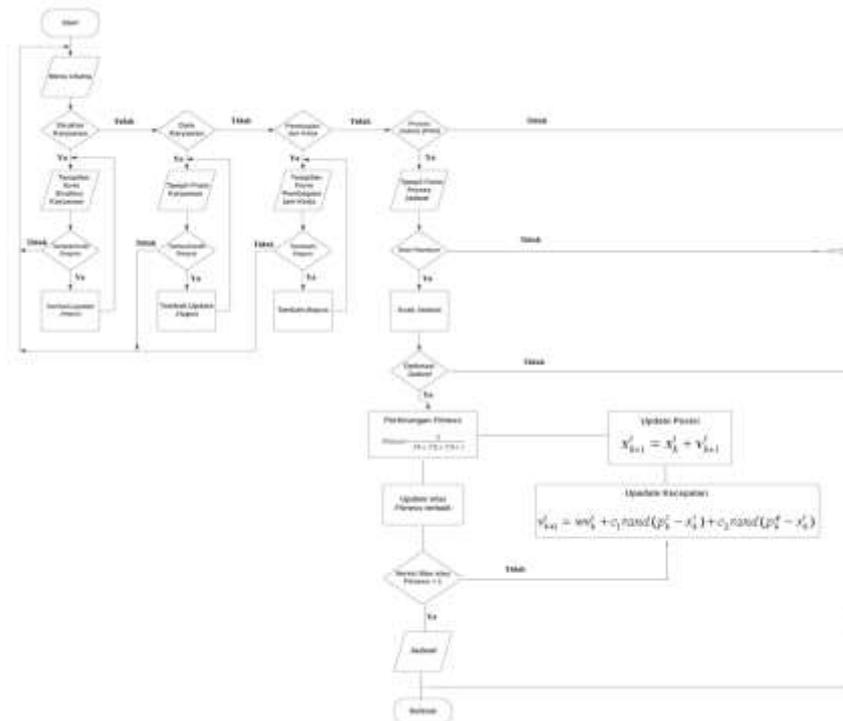
Selanjutnya dilakukan pengecekan apakah hasil sudah optimal atau tidak, bila hasil optimal maka proses akan berhenti, namun apabila sebaliknya maka proses akan berulang sampai mendapatkan hasil yang optimal.



Gambar 1. Tahapan Algoritma PSO

2.5 Perancangan Sistem Penjadwalan

Perancangan sistem meliputi menu struktur karyawan, menu data karyawan, menu pengelompokkan jadwal, dan menu proses penjadwalan dengan PSO. Setelah proses penjadwalan dengan PSO selesai maka akan menghasilkan jadwal karyawan yang optimal. Pembangunan sistem informasi penjadwalan jam kerja karyawan nantinya akan menggunakan bahasa pemrograman Hypertext Markup Language (HTML), Hypertext Preprocessor (PHP), Cascading Style Sheet (CSS), compiler menggunakan Microsoft Visual Studio, dan database menggunakan Microsoft SQL Server.



Gambar 2. Flowchart Perancangan Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah 231 data karyawan yang dibagi kedalam 7 stasiun produksi yang mana disetiap stasiun terdapat 3 *shift* kerja dengan rincian karyawan Perjanjian Kerja Waktu Tertentu (PKWT) sejumlah 171 orang dan karyawan tetap sebanyak 60 orang di Pabrik Gula II Kwala Madu tahun 2023.

Tabel 1. Data Karyawan

ID KARYAWAN	NAMA KARYAWAN	STATUS	SHIFT
1	Kasman Ginting	Karyawan Tetap	I
2	Anwar Syarif	PKWT	II
3	Manto	Karyawan Tetap	III
...
231	Jolon Putra	PKWT	III

3.2 Implementasi Algoritma PSO

Langkah selanjutnya yaitu menginisialisasikan populasi awal karyawan dengan cara menginisialisasi kecepatan awal karyawan terlebih dahulu ke nilai 0 [13]. Setelah itu menginisialisasi masing masing partikel data karyawan untuk mendapatkan nilai dimensi dan menyederhanakan data yang ada. Inisialisasi posisi pada masing-masing partikel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Posisi Partikel Jadwal Karyawan

ID RUANG/POSISI	ID SHIF/JAM KERJA	ID KARYAWAN	ID STATUS	ID HARI
1	1	1	1	1
2	2	2	1	7
3	1	4	1	3
4	3	6	1	5
5	2	10	1	2
6	3	9	2	6
7	2	5	2	4
8	3	8	1	7
9	1	7	1	1
10	2	3	1	4

