

Pengaruh Perubahan Memori Terhadap Kenaikan Suhu pada Modifikasi Raspberry-pi Menjadi Minikomputer

Danang Agisa P¹, Ana Arifah A², B. S. Rahayu Purwanti³

¹Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta

Email: danang.pratama.08@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta²

Email: anaarifah23@gmail.com

³Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta³

Email: bernadeta.purwanti@outlook.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan bagian dari rancangbangun sistem kontrol PID pada putaran *fan* (kipas). Fungsi *fan* menyebarkan panas ke seluruh ruang minikomputer *rasberry-pi*, agar suhu di bagian dalamnya relatif rendah. Panas juga diserap oleh modul pendingin *heat sink*, yang terkoneksi ke *rasberry-pi*. *Set point* suhu sangat diperlukan untuk sistem kontrol PID pada putaran *fan*, agar suhu ruang minikomputer stabil. Hal tersebut penting, berkaitan dengan kemampuan minikomputer untuk merespon instruksi (performa). Kestabilan suhu menjadi acuan kinerja/performa minikomputer dan berkaitan dengan penggunaan memori. Respon minikomputer melambat (*not responding*) merespon instruksi saat beberapa program/aplikasi lainnya sedang aktif. Notifikasi *not responding*, komputer *hank* beriringan dengan kenaikan suhu prosesor akibat penggunaan beban memori (MB) besar. Fokus penelitian tahap awal rancangbangun kontrol PID pada suhu ruang prosesor ini menentukan batas suhu dan memori. Metodenya dengan membuktikan bahwa penambahan beban kerja prosesor minikomputer berpengaruh terhadap suhunya, Perubahan suhu ruang prosesor diukur, dianalisa hubungannya sesuai pertambahan penggunaan memori. Pengukuran suhu; program *rasberry-pi* dibandingkan dengan hasil deteksi sensor. Respon program *rasberry-pi* berupa data digital tegangan input sensor (volt) dikonversi menjadi suhu (°C). Hasil penelitian menunjukkan bertambahnya penggunaan memori berpengaruh linier terhadap kenaikan suhu. Kenaikan suhu di sekitar prosesor linier terhadap penggunaan memorinya. Rata-rata penggunaan memori (411.0 ± 93.8) MB, rata-rata suhu hasil deteksi sensor (58.2 ± 1.0) °C, program *rasberry-pi* (50.2 ± 1.2) °C. Penggunaan memori minikomputer *rasberry-pi* maksimal 665 MB, suhu maksimal 64 °C agar minikomputer tidak *hank*. Rekomendasi set point pada suhu (50 -64 °C) dengan perubahan memori < 98 MB untuk setiap kenaikan suhu 1 °C.

Kata Kunci

mikrokonputer, rashberry-pi, memori, suhu, performa

1. PENDAHULUAN

Berbagai metode telah diaplikasikan untuk meningkatkan kinerja *Personal Computer (PC)*, terutama kestabilan suhunya, Kestabilan suhu terkait dengan respon terhadap instruksi saat PC masih aktif berinteraksi dengan beberapa program/aplikasi lainnya. Pengalaman keseharian para pengguna PC, performa komputer dapat diindikasikan dari responnya terhadap instruksi. Respon komputer terhadap suatu instruksi juga dipengaruhi oleh besarnya memori pada aplikasi/program yang sedang dijalankan. Pengguna PC juga mengklaim bahwa perubahan suhu bagian luar PC (*casing*) dipengaruhi oleh penggunaan jumlah memori prosesor. Suhu *casing* dipengaruhi oleh kenaikan suhu bagian dalam PC (ruang prosesor). Performa PC dapat dilihat dari waktu respon dari PC terhadap suatu instruksi yang diterima prosesor. Semakin besar *Random Access Memory (RAM)* sebuah PC, semakin mahal

harganya dan performasinya pun semakin stabil dan cepat waktu responnya. Terlepas keterkaitan harga dan performa, lebih menarik menelusuri hubungan performa dan perubahan suhu pada prosesor.

