



**Algoritma Harmony Search untuk Menyelesaikan Masalah Penjadwalan Konstruksi
Rehabilitasi Puskesmas Besuki**
*(Harmony Search Algorithm to Solve Construction Scheduling Problem Besuki
Health Center Rehabilitation)*

Lutfan Anas Zahir, S.Si., M.Pd.

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung

Jalan Kimangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

email: lutfananas@gmail.com

Abstract

Construction schedule is an entire blueprint of how a project will be executed and by when. A construction schedule outlines project timeframes/ milestones and tracks project progress to keep everything on-time and on-budget. It's the backbone of any thriving project management for construction. Solving the scheduling problem can be accommodated using mathematical optimization modeling methods. Based on this, the writer aims to solve the scheduling optimization problem by using the harmony algorithm. The Harmony Search Algorithm is an algorithm inspired by the process of searching for a combination of tones to obtain beautiful musical harmonies. This is the same as the optimization process which seeks the optimal solution based on the objective function, namely minimizing the project duration which greatly affects project management. The results obtained show that the smaller the number of harmony memory and the greater the mutation and maxitization, the closer the solution is to the optimal solution. Based on the results of these calculations, the most optimal solution or the minimum project completion duration is five weeks. This also affects the number of iterations and the number of assignments, so the more iterations the results will be closer to the optimal value.

Keywords: *Harmony Algorithm; Construction Problem; Scheduling Problem; Optimization; Project Management*

Abstrak

Penjadwalan konstruksi adalah keseluruhan cetak biru tentang bagaimana dan sampai kapan proyek akan dilaksanakan. Penjadwalan menguraikan kerangka waktu/ pencapaian proyek dan melacak kemajuan proyek untuk menjaga ketepatan waktu dan sesuai anggaran, hal ini merupakan landasan setiap manajemen proyek dalam menyelesaikan konstruksinya. Penyelesaian permasalahan penjadwalan tersebut dapat diakomodir menggunakan metode pemodelan optimasi matematika. Berdasarkan hal tersebut penulis bertujuan untuk menyelesaikan masalah optimasi penjadwalan dengan menggunakan algoritma harmony. Algoritma Harmony Search adalah algoritma yang terinspirasi dari proses pencarian perpaduan nada agar memperoleh harmoni musik yang indah. Ini sama halnya dengan proses optimasi yang mencari solusi yang optimal berdasarkan fungsi tujuannya yaitu meminimalkan durasi proyek yang sangat berpengaruh terhadap manajemen proyek.. hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin kecil jumlah harmony memory dan semakin besar mutation serta maxiterasi maka solusi yang didapatkan semakin mendekati solusi yang optimal. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut didapatkan solusi yang paling optimal atau durasi penyelesaian proyek paling minimum adalah 5 minggu. Hal ini juga beremngaruh terhadap banyak iterasi dan jumlah penugasan, maka semakin banyak iterasi maka hasil akan semakin mendekati nilai optimal.

Kata kunci: *Algoritma Harmony; Masalah Konstruksi; Masalah penjadwalan; Optimasi; Manajemen proyek*

PENDAHULUAN

Di era globalisasi revolusi industri 4.0 ini perindustrian di Indonesia semakin berkembang. Seiring dengan meningkatnya persaingan global, hal tersebut mendorong banyak perusahaan jasa konstruksi untuk semakin memperbaiki dan meningkatkan usahanya agar lebih efektif dan efisien. Setiap perusahaan juga selalu dituntut untuk terus melakukan proses kerja yang maksimal dengan biaya yang seminimal mungkin. Banyak cara yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut salah satu yang berdampak signifikan pada efektifitas dan efisiensi suatu perusahaan adalah perencanaan penjadwalan (Singh dkk, 2012).

Pembangunan merupakan salah satu usaha pemerintah dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat. Tujuannya adalah untuk memberikan kemudahan kepada masyarakat dalam melaksanakan aktifitasnya. Contoh dari pembangunan tersebut adalah pembangunan jalan, jembatan, jaringan telekomunikasi, dan lain-lain. Pembangunan seperti ini biasanya disebut sebagai proyek. Pada manajemen proyek, sebelum proyek dilaksanakan perlu adanya tahapan pengelolaan yang meliputi perencanaan, penjadwalan, dan pengkoordinasian. Dari ketiga tahapan ini, tahap perencanaan dan penjadwalan merupakan tahapan yang paling menentukan keberhasilan suatu proyek. Hal ini dikarenakan penjadwalan adalah tahap ketergantungan antar aktivitas yang membangun proyek secara keseluruhan. Penjadwalan proyek dengan jumlah aktifitas atau kegiatan yang banyak merupakan tugas yang rumit dan kompleks. Pemecahan masalah penjadwalan yang baik merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam pelaksanaan proyek untuk selesai tepat pada waktunya yang merupakan tujuan pokok dan utama, baik bagi kontraktor maupun pemiliknya (Arifudin,2011).