Sebagai contoh pembangkitan jadwal posisi dan kecepatan pada partikel pertama yang diwakili oleh satu set jadwal selama seminggu dapat menggunakan perhitungan berikut:

$$x(k, \text{partikel}, \text{kolom})$$

Keterangan:

k : iterasi atau generasi dari algoritma optimasi

partikel : individu dalam populasi yang digunakan dalam algoritma optimasi

kolom : posisi atau waktu dalam jadwal yang sedang dipertimbangkan

Rumus diatas menyatakan nilai atau keadaan pada posisi kolom untuk partikel tertentu pada iterasi ke-k dari algoritma optimasi. Berikut adalah contoh hasil pembangkitan jadwal pertama dengan algoritma PSO

Tabel 3. Pembangkitan Jadwal Partikel Pertama

Kolom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
x(0,1)	3	8	1	0	9	12	6	0	0	0	10	5	2	11	7	0	4	0	0	0

Proses penjadwalan dimulai dimana setiap partikel akan diperiksa satu persatu dan dibandingkan dengan partikel lainnya sesuai *constraint*. *Constraint* merupakan batasan yang harus diperhatikan dalam proses optimisasi agar penjadwalan berjalan dengan optimal sesuai dengan ketentuan perusahaan [14]. Dalam hal ini *constraint* mencakup batas waktu kerja, batas shift, hingga batas cuti. Dalam proses penjadwalan pada contoh kasus ini nilai *fitness* menentukan banyaknya pelanggaran *constraint*, maka dari itu nilai pelanggaran akan ditotalkan untuk satu iterasi. *Fitness* merupakan

nilai evaluasi setiap partikel yang menentukan seberapa baik kinerjanya [15]. Semakin kecil jumlah pelanggaran yang terjadi, maka nilai fitness yang dihasilkan juga semakin kecil. Partikel dengan nilai fitness terbesar merupakan partikel yang terbaik [16].

Setelah melakukan pembangkitan jadwal, tidak terdapat nilai *fitness* yang *constraint* pada *value fitness*, hal ini dikarenakan *hard constraint* pada proses penjadwalan tidak ada yang melanggar aturan *hard constraint* yang telah ditetapkan. Salah satu faktornya ialah jumlah data karyawan tidak terlalu banyak dan jumlah data minim dengan jumlah posisi kerja juga tidak terlalu banyak.

Langkah selanjutnya yaitu *update velocity* dan posisi pada masing masing partikel yang dipengaruhi oleh kecepatan yang terlihat bergerak dan berpindah pindah posisi dengan persamaan berikut [17]:

$$v_{k+1}^i = w_k^i + c_1 rand(p_k^i - x_k^i) + c_2 rand(p_k^g - x_k^i)$$

Keterangan:

v_{k+1}^i : kecepatan baru dari partikel *i* pada iterasi ke-*k* + 1

w_k^i : faktor inersia pada iterasi ke-*k*

c_1 dan c_2 : koefisien belajar yang mengontrol kontribusi pengaruh lokal dan global dalam pembaruan kecepatan

$rand(p_k^i - x_k^i)$: nilai acak antara 0 dan 1 yang menentukan seberapa jauh partikel ini akan bergerak ke arah *pbest*

$rand(p_k^g - x_k^i)$: nilai acak antara 0 dan 1 yang menentukan seberapa jauh partikel ini akan bergerak ke arah *gbest*

Dengan menggunakan rumus ini, setiap partikel akan mengubah kecepatannya berdasarkan pengalaman pribadinya (*pbest*) dan pengalaman dari seluruh populasi (*gbest*), serta faktor inersia untuk menjaga keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi dalam mencari solusi optimal [18].

Sebagai contoh pada partikel pertama terdapat parameter acak pada jarak 0-1 yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. *Update Velocity* dan Posisi Partikel Pertama

Kolom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
v(1,1)	0	0	0	0	9	1	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0	0

Begitu juga untuk partikel selanjutnya hingga didapatkan *pbest* dan *gbest* dari hasil penjadwalan karyawan yang optimum. Berikut adalah hasil konversi tabel *update velocity* untuk penjadwalan karyawan yang optimum.