Dari beberapa riset sebelumnya telah diteliti hubungan suhu dan performa PC. Tujuan penelitiannya; untuk melihat pengaruh suhu terhadap penggunaan memori [1]. Peningkatan performa PC dengan mengurangi *clockspeed*, *overclock*, dan menggunakan *low memory* pada semua program/ aplikasi. Metode lainnya; mendinginkan PC [2] dengan menyebarkan panas dari mencegah kenaikan suhu pada komponen-komponen di dalamnya. Panas berasal dari operasional aplikasi/program di dalam prosesor, akibat bertambahnya penggunaan memori. Target pendinginan agar performa/kinerja prosesor yang lebih baik (*over clocking*). Metode lain dengan mengurangi polusi suara yang disebabkan oleh kipas (*fan*) sebagai pendingin. Salah satu metodenya dengan menaikkan tegangan pada *core processor* agar suhu stabil.

Hasil penelitian menunjukkan *stresing test* pada processor, tetapi tidak menunjukkan kegagalan sistem. Panas yang dihasilkan oleh *memory/chipset* yang melewati batas mengakibatkan sistem tidak stabil, kegagalan pada sistem.

Peningkatan kinerja komputer [3] dengan metode menstabilkan temperatur perlu memilah perangkat keras (*hardware*), sistem mekanik harus didukung oleh perangkat lunak (*software*) yang sesuai. Sistem kontrol temperature pada komputer perlu integrasi spesifik antara *software* dan *hardware*. Integrasi keduanya mempengaruhi peningkatan kinerja komputer untuk menstabilkan temperatur. Sistem kontrol PID mengkondisikan suhu pada range (45-50°C). Perancangan sistem kontrolnya perlu penegasan *set point* suhu dan nilai-nilai konstanta (PI, PD, dan PID). Konstanta-konstanta tersebut diperoleh dengan formula/model matematika dari bentuk fisik dan sesuai hasil pengukuran/deteksi sensor. Penentuan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kuantitatif) [4] yang dideteksi oleh suatu instrumen, dikenal sebagai pengukuran. Suatu proses yang mengaitkan angka empirik (obyektif) pada sifat-sifat obyek sesuai kejadian nyatanya. Hasil pengukuran perlu dikalibrasi untuk memastikan kebenaran (validitas). Salah satu metode kalibrasi, membandingkan hasil pengukuran pada sistem terhadap alat ukur yang terstandar.

Kestabilan satu unit komputer diupayakan dengan pengaturan/kontrol kecepatan putar *fan*. Secara umum fungsi putaran *fan* sebagai pendingin, harus sesuai perubahan suhu prosesor. Hal ini memberikan ilustrasi bahwa setiap PC harus dilengkapi *fan* untuk menyebarkan panas ke *casing* PC. Prosesor sebagai pusat instruksi sebuah computer, juga mengatur suatu sistem penampil [5] dengan layanan *web*. Tampilan data, kurva/grafik di *web* mendapat instruksi dari sebuah PC (*server/client*). Modul mikrokontroler *rasberry-pi* telah diaplikasikan [6] sebagai prosesor untuk penampil dan pusat pengatur (instruksi) halaman *web*. Sistem ini mengintegrasikan dua mikrokontroler sebagai *master* dan *slave*. *Web* (internet) sebagai media pengontrol peralatan jarak jauh yang terhubung ke modul *slave*. Informasi dari modul *slave* berupa suhu, nomor peralatan atau hal lain yang ditargetkan tampil di *web* [7].

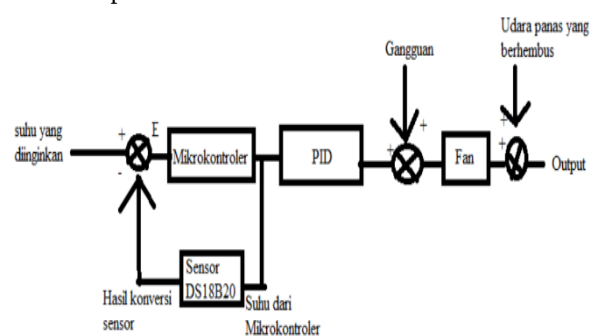
Sitem kontrol kecepatan *fan* menggunakan sistem *Proportional Integral Derivatif* (PID) menentukan kepresisian suatu sistem. Karakteristik sistem PID dibuatnya umpan balik sebagai pembanding hasil deteksi sensor. Komponen kontroler PID terdiri dari tiga jenis

yaitu *Proportional*, *Integratif* dan *Derivatif*. Ketiganya jenis kontroler dapat bersamaan, atau gabungan dua jenis, terpisah tergantung respon yang diperlukan suatu *plant* [8].

