

**LAPORAN TUGAS KECERDASAN BUATAN**  
**“MENCARI NILAI MINIMUM PADA ALGORITMA SIMULATED ANNEALING”**

1. Analisis Masalah

Diberikan suatu permasalahan matematika untuk menemukan nilai minimum dari fungsi:

$$f(x_1, x_2) = -\left(\sin(x_1)\cos(x_2) + \frac{4}{5}\exp\left(1 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2}\right)\right)$$

dengan batasan  $-10 \leq x_1 \leq 10$  dan  $-10 \leq x_2 \leq 10$ .

Permasalahan matematika tersebut akan diselesaikan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* (SA) yang akan diimplementasikan ke dalam program computer menggunakan bahasa Python.

2. Strategi Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, akan dicoba 4 kali running dengan inialisasi parameter T yang berbeda. Langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Inialisasikan parameter yang digunakan antara lain  $x1$ ,  $x2$ ,  $E0$ ,  $x1b$ ,  $x2b$ ,  $Eb$ ,  $\Delta E$ ,  $p$ ,  $r$ ,  $bestSoFar$ ,  $E_{Best}$ ,  $T$ ,  $\Delta T$ .
2. Bangkitkan bilangan  $x1$  dan  $x2$  dengan membuat function  $generateNewState(x1, x2)$  untuk mengambil bilangan random dengan interval  $-10 \leq x_1 \leq 10$  dan  $-10 \leq x_2 \leq 10$ .
3. Buat function  $E(x1, x2)$  untuk menghitung fungsi diatas. Hitung  $E0$  yang merupakan hasil solusi dari fungsi diatas pada  $x1$  dan  $x2$  awal.  $bestSoFar$  diisi dengan  $x1$  dan  $x2$  awal, juga  $E_{Best}$  diisi dengan  $E0$ .
4. Untuk running 1, akan diinisialisasi  $T$  dengan 1000 dan  $\Delta T$  dengan 0.1. Untuk running 2, akan diinisialisasi  $T$  dengan 100 dan  $\Delta T$  dengan 0.1. Untuk running 3, akan diinisialisasi  $T$  dengan 10 dan  $\Delta T$  dengan 0.1. Dan untuk running 4, akan diinisialisasi  $T$  dengan 1 dan  $\Delta T$  dengan 0.1.
5. Buat looping hingga  $T=0$ , lalu bangkitkan  $x1b$  dan  $x2b$  dengan function  $generateNewState(x1, x2)$ . Kemudian hitung  $Eb$  yang merupakan hasil solusi dari fungsi pada  $x1b$  dan  $x2b$ , dan  $\Delta E$  yang merupakan selisih dari  $Eb$  dan  $E0$ .
  - a. Apabila  $\Delta E$  kurang dari atau sama dengan 0 maka  $(x1, x2)$  diisi dengan  $(x1b, x2b)$ , lalu  $E0$  dimasukkan dengan  $Eb$ . Apabila  $Eb$  kurang dari  $E_{Best}$ , maka  $bestSoFar$  diisi dengan  $(x1, x2)$  dan  $E_{Best}$  diisi dengan  $E0$ .
  - b. Apabila  $\Delta E$  lebih dari 0 maka  $p$  diisi dengan  $\exp(-\Delta E/T)$ , lalu bangkitkan  $r$  dengan bilangan random dengan interval  $0 \leq r \leq 1$ . Apabila  $r$  kurang dari  $p$  maka  $(x1, x2)$  diisi dengan  $(x1b, x2b)$ , dan  $E0$  dimasukkan dengan  $Eb$ .
  - c. Tambahkan decrement dengan  $T = T - \Delta T$ .
6. Beri output hasil akhir berupa  $bestSoFar$  dan  $E_{Best}$ .  $bestSoFar$  merupakan bilangan  $(x1, x2)$  paling optimal, sedangkan  $E_{Best}$  merupakan nilai hasil fungsi paling minimum dan optimal.

