



Pengaruh *Undervolting* terhadap Kinerja dan Konsumsi Daya pada CPU Ryzen 3250U

Michael Felix¹⁾, Adi Pandu Wirawan²⁾, Didit Suprihanto³⁾

^{1,2,3)} Fakultas Teknik/Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mulawarman
E-mail: michaelfelix020@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang pesat meningkatkan kebutuhan akan komputasi berkinerja tinggi di berbagai bidang, seperti sains, rekayasa, dan analisis data. Peningkatan kinerja prosesor umumnya diikuti oleh kenaikan konsumsi daya dan suhu kerja, yang berpotensi menurunkan stabilitas, efisiensi, serta umur pakai sistem. Salah satu metode optimasi yang dapat dilakukan tanpa menambah kebutuhan daya adalah *undervolting*, yaitu penurunan tegangan kerja prosesor di bawah nilai standar pabrikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *undervolting* pada prosesor AMD Ryzen 3 3250U serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap kinerja, konsumsi daya, dan karakteristik termal sistem. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, diawali dengan pengukuran kondisi awal sebagai acuan sistem pada tegangan normal. Selanjutnya dilakukan penurunan tegangan secara bertahap sebesar 0,05 V dari nilai rata-rata awal 1,260 V sehingga diperoleh empat konfigurasi, yaitu 1,210 V, 1,160 V, 1,110 V, dan 1,060 V. Pengujian kinerja dilakukan menggunakan Cinebench R23 selama 30 menit untuk memperoleh data tegangan, daya, suhu, dan *clockspeed*, serta Blender sebagai representasi beban kerja nyata. Seluruh parameter diamati menggunakan HWiNFO dan dianalisis berdasarkan nilai minimum, rata-rata, dan maksimum. Hasil menunjukkan bahwa *undervolting* mampu menurunkan konsumsi daya dan suhu secara signifikan dengan penurunan kinerja yang minimal. Konfigurasi 1,060 V memberikan keseimbangan terbaik antara efisiensi daya, kestabilan termal, dan performa prosesor.

Kata Kunci : *Undervolting*, Ryzen 3 3250U, Konsumsi Daya, Suhu dan Kinerja Prosesor

ABSTRACT

The rapid development of technology has increased the demand for high-performance computing in various fields such as science, engineering, and data analysis. However, improvements in processor performance are generally accompanied by higher power consumption and operating temperatures, which can reduce system stability, efficiency, and lifespan. One optimization method that can be applied without increasing power requirements is undervolting, which involves lowering the processor's operating voltage below the manufacturer's default value. This study aims to analyze the application of undervolting on the AMD Ryzen 3 3250U processor and to evaluate its effects on system performance, power consumption, and thermal characteristics. The research employs an experimental method, starting with baseline measurements under normal voltage conditions. The voltage is then gradually reduced in steps of 0.05 V from the initial average value of 1.260 V, resulting in four configurations: 1.210 V, 1.160 V, 1.110 V, and 1.060 V. Performance testing is conducted using Cinebench R23 for 30 minutes to obtain data on voltage, power, temperature, and clock speed, while Blender is used to represent real-world workloads. All parameters are monitored using HWiNFO and analyzed based on their minimum, average, and maximum values. The results indicate that undervolting significantly reduces power consumption and temperature with only minimal performance degradation. The 1.060 V configuration provides the best balance between power efficiency, thermal stability, and processor performance.

Keywords: *Undervolting, Ryzen 3 3250U, Power Consumption, Processor Temperature and Performance*

1. Pendahuluan

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat telah mendorong peningkatan kebutuhan akan kinerja tinggi dalam komputasi. Komputasi berkinerja tinggi digunakan untuk menyelesaikan masalah kompleks dalam berbagai bidang seperti sains, rekayasa, dan analisis data besar. Namun, peningkatan kinerja ini seringkali diikuti oleh peningkatan konsumsi daya dan produksi panas yang signifikan. *Undervolting* dapat menjadi solusi yang digunakan untuk menurunkan tegangan operasi prosesor tanpa mengurangi frekuensi kerja inti CPU.