Instruksi kontrol *Node-Red* sebagai salah satu bahasa pemrograman berbasis *Graphical User Interface* (GUI). Pengguna GUI mengklaim pemrogramannya “*user friendly*”. *Node-Red*, [0] sebuah *tool* berbasis *browser* untuk membuat aplikasi *Internet of Things* (IoT), Lingkup pemrograman visualnya sebagai “*flow*” dan setiap *varian node* dalam *Node-Red* fungsinya berbeda/tersendiri. *Node-Red* juga dilengkapi *node* kontrol PID (*Proportional Integral Derivatif*). Program PID tidak perlu dibuat, *user* cukup menentukan konstanta PID dan diinput ke *node* kontrol. Selain itu, *Node-Red* juga difasilitasi *node-node* komunikasi web berbasis IoT yang memanfaatkan *cloud*. Platform *cloud* terintegrasi ke *middleware* yang menerapkan bentuk komunikasi antara perangkat IO dan *user*. Aplikasinya, menerapkan penalaran data logis dengan IoT untuk memperoleh informasi lebih kompleks. Perangkat IoT mampu menguraikan hasil pengukuran suatu objek, misalnya data hasil dteksi sensor dilengkapi informasi/tindakan semantic kepada pengguna.

2. METODOLOGI

Solusi atas permasalahan kenaikan suhu akibat penggunaan memori (beban kerja) pada PC dan mengukur perubahan suhunya. Objek uji prerforma PC memanfaatkan mikrokontroler *rasberry-pi* yang dimodifikasi menjadi minikomputer.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Layaknya PC, port-port *rasberry-pi* dilengkapi dengan koneksi ke monitor, modul sesnsor, internet (*web*), dan modul-modul pendukung lainnya. Realisasi alat/sistem dilaksanakan bertahap, sesuai Blok Diagram Sistem (Gambar 1). Cakupan penelitian ini hanya membandingkan hasil pengukuran suhu (program dalam *rasberry-pi*) dan sensor.

2.1 Modifikasi Raspberry-pi

Raspberry-pi telah dilengkapi *Integrated Circuit* (IC) *Broadcom BCM2837*, dan *System on Chip* (SoC). Kecepatan prosesor 1,2 GHz 64-bit *quad-core ARM Cortex-A53* dan 512 KB L2 *cache*, serta 1 GB *Random Access Memory* (RAM). Sarana komunikasi pada Raspberry-pi; *Wireless Fidelity* (Wi-Fi), *Local Area Network* (LAN), *Universal Serial Bus* (USB), *High Definition Multimedia Interface* (HDMI). Keunggulan *rasberry-pi*; pin lebih lengkap dan harga lebih murah jika dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya. Fasilitas dan performa *rasberry-pi* memadai untuk dimodifikasi menjadi mini-komputer. Hal yang perlu diingat adalah belum tersedianya *fan* sebagai pendingin prosesor. Modifikasi *rasberry-pi* memerlukan *Operating System* (OS) dari varian *Linux* dan *Windows 10 IoT core*. OS disimpan dalam *Secure Digital* (SD) *Card*, yang berfungsi sebagai penyimpanan data seperti *Harddisk*.

2.1.1 Sistem Pendingin pada Komputer

Sistem pendingin idealnya mengontrol kecepatan *fan* agar suhu prosesor stabil pada set point yang telah ditentukan. Komponen-komponen yang diperlukan untuk pendingin *Rashberry Pi* antara lain sensor suhu, *thermal paste*, *heatsink* dan *fan* 5 Volt. Sensor suhu (DS18B20) dipasang pada bagian atas dari prosesor *rasberry-pi*, komponen penyerap panas/ pendingin *thermal paste*, *heat sink*, dan *fan* (5 Volt). Range spesifikasi pengukuran sensor DS18B20 (-55°C sampai 125± 0.5 °C, dengan tegangan 5 Volt. Output sensor berupa tegangan dengan data digital (9–12 bits), sinyalnya diinputkan ke minikomputer *rasberry-pi*. Sensor suhu DS18B20 mendeteksi tegangan 0-5 Volt dan dikonversi ke suhu -55°C s/d 125 °C dengan toleransi error ± 0.5 °C, dan output sensor berbentuk data digital (9-12 bits).