Tabel 5. Konversi Tabel *Update Velocity*

Hari	Nama	Shif	Posisi
Senin	Kasman Ginting	Pagi	Penanganan Pagi
Minggu	Putra Siregar	Sore	Penanganan Sore
Rabu	Rendi syahputra	Pagi	Gilingan Malam
Jumat	Benyamin Sihotang	Malam	Gilingan Pagi
Selasa	Sudi Saragih	Sore	Gilingan Sore
Sabtu	Hendri Damanik	Malam	Gilingan Malam
Kamis	Aldi	Sore	Gilingan Pagi
Minggu	M.Sofian Sinambela	Malam	Gilingan Sore
Senin	Prayoga Abimanyu	Pagi	Gilingan Malam
Kamis	Alfi Putra	Sore	Gilingan Pagi

Proses diatas merupakan penjadwalan kerja karyawan yang menghasilkan jadwal kerja karyawan yang cukup optimal dan tidak melanggar *constraint* yang ditetapkan oleh pihak perusahaan serta nilai fitness yang tidak *constraint* dengan aturan yang ditetapkan oleh perusahaan.

3.3 Pembangunan Sistem Penjadwalan

Pembangunan sistem dimulai dari halaman *login*. Halaman ini berguna bagi *admin* perusahaan untuk mengakses *website* penjadwalan jam kerja karyawan. Berikut adalah gambaran halaman utaman setelah pengguna berhasil *login*.



Gambar 3. Halaman Utama

Selanjutnya yaitu halaman penjadwalan karyawan. Pada halaman ini terdapat 5 menu yaitu menu utama, jadwal sebelumnya, jadwal saat ini, batasan, dan jadwal kedepannya menggunakan metode PSO yang akan melakukan proses perhitungan pada sistem dan akan menampilkan data jadwal putaran *shift* baru pada setiap pos produksi.



Gambar 4. Halaman Penjadwalan Karyawan

Lalu ada halaman tambah pekerja. Disini pengguna dapat memasukkan data karyawan berupa nama karyawan dan posisi *shift* yang diinginkan. Data yang ditambahkan dapat lebih dari satu dan posisi *shift* dapat diisi secara bersamaan.



Gambar 5. Halaman Tambah Pekerja

Selanjutnya ada halaman buat jadwal, dimana pengguna dapat membuat jadwal bagi karyawan dan dapat diisi lebih dari satu jadwal dan posisi *shift*.



Gambar 6. Halaman Buat Jadwal

Terakhir adalah halaman hasil penjadwalan karyawan. Pada halaman ini data dan jadwal karyawan yang telah ditambahkan kedalam sistem akan diolah dengan algoritma PSO. Setelah mendapatkan hasil penjadwalan yang optimum,

hasil penjadwalan akan ditampilkan di *website* dan terdapat menu untuk melihat jadwal dan menyimpan jadwal kedalam database. Berikut adalah tampilan hasil penjadwalan karyawan pada wesbite.