Permasalahan penugasan Masalah yaitu mengalokasikan sumber-sumber (fasilitas) kepada kegiatan-kegiatan atas dasar satu sumber untuk satu tujuan (one to one basis). Sehingga setiap kegiatan atau tugas akan mendapat fasilitas secara khusus dari pengalokasian sumber fasilitas tersebut. Pada pengalokasian fasilitas dan kegiatan, terdapat biaya yang saling berkaitan. Jadi tujuannya adalah bagaimana menentukan semua kegiatan yang dilakukan dengan biaya seminimal mungkin (Singh dkk, 2012).

Model masalah penugasan adalah sebagai berikut :

Meminimalkan :

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

dengan kendala :

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1,2, \dots, n$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 1,2, \dots, n$$

dengan:

z = biaya total yang diperlukan untuk menugaskan n fasilitas pada n lokasi.

c_{ij} = biaya yang diperlukan untuk menugaskan fasilitas i pada lokasi j .

x_{ij} = penugasan fasilitas i pada lokasi j , dengan $i, j = 1,2, \dots, n$ dan

n = jumlah fasilitas

(Koopmans dan Beckmann, 1957)

Proyek dapat diartikan sebagai kumpulan dari beberapa tugas, orang, atau sumber daya dengan tujuan untuk meminimalkan waktu atau untuk meminimalkan biaya (A.Lawrence, 2002). Tugas-tugas dari sebuah proyek disebut aktivitas. Untuk mengestimasi penyelesaian proyek selalu dihubungkan dengan setiap aktivitas – aktifitas yang ada dalam proyek tersebut. Dalam sebuah proyek, ada beberapa aktivitas yang harus terlebih dahulu dikerjakan sebelum aktifitas sebelumnya dimulai. Ada juga aktivitas-aktifas yang dilakukan secara bersamaan. Ketepatan relasi atau hubungan aktivitas yang satu dengan aktivitas yang lainnya sangatlah penting guna mengoptimalkan jadwal untuk setiap aktivitas itu sendiri. Penjadwalan diperlukan sebagai tolak ukur dalam melakukan kegiatan/aktifitas tertentu (Arifudin,2011). Beberapa constraint atau batasan dalam penjadwalan, yaitu : (1) Beberapa kegiatan dilaksanakan setelah kegiatan pendahulunya (predecessor) selesai; (2) Durasi setiap kegiatan tidak boleh kurang dari yang telah ditentukan; (3) Tidak boleh melampaui waktu pelaksanaan proyek yang telah ditetapkan.

Selama ini, pembuatan jadwal proyek menggunakan Microsoft office Excel yang mana penginputan dan analisa pengalokasian waktu setiap kegiatan dihitung secara manual, sehingga jadwal yang dihasilkan tidak optimal dan proses pembuatan jadwal berlangsung lama karena membutuhkan ketelitian. oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem terkomputerisasi dengan metode yang tepat untuk membantu project manager dalam membuat penjadwalan proyek dan menunjukkan kepada organisasi bagaimana proyek akan dilaksanakan.

Pemecahan masalah penjadwalan yang baik merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam pelaksanaan proyek untuk selesai tepat pada waktunya yang merupakan tujuan pokok dan utama, baik bagi kontraktor maupun pemiliknya (Arifudin, 2011). Algoritma Harmony Search (HS) diperkenalkan oleh Zoom Woo Geem pada tahun 2001. Algoritma ini mengadopsi proses pencarian perpaduan nada agar memperoleh harmoni musik yang indah. Ini sama halnya dengan proses optimasi yang mencari solusi optimal berdasarkan fungsi tujuannya. Representasi data yang digunakan pada algoritma Harmony Search untuk penjadwalan adalah representasi bilangan real $[0,1]$. Data disajikan dalam bentuk rangkaian barisan bilangan real $[0,1]$ yang disebut vektor solusi. Nilai dari bilangan real $[0,1]$ sebagai prioritas terpilihnya lokasi yang akan di tempati dari fasilitas, sehingga dari vektor solusi akan diperoleh sebagai representasi alokasi yang ditempuh (Geem dkk, 2005).