2.1.2 Komponen dan Konstanta PID

Modul pendingin belum diuji pada penelitian kali ini, tetapi sudah disiapkan untuk uji pada riset selanjutnya. Kecepatan putar *fan* menyesuaikan perubahan suhu pada prosesor. Semakin besar suhu prosesor maka *fan* berputar semakin cepat, begitupun sebaliknya. Pengaturan kecepatan *fan* pada set point tertentu memerlukan besaran konstanta-konstanta PID. Penentuan konstanta-konstanta menyesuaikan jenis input/output, spesifikasi sensor & aktuatur. Penentuan konstanta ini dapat menggunakan metode *trial and error* untuk memodelkannya. Model matematika dari data pengukuran dianalisa dengan metode statistik atau melalui aplikasi simulasi GUI (*Matlab*). Data hasil analisis inilah yang menjadi model matematika untuk menentukan konstanta-konstanta PID.

2.2 Pengukuran Respon Suhu-Memori

Umumnya hasil deteksi/pengukuran dua instrument berbeda, perlu diputuskan nilai tunggal/intervalnya. Selisih/perbedaan hasil kedua instrument merupakan hal yang wajar, tetapi perlu ditelusuri penyebabnya. Pemilihan nilai *setpoint* ini menarik diteliti untuk mencapai target penelitian modifikasi *rasberry-pi*. Modifikasinya dengan penambahan modul untuk meningkatkan performa minikomputer *rasberry-pi*. Minikomputer harus dilengkapi *fan* untuk menyebar udara panas saat *Operating System* (OS) diaktifkan untuk merespon berbagai program/aplikasi.

Konsekuensi alih fungsi mikrokontroler *rasberry-pi* menjadi minikomputer berkaitan dengan perubahan suhu dan kestabilan sistemnya setelah pembebanan. Kestabilan suhu pada komputer dikondisikan oleh putaran *fan* cepat/lambat perputarannya *fan* sesuai target. Putaran motor penggerak *fan* diatur/dikontrol sesuai perubahan/kenaikan suhu pada obyek yang diukur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan telusur pustaka, suhu adalah hal penting memodifikasi *rasberry-pi* menjadi mini-komputer. Penelitian awal ini menargetkan validitas hasil deteksi sensor DS18B20 yang terkoneksi ke *rasberry-pi*. Metode penelitiannya dengan membandingkan selisih pengukuran sensor (modul eksternal) dan hasil deteksi mikrokontroler *rasberry-pi*. Memori *rasberry-pi* memungkinkan menyimpan instruksi/program pengukuran suhu di prosesor.

3.1. Instruksi/Koneksi Raspberry-pi dan Sensor

Instruksi dibuat dalam aplikasi program *Node-Red*, bagian dari *Node.js* dan ditulis dalam bahasa *Java*. Beberapa instruksi yang terintegrasi diperlukan untuk perekaman data perubahan suhu pada prosesor *rasberry-pi* akibat penambahan beban pada memori. Bertambahnya program/aplikasi yang diaktifkan dalam PC meningkatkan penggunaan memori dan mempengaruhi performanya. Komparasi dua hasil pengukuran dari dua instrumentasi telah diklaim sebagai salah satu metode kalibrasi.

Sinyal output sensor diinput ke minikomputer *rasberry-pi* pada pin 7 (*one wire*) dan menjadi pemicu/pengatur putaran *fan*. Bagian positif *fan* dihubungkan ke sumber tegangan 5 volt, sedangkan bagian negatifnya dihubungkan ke ground melalui transistor PNP A1015. Fungsi transistor, layaknya kran untuk mengatur debit

air yang keluar/masuk. Kaki *common* transistor terhubung ke sumber tegangan 5 volt, kaki *emitter transistor* dihubungkan ke *ground*. Kaki *base* dihubungkan pada *port* digital output raspberry dengan output sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)*.

Penentuan *set point* suhu ($^{\circ}\text{C}$) untuk pre-proses sistem kontrol konvensional PID pada putaran fan. Nilai *set point* suhu dapat menjadi acuan pada rancangbangun sistem control putaran fan dalam mini-komputer *rasberry-pi*.

Perubahan suhu *rasberry pi* riil dan ditampilkan gerakan indikatornya sesuai instruksi dengan Node-Red. Program Node-Red untuk mengaktifkan indikator pada sistem kontrol suhu. Instalasi dan penambahan komponen-komponen harus ekstra hati-hati mengingat *rasberry-pi* dan *casing* berdimensi kecil. Penempatan sensor dan *heatsink* harus diperhatikan untukantisipasi hasil konversi data tidak akurat.