Pertumbuhan data yang eksponensial, kompleksitas aplikasi, dan tuntutan untuk analisis *real-time* menuntut peningkatan kebutuhan akan sistem kinerja tinggi dalam sistem komputasi yang mampu memproses informasi dengan cepat dan optimal [1]. Seiring dengan kebutuhan akan kinerja tinggi, optimalisasi daya dalam komputasi menjadi aspek yang semakin penting. Konsumsi daya yang tinggi tidak hanya berdampak pada biaya operasional tetapi juga pada keberlanjutan lingkungan. optimalisasi daya memainkan peran penting dalam pengembangan dan operasi sistem komputasi berkinerja tinggi, memastikan bahwa peningkatan kinerja tidak mengorbankan keberlanjutan komputasi dan optimalisasi operasional sebuah sistem operasi [2].

Peningkatan konsumsi daya secara langsung berkontribusi pada peningkatan suhu operasi komponen komputer. Suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan *overheat*, yang berpotensi menurunkan kinerja sistem atau bahkan menyebabkan kerusakan permanen. Peningkatan konsumsi daya ini tidak hanya meningkatkan biaya operasional tetapi juga menambah beban pada sistem pendinginan [3]. Peningkatan kinerja komputer, seperti melalui peningkatan frekuensi prosesor atau penggunaan komponen berdaya tinggi, seringkali diiringi oleh peningkatan konsumsi daya. Oleh karena itu, optimasi kinerja, optimalisasi pendinginan, dan manajemen daya menjadi penting untuk menjaga keseimbangan antara kinerja tinggi dan konsumsi energi yang optimal [4].

Salah satu teknik yang digunakan untuk meningkatkan optimalisasi operasional komputer adalah *undervolting*. *Undervolting* merupakan metode pengurangan tegangan operasional pada prosesor tanpa menurunkan frekuensi kerja, dengan tujuan mengurangi konsumsi daya dan panas yang dihasilkan. Teknik ini memanfaatkan margin tegangan yang konservatif yang diterapkan oleh produsen, sehingga prosesor tetap dapat beroperasi secara stabil dengan tegangan yang lebih rendah. Dengan menurunkan tegangan CPU, suhu operasional dapat dikurangi, yang pada akhirnya mengurangi kebutuhan pendinginan aktif dan meningkatkan optimalisasi daya secara keseluruhan [5].

Prosesor AMD Ryzen 3 3250U adalah prosesor kelas entry-level yang banyak digunakan pada laptop tipis dan ringkas. Namun, desain laptop yang tipis tersebut memiliki ruang yang terbatas untuk membuang panas, sehingga membuat sistem lebih cepat panas saat digunakan. Karena itu, kemampuan sistem pendinginan pada laptop perlu ditingkatkan. Penelitian oleh [6] menunjukkan bahwa desain laptop yang ramping memang menyulitkan pelepasan panas secara optimal, dan hal ini menjadi tantangan utama dalam menjaga kinerja sistem tetap stabil.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pengguna dan pengembang sistem dalam mengoptimalkan pengaturan perangkat mereka agar mendapatkan keseimbangan optimal antara kinerja, konsumsi daya, dan suhu operasional.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, di mana pengujian dilakukan secara terkontrol untuk memperoleh data numerik yang dapat diukur dan dianalisis secara statistik. Eksperimen bertujuan untuk mengamati pengaruh penerapan *undervolting* terhadap kinerja dan konsumsi daya sistem komputer. Tahapan penelitian meliputi pengaturan nilai tegangan prosesor (*undervolting*), pengukuran kinerja menggunakan perangkat lunak benchmarking seperti Cinebench, serta pengukuran parameter daya dan suhu menggunakan perangkat lunak monitoring seperti HWMonitor. Data yang diperoleh berupa nilai skor kinerja berupa waktu *rendering*, konsumsi daya, suhu, dan tegangan, yang selanjutnya dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui hubungan dan pengaruh *undervolting* terhadap performa dan efisiensi energi sistem. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh data numerik yang terukur dan dapat dianalisis secara statistik guna mengetahui pengaruh penerapan teknik *undervolting* terhadap kinerja, konsumsi daya, dan suhu prosesor.