### Running 1 (T=1000)

```

Artificial Intelligence — -bash — 80x30
x1 baru : 1.0223503225351482
x2 baru : 3.296296817480048
E baru : 0.7741923302834236
delta E : 1.210190167007845

x1 baru : -9.063572476079251
x2 baru : -4.39276653184127
E baru : -0.11113371954622324
delta E : 0.3248641177819824

x1 baru : -8.266593996655399
x2 baru : -2.6765795312026697
E baru : -0.8191696636476103
delta E : -0.7080359441013871

x1 baru : 3.8001779168624665
x2 baru : -1.7616221352457373
E baru : -0.1490601207980738
delta E : 0.6701095428495365

x1 baru : 5.179816824247446
x2 baru : -0.9112443797701797
E baru : 0.5357268314047132
delta E : 1.3548964958523237

Hasil Akhir
Best So Far : (0.00513123434548568, -0.015066791009072489)
E Best Awal : -0.8191696636476103
E Best Akhir: -2.145417477482752
MacbookAirArum:Artificial Intelligence yumna$

```

### Running 3 (T=10)

```

Artificial Intelligence — -bash — 80x30
x1 baru : -0.8262513788594674
x2 baru : -5.397040233099871
E baru : 0.4558161510029799
delta E : 0.274205258877665

x1 baru : 3.2622175808181186
x2 baru : 9.012415712216185
E baru : -0.11039549546349425
delta E : -0.5662116464664741

x1 baru : -6.862736094587641
x2 baru : 2.8758598681789866
E baru : -0.529701771331293
delta E : -0.4193862758677988

x1 baru : 8.349435089515222
x2 baru : 3.215379691271469
E baru : 0.8770744488530478
delta E : 1.4067782201843408

x1 baru : 9.819810152146449
x2 baru : -2.2815706614906794
E baru : -0.2511672634352785
delta E : 0.27853450878960145

Hasil Akhir
Best So Far : (-1.2266369635979473, -3.0816073811358873)
E Best Awal : -0.529701771331293
E Best Akhir: -1.0185397801534184
MacbookAirArum:Artificial Intelligence yumna$

```

### Running 2 (T=100)

```

Artificial Intelligence — -bash — 80x30
x1 baru : 9.174262153417999
x2 baru : -9.697878472980817
E baru : 0.23871273959143835
delta E : 1.1603613321817638

x1 baru : 5.5645272416647735
x2 baru : -4.481977009236078
E baru : -0.45906119787772487
delta E : 0.7695873947126005

x1 baru : 9.961650630968201
x2 baru : -6.882611120034634
E baru : 0.42227259963234903
delta E : 1.3439211922226744

x1 baru : -9.926697905705417
x2 baru : 0.17301387002947166
E baru : -0.47403286634897407
delta E : 0.4476157262413513

x1 baru : -2.79692296803204893
x2 baru : -7.719606172077937
E baru : 0.04467611573669492
delta E : 0.9663247083270203

Hasil Akhir
Best So Far : (1.4672837950037891, 0.29368407940681784)
E Best Awal : -0.9216485925903254
E Best Akhir: -1.4390415803587646
MacbookAirArum:Artificial Intelligence yumna$

```

### Running 4 (T=1)

```

Artificial Intelligence — -bash — 80x30
x1 baru : 3.5576243975545196
x2 baru : -6.02857915745534
E baru : 0.38912270579585395
delta E : 0.60258406245717

x1 baru : 7.125290255362668
x2 baru : 8.65929972725132
E baru : 0.5379082709398094
delta E : 0.14878556514395547

x1 baru : -3.732770145225568
x2 baru : -2.1366402996847995
E baru : 0.26932897549446233
delta E : -0.11979373030139162

x1 baru : 7.2772754940856596
x2 baru : 4.86899243259058
E baru : -0.13100719791198886
delta E : -0.4004161734064512

x1 baru : -4.612693564682562
x2 baru : 7.487541643255142
E baru : -0.3568446061278928
delta E : -0.22575740821590395

Hasil Akhir
Best So Far : (5.681230604421286, 8.862128847092922)
E Best Awal : -0.3568446061278928
E Best Akhir: -0.4790219681474521
MacbookAirArum:Artificial Intelligence yumna$

```

Berdasarkan 4 kali percobaan running diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai parameter T, maka semakin kecil pula nilai E Best yang dihasilkan. Sehingga akan didapatkan hasil fungsi dengan nilai minimum dan paling optimal yaitu nilai E Best = -2.145 dan Best So Far dengan nilai  $x_1 = 0.005$  dan nilai  $x_2 = -0.015$