3.2. Redesain Raspberry-pi

Walaupun dimensi mikroprosesor *rasberry-pi* kecil tetapi dapat dimodifikasi menjadi sebuah PC. Hal tersebut karena raspberry-pi dilengkapi *port-port* koneksi dengan komponen/modul lain. *Port-port* mikrokontroler, kelengkapan pin-pin *rasberry-pi* sangat memungkinkan dimodifikasi menjadi monikomputer. *Rasberry-pi* terkoneksi ke modul pendingin (*heat sink*) dan *fan* (penyebar panas). Koneksi tersebut memungkinkan mikrokontroler mengontrol kecepatan *fan* agar suhu prosesor stabil. Kestabilan suhu ini penting, untuk mengetahui performa prosesor minikomputer *rasberry-pi*. Performa dimaksud, perubahan suhu prosesor untuk merespon instruksi bersamaan, penggunaan memori besar layaknya sebagai komputer.

3.3. Pengukuran Perubahan Memori-Suhu

Sebelum keseluruhan model terinstal, perlu uji koneksi antara modul-modul ke raspberry-pi (multi fungsi). Selain sebagai pusat pemroses data, penginstruksi, perekam data, juga menjadi pusat control/pengatur keseluruhan sistem.

Modifikasi didesain untuk melengkapi kekurangan pada raspberry-pi, tidak tersedianya kipas penyebar udara panas dan media penyimpanan. Oleh karena itu dibuatlah suatu sistem pendingin di dalam ruang prosesor. Minimalisasi beban program pada memori, dan dipasang *rasberry-pi micro-sd card* untuk media penyimpanan data.



Gambar 2. Koneksi Heat Sink ke Raspberry-pi



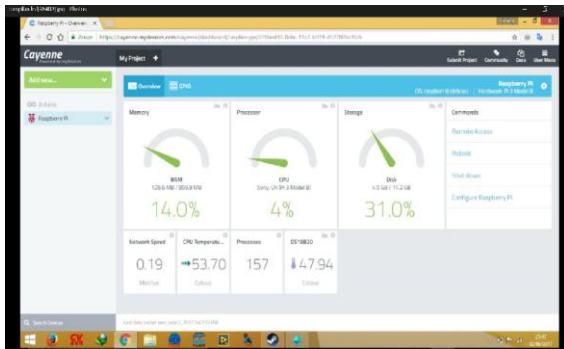
Gambar 3. Desain Minikomputer dari Modifikasi Raspberry-Pi

Hasil deteksi sensor (DS18B20) telah terkonversi menjadi suhu sebagai data input diperoleh dari output tegangan sensor. Mikrokontroler juga mengkonversi suhu *rasberry-pi* menjadi sinyal output *high/low* (1/0). Sinyal digital 1/0 untuk *mentrigur* pengaturan cepat/lambat kecepatan putar *fan*. Putaran *fan* maksimal jika terhubung ke sinyal tegangan *high*, dan minimal terhubung ke sinyal tegangan *low*. Putaran motor tanpa pemicu/pengatur putaran merupakan pemborosan sumber daya.

3.4. Uji Fungsi Penampil Data

Setelah modul-modul terkoneksi ke *rasberry-pi* perlu diuji penampil untuk rekam data pengukuran suhu. Suhu yang ditampilkan dari hasil deteksi sensor dan pengukuran dengan program pada *rasberry-pi*. Monitor sebagai penampil rekam data (Gambar 4) berbentuk

angka, indikator sesuai kebutuhan/tujuan. Penampil rekam data ini dapat diubah/dikreasi sesuai inovasi pemrogramannya, kebutuhan penampilannya. Perubahan suhu pada sensor dan raspberry pi dapat dimonitor dengan aplikasi berbasis *web* maupun *android* (difasilitasi *MyDevice*). Indikator (%) pemakaian memori prosesor, storage berbentuk setengah lingkaran. Indikator juga dilengkapi angka penunjuk sesuai perubahan penggunaan per item penampilnya. Modifikasi *rasberry-pi* menjadi minikomputer ini juga mampu menampilkan data hasil pengukuran dan kecepatan penggunaan jaringan (*Network Sped*). Data hasil pengukuran yang ditampilkan adalah penggunaan memori sesuai perubahan suhu yang dideteksi. Kelengkapan data ditampilkan dan terintegrasi ke *web* melalui jaringan *Internet of Things (IoT)*. Hal ini sangat diperlukan untuk penelitian lanjut terkait dengan informasi pada sistem pengukuran suhu/kecepatan.