A. Objek Penelitian

Objek penelitian berupa sebuah laptop Hewlett Packard yang menggunakan prosesor AMD Ryzen 3 3250U. Penelitian dilakukan dengan menjalankan serangkaian pengujian *benchmarking* dan monitoring sistem pada beberapa konfigurasi tegangan prosesor, baik pada kondisi awal (*default*) maupun setelah dilakukan penurunan tegangan secara bertahap (*undervolting*).

B. Perangkat dan Aplikasi Penelitian

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat

Komponen	Spesifikasi Laptop
Prosesor	AMD Ryzen 3 3250U (4 Core, 2,6 GHz)
Ram Slot 1	Samsung M471A 4GB SODIM memori DDR4
Ram Slot 2	Samsung M471A 4GB SODIM memori DDR4
SSD Slot 1	Samsung SSD PM961 M.2 Sata 256 GB PCIe NVME

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2. Perangkat Lunak Yang Digunakan

Komponen	Kategori
Cinebench R23	<i>Stress Test Application</i>
AMD APU Tuning Utility	<i>Undervolting Application</i>
HwiNFO	<i>Monitoring Application</i>
Blender	<i>Real-World Benchmark Application</i>

C. Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data

Prosedur penelitian diawali dengan pengukuran kondisi awal (*baseline*) sistem tanpa modifikasi tegangan untuk memperoleh nilai acuan kinerja, konsumsi daya, dan suhu prosesor. Pengujian baseline dilakukan menggunakan Cinebench R23 dengan pencatatan nilai minimum, maksimum, dan rata-rata. Selanjutnya, proses *undervolting* dilakukan menggunakan AMD APU Tuning Utility dengan menurunkan tegangan prosesor secara bertahap. Setiap konfigurasi tegangan diuji stabilitasnya menggunakan Cinebench R23 dengan jeda antar pengujian selama 30 menit. Setelah konfigurasi dinyatakan stabil, dilakukan pengujian kinerja menggunakan aplikasi Blender dengan mengukur waktu rendering sebagai indikator performa prosesor. Selama seluruh pengujian, parameter suhu, tegangan, *clockspeed*, dan konsumsi daya dipantau menggunakan HWiNFO64.,

D. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh berupa nilai kuantitatif dari skor benchmark, waktu rendering, suhu, tegangan, dan konsumsi daya pada setiap konfigurasi *undervolting*. Data dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, serta disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk membandingkan kinerja antara kondisi default dan kondisi *undervolting*. Hasil analisis digunakan untuk menentukan konfigurasi tegangan yang paling optimal berdasarkan keseimbangan antara kinerja, efisiensi daya, dan stabilitas sistem

E. Simple Additive Weighting (SAW)

Metode Simple Additive Weighting (SAW) merupakan salah satu metode dalam kelompok Multiple Attribute Decision Making (MADM) yang digunakan untuk menentukan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria yang telah ditetapkan (Panjaitan, 2019).

Berikut merupakan tahapan umum dalam penerapan metode SAW:

1. Menentukan kriteria (C_i) yang akan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Setiap kriteria dapat bersifat benefit (semakin besar nilai semakin baik) atau cost (semakin kecil nilai semakin baik).
2. Menentukan nilai rating (X_{ij}) untuk setiap alternatif terhadap masing-masing kriteria. Nilai rating diperoleh dari hasil pengukuran atau pengujian terhadap setiap parameter yang telah ditentukan.
3. Membentuk matriks keputusan (X) berdasarkan kriteria (C_i) dan alternatif (A_i).

4. Melakukan Normalisasi matriks keputusan dengan rumus:

$$X_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})}, & \text{Jika kriteria bersifat } \textit{Benefit} \\ \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}}, & \text{Jika Kriteria bersifat } \textit{Cost} \end{cases} \quad (1)$$

dimana :

X_{ij} = adalah nilai atribut dari setiap kriteria

Max X_{ij} = adalah nilai terbesar dari setiap kriteria

Min X_{ij} = adalah nilai terkecil dari setiap kriteria

5. Menghitung nilai preferensi (V_i) untuk setiap alternatif dengan rumus:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j \times R_{ij} \quad (2)$$

di mana :