Algoritma merupakan suatu seperangkat aturan yang tepat mendefinisikan urutan operasi hingga sedemikian rupa, sehingga setiap aturan akan efektif dan berakhir dalam waktu yang terbatas (Knuth, 1985). Menurut Chartrand dan Oellermann (1993), Setiap algoritma terdiri atas himpunan yang berisikan rangkain langkah-langkah atau instruksi yang telah dirumuskan dengan baik (well defined) untuk memperoleh suatu solusi atau keluaran khusus (specific output) dari suatu masukan khusus (specific input) dalam langkahlangkah yang jumlahnya berhingga. Geem dkk (2001) memformulasikan ketiga pilihan tersebut pada proses optimasi secara kuantitatif menjadi penggunaan Harmony Memory (HM), penyesuaian nada, dan proses pembangkitan nada secara random. Pilihan pertama, penggunaan Harmony Memory (HM). Penggunaan HM sangat penting, karena HM bisa menjamin bahwa harmoni yang bagus akan dipertimbangkan sebagai elemen-elemen dari vektor solusi yang baru. Agar HM dapat digunakan secara efektif, algoritma Harmony Search mengadopsi sebuah parameter HMCR $\in [0,1]$, yang disebut Harmony Memory Considering (or Accepting) Rate (HMCR). Jika nilai ini terlalu rendah, maka hanya sedikit elite harmony yang terpilih. Jika nilainya terlalu besar, maka akan menyebabkan nada-nada pada HM banyak terpakai dan tidak sempat mengeksplorasi nada lain dimana pada akhirnya sulit mencapai solusi yang bagus. oleh karena itu, biasanya digunakan HMCR = 0,7~0,95. Pilihan kedua adalah penyesuaian nada dimana mempunyai beberapa parameter seperti penyesuaian bandwidth (*brange*) dan nilai penyesuaian nada yaitu Pitch Adjusting Rate (PAR). Penyesuaian nada musik berarti perubahan frekuensi nada, hal itu berarti membangkitkan nilai yang sedikit berbeda pada algoritma HS. Berikut ini adalah formulasi penyesuaian nada:

$$x_{new} = x_{old} + (brange)*\varepsilon$$

dengan :

x_{new} = nada baru setelah dilakukan penyesuaian nada

x_{old} = nada yang tersimpan pada HM

$brange$ = bandwidth

ε = bilangan yang di bangkitkan secara random dari interval [-1,1]

Nilai penyesuaian nada (PAR) yang bernilai rendah dengan bandwidth yang sempit dapat menyebabkan proses konvergensi (pendapatan nada) lambat hal ini dikarenakan keterbatasan eksplorasi pada ruang pencarian yang besar. Di sisi lain, nilai penyesuaian nada yang tinggi dengan bandwidth yang lebar dapat menyebabkan solusi-solusi yang ada terlalu menyebar di sekitar solusi yang berpotensi optimal seperti pada pencarian random atau acak. Oleh karena itu, biasanya digunakan $PAR = 0,1 \sim 0,5$. Pilihan ketiga adalah proses pembangkitan bilangan real antara interval [0,1] secara random. Proses ini digunakan untuk meningkatkan keragaman nilai vektor solusi. Penggunaan randomisasi dapat mendorong sistem untuk mencari solusi sehingga dapat mencapai optimal global, (Yang, 2009).

Pada penelitian sebelumnya algoritma harmony search telah banyak diaplikasikan untuk menyelesaikan beberapa pembahasan diantaranya, Independent Task Scheduling (Jiang dkk, 2012), Vehicle Routing Problem with Time Windows (Geem dkk, 2005), Nurse Rostering Problem (Hadwan dkk, 2013).

METODE PENELITIAN

A. Data Masukan

Proses pengumpulan data melalui 3 pendekatan, yaitu:

1. Wawancara (Interview)

Pengajuan pertanyaan-pertanyaan atau tanya jawab secara langsung kepada project manager dan karyawan CV. Romo Wijoyo. Wawancara pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan-permasalahan atau kendala-kendala dalam penjadwalan proyek meliputi strategi penjadwalan dan biaya

2. Studi Pustaka

Pengumpulan literasi dan referensi metode penjadwalan urnal-jurnal atau tulisan penelitian penjadwalan menggunakan algoritma harmony.

3. observasi

Pengumpulan pengamatan data terkait permasalahan langsung di puskesmas Besuki yang bertujuan untuk membangun *constraints*.

B. Analisa Sistem

Tahap analisa data –data yang telah berhasil dikumpulkan, terdiri dari analisa data masukan, analisa model dari algoritma harmony, dan analisa data keluaran.