Gambar 4. Tampilan Rekam Data di Monitor

3.5. Pengukuran Suhu

Minikomputer *rasberry-pi* diuji kinerjanya terhadap penambahan penggunaan memori prosesor. Variasi beban kerja (MB), untuk mengetahui performa minikomputer diukur perubahan suhunya. Pengukuran suhu dan penggunaan memori; (Tabel 1) dengan program dalam *rasberry-pi*, dan (Tabel 2) hasil deteksi sensor.

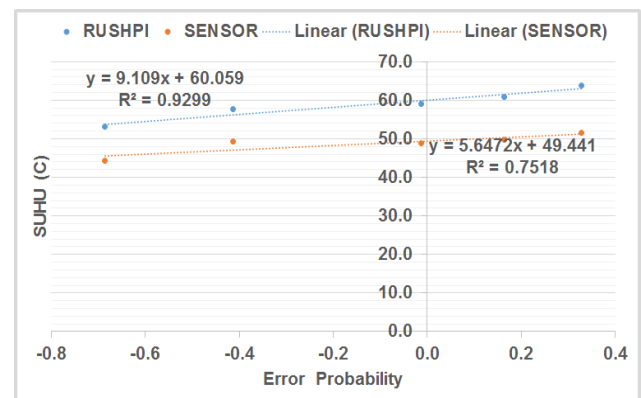
Tabel 1 dan Tabel 2, untuk pengukuran selama 5 menit dengan penggunaan memori 655.7 MB tidak terdeteksi. Sementara persen error beban kerja keseluruhan mencapai 0.6 % dengan rata-rata suhu yang terukur adalah 57.2 °C. Batas suhu terukur 57.2 °C dengan beban memorynya 655.7 MB, lebih dari ketentuan ini fungsi pengukuran *error*. Rata-rata error adalah nol pada kedua pengukuran, artinya data berada pada probabilitas Normal. Penyebaran data telah sesuai dengan teori sampel suatu percobaan.

Tabel 1. Pengukuran Suhu Menggunakan Program

Memori (MB)	Er-ror	Suhu Prosesor (°C)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1 129.4	-0.7	44.0	44.3		44.3		44.2
2 241.1	-0.4	48.9	49.0		49.3		49.3
3 405.9	0.0	48.2	48.7		49.1		48.9
4 478.3	0.2	49.4	49.5		49.8		49.7
5 545.8	0.3	53.0	49.8		51.5		51.6
6 665.7	0.6	50.5	57.7		58.3		57.2
Rata-rata	0.0	9.0	49.9		50.4		50.2
Gap-per	1.3	9.0	5.4		7.2		7.3
Gap unit	0.2	1.5	0.9		1.2		1.2

Tabel 2. Pengukuran Suhu dengan Sensor DS18B20

Memori (MB)	Er-ror	Suhu Prosesor (°C)					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1 129.4	-0.7	52.6	52.6		53.2		53.2
2 241.1	-0.4	56.9	58.0		58.5		57.8
3 405.9	0.0	57.5	58.5		60.7		59.1
4 478.3	0.2	60.1	60.1		61.2		60.9
5 545.8	0.3	68.8	61.2		65.5		63.8
6 665.7	0.6	64.0	63.4		63.4		63.0
Rata-rata	0.0	60.0	59.0		60.4		59.6
Gap-per	1.3	16.2	10.7		12.3		10.6
Gap unit	0.2	2.7	1.8		2.1		1.8



Gambar 5. Hasil Pengukuran Suhu Menggunakan Dua Instrumen Berbeda

Berdasarkan data yang telah diperoleh (Gambar 5), perubahan suhu (°C) berbanding lurus dengan banyaknya beban kerja (MB). Perbedaan hasil pengukuran pada kedua instrument tidak signifikan. *Trend* grafik menunjukkan bahwa semakin besar persen probabilitas *error*-nya semakin jauh perbedaan/gap kedua pengukuran.