V_i = nilai preferensi alternatif ke- i

w_j = bobot kriteria ke- j

R_{ij} = nilai normalisasi alternatif ke- i pada kriteria ke- j

6. Menentukan peringkat alternatif.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap awal ini, dilakukan pengujian menggunakan konfigurasi awal dengan tujuan menetapkan standar referensi awal sebagai nilai pembanding. Standar ini penting untuk memastikan adanya tolok ukur yang jelas sebelum dilakukan perbandingan dengan empat skenario *undervolting* yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan melalui proses *rendering* animasi untuk mensimulasikan beban kerja prosesor secara konsisten, sehingga kinerja, konsumsi daya, suhu, dan kestabilan sistem dapat diamati secara objektif. Parameter yang diukur meliputi *clockspeed*, konsumsi daya, suhu prosesor, serta waktu *rendering*. Nilai hasil pengukuran pada kondisi awal ini digunakan sebagai baseline yang akan dibandingkan dengan empat skenario *undervolting* yang telah ditentukan.

A. Parameter Sistem Pada Konfigurasi Awal

Ringkasan hasil pengukuran dimana nilai terendah, rata-rata, dan tertinggi dari setiap parameter untuk menggambarkan variasi kinerja sistem selama pengujian pada kondisi awal tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Konfigurasi Awal

Parameter	Terendah	Rata-Rata	Tertinggi
Tegangan (V)	0,719	1,260	1,369
Daya (W)	7,95	23,11	27,69
Suhu (°C)	87,5	96,7	107,4
<i>Clockspeed</i> (Mhz)	1591,4	3193	3377
Waktu <i>Rendering</i>	29 Menit 30 Detik		

Berdasarkan data pada Tabel 3 tersebut, terlihat bahwa pada konfigurasi *default* prosesor beroperasi pada tegangan rata-rata sebesar 1,260 V dengan konsumsi daya rata-rata 23,11 W dan suhu rata-rata mencapai 96,7 °C. Nilai suhu maksimum yang tercatat sebesar 107,4 °C menunjukkan bahwa prosesor bekerja mendekati batas termalnya ketika menjalankan beban *rendering*. *Clockspeed* rata-rata berada pada 3193 MHz dengan nilai puncak mencapai 3377 MHz, yang mengindikasikan mekanisme *boost* masih aktif namun berpotensi dibatasi oleh kondisi termal. Waktu *rendering* yang dicapai sebesar 29 menit 30 detik digunakan sebagai tolok ukur kinerja pada kondisi normal. Hasil ini memperlihatkan bahwa meskipun kinerja prosesor tergolong tinggi, konsumsi daya dan suhu yang relatif besar membuka peluang untuk dilakukan optimasi melalui teknik *undervolting*, yang selanjutnya dianalisis pada konfigurasi penurunan tegangan.

B. Skenario Pengujian *Undervolting*

Dalam menentukan skenario yang akan digunakan sebagai konfigurasi *undervolting* parameter yang diubah melalui aplikasi AMD APU Tuning Utility adalah *Core Voltage Identification Digital* (VID). Nilai *core voltage* awal yang diperoleh dari tahap pengujian sebelumnya memiliki rata – rata 1,260 V. Skenario *undervolting* yang digunakan disajikan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Konfigurasi Tegangan

Skenario	Konfigurasi Tegangan (V)
1 st	1,210
2 nd	1,160
3 rd	1,110
4 th	1,060

Rancangan konfigurasi tegangan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4 diambil berdasarkan nilai rata rata tegangan pada konfigurasi awal kemudian diturunkan sebesar 0,05 V untuk tiap konfigurasinya.

C. Uji Stabilitas

Pengujian akan dilakukan menggunakan Cinebench selama 30 menit untuk menentukan apakah konfigurasi *undervolting* yang ditentukan tidak mengalami crash atau sistem shutdown. Hasil pengujian stabilitas sistem yang digunakan disajikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Uji Stabilitas *Clockspped*

Konfigurasi Tegangan (V)	<i>Clockspped</i> (Mhz)				
	Terendah	Rata – Rata	Tertinggi	Varians	Std Dev
1,210	1682,5	3131	3373,2	5061,75	71,15
1,160	1654,8	3082,5	3397,8	13428,48	115,88
1,110	2281,7	3001,4	3320,7	1770,42	42,08
1,060	2521,5	3004,5	3218,3	2437,73	49,37

