

Developments in Grid Computing: A Comprehensive Overview

Perkembangan Komputasi Grid: Tinjauan Komprehensif

Kamal Abdurrohman¹, Fitri Yanti², Hastaningtyas³

Zainal Abidin⁴

Prodi Informatika, Sekolah Tinggi Teknik Pati¹²³⁴

Email:kertomulyo01@gmail.com;yanti061202@gmail.com; iningtyass113@gmail.com

Abstract - In the era of globalization and the advancement of information technology, the need for fast and efficient data processing and analysis has become an increasingly central focus in various scientific fields and industries. Grid Computing, as a distributed computing paradigm, has emerged as an innovative solution to address these challenges. Grid computing coordinates the collaboration of geographically distributed and heterogeneous resources to perform. Furthermore, we present an explanation of the fundamentals of grid computing based on a collection of scientific papers in the last decade. Grid computing has been a powerhouse for many complex computations. In this paper, the basic understanding of grid computing, its benefits, terms and concepts, and its implementation have been examined and discussed in detail.

Keywords: Review, Grid Computing

Abstrak - Pada era globalisasi dan kemajuan teknologi informasi, kebutuhan akan pemrosesan dan analisis data yang cepat dan efisien semakin menjadi fokus utama dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan industry. Sebagai suatu model komputasi terdistribusi, Grid Computing telah menjadi solusi inovatif untuk mengatasi berbagai tantangan ini. Komputasi grid mengoordinasikan kolaborasi sumber daya yang terdistribusi dan heterogen secara geografis untuk melakukan. Selanjutnya, kami menyajikan penjelasan tentang dasar-dasar komputasi grid berdasarkan kumpulan paper ilmiah dalam dekade terakhir. Komputasi grid telah menjadi kekuatan utama untuk banyak perhitungan kompleks. Dalam peper ini, pemahaman dasar tentang komputasi grid, manfaat, istilah dan konsep, serta implementasinya telah diperiksa dan dibahas secara detail.

Kata Kunci: Review, Komputasi Grid

1. PENDAHULUAN

Di zaman globalisasi dan perkembangan teknologi informasi, tuntutan untuk melakukan pemrosesan dan analisis data secara cepat dan efisien semakin menjadi perhatian utama dalam berbagai disiplin ilmu dan sektor industri[1]. *Grid Computing*, sebagai suatu paradigma komputasi terdistribusi, telah muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi tantangan ini[2]. Dengan memanfaatkan sumber daya komputasi yang tersebar di berbagai lokasi, *Grid Computing* memiliki potensi untuk memberikan kekuatan komputasi yang luar biasa untuk menangani tugas-tugas skala besar.

Komputasi grid (*Grid Computing*) yaitu paradigma komputasi yang mengoordinasikan kolaborasi sumber daya yang terdistribusi dan heterogen secara geografis untuk melakukan komputasi kompleks dan memproses dataset besar[3]. Model komputasi tradisional, terbatas pada satu mesin atau pusat data, menghadapi

keterbatasan saat dihadapkan pada tuntutan komputasi kontemporer yang terus meningkat. Komputasi grid mengatasi keterbatasan ini dengan menciptakan superkomputer virtual yang menggabungkan kemampuan beberapa perangkat terhubung[4].

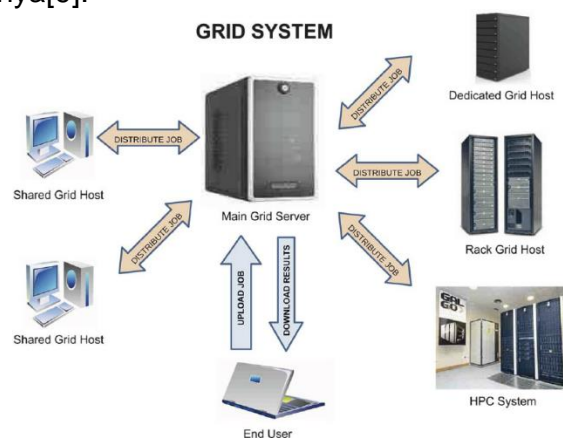
Pertumbuhan eksponensial dalam volume data, ditambah dengan tuntutan yang meningkat terhadap daya komputasi, telah mendorong para peneliti untuk meneliti paradigma baru untuk memecahkan masalah yang rumit[5]. Komputasi grid, sebagai infrastruktur komputasi terdistribusi, menawarkan solusi dengan kemampuan komputasi dari sumber daya terhubung, termasuk prosesor, penyimpanan, dan jaringan[6].