3.1. Penambahan Memory-Kenaikan Suhu

Secara teori, dua variabel hasil pengukuran dapat diperoleh hubungannya dengan analisa regresi (Gambar 5). Secara umum hubungan antara hasil pengukuran penggunaan memori dan perubahan suhu (Tabel 3). Sesuai rangkuman hasil pengukuran terlihat bahwa penggunaan memori sebesar (411.0 ± 93.8) MB rata-rata suhu pada prosesornya adalah: diukur dengan sensor $(58.2 \pm 1.0) ^\circ\text{C}$ dan oleh program *rasberry-pi* $(50.2 \pm 1.2) ^\circ\text{C}$. Selisih pengukuran kedua metode pengukuran kemungkinan delay transmisi data ke *rasberry-pi*.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Pengukuran Memori-Suhu

Pengukuran	Meory (MB)	Sensor $^\circ\text{C}$	Program $^\circ\text{C}$
Min	129.4	53.2	57.2
Max	665.7	63.8	44.2
Rata2	411.0	59.6	50.2
Gap Max-min	563.3	6.2	7.0
Gap rata-rata	93.8	1.0	1.2

5. KESIMPULAN

Kenaikan suhu pada minikomputer dari modifikasi *rasberry-pi* berbanding linier terhadap perubahan beban. Semakin banyak memori prosesor yang diaktifkan semakin tinggi suhu prosesornya. Kenaikan suhu pada prosesor (program pada *rasberry-pi*) berimbang pada panasnya casing (dengan sensor) telah terukur dan terbukti, bukan sekedar opini. Setiap penggunaan memori pada *rasberry-pi* 94 MB suhu naik sebesar $1.1 ^\circ\text{C}$. Rekomendasi penelitian berikutnya menggunakan *set point* suhu maksimal pada range $(49 ^\circ\text{C}- 60 ^\circ\text{C})$ agar performa/kinerja minikomputer stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada PNJ yang telah memfasilitas sarana/prasara penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Armansyah Andriboko, Meicsy E.I. Najooan, Brave A. Sugiarso. "Peningkatan Kinerja Komputer dengan Kestabilan Temperatur Terkendali Berbasis Mikrokontroler". *E-journal Teknik Elektro dan Komputer* (2015) hal 55-63, ISSN: 2301-8402. 2015.
- [2] Irfan, Imran Rahman. "Analisis Pengaruh Overclocking Pada Processor Terhadap Kinerja Sistem Dedy". *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*. Vol. 8 No. 1, hal 98-93, Maret 2015 ISSN: 2086-4981. 2015.
- [3] Zaini Latif, Arif Wahjudi, Bambang Sudarmanta. "Rancang Bangun Sistem Pengukuran pada Alat Kalibrasi Sensor Gas Oksigen (O₂)". *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 1, No. 2, (2014) ISSN: 2301-9271. 2014.
- [4] N. M. Z. Hashim, A. F. Jaafar, Z. Zakaria, A. Salleh, R. A. Hamzah. "Smart Casing for Desktop Personal Computer". *International Journal of Engineering and Computer Science (IJECS)* Volume 2 Issue 8 August, 2013. ISSN: 2319-7242 Page No. 2337-2342. 2013.
- [5] Waluyo, Fitriansyah Aditya, Syahrial. "Analisis Penelaan Kontrol PID pada Simula Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban Menggunakan Metode Heuristik". *Jurnal Teknik Elektro ITENAS* Vol. 1 No.2 ISSN : 2338-8323. 2013.
- [6] Prabowo Ignatius Prima Haryo, Nugroho Saptadi, Utomo Darmawan. "Penggunaan *Rashberry Pi* sebagai Web Server pada Rumah untuk Sistem Pengendali Lampu Jarak Jauh dan Pemantauan Suhu". Vol. 13 No. 1. 2014.
- [7] Ignatius Prima Haryo Prabowo, Saptadi Nugroho, Darmawan Utomo. "Penggunaan *Rashberry Pi* Sebagai Web Server Pada Rumah Untuk Sistem Pengendali Lampu Jarak Jauh Dan Pemantauan Suhu". *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika* Vol. 13 No. 1 April 2014, hal 111-124. 2014.
- [8] Nurcahyo Wijatsongko, Agfianto Eko Putra, Bambang Nurcahyo Prastowo. 2015. Sistem Pemantauan Ruangan Dengan Server *Rashberry Pi* Egrit. *IJEIS*, Vol.5, No.1, April 2015, pp. 65~76 ISSN: 2088-3714.

- [9] Luca Mainetti, Luigi Manco, Luigi Patrono, and Roberto Vergallo. 2016. A Cloud Architecture for Managing IoT-aware Applications According to Knowledge

Processing Rules. Journal of Communications Software And Systems, Vol. 12, No. 1, March 2016, p 45-52.