Berdasarkan hasil pada Tabel 5, konfigurasi tegangan 1,160 V menunjukkan nilai varians *clockspeed* yang paling tinggi dibandingkan konfigurasi lainnya, yaitu sebesar 13.428,48. Pada konfigurasi 1,160 V, tegangan yang digunakan masih lebih tinggi dibandingkan dua konfigurasi *undervolting* lainnya (1,110 V dan 1,060 V). Varians *clockspeed* tidak memperlihatkan perubahan yang konsisten, yang mengindikasikan adanya faktor lain yang mempengaruhi frekuensi *clockspeed* selain tegangan. Fenomena ini umum terjadi pada prosesor *mobile modern* dan dapat dijelaskan melalui karakteristik manajemen daya arsitektur AMD. Mekanisme *Precision Boost 2* merupakan mekanisme yang digunakan untuk mengatur frekuensi pada prosesor, mekanisme ini bersifat adaptif sehingga penurunan tegangan tidak selalu menghasilkan penurunan atau kenaikan varians secara langsung. Ketika prosesor beroperasi pada tegangan yang relatif tinggi, suhu dan konsumsi daya meningkat, sehingga lebih sering melakukan penyesuaian frekuensi untuk menjaga kondisi panas tetap stabil. Mekanisme *precision boost 2* pada AMD tersebut merupakan perilaku normal untuk prosesor dengan arsitektur AMD.

D. Hasil Pengujian *Undervolting*

Untuk mengevaluasi pengaruh *undervolting* terhadap kinerja prosesor, penelitian ini menggunakan Cinebench R23, sebuah perangkat lunak benchmarking sintetis, dimana dengan Cinebench R23, proses pengujian dilakukan dengan merender sebuah adegan 3D yang kompleks menggunakan prosesor dan juga melakukan render video animasi dengan total assets file berjumlah 22 file dan jumlah frame sebanyak 250 frame, dengan resolusi 720p, dimana rendering sebagai real time work load.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6, penurunan tegangan pada prosesor dari konfigurasi 1,210 hingga 1,060 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi daya dan suhu kerja sistem. Penurunan tegangan dari kondisi awal 1,260 V hingga 1,060 V menyebabkan penurunan suhu prosesor dari 96,7°C menjadi 85,8°C, serta penurunan konsumsi daya rata-rata dari 23,11 W menjadi 18,41 W. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin rendah tegangan yang diterapkan, semakin kecil daya yang diserap dan panas yang dihasilkan selama proses komputasi. Namun, penurunan tegangan juga berdampak pada karakteristik kinerja prosesor. Seiring dengan penurunan tegangan, rata-rata

clockspeed mengalami penurunan ringan dan fluktuasi frekuensi mulai meningkat, terutama pada konfigurasi *undervolting* yang lebih agresif.

Tabel 6. Hasil Pengujian *undervolting*

Konfigurasi Tegangan	Tegangan (V)			Daya (W)			Suhu (°C)			Waktu Rendering
	Terdah	Rata-Rata	Tertinggi	Terdah	Rata-Rata	Tertinggi	Terdah	Rata-Rata	Tertinggi	
1,210	0,725	1,232	1,375	7,98	22,27	26,04	83,6	93,8	102,4	27 m 30 d
1,160	0,725	1,200	1,363	7,96	21,04	24,04	64,4	90,03	99,6	28 m
1,110	0,719	1,140	1,356	14,30	18,63	21,97	82,4	87,8	89,2	28 m 6 d
1,060	1,038	1,140	1,350	17,48	18,41	19,98	78,9	85,8	87,2	28m 54 d

E. Perbandingan Hasil dengan Konfigurasi Awal dan Konfigurasi *Undervolting*

Tahap berikutnya adalah tahap membandingkan temuan dari pengujian dengan konfigurasi awal dan konfigurasi *undervolting*. Perbandingan data rata – rata hasil pengujian yang digunakan disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Perbandingan Rata – Rata Hasil *Undervolting*