Paper ini menggunakan analisis dari literatur dan studi kasus terkini, dengan tujuan untuk memberikan wawasan ke dalam ruang lingkup yang berkembang dari komputasi grid, para peneliti, praktisi, dan pengambil keputusan dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang aplikasi potensialnya dan membayangkan arah masa depan untuk memanfaatkan sumber daya komputasi terdistribusi dengan efektif.

2. PEMBAHASAN

2.1 GRID COMPUTING

Komputasi grid dapat dilihat sebagai proses melalui jalur integrasi berbagai teknologi dan solusi yang mendekati ke tujuan akhir. Nilai utamanya terletak pada teknologi infrastruktur komputasi terdistribusi yang berkembang mendukung aplikasi lintas organisasi dan berbagi sumber daya yaitu, virtualisasi. Virtualisasi melintasi teknologi, platform, dan organisasi. Jenis virtualisasi ini hanya dapat dicapai melalui penggunaan standar terbuka. Standar terbuka membantu memastikan bahwa aplikasi dapat dengan transparan memanfaatkan sumber daya yang sesuai yang dapat disediakan untuk mereka[7]. Pada gambar 1, Lingkungan Grid memberikan kemampuan untuk berbagi dan mengakses sumber daya secara transparan melintasi lingkungan yang terdistribusi dan heterogen tidak hanya memerlukan teknologi untuk melakukan virtualisasi beberapa sumber daya[8], tetapi juga teknologi dan standar di bidang penjadwalan, keamanan, akuntansi, manajemen sistem, dan sebagainya[9].



Gambar 1. Arsitektur Grid Computing

Implementasi awal dari komputasi grid cenderung bersifat internal bagi suatu perusahaan atau organisasi tertentu[10]. Namun, grid lintas-organisasi juga sedang diimplementasikan dan akan menjadi bagian penting dari komputasi dan optimisasi bisnis di masa depan.

Perbedaan antara grid intraorganisasi dan grid antarorganisasi tidak didasarkan pada perbedaan teknologis. Sebaliknya, perbedaan ini didasarkan pada pilihan konfigurasi yang diberikan: domain keamanan, tingkat isolasi yang diinginkan, jenis kebijakan dan cakupannya, serta kewajiban kontraktual antara pengguna dan penyedia infrastruktur. Masalah-masalah ini pada dasarnya bukan bersifat arsitektural[11]. Penting bagi industri untuk memastikan bahwa tidak ada pemisahan paradigma dan model komputasi terdistribusi secara artifisial melintasi batas-batas organisasional dan infrastruktur TI internal.

Komputasi grid melibatkan serangkaian standar terbuka untuk layanan web dan antarmuka yang berkembang, yang membuat layanan atau sumber daya komputasi tersedia melalui Internet[12]. Sangat sering, teknologi grid digunakan pada kluster homogen, dan dapat menambah nilai pada kluster tersebut dengan membantu, misalnya, dalam penjadwalan atau penyediaan sumber daya di kluster[12]. Istilah "grid" dan teknologinya yang terkait berlaku di seluruh spektrum ini.

Komputasi grid memusatkan perhatian pada solusi komputasi terdistribusi, maka dapat disebutkan salah satu definisi dari komputasi grid yaitu komputasi terdistribusi melintasi sumber daya yang tervirtualisasi[10]. Tujuannya yaitu menciptakan ilusi komputer virtual yang sederhana namun besar dan kuat dari kumpulan sistem yang terhubung (dan mungkin heterogen) yang berbagi berbagai kombinasi sumber daya[13].

