

## KOMPUTASI PARALEL UNTUK SOLUSI NUMERIK PERSAMAAN PANAS 2-D

### PARALLEL COMPUTING FOR NUMERICAL SOLUTION OF 2-D HEAT EQUATION

Okky Steviano Sudaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi S1 Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom

<sup>1</sup>okkysteviano@students.telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Mulai dari proses sederhana seperti merebus air sampai dengan proses manufaktur berbagai produk seperti makanan sampai dengan produksi senjata. Panas merupakan salah satu wujud energi yang berperan besar dalam kehidupan manusia. Seiring berjalannya perkembangan ilmu pengetahuan, sifat dari panas sudah dirumuskan ke dalam sebuah persamaan yang disebut sebagai persamaan panas. Persamaan panas tersebut pada dasarnya dapat dikatakan bekerja secara sekuensial atau serial, dengan melibatkan beberapa framework komputasi parallel, yang nantinya akan dianalisis perbandingan performansi dari waktu komputasi baik secara serial maupun parallel. Sebagian percobaan dilakukan di dua mesin yang berbeda, yaitu Brokoli cluster milik program studi Ilmu Komputasi Universitas Telkom dan Notebook ASUS N43SL. Diperoleh hasil dengan signifikansi maksimal dari masing-masing mesin sebesar 3,6358 dan 1,091.

**Kata kunci :** Persamaan Panas, Komputasi Parallel, Komputasi Kinerja Tinggi, OMP, PThread

#### Abstract

Starting with a simple process such as boiling water until the process of manufacturing various products like canned food, uncanned food, to weapons production. Heat is one form of energy that plays a major role in the human lives. Over the development of science, the nature of the heat has been formulated into an equation called the heat equation. The heat equation can basically be said to work in sequential or serial. By using several parallel computing framework that later will be analyzed for the performance by observing the computation time from both serial and parallel methods. Some part of the experiments has been done by using two different machines, which are Telkom University Computational Science Program's Brokoli cluster and ASUS N43SL notebook. The results gathered showing maximum speedup of 3,6358 from Brokoli and 1,091 from ASUS N43SL.

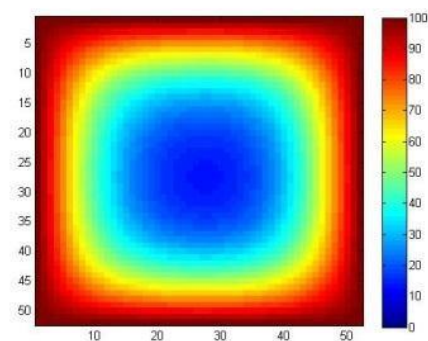
**Keywords:** Heat Equation, Parallel Computing, High Performance Computing, OMP, PThread

#### 1. Pendahuluan

Energi panas sebagai salah satu wujud energi yang masuk dalam kelompok energi kinetis. Ketika suatu benda terbilang panas, benda tersebut mengandung banyak energi panas dalam susunan atom dan molekulnya dibandingkan dengan benda yang menyentuhnya [1]. Fakta ini sekaligus menyatakan bahwa perpindahan panas terjadi ketika adanya perbedaan temperatur antar objek yang bersentuhan. Persamaan panas merupakan sebuah persamaan yang menjelaskan mengenai sifat dari distribusi panas yang telah terbukti lebih dari dua abad sebagai alat yang efektif di berbagai bidang seperti ilmu fisika, ilmu biologi, ilmu geografi, dan ilmu sosial [2]. Persamaan panas sendiri telah diaplikasikan ke dalam dunia industri seperti industri makanan, persenjataan, dan lain-lain.

#### 2. Dasar Teori

##### 2.1 Persamaan Panas



Persamaan panas merupakan sebuah persamaan yang menjelaskan mengenai distribusi panas di suatu area dengan material tertentu dan pada jangka waktu tertentu. Persamaan panas sendiri telah menghasilkan banyak solusi yang diaplikasikan di berbagai bidang dan tidak terkecuali bidang industri. Dalam proses distribusi panas melibatkan beberapa faktor seperti diantaranya konduktivitas material yang digunakan.

Semakin konduktif suatu material, maka semakin cepat pula panas menyebar ke bagian lain di suatu area tersebut. dan material seperti ini biasanya digunakan sebagai *heat sink*. Sedangkan material dengan konduktivitas rendah mengalami perpindahan panas dalam waktu yang lebih lambat.