Informasi	Konfigurasi Awal	Konfigurasi <i>Undervolting</i>			
		1,210	1,160	1,110	1,060
Tegangan (V)	1,260	1,232	1,200	1,140	1,140
Daya (W)	23,11	22,27	21,04	18,63	18,41
Suhu (°C)	96,7	93,8	90,03	87,8	85,8
Clockspeed (Mhz)	3193	3131	3082,5	3001,4	3004,5
Varians	23218,10	5061,75	13428,48	1770,42	2437,73
Waktu Rendering	29 menit	27 menit	28 menit	28 menit	28 menit
	30 detik	30 detik		6 detik	54 detik

Berdasarkan Tabel 7 dapat diamati bahwa hal ini menunjukkan bahwa pengurangan tegangan mampu menurunkan kebutuhan daya setiap siklus kerja prosesor, sehingga daya yang dikonsumsi sistem menjadi lebih rendah dan panas yang dihasilkan berkurang. Pada konfigurasi 1,110 dan 1,060, nilai tegangan rata-rata yang tercatat menunjukkan nilai yang sama, yaitu 1,140 V, namun konsumsi daya pada konfigurasi 1,060 tetap lebih rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa konsumsi daya prosesor tidak semata-mata ditentukan oleh nilai tegangan rata-rata yang terukur, melainkan juga dipengaruhi oleh faktor lain dalam mekanisme kerja prosesor. Pada konfigurasi 1,060, meningkatnya varians *clockspeed* mengindikasikan bahwa prosesor beroperasi lebih dekat pada batas minimum tegangan stabil, sehingga mekanisme manajemen daya internal bekerja lebih sering dan lebih aktif dalam melakukan penyesuaian frekuensi dan arus kerja untuk menjaga kestabilan sistem. Penyesuaian ini membatasi durasi operasi pada kondisi frekuensi yang lebih tinggi pada batas daya konfigurasi, yang berdampak pada penurunan konsumsi daya rata-rata, namun sekaligus menyebabkan berkurangnya kemampuan prosesor untuk mempertahankan kinerja optimal secara konsisten. Dampak tersebut tercermin pada waktu rendering yang cenderung lebih lama dibandingkan konfigurasi dengan tingkat *undervolting* yang lebih ringan, seperti konfigurasi 1,210 dan 1,160, yang menghasilkan konsumsi daya lebih besar. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan adanya *trade-off* antara konsumsi daya dan performa, di mana konfigurasi dengan *undervolting* yang lebih agresif, seperti 1,110 dan terutama 1,060, lebih menekankan pengurangan konsumsi daya dibandingkan kecepatan penyelesaian proses *rendering*.

F. Menentukan Hasil Konfigurasi Yang Optimal

Untuk menentukan konfigurasi *undervolting* yang paling optimal secara kuantitatif, penelitian ini menggunakan metode Simple Additive Weighting (SAW). Prinsip dasar SAW adalah mencari jumlah terbobot dari nilai performa setiap alternatif terhadap semua kriteria. Nilai total setiap alternatif diperoleh dari penjumlahan hasil perkalian antara nilai rating yang telah dinormalisasi dengan bobot masing-masing kriteria. Alternatif yang memiliki nilai total tertinggi kemudian dianggap sebagai alternatif paling optimal. Adapun langkah-langkah operasional metode Simple Additive Weighting (SAW) yang diterapkan dalam penelitian ini disajikan sebagai berikut:

1. Penentuan Kriteria dan Bobot

Empat kriteria yang akan digunakan dalam penilaian menggunakan metode SAW, yaitu, waktu *rendering* (menit), *clockspeed*, konsumsi daya (W), dan suhu prosesor (°C). Masing-masing kriteria diklasifikasikan sebagai *benefit* atau *cost*. Kriteria *benefit* adalah parameter yang semakin tinggi nilainya semakin baik, sedangkan kriteria *cost* adalah parameter yang semakin rendah nilainya semakin baik. Bobot masing-masing kriteria ditetapkan berdasarkan besarnya pengaruh parameter tersebut terhadap performa keseluruhan sistem. Kriteria dan arah preferensi ditentukan sebagai berikut:

Tabel 8. Kriteria dan Bobot

Kriteria	Sifat	Bobot
Konsumsi Daya	<i>Cost</i> (Semakin kecil semakin baik)	0,40
Waktu <i>rendering</i>	<i>Cost</i> (Semakin kecil semakin baik)	0,25
<i>Clockspeed</i>	<i>Benefit</i> (Semakin besar semakin baik)	0,20
Suhu Prosesor	<i>Cost</i> (Semakin kecil semakin baik)	0,15