2.2 KEUNTUNGAN GRID COMPUTING

2.2.1 Exploiting under utilized resources

Salah satu penggunaan dasar dari komputasi grid yaitu menjalankan aplikasi yang sudah ada pada mesin yang berbeda. Mesin di mana aplikasi biasanya dijalankan mungkin sangat sibuk karena lonjakan aktivitas[14]. Pekerjaan yang dimaksud dapat dijalankan pada mesin yang tidak digunakan di tempat lain dalam grid.

2.2.2 Parallel CPU capacity

Potensi kapasitas CPU paralel yang besar merupakan salah satu visi paling umum dan fitur menarik dari sebuah grid. Selain kebutuhan ilmiah murni, daya komputasi seperti ini mendorong evolusi baru dalam industri. Karakteristik umum di antara penggunaan tersebut yaitu bahwa aplikasi telah ditulis untuk menggunakan algoritma yang dapat dipartisi menjadi bagian yang berjalan secara independen[15]. Aplikasi grid yang intensif CPU dapat dianggap sebagai banyak subpekerjaan kecil, masing-masing dijalankan pada mesin yang berbeda dalam grid[16]. Semakin sedikit subpekerjaan ini perlu berkomunikasi satu sama lain, semakin dapat diskalakan aplikasi tersebut.

2.2.3 *Virtual resources and virtual organizations for collaboration*

Kemampuan lain yang dimungkinkan oleh komputasi grid yaitu menyediakan lingkungan untuk kolaborasi di antara audiens yang lebih luas[17]. Komputasi grid dapat membawa kemampuan ini kepada audiens yang lebih luas, sambil menawarkan standar penting yang memungkinkan sistem yang sangat heterogen untuk bekerja bersama membentuk citra sistem komputasi virtual besar yang menawarkan berbagai sumber daya. Pengguna dari grid dapat diorganisir secara dinamis menjadi sejumlah organisasi virtual, masing-masing dengan persyaratan kebijakan yang berbeda. Organisasi virtual ini dapat berbagi sumber daya mereka secara kolektif sebagai grid yang lebih besar[18].

2.2.4 *Access to additional resources*

Selain sumber daya CPU dan penyimpanan, sebuah grid dapat memberikan akses kepada sumber daya lainnya juga[19]. Sumber daya tambahan dapat disediakan dalam jumlah dan/atau kapasitas tambahan.

Beberapa mesin mungkin memiliki perangkat lunak berlisensi mahal yang diinstal yang dibutuhkan oleh pengguna. Pekerjaan pengguna dapat dikirimkan ke mesin-mesin tersebut, yang lebih sepenuhnya memanfaatkan lisensi perangkat lunak tersebut[20].

2.2.5 *Resource balancing*

Sebuah grid menggabungkan sejumlah besar sumber daya yang diberikan oleh mesin-mesin individual menjadi citra sistem tunggal yang besar. Untuk aplikasi yang mendukung grid, grid dapat menawarkan efek penyeimbangan sumber daya dengan menjadwalkan pekerjaan grid pada mesin-mesin dengan penggunaan yang rendah[21]. Fitur ini dapat membuktikan nilai yang tak ternilai untuk menangani lonjakan aktivitas yang tidak terduga di bagian-bagian organisasi yang lebih besar. Ini dapat terjadi dalam dua cara: Puncak yang tidak terduga dapat diarahkan ke mesin-mesin yang relatif tidak sibuk di dalam grid. Kedua, jika grid sudah sepenuhnya digunakan, pekerjaan dengan prioritas terendah yang sedang dilakukan di grid dapat dihentikan atau bahkan dibatalkan sementara, dan dapat dilakukan kembali nantinya untuk memberi ruang bagi pekerjaan dengan prioritas lebih tinggi[10]. Tanpa infrastruktur grid, keputusan penyeimbangan seperti ini sulit untuk diprioritaskan dan dilaksanakan.