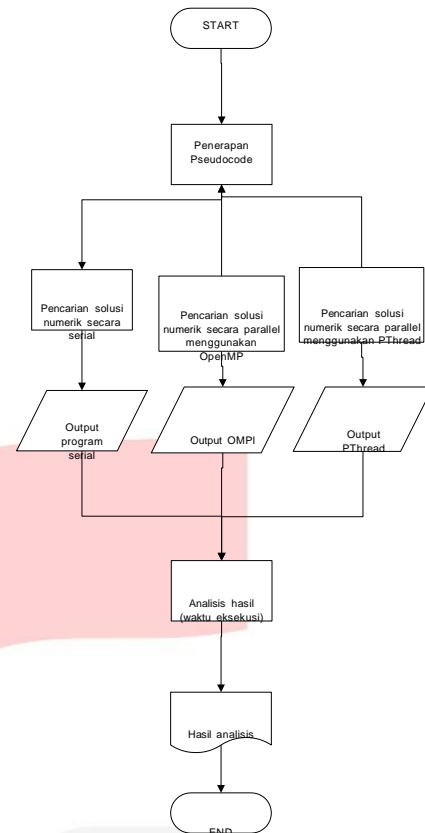
## 2.2 Diskritisasi

Diskritisasi merupakan sebuah proses dalam rangka menyesuaikan fungsi-fungsi, model, dan persamaan yang bersifat kontinu dengan tujuan agar dapat dilakukan implementasi pada sistem komputer digital. Dalam proses ini, seluruh bagian model atau fungsi yang bersifat kontinu akan diubah menjadi bagian-bagian diskrit dengan aturan tertentu dengan tujuan mempermudah dalam sebutlah, pencarian solusi numerik. Sebagai contoh, ada sebuah area, dimana area tersebut memiliki bagian yang tidak terbatas jumlahnya, oleh karena itu, diskritisasi area perlu dilakukan guna memperoleh jumlah bagian yang ada pada area tersebut dengan mengacu pada aturan tertentu yang sesuai. Jika tidak dilakukan diskritisasi, bagian pada area yang dapat dikalkulasikan jumlahnya

tidak terbatas. Dan tentunya ini akan menyulitkan dalam mencari solusi numeriknya. Selain diskritisasi bagian pada suatu area, diskritisasi suatu rentang waktu juga perlu dilakukan. Karena dalam suatu rentang waktu, terdapat jumlah bagian waktu yang tidak terbatas jumlahnya.

## 2.3 Komputasi Paralel

Komputasi paralel dilakukan ketika suatu proses komputasi memiliki beban kerja yang besar dan membutuhkan waktu yang lama. Dengan memanfaatkan berbagai *framework* yang beragam, komputasi paralel dapat menjadi solusi dalam mendapatkan hasil komputasi yang tidak hanya akurat, tetapi juga cepat. Komputasi paralel dapat melibatkan arsitektur yang bersifat *shared memory* ataupun *distributed memory*. Salah satu *framework* yang menggunakan *shared memory* adalah OpenMP yang berdasarkan pada *multithreaded programming*.



Gambar 1 Flowchart sistem

## 3. Pembahasan

### 3.1. Perbandingan pengerjaan secara serial dengan paralel

Pada dasarnya, persamaan panas sendiri tampak bekerja secara sekuensial dengan mengkalkulasikan nilai titik yang baru dengan menghitung nilai titik disekitarnya secara satu-persatu, satu titik setiap waktu. Perubahan nilai akan terus berlangsung sampai seluruh nilai titik pada area telah ter-*update* dengan nilai baru dan *time steps* sebagai acuan jumlah iterasi masih tersedia.

Dalam percobaannya, pengerjaan secara sekuensial terbukti cenderung lebih cepat ketika berhadapan dengan *workload* yang tergolong kecil. Akan tetapi, ketika berhadapan dengan *workload* yang tergolong besar, pengerjaan secara paralel akan memberikan hasil dengan waktu yang cenderung lebih singkat.

Tabel 1 Runtime pada Brokoli

n	i	Runtime		Speedup
		Serial	OMP	OMP
20	500	0,004792	0,003798	1,26171669
40	500	0,015226	0,010014	1,52047134
80	500	0,044606	0,025789	1,72965218
160	500	0,153612	0,050046	3,06941614
320	500	0,406349	0,127941	3,17606553
640	500	1,60943	0,455091	3,53650149
1280	500	6,436205	1,795768	3,58409605
2560	500	25,715608	7,087563	3,62827223
5120	500	103,609447	29,063137	3,5649781

10240	500	417,066118	114,710632	3,63581048
-------	-----	------------	------------	------------

#### 4. Kesimpulan

Dalam percobaannya, distribusi panas melibatkan beberapa faktor seperti nilai konduktivitas material yang digunakan, nilai awalan, durasi proses, dsb. namun dalam percobaan ini titik fokus yang dipilih adalah tingkat signifikansi waktu eksekusi yang diperoleh ketika melakukan pemrosesan secara paralel dengan menggunakan API OpenMP dan Pthread. Diperoleh hasil bahwa secara garis besar memang pemrosesan secara paralel memberikan hasil lebih cepat dibandingkan serial ketika berhadapan dengan *workload* yang besar. Akan tetapi signifikansinya bervariasi tergantung dari kapabilitas mesin yang digunakan dalam menjalankan program. Kontrol dalam proses paralel juga harus diperhatikan apabila menginginkan hasil yang paling optimal.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Chris Woodford. (2016, Januari) Heat - A simple introduction to science of heat energy. [Online]. <http://www.explainthatstuff.com/heat.html>
- [2] T. N. Narasimhan, "FOURIER'S HEAT CONDUCTION EQUATION: HISTORY, INFLUENCE, AND CONNECTIONS," *Reviews of Geophysics*, vol. **37**, no. 1, pp. 151-172, Februari 1999.
- [3] Doug Sondak, "Parallel Processing with OpenMP," Office of Information Technology, Boston University,.
- [4] (2015, Nov.) Heat Transfer Application by Xylem. [Online]. <http://www.xyleminc.com/en-us/applications/heat-transfer/Pages/default.aspx>
- [5] (2015, Nov.) Industrial Application of Heat Distribution by Xylem. [Online]. <http://www.xyleminc.com/en-us/applications/heat-transfer/Pages/industrial-heat-exchange.aspx>