1. Analisa data masukan (input), bertujuan untuk mengidentifikasi masukan (input) yang dibutuhkan oleh sistem.

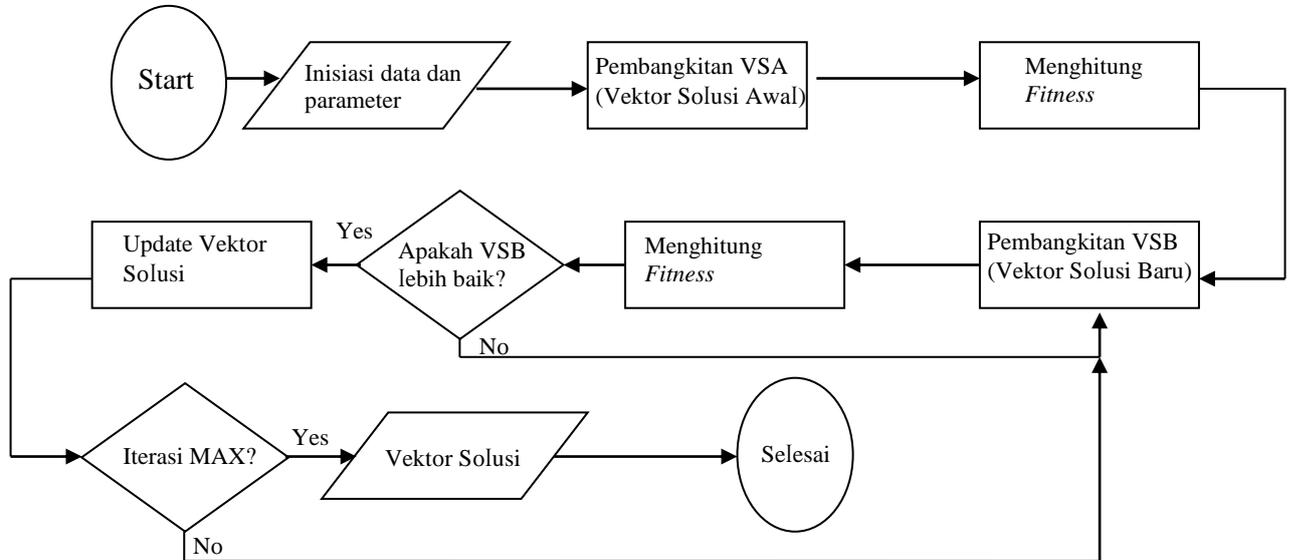
2. Analisa model dari algoritma harmony untuk penjadwalan proyek. Gambar 1. dibawah ini merupakan flowchart penjadwalan proyek menggunakan algoritma harmony.

C. Perancangan Sistem

Perancangan berarti metode yang khusus digunakan untuk merancang hal-hal yang telah dianalisa dengan tujuan untuk memberikan kemudahan dan menyederhanakan suatu proses atau jalannya aliran data, perancangan terhadap model sistem, dan merancang bangun sistem ini. Perancangan ini meliputi: (a) Perancangan model sistem, merupakan

gambaran atau rencana alur proses dari sistem yang akan dibangun. Perancangan ini terdiri dari perancangan flowchart system, context diagram, data flow diagram (DFD) dan (b) Perancangan database, merupakan tahapan untuk memetakan model konseptual ke model basis data yang akan dipakai. Perancangan ini terdiri dari entity relationship diagram (ERD) dan kamus data.

D. Model Algoritma Harmony Search



Gambar 1. Flowchart Pendjadwalan Proyek Menggunakan Algoritma Harmony

E. Prosedur Penentuan keputusan Algoritma Harmony pada Penjadwalan

1. Prosedur hybrid algoritma harmony

begin

```

    input data();
    insialisasi parameter();
    membangkitkan vektor solusi awal HS ();
    menghitung fungsi tujuan vektor solusi awal HS ();
    for i=0 to maxiterasi
        membangkitkan vektor solusi baru ();
        menghitung fungsi tujuan vektor solusi baru HS ();
        if  $VSB_i < VSB_{\text{terbesar}}$ 
            update HM();
        else
            insialisasi vektor solusi TS();
            menghitung fungsi tujuan vektor solusi awal TS();
            memilih vektor solusi terbaik HS atau TS();
    
```

Update HM();

end for

end

2. Prosedur inisialisasi parameter

begin

```

    HMS ← nilai HMS;
    HMCR ← nilai HMCR;
    PAR ← nilai PAR;
    Bandwith ← nilai bandwith;
    maxiterasi1 ← nilai maksimum iterasi tabu;
    maxiterasi ← nilai maksimum iterasi;
  