2.2.6 *Reliability*

Sistem komputasi konvensional berkelas tinggi menggunakan perangkat keras mahal untuk meningkatkan performa, sistem ini dibangun menggunakan chip dengan sirkuit redundan yang memberikan output pada hasil, dan mengandung logika untuk mencapai pemulihan yang baik dari berbagai kegagalan perangkat keras[22]. Mesin-mesin ini juga menggunakan prosesor ganda dengan kemampuan *hot plugging* sehingga ketika satu gagal, yang lain dapat diganti tanpa mematikan yang lain. Sumber daya daya dan sistem pendingin diduplikasi. Sistem-sistem ini dioperasikan dengan sumber daya listrik khusus yang dapat menyalakan generator

jika listrik umum terputus. Semua ini membangun sistem yang handal, tetapi dengan biaya yang besar, karena adanya duplikasi komponen-komponen mahal[10].

Sistem-sistem dalam sebuah grid dapat relatif murah dan tersebar geografis. Oleh karena itu, jika terjadi kegagalan daya atau jenis kegagalan lainnya di satu lokasi, bagian lain dari grid kemungkinan tidak akan terpengaruh[10]. Perangkat lunak manajemen grid dapat secara otomatis mengirim ulang pekerjaan ke mesin-mesin lain dalam grid ketika kegagalan terdeteksi. Dalam situasi kritis dan waktu nyata, salinan ganda dari pekerjaan penting dapat dijalankan pada mesin-mesin yang berbeda di seluruh grid[23].

2.2.7 Management

Grid menawarkan manajemen prioritas di antara berbagai proyek. Di masa lalu, setiap proyek mungkin bertanggung jawab atas sumber daya TI dan biaya yang terkait dengannya sendiri[24]. Seringkali, sumber daya ini mungkin kurang dimanfaatkan sementara proyek lain berada dalam kesulitan, membutuhkan lebih banyak sumber daya akibat peristiwa yang tidak terduga. Dengan pandangan yang lebih luas yang dapat ditawarkan oleh grid, menjadi lebih mudah untuk mengendalikan dan mengelola situasi seperti itu. Administrator dapat mengubah sejumlah kebijakan yang memengaruhi bagaimana berbagai organisasi dapat berbagi atau bersaing untuk sumber daya[10].

2.3 ISTILAH DALAM GRID COMPUTING

2.3.1 Computation

Sumber daya yang paling umum yaitu siklus komputasi yang disediakan oleh prosesor-prosesor mesin pada grid. Prosesor-prosesor tersebut dapat bervariasi dalam kecepatan, arsitektur, platform perangkat lunak, dan faktor-faktor terkait lainnya, seperti memori, penyimpanan, dan konektivitas[25].

2.3.2 Storage

Sumber daya kedua yang paling umum digunakan dalam sebuah grid yaitu penyimpanan data. Sebuah grid yang menyediakan pandangan terintegrasi dari penyimpanan data kadang-kadang disebut sebagai data grid. Setiap mesin pada grid biasanya menyediakan sejumlah penyimpanan untuk penggunaan grid, meskipun bersifat sementara[26]. Penyimpanan dapat berupa memori yang terpasang pada prosesor atau dapat menjadi penyimpanan sekunder, menggunakan hard disk drive atau media penyimpanan permanen lainnya. Memori yang terpasang pada prosesor biasanya memiliki akses yang sangat cepat tetapi bersifat volatil. Ini akan lebih baik digunakan untuk menyimpan data dalam cache atau sebagai penyimpanan sementara untuk aplikasi yang sedang berjalan[27].

2.3.3 Communications

Komunikasi dalam grid sangat penting untuk mengirim pekerjaan dan data yang diperlukan ke titik-titik dalam grid. Beberapa pekerjaan membutuhkan sejumlah besar data untuk diproses, dan data tersebut mungkin tidak selalu berada di mesin yang menjalankan pekerjaan tersebut. *Bandwith* yang tersedia untuk komunikasi semacam itu seringkali dapat menjadi sumber daya kritis yang dapat membatasi pemanfaatan grid[28].

2.3.4 *Software and licenses*

Grid dapat memiliki perangkat lunak yang mungkin terlalu mahal untuk diinstal pada setiap mesin dalam grid. Dengan menggunakan grid, pekerjaan yang membutuhkan perangkat lunak ini dikirimkan ke mesin-mesin tertentu di mana perangkat lunak ini sudah diinstal[29]. Ketika biaya lisensi signifikan, pendekatan ini dapat menghemat biaya yang cukup besar untuk sebuah organisasi. Beberapa perjanjian lisensi perangkat lunak memperbolehkan perangkat lunak diinstal pada semua mesin dalam grid tetapi dapat membatasi jumlah instalasi yang dapat digunakan secara bersamaan pada setiap waktu tertentu[30].

