

THE IMPLEMENTATION OF INTERNET OF THINGS USING TEST BED IN THE UKMNET ENVIRONMENT

MOHD ZAKI IBRAHIM
ROSILAH HASSAN

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is one of the most important components for the 4.0 industrial revolution. In order to implement IoT within an organization or environment, it requires deep research to ensure that will works properly. Among today's problems of computing is the need for high power consumption and considerable space and equipment usage. Therefore, a small-sized technology and requires only low power to operate is necessary. A study has been conducted to study the implementation of Internet of Things within the UKM network environment known as UKMNet. In order to make this research more realistic, a test bed is developed using an Arduino Uno board as the IoT Hardware. Then a scenario is created by connecting this Arduino Uno board to four sensors to measure temperature, current and voltage. After that, the reading value will be sent to the Arduino Uno board to calculate the amount of power used in watts so that these values are stored to the database server. To test the performance of the connection between the Arduino board and the server, the iPerf software is use. The metrics on performance tests are data rates, jitter and loss of data packets. As a result of this study, we found that Arduino Uno is suitable for use as the IoT hardware for this scenario. Performance tests for Arduino board that are connected to UKMNet meet the requirements for the implementation of IoT where the data transmission rate is between 3.483 Mbps up to 3.563 Mbps. The jitter value for this connection is also lower than 1.80 milliseconds to 1.85 milliseconds while the packet loss rate recorded is 0% to 0.59% for 10 seconds of data transmission. In conclusion, IoT by using Arduino Uno as an IoT hardware is suitable to implement in the UKMNet environment.

Keywords: Network, Arduino Uno, iPerf software.

IMPLEMENTASI INTERNET BENDA DENGAN KAEDAH TAPAK UJI DI DALAM PERSEKITARAN UKMNET

ABSTRAK

Internet Benda merupakan salah satu daripada komponen yang penting di dalam revolusi industri 4.0. Bagi mengimplementasi Internet Benda di dalam sesebuah organisasi atau persekitaran, ia memerlukan kajian dan penelitian yang mendalam untuk memastikan ianya dapat berfungsi dengan baik. Di antara permasalahan kepada pengkomputeran pada masa kini adalah keperluan terhadap penggunaan kuasa yang tinggi serta penggunaan ruang dan perkakasan yang agak besar. Oleh itu, satu teknologi yang bersaiz kecil dan hanya memerlukan kuasa yang rendah untuk beroperasi adalah perlu. Satu kajian telah di jalankan untuk mengkaji perlaksanaan Internet Benda di dalam persekitaran rangkaian UKM yang dikenali sebagai UKMNet. Demi menjayakan kajian ini, satu tapak uji di bangunan dengan menggunakan sebuah papan Arduino Uno sebagai perkakasan Internet Benda. Kemudian satu senario diwujudkan dengan menyambungkan papan Arduino Uno ini kepada empat pengesan di mana pengesan ini akan membaca nilai suhu, arus dan voltan yang melalui satu kabel elektrik. Setelah itu, nilai bacaan kepada parameter ini dihantar kepada papan Arduino Uno untuk mengira jumlah kuasa yang digunakan seterusnya nilai-nilai ini disimpan kepada pangkalan