```

end

3. **Prosedur pembangkitan vektor solusi awal**
begin
 for i=0 to HM
 for j=0 to banyak fasilitas
 $HM_{ij} \leftarrow \text{random}[0,1];$
 end for
 end for
end
4. **Prosedur Penentuan Alokasi**
begin
 for i=0 to ntugas
 for i=0 to ntugas
 if ($j = \text{permutasi}(i,j)$)
 $\text{penempatan}_{i,j} \leftarrow 1;$
 else
 $\text{penempatan}_{i,j} \leftarrow 0;$
 end if
 end for
 end for
end
5. **Prosedur pengecekan pertama**
begin
 $HM_{maks} \leftarrow \text{Maksimum}(f_{\text{tharmonymemory}}, HMS)$
 for i=0 to HMS
 if ($f_{\text{tharmony}}_i \leftarrow HM_{maks}$)
 $ft_{\text{max}} \leftarrow i$
 update HM();
 end if
 end
6. **Prosedur Update HM**
begin
 for i=0 to HMS
 for j=0 to ntugas
 if ($i \leftarrow ft_{\text{max}}$)
 $f_{\text{tharm0nyupdate}}_i \leftarrow ft_{\text{VSB}};$
 $\text{harm0nyupdate}_{ft_{\text{max}},j} \leftarrow \text{VSB}_j;$
 $\text{indexharm0nyupdate}_{(ft_{\text{max}},j)} \leftarrow \text{indexVSB}_{0,j};$
 else
 $f_{\text{tharm0nyupdate}}_i \leftarrow f_{\text{tharm0nymem0ry}}_i;$
 $\text{harm0nyupdate}_{i,j} \leftarrow \text{harm0nymem0ry}_{i,j};$
 $\text{indexharm0nyupdate}_{i,j} \leftarrow \text{indexharm0nymem0ry}_{i,j};$
 end if
 end for
 end for
end

```

7. Prosedur pengecekan kembali
begin
    biayaVSA ← fungsi tujuan terburuk HM;
    bad ← index HM terburuk;
    for i=0 to ntugas
        for j=0 to ntugas
            updateHMi,j ← HMi,j;
            if (biayaVSA > VSB)
                updateHMbad,j ← HMi,j;
            end if
        end for
    end for
end

```

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek rehabilitasi puskesmas Besuki memiliki rincian pekerjaan atau kegiatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini, berikut penjelasan dan susunan kegiatannya:

Tabel 1. Rincian Kegiatan

No	Nama Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Durasi (Minggu)
1	PEKERJAAN PERSIAPAN		
	1.1 Pembersihan lokasi		
	1.2 Pengurangan dan pasang Bouwplank		1
	1.3 Pembuatan Direksi dan Barak Kerja	1.1	1
	1.4 Pemberian papan proyek	1.1	1
	1.5 Pembongkaran Beton Bertulang Bangunan lama	1.1	1
	1.6 Pembongkaran Dinding Bata Bangunan lama	1.1	1
2	PEKERJAAN PONDASI		
	1.7 Pondasi Sumuran A Diam.210, T=400, tbl=30 cm , PS 12 Bh	1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6	2
	1.8 Pondasi Sumuran Diam.300, T=150, tbl=35 cm , PS1 1Bh	1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6	1
	1.9 Pondasi Telapak B Ukuran 100x95x25, 2 Bh	1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6	1
	1.10 Pondasi Telapak C Ukuran 100x95x25, 4 Bh	1.1,1.3, 1.2, 1.5, 1.6	1
	1.11 Pondasi Menerus Tipe A	1.1, 1.2, 1.7	1
	1.12 Pondasi Menerus Tipe B	1.1, 1.2, 1.9	1
	Total Waktu (Minggu)		13

langkah-langkah penyelesaian masalah penjadwalan menggunakan Algoritma harmony search:

1. Inisiasi Data dan Parameter

Pada langkah inisialisasi parameter, dipilih banyaknya HMS = 3, HMCR = 0.9, PAR = 0.3, bandwidth = 0.1, maxiteration = 1

2. Pembangkitan VSA Harmony

Representasi vektor solusi dengan ukuran HMS 4, maka dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2. Vektor Solusi Awal

VSA	HMS Value											
X1	0,437	0,216	0,926	0,388	0,843	0,521	0,917	0,470	0,146	0,270	0,706	0,922
X2	0,839	0,314	0,715	0,904	0,496	0,952	0,634	0,795	0,821	0,406	0,984	0,864
X3	0,293	0,320	0,348	0,135	0,905	0,720	0,491	0,193	0,505	0,859	0,724	0,427