Data yang akan digunakan untuk menentukan hasil konfigurasi yang optimal disajikan pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Parameter Yang Dihitung Dengan Metode SAW

Konfigurasi	<i>Clockspeed</i> (Mhz)	Daya (W)	Suhu (°C)	Waktu <i>Rendering</i> (Menit)
1,210	3131	22,27	93,76	27,5
1,160	3082,5	21,04	90,03	28
1,110	3001,4	18,63	87,8	28,1
1,060	3004,5	18,41	85,8	28,9

2. Normalisasi nilai untuk setiap kriteria

Pada metode ini, normalisasi dilakukan dengan menyesuaikan jenis kriteria dimana untuk kriteria *benefit*, nilai dinormalisasi dengan membagi nilai suatu alternatif terhadap nilai maksimum pada kriteria tersebut, sedangkan untuk kriteria *cost*, nilai minimum dibagi dengan nilai alternatif pada kriteria tersebut. Hasil perhitungan normalisasi nilai alternatif untuk setiap kriteria menggunakan persamaan 1 disajikan pada sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Normalisasi

Konfigurasi	<i>Clockspeed</i> (Mhz)	Daya (W)	Suhu (°C)	Waktu <i>Rendering</i> (Menit)
1,210	1,000	0,826	0,915	1,000
1,160	0,985	0,875	0,953	0,982
1,110	0,958	0,988	0,977	0,979
1,060	0,960	1,000	1,000	0,952

3. Perhitungan Nilai Preferensi

Setelah matriks normalisasi diperoleh, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai preferensi. Nilai preferensi mencerminkan tingkat kesesuaian masing-masing konfigurasi terhadap seluruh kriteria. Pada tahap ini, setiap nilai normalisasi dikalikan dengan bobot kriteria yang bersangkutan, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai total dari tiap konfigurasi. Nilai preferensi inilah yang kemudian digunakan untuk menentukan peringkat akhir. Hasil perhitungan preferensi menggunakan persamaan 2 disajikan pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Hasil Perhitungan Nilai Preferensi

Konfigurasi	(Daya×0,40)	(Waktu×0,25)	(<i>Clockspeed</i> ×0,20)	(Suhu×0,15)	Total
1,210	0,330	0,250	0,200	0,137	0,918
1,160	0,350	0,246	0,197	0,143	0,935
1,110	0,395	0,245	0,192	0,147	0,978
1,060	0,400	0,238	0,192	0,150	0,980

4. Hasil Akhir

Berdasarkan hasil perhitungan nilai preferensi, nilai total yang akan digunakan untuk menentukan hasil yang optimal dilihat dari nilai preferensi yang paling tinggi, peringkat konfigurasi *undervolting* disajikan pada Tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 12. Peringkat Konfigurasi *Undervolting*

Peringkat	Konfigurasi	Nilai
1	1,060 V	0,980
2	1,110 V	0,978
3	1,160 V	0,935
4	1,210 V	0,918