2.3.5 *Special equipment, capacities, architectures, and policies*

Platform pada grid seringkali memiliki arsitektur, sistem operasi, perangkat, kapasitas, dan peralatan yang berbeda[31]. Setiap item ini mewakili jenis sumber daya yang berbeda yang dapat digunakan oleh grid sebagai kriteria untuk menugaskan pekerjaan ke mesin-mesin. Meskipun beberapa perangkat lunak mungkin tersedia pada beberapa arsitektur yang dirancang untuk berjalan hanya pada jenis perangkat keras dan sistem operasi tertentu. Atribut-atribut semacam itu harus dipertimbangkan saat menugaskan pekerjaan ke sumber daya dalam grid[32].

3. IMPLEMENTASI GRID COMPUTING

Meskipun berbagai jenis sumber daya pada grid dapat dibagikan dan digunakan, biasanya sumber daya tersebut diakses melalui aplikasi atau pekerjaan yang sedang berjalan. Biasanya, kita menggunakan istilah "aplikasi" (*applications*) sebagai level tertinggi dari suatu pekerjaan di grid. Namun, kadang-kadang istilah "pekerjaan" (*jobs*) digunakan secara setara. Aplikasi dapat dipecah menjadi sejumlah pekerjaan individual. Pekerjaan-pekerjaan tersebut, pada gilirannya, dapat dibagi lebih lanjut menjadi subpekerjaan. Industri grid menggunakan istilah-istilah lain, seperti transaksi, unit kerja, atau pengiriman, untuk merujuk pada hal yang sama dengan pekerjaan[10].

Pekerjaan yaitu program-program yang dieksekusi pada titik yang sesuai dalam grid. *Job* dapat melakukan perhitungan, menjalankan satu atau lebih perintah sistem, memindahkan atau mengumpulkan data, atau mengoperasikan mesin. Sebuah aplikasi grid yang diorganisir sebagai kumpulan pekerjaan biasanya dirancang agar pekerjaan-pekerjaan ini dieksekusi secara paralel pada mesin-mesin yang berbeda dalam grid[33].

Pekerjaan-pekerjaan tersebut mungkin memiliki ketergantungan khusus yang dapat mencegah mereka dieksekusi secara paralel dalam semua kasus. Misalnya, mereka mungkin memerlukan beberapa data masukan khusus yang harus disalin ke mesin di mana pekerjaan tersebut akan dijalankan. Beberapa pekerjaan mungkin memerlukan keluaran yang dihasilkan oleh beberapa pekerjaan lain dan tidak dapat dieksekusi sampai pekerjaan prasyarat tersebut selesai dieksekusi. Pekerjaan dapat memunculkan sub-pekerjaan tambahan, tergantung pada data yang mereka proses. Alur kerja ini dapat menciptakan hirarki pekerjaan dan subpekerjaan. Akhirnya, hasil dari semua pekerjaan harus dikumpulkan dan disusun secara tepat untuk menghasilkan output/hasil akhir bagi aplikasi[34].

4. KESIMPULAN

Komputasi grid memungkinkan organisasi (nyata dan virtual) untuk memanfaatkan berbagai sumber daya komputasi dengan cara yang sebelumnya tidak mungkin. Mereka dapat memanfaatkan sumber daya yang kurang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan bisnis sambil meminimalkan biaya tambahan. Sifat dari komputasi grid memungkinkan organisasi untuk memanfaatkan pemrosesan paralel, menjadikan banyak aplikasi secara finansial layak dan memungkinkan penyelesaian yang lebih cepat.