Gambar 7. Halaman Hasil Penjadwalan Karyawan

4. KESIMPULAN

Penelitian penjadwalan karyawan ini menggunakan data diperoleh dari *website* resmi PTPN II Kwala Madu dan hasil wawancara dengan General Manajer Kwala Madu dengan 231 data karyawan yang dibagi kedalam 7 stasiun produksi yang mana disetiap stasiun terdapat 3 *shift* kerja dengan rincian karyawan Perjanjian Kerja Waktu Tertentu (PKWT) sejumlah 171 orang dan karyawan tetap sebanyak 60 orang di Pabrik Gula II Kwala Madu tahun 2023. Data karyawan tersebut selanjutnya akan diolah untuk pembangunan sistem penjadwalan jam kerja karyawan dengan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) berbasis *website*. Dengan mempertimbangkan nilai *fitness* yang sudah ditetapkan oleh perusahaan, penjadwalan karyawan menghasilkan nilai *fitness* yang tidak melanggar aturan *hard constraint* yang telah ditetapkan. Selanjutnya algoritma PSO diimplementasikan kedalam *website* yang dapat menambahkan data karyawan serta jadwal karyawan. Data tersebut selanjutnya diproses oleh algoritma PSO untuk menghasilkan jadwal yang optimal bagi karyawan dan bagi perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Akbar, F. Marisa, and I. D. Wijaya, "Sistem Informasi Pemberian Bonus Upah Dan Penjadwalan Karyawan Menggunakan Metode Algoritma Genetika," *J. Teknol. Inf.*, vol. 10, pp. 59–70, 2019, doi: 10.36382/jitki.v10i1.349.
- [2] Taofik Safrudin, G. Tri Pranoto, and W. Hadikristanto, "Optimasi Algoritma K- Nearest Neighbor Berbasis Particle Swarm Optimization Untuk Meningkatkan Kebutuhan Barang," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 281–286, 2023, doi: 10.47065/bit.v4i3.724.
- [3] D. M. B. Tarigan, D. P. Rini, and Samsuryadi, "Seleksi Fitur pada Klasifikasi Penyakit Gula Darah Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) pada Algoritma C4.5," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 3, pp. 569–575, 2020.
- [4] A. Mukti, E. Azizul, and N. Setyawan, "Optimasi Biaya Pembangkitan Pada Sistem Standar IEEE 30 Bus Menggunakan Adaptive Particle Swarm Optimization," *SinarFe7*, pp. 297–302, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/view/60>.
- [5] K. R. Surya, "Optimasi Penjadwalan Jam Kerja Dimasa Pandemi Covid-19 Menggunakan Metode Particle," *J. Ind. Kreat. dan Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 44–50, 2021.
- [6] R. Fikria and R. P. Sari, "Sistem Penjadwalan Piket Pegawai di Dinas Pencegahan dan Penyelamatan Kota Medan," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, no. 6, pp. 5744–5757, 2023.
- [7] D. Darmawansyah, N. Umar, and Nurfaedah, "Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Pada Universitas Handayani Makassar Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization," *Pros. Semin. Nas. Sist. Inf. dan Teknol.*, pp. 157–164, 2023, [Online]. Available: <https://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/403>.
- [8] H. Syahputra, B. Sugito, and Z. Sitorus, "Application Of Particle Swarm Optimization Algorithm In Information Systems Class Scheduling SMK Panca Budi 1 Medan," *Int. J. Comput. Sci. Math. Eng.*, vol. 2, no. 2, 2023.
- [9] A. Fricco and K. Setiawan, "Implementasi Algoritma Naive Bayes Menggunakan Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Penjualan Produk Air Mineral," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 193–197, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55338/saintek.v5i1.1430>.
- [10] Dika Prasisti and Y. A. Nugroho, "Optimasi Penjadwalan Produksi untuk Meminimalkan Makespan dengan Pendekatan Particle Swarm Optimization dan Genetic Algorithm," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no.

- 2, pp. 111–118, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i2.134.
- [11] M. Muhardeny, M. H. Irfani, and J. Alie, “Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) Pada SMPIT Mufidatul Ilmi,” *J. Softw. Eng. Comput. Intell.*, vol. 1, no. 1, pp. 51–63, 2023, doi: 10.36982/jseci.v1i1.3047.
- [12] M. S. Zuhri and P. P. S. Saputra, “Economic Dispatch Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap Di PT . Petrokimia Gresik Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO),” *SinarFe7*, vol. 3, pp. 15–20, 2020.
- [13] U. Ghoni, N. W. Hidayat, and H. Rakhmawati, “Algoritma Particle Swarm Optimization Untuk Penjadwalan Kuliah Di Stmik Muhammadiyah Paguyangan Brebes,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2023.
- [14] D. R. Ramdania, M. Irfan, F. Alfarisi, and D. Nuraiman, “Comparison of genetic algorithms and Particle Swarm Optimization (PSO) algorithms in course scheduling,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/2/022079.
- [15] M. Ali Albar and R. Afwani, “Sistem Penjadwalan Matakuliah Otomatis Berbasis Web Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) Studi Kasus Program Studi Teknik Informatika (PSTI) Universitas Mataram,” *Univ. Mataram*, 2023.
- [16] M. I. Aeman, R. Latuconsina, and C. Setianingsih, “Sistem Penjadwalan Anggota pada Aplikasi Event Management menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization Berbasis Web,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 6746–6754, 2021.
- [17] Alfina Febiani, Agung Mulyo Widodo, Nizirwan Anwar, Binastya Anggara Sekti, and Alivia Yulfitri, “Implementasi Algoritma ‘Particle Swarm Optimization’ (PSO) Penjadwalan Belajar Mengajar,” *IKRA-ITH Inform. J. Komput. dan Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 152–161, 2024, doi: 10.37817/ikraith-informatika.v8i1.3210.
- [18] M. H. P. Swari, C. A. Putra, and I. P. S. Handika, “Analisis Perbandingan Algoritma Genetika dan Modified Improved Particle Swarm Optimization dalam Penjadwalan Mata Kuliah,” *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 2, pp. 92–101, 2022, doi: 10.23887/janapati.v11i2.49061.