Hasil perhitungan menggunakan metode SAW menunjukkan bahwa konfigurasi 1,060 V memperoleh nilai preferensi tertinggi, yaitu sebesar 0,980, sehingga menempati peringkat pertama sebagai konfigurasi paling optimal. Konfigurasi ini memberikan keseimbangan terbaik antara kinerja dan efisiensi, karena memiliki konsumsi daya dan suhu terendah dibandingkan konfigurasi lainnya, sementara *clockspeed* dan waktu rendering masih berada pada tingkat yang kompetitif. Konfigurasi 1,110 V berada pada peringkat kedua (0,978), diikuti oleh 1,160 V (0,935), yang masih menunjukkan keseimbangan antara kinerja dan waktu rendering namun dengan konsumsi daya dan suhu lebih tinggi. Konfigurasi 1,210 V menempati peringkat terakhir (0,918) karena memiliki konsumsi daya dan suhu tertinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penurunan tegangan hingga 1,060 V memberikan kombinasi paling optimal antara efisiensi daya, kestabilan termal, dan kinerja prosesor berdasarkan metode SAW.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, penerapan *undervolting* secara bertahap dari tegangan awal 1,260 V menunjukkan bahwa penurunan tegangan berbanding lurus dengan penurunan konsumsi daya dan suhu kerja prosesor. Penurunan tegangan hingga 1,060 V menghasilkan pengurangan suhu dari 96,7°C menjadi 85,8°C serta konsumsi daya rata-rata dari 23,11 W menjadi 18,41 W, yang mengindikasikan peningkatan efisiensi energi dan karakteristik termal sistem. Namun, penurunan tegangan juga memengaruhi karakteristik kinerja prosesor, di mana rata-rata *clockspeed* mengalami penurunan ringan dan fluktuasi frekuensi mulai meningkat pada konfigurasi *undervolting* yang lebih agresif. Kondisi ini tercermin pada waktu rendering yang cenderung sedikit meningkat pada konfigurasi 1,110 V dan terutama 1,060 V, meskipun suhu dan konsumsi daya berada pada tingkat yang lebih rendah. Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa dari sisi kestabilan dan kinerja murni, konfigurasi pada tegangan 1,110 V menunjukkan kinerja yang sedikit lebih baik dibandingkan konfigurasi 1,060 V, ditunjukkan oleh *clockspeed* yang lebih konsisten dan waktu rendering yang relatif lebih singkat. Pada konfigurasi 1,060 V, meskipun sistem masih berada dalam kondisi stabil, mulai terlihat adanya *trade-off* berupa penurunan frekuensi kerja dan peningkatan waktu rendering yang menandakan berkurangnya margin performa. Namun, berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW), konfigurasi 1,060 V tetap memperoleh nilai preferensi tertinggi. Hal ini disebabkan oleh pemberian bobot terbesar pada kriteria konsumsi daya, yaitu sebesar 0,40, sehingga parameter efisiensi energi memiliki pengaruh dominan dalam penentuan nilai akhir. Karena konfigurasi 1,060 V menghasilkan konsumsi daya terendah dibandingkan seluruh alternatif, nilai ternormalisasi dan hasil pembobotannya memberikan kontribusi paling besar terhadap skor total, meskipun harus dibayar dengan *trade-off* berupa kinerja yang sedikit lebih lambat dibandingkan konfigurasi 1,110 V. Dengan demikian, menurut pendekatan multi-kriteria SAW yang menekankan efisiensi daya, konfigurasi 1,060 V ditetapkan sebagai titik *undervolting* optimal, sedangkan konfigurasi 1,110 V dapat dipandang sebagai kompromi yang lebih seimbang antara kestabilan dan performa.

5. Daftar Pustaka

- [1] D. Suryadi, C. S. Octiva, T. I. Fajri, U. W. Nuryanto, and M. L. Hakim, "Optimasi Kinerja Sistem IoT Menggunakan Teknik Edge Computing," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 13, no. 2, pp. 1456–1461, Sep. 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i2.14102.
- [2] R. Nana, C. Taddonki, P. Dokladal, and Y. Mesri, "Energy Concerns with HPC Systems and Applications," Aug. 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2309.08615>

-
- [3] A. Andriboko, N. Meicsy E.I., and S. Brave A, “jm_elektro,+jurnal+Armansyah+080213013,” <https://doi.org/10.35793/jtek.v4i1.6738>, 2015, Accessed: Mar. 16, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/elekdankom/article/view/6738>
 - [4] N. Zahra Maharani, R. Z. Luthfi, R. Amri, and R. E. Ginting, “Analisis Strategi Peningkatan Daya Kerja Central Processing Unit (CPU) Dalam Proses Pengolahan Data,” 2023.
 - [5] M. Sulistiyono, M. V. Ariadi, R. S. Kharisma, and U. A. Saputro, “Performance analysis of amd ryzen 5 4600h mobile processor undervolting using AMD APU tuning utility on cinebench R23,” *Journal of Soft Computing Exploration*, vol. 5, no. 2, pp. 133–144, Jun. 2024, doi: 10.52465/joscecx.v5i2.369.
 - [6] Y. H. Chang, C. H. Chu, and H. W. Lin, “Improvement in Laptop Heat Dissipation with Taguchi Method,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 13, no. 5, Mar. 2024, doi: 10.3390/electronics13050882.