3. Evaluasi VSA

Pada langkah ini dilakukan evaluasi pada masing-masing vektor solusi dengan menghitung fungsi tujuan masing-masing vektor yang disimbolkan $f(x_i)$. Sebelumnya, dilakukan proses pengurutan bilangan acak mulai dari yang terkecil kemudian diberi nomor (dari yang terkecil) sesuai dengan banyaknya fasilitas (dimulai dari 1). Pengurutan bilangan acak selengkapnya disajikan sebagai berikut:

Tabel 3 Evaluasi VSA

VSA	HMS Value											
X1	0,437	0,216	0,926	0,388	0,843	0,521	0,917	0,470	0,146	0,270	0,706	0,922
	5	2	12	4	9	7	10	6	1	3	8	11
X2	0,839	0,314	0,715	0,904	0,496	0,952	0,634	0,795	0,821	0,406	0,984	0,864
	8	1	5	10	3	11	4	6	7	2	12	9
X3	0,293	0,320	0,348	0,135	0,905	0,720	0,491	0,193	0,505	0,859	0,724	0,427
	3	4	5	1	12	9	7	2	8	11	10	6

4. Karena HMS Value pada VSA tidak sesuai dengan constrain maka akan dibangkitkan Vektor Solusi Baru.

Pada tahap ini dilakukan pembangkitan vektor solusi baru. Berikut merupakan penjelasan dari tahapan pembangkitan vektor solusi yang baru. Membangkitkan variabel keputusan yang pertama, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). $rand(0,1)$ diperoleh $r_1 = 0,81$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < HMCR$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$P_1 = int[1 + (nilai HMS - 1) * r_1]$$

$$P_1 = int[1 + (3 - 1) * 0,81]$$

$$P_1 = int[2,62] = 3$$

$$P_1 = 3$$

$$P_2 = HM(P_1, i)$$

$$P_2 = HM(3,1)$$

$$P_2 = 0,293$$

Cek apakah $r_2 < PAR$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 < PAR$, sehingga dibangkitkan bilangan random ketiga antara -1 dan 1 untuk menghitung P_3 .

$$\epsilon = rand[-1,1]$$

$$\epsilon = -0,343$$

$$P_3 = P_2 + (bandwith * \epsilon)$$

$$P_3 = 0,293 + (0,1 * -0,343)$$

$$P_3 = 0,2587$$

Sehingga didapatkan variabel keputusan baru yang pertama adalah P3

$$VKB = P_3$$

$$VKB_1 = 0,2587$$

Membangkitkan variabel keputusan yang kedua, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,73$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\ P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,73] \\ P_1 &= \text{int}[2,46] = 2 \\ P_1 &= 2 \\ r_2 &= \text{HM}(P_1, i) \\ r_2 &= \text{HM}(2,2) \\ r_2 &= 0,314 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < \text{PAR}$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > \text{PAR}$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $\text{VKB}_2 = 0,314$

Membangkitkan variabel keputusan yang ketiga, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,86$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\ P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,86] \\ P_1 &= \text{int}[2,72] = 3 \\ P_1 &= 3 \\ r_2 &= \text{HM}(P_1, i) \\ r_2 &= \text{HM}(3,3) \\ r &= 0,348 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < \text{PAR}$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > \text{PAR}$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $\text{VKB}_3 = 0,348$

Membangkitkan variabel keputusan yang keempat, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,21$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\ P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,21] \\ P_1 &= \text{int}[1,42] = 1 \\ P_1 &= 1 \\ r_2 &= \text{HM}(P_1, i) \\ r_2 &= \text{HM}(1,4) \\ r_2 &= 0,388 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < \text{PAR}$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > \text{PAR}$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $\text{VKB}_4 = 0,388$

Membangkitkan variabel keputusan yang kelima, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,24$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\ P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,24] \\ P_1 &= \text{int}[2,48] = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 2 \\
 r_2 &= HM(P_1, i) \\
 r_2 &= HM(2,5) \\
 r_2 &= 0,496
 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < PAR$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > PAR$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $VKB_5 = 0,496$

Membangkitkan variabel keputusan yang keenam, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,11$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < HMCR$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\
 P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,11] \\
 P_1 &= \text{int}[1,22] = 1 \\
 P_1 &= 1 \\
 r_2 &= HM(P_1, i) \\
 r_2 &= HM(1,6) \\
 r_2 &= 0,521
 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < PAR$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > PAR$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $VKB_6 = 0,521$

Membangkitkan variabel keputusan yang ketujuh, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,64$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < HMCR$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\
 P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,24] \\
 P_1 &= \text{int}[2,28] = 2 \\
 P_1 &= 2 \\
 r_2 &= HM(P_1, i) \\
 r_2 &= HM(2,7) \\
 r_2 &= 0,634
 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < PAR$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > PAR$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $VKB_7 = 0,634$