Komputasi grid membuat lebih banyak sumber daya tersedia untuk lebih banyak orang dan organisasi sambil memungkinkan mereka yang bertanggung jawab atas infrastruktur TI untuk meningkatkan penyeimbangan sumber daya, keandalan, dan kelolaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Pujiyanta, L. Edi Nugroho, and W. Widyawan, "Resource allocation model for grid computing environment," *Int. J. Adv. Intell. Informatics; Vol 6, No 2 July 2020* DOI - 10.26555/ijain.v6i2.496 , Jul. 2020, [Online]. Available: https://ijain.org/index.php/IJAIN/article/view/496%7Cto_array%3A0
- [2] T. Kotsiopoulos, P. Sarigiannidis, D. Ioannidis, and D. Tzovaras, "Machine Learning and Deep Learning in smart manufacturing: The Smart Grid paradigm," *Comput. Sci. Rev.*, vol. 40, p. 100341, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100341>.
- [3] T. Ahmad, R. Madonski, D. Zhang, C. Huang, and A. Mujeeb, "Data-driven probabilistic machine learning in sustainable smart energy/smart energy systems: Key developments, challenges, and future research opportunities in the context of smart grid paradigm," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 160, p. 112128, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112128>.
- [4] S. Zhang, X. Chen, S. Zhang, and X. Huo, "The comparison between cloud computing and grid computing," in *2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010)*, 2010, vol. 11, pp. V11-72-V11-75. doi: 10.1109/ICCASM.2010.5623257.
- [5] I. Raicu, I. T. Foster, and Y. Zhao, "Many-task computing for grids and supercomputers," in *2008 Workshop on Many-Task Computing on Grids and Supercomputers*, 2008, pp. 1–11. doi: 10.1109/MTAGS.2008.4777912.
- [6] D. Garlasu *et al.*, "A big data implementation based on Grid computing," in *2013 11th RoEduNet International Conference*, 2013, pp. 1–4. doi: 10.1109/RoEduNet.2013.6511732.
- [7] J. Tate, F. Lucchese, and R. Moore, "Front cover Introduction to Storage," *Contract*, p. 352, 2006, [Online]. Available: <http://itcertivnetworking.riverinainstitute.wikispaces.net/file/view/Red+Book+-+What+is+a+SAN.pdf>
- [8] P. Luo, K. Lü, Z. Shi, and Q. He, "Distributed data mining in grid computing environments," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 23, no. 1, pp. 84–91,

- 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2006.04.010>.
- [9] T. Fahringer *et al.*, "ASKALON: a Grid application development and computing environment," in *The 6th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, 2005.*, 2005, p. 10 pp. doi: 10.1109/GRID.2005.1542733.
- [10] J. Joseph and C. Fellenstein, *Grid Computing*. Prentice Hall Professional Technical Reference, 2004. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=2e73K_jXdfcC
- [11] M. F. Sjaugi, M. Othman, M. Z. M. Yusoff, N. N. Minhat, and S. Napis, "Fostering E-Science Application in campus grid infrastructure based on gLite middleware," in *2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer*, 2010, vol. 3, pp. V3-37-V3-40. doi: 10.1109/ICETC.2010.5529604.
- [12] J. Joseph, M. Ernest, and C. Fellenstein, "Evolution of grid computing architecture and grid adoption models," *IBM Syst. J.*, vol. 43, no. 4, pp. 624–645, 2004, doi: 10.1147/sj.434.0624.
- [13] A. Matsunaga *et al.*, "On the Use of Virtualization and Service Technologies to Enable Grid-Computing BT - Euro-Par 2005 Parallel Processing," 2005, pp. 1–12.
- [14] N. Mustafee, "Exploiting grid computing, desktop grids and cloud computing for e-science," *Transform. Gov. People, Process Policy*, vol. 4, no. 4, pp. 288–298, Jan. 2010, doi: 10.1108/17506161011081291.
- [15] N. Melab, S. Cahon, and E.-G. Talbi, "Grid computing for parallel bioinspired algorithms," *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 66, no. 8, pp. 1052–1061, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2005.11.006>.
- [16] G. C. Fox, R. D. Williams, and G. C. Messina, *Parallel Computing Works!* Elsevier Science, 2014. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=cg2jBQAAQBAJ>
- [17] M. Singh, "An Overview of Grid Computing," in *2019 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*, 2019, pp. 194–198. doi: 10.1109/ICCCIS48478.2019.8974490.
- [18] P. Plaszczak and R. Wellner, *Grid Computing: The Savvy Manager's Guide*. Elsevier Science, 2005. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=ZyEoEn0_ITIC
- [19] D. A. Menasce and E. Casalicchio, "QoS in grid computing," *IEEE Internet Comput.*, vol. 8, no. 4, pp. 85–87, 2004, doi: 10.1109/MIC.2004.24.
- [20] R. Guharoy *et al.*, "A theoretical and detail approach on grid computing a review on grid computing applications," in *2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON)*, 2017, pp. 142–146. doi: 10.1109/IEMECON.2017.8079578.
- [21] S. Khan, B. Nazir, I. Ahmed Khan, S. Shamshirband, and A. T. Chronopoulos, "Load balancing in grid computing: Taxonomy, trends and opportunities," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 88, pp. 99–111, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.02.013>.
- [22] C. Dabrowski, "Reliability in grid computing systems," *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 21, no. 8, pp. 927–959, Jun. 2009, doi: <https://doi.org/10.1002/cpe.1410>.
- [23] O. F. Rana and J. C. Cunha, *Grid Computing: Software Environments and Tools*. Springer London, 2007. [Online]. Available:

- <https://books.google.co.id/books?id=yIRGTEkmiEgC>
- [24] U. Schwiegelshohn *et al.*, "Perspectives on grid computing," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 26, no. 8, pp. 1104–1115, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2010.05.010>.
 - [25] W. Du, J. Jia, M. Mangal, and M. Murugesan, "Uncheatable grid computing," in *24th International Conference on Distributed Computing Systems, 2004. Proceedings.*, 2004, pp. 4–11. doi: 10.1109/ICDCS.2004.1281562.
 - [26] S. Al-Kiswany, M. Ripeanu, S. S. Vazhkudai, and A. Gharaibeh, "stdchk: A Checkpoint Storage System for Desktop Grid Computing," in *2008 The 28th International Conference on Distributed Computing Systems, 2008*, pp. 613–624. doi: 10.1109/ICDCS.2008.19.
 - [27] M. Zhou and D. Feng, "Application of In-Memory Computing to Online Power Grid Analysis," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 28, pp. 132–137, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.690>.
 - [28] V. K. Soni, R. Sharma, and M. K. Mishra, "An analysis of various job scheduling strategies in grid computing," in *2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems, 2010*, vol. 2, pp. V2-162-V2-166. doi: 10.1109/ICSPS.2010.5555272.
 - [29] Y. Raekow, C. Simmendinger, D. Jenz, and P. Grabowski, "On-demand software licence provisioning in grid and cloud computing," *Int. J. Grid Util. Comput.*, vol. 4, no. 1, pp. 10–20, Jan. 2013, doi: 10.1504/IJGUC.2013.054486.
 - [30] Y. Raekow, C. Simmendinger, P. Grabowski, and D. Jenz, "License Management in Grid and Cloud Computing," in *2010 International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing, 2010*, pp. 9–15. doi: 10.1109/3PGCIC.2010.105.
 - [31] S. M. Hashemi and A. K. Bardsiri, "Cloud Computing Vs. Grid Computing," *ARNP J. Syst. Softw.*, vol. 2, no. 5, pp. 188–194, 2012, [Online]. Available: <http://www.scientific-journals.org/>
 - [32] F. Azzedin and M. Maheswaran, "Evolving and managing trust in grid computing systems," in *IEEE CCECE2002. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. Conference Proceedings (Cat. No.02CH37373)*, 2002, vol. 3, pp. 1424–1429 vol.3. doi: 10.1109/CCECE.2002.1012962.
 - [33] A. Iosup and D. Epema, "Grid Computing Workloads," *IEEE Internet Comput.*, vol. 15, no. 2, pp. 19–26, 2011, doi: 10.1109/MIC.2010.130.
 - [34] A. Pujiyanta, L. E. Nugroho, and Widyawan, "Planning and Scheduling Jobs on Grid Computing," in *2018 International Symposium on Advanced Intelligent Informatics (SAIN)*, 2018, pp. 162–166. doi: 10.1109/SAIN.2018.8673372.