Membangkitkan variabel keputusan yang kedelapan, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,73$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < HMCR$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1] \\
 P_1 &= \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,73] \\
 P_1 &= \text{int}[2,46] = 2 \\
 P_1 &= 2 \\
 r_2 &= HM(P_1, i) \\
 r_2 &= HM(2,8) \\
 r &= 0,795
 \end{aligned}$$

Cek apakah $r_2 < PAR$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > PAR$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $VKB_8 = 0,795$

Membangkitkan variabel keputusan yang kesembilan, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,69$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$P_1 = \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1]$$

$$P_1 = \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,69]$$

$$P_1 = \text{int}[2,38] = 2$$

$$P_1 = 3$$

$$r_2 = \text{HM}(P_1, i)$$

$$r_2 = \text{HM}(2,9)$$

$$r_2 = 0,821$$

Cek apakah $r_2 < \text{PAR}$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > \text{PAR}$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $\text{VKB}_9 = 0,821$

Membangkitkan variabel keputusan yang kesepuluh, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,97$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$P_1 = \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1]$$

$$P_1 = \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,97]$$

$$P_1 = \text{int}[2,94] = 3$$

$$P_1 = 3$$

$$P_2 = \text{HM}(P_1, i)$$

$$P_2 = \text{HM}(3,10)$$

$$P_2 = 0,859$$

Cek apakah $r_2 < \text{PAR}$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > \text{PAR}$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $\text{VKB}_{10} = 0,859$

Membangkitkan variabel keputusan yang kesebelas, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,65$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$P_1 = \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1]$$

$$P_1 = \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,65]$$

$$P_1 = \text{int}[2,35] = 2$$

$$P_1 = 2$$

$$r_2 = \text{HM}(P_1, i)$$

$$r_2 = \text{HM}(2,11)$$

$$r_2 = 0,984$$

Cek apakah $r_2 < \text{PAR}$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > \text{PAR}$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $\text{VKB}_{11} = 0,984$

Membangkitkan variabel keputusan yang kedubelas, membangkitkan bilangan real secara random antara 0 dan 1 yang pertama (r_1 dan r_2). rand(0,1) diperoleh $r_1 = 0,22$ Cek apakah nilai random yang pertama kurang dari nilai HMCR. Nilai HMCR = 0,9 Karena nilai $r_1 < \text{HMCR}$, maka dihitung nilai P_1 dan P_2 .

$$P_1 = \text{int}[1 + (\text{nilai HMS} - 1) * r_1]$$

$$P_1 = \text{int}[1 + (3 - 1) * 0,22]$$

$$P_1 = \text{int}[1,24] = 1$$

$$P_1 = 1$$

$$r_2 = HM(P_1, i)$$

$$r_2 = HM(1,12)$$

$$r_2 = 0,922$$

Cek apakah $r_2 < PAR$, Karena nilai PAR adalah 0,3 maka $r_2 > PAR$, sehingga $P_2 = r_2$ atau $VKB_{12} = 0,922$

Vektor keputusan baru merupakan urutan constrain secara acak yang digunakan untuk menunjukan hasil atau nilai fungsi penjadwalan optimal

Tabel 4 Vektor Keputusan Baru (VKB)

VKB	0,258	0,314	0,348	0,388	496	0,521	0,634	0,795	0,821	0,859	0,084	0,922
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Pembangkitkan VKB_i berlangsung dengan metode yang sama secara anaog sampai dengan 12 kegiatan dan terbentuk VSB sebagai berikut:

Tabel 4 Vektor Solusi Baru (VSB)

VSB	HMS Value											
X1	0,437	0,216	0,926	0,388	0,843	0,521	0,917	0,470	0,146	0,270	0,706	0,922
	5	2	12	4	9	7	10	6	1	3	8	11
X2	0,839	0,314	0,715	0,904	0,496	0,952	0,634	0,795	0,821	0,406	0,984	0,864
	8	1	5	10	3	11	4	6	7	2	12	9
X3	0,293	0,320	0,348	0,135	0,905	0,720	0,491	0,193	0,505	0,859	0,724	0,427
	3	4	5	1	12	9	7	2	8	11	10	6
VKB	0,258	0,314	0,348	0,388	496	0,521	0,634	0,795	0,821	0,859	0,984	0,922
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11

Evaluasi VSB terhadap kesesuaian constrain dengan memeberikan nomor urutan sesuai dengan syarat, sehingga didapatkan X_1 bernilai 0,258 bernilai terendah artinya dikerjakan pada minggu kesatu, X_2 bernilai 0,314 bernilai 2 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan constain yang memiliki pekerjaan pendahuluan, X_3 bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_4 bernilai 0,388 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_5 bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_6 bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_7 bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_8 bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_9 bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, X_{10} bernilai 0,348 bernilai 3 maka dikerjakan pada minggu kesatu sesuai dengan batasan, sampai pada X_{11} bernilai 0,984 pada urutan ke 12 dan dikerjakan pada minggu ke-5, sementara X_{12} bernilai 0,922 berdurasi 1 minggu dan dikerjakan pada minggu ke 4. Perlu diingat, Pengerjaan bukan berarti durasi bekerja.

Hitung nilai fungsi tujuan dengan menjumlahkan durasi pekerjaan sesuai dengan prioritas VSB, maka didapatkan VKB dengan 5 Minggu Pengerjaan sesuai dengan lama pekerjaan dibutuhkan. Apabila pengulangan diperbanyak (max iterasi) maka hasil yang di dapatkan juga akan mendekati nilai optimal.

Kesimpulan

Hybrid Algoritma Harmony Search dapat diterapkan untuk penyelesaian Penjadwalan Proyek. Adapun proses Hybrid Algoritma Harmony Search menyelesaikan Penjadwalan Proyek adalah sebagai berikut : pertama setting parameter dan inialisasi data, selanjutnya membangkitkan

matriks harmony sebanyak HMS, menghitung fungsi tujuan dari masing-masing permutasi pada HMS, menyimpan solusi yang didapatkan pada harmony memory (HM), membangkitkan vektor solusi baru (VSB), hitung fungsi tujuan dari VSB, cek apakah VSB lebih baik dari solusi yang tersimpan pada HM, update bila lebih baik, cek siklus, jika masih belum terpenuhi, maka kembali ke pembangkitan vektor solusi. Sistem penjadwalan proyek menggunakan algoritma harmony ini telah berhasil dibangun dan diimplementasikan untuk mencari solusi jadwal yang optimal yaitu memenuhi batasan/persyaratan (constraints) dalam penjadwalan proyek, meliputi beberapa kegiatan tidak bisa dimulai sebelum kegiatan yang lain selesai, mengoptimalkan efisiensi pemakaian waktu pelaksanaan setiap kegiatan, dan tidak boleh melebihi durasi proyek yang telah ditetapkan.

SARAN

Adapun saran-saran yang diajukan oleh penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Dapat dikembangkan sistem penjadwalan proyek yang dapat menangani berbagai kendala, seperti keterbatasan sumber daya manusia dan biaya.
2. Diharapkan sistem penjadwalan proyek hendaknya dapat memberikan lebih banyak pilihan metode seleksi dan metode hybrid algoritma menggunakan Ant Colony, Tabu, Simulated Annaeling, dan algoritma optimasi lainnya.
3. Memperbanyak maksimal iterasi untuk mencapai nilai optimal
4. Mengimpelentasi dengan pembuaatn software pencarian seperti java, C++, visual basic dan sebagainya agar memiliki tampilan yang lebih simple, mudah digunakan, dan adaptable.

DAFTAR PUSTAKA

- A.lawrence, J. &. (2002). " *Applied Management Science: Modelling, Spreadsheet Analysis, and Communication for Decision Making*". California: California State University Fullerton: Jhon Wiley & Son.Inc
- Arifudin, Riza. optimasi Penjadwalan Proyek dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika, Jurnal Masyarakat Informatika, Volume 2, Nomor 4, ISSN 2086 – 4930
- Chartrand dan oellermann Koopmans, T. C., and Beckmann, M. 1957. *Assignment problems and the location*
- Jiang, H., Bao, Y., Zheng, I., Y. (2013). Independent Task Scheduling by Hybrid Algorithm of Harmony Search and Variable Neighborhood Search. *International Journal of Control and Automation Informatics*. Vol. 6(2).
- Knuth, D.E. (1997). *The art of computer progamming*. Fundamental Algorithms Canada.
- M. Hadwan, M. Ayob., N.R. Sabar., R. Qu. 2013 *A Harmony Search Algorithm For Surse Rostering Problems*. *Inf. Sci.* 233:126–140.
- Singh, S., Dubey, G. C., and Shrivastava, R. 2012. A Comperative Analysis of Assignment Problem. *Journal of Engineering*. Vol. 2: 2250-3021.
- Yang, X. S. 2009. Harmony Search as Metaheuristic Algorithm. *Journal of Industrial Engineering*. University of Cambridge, Springer Berlin.
- Z.W. Geem, K.S. lee, Y. Park. 2005. Application of Harmony Search to Vehicle Routing. *Am. J. Appl. Sci.* (2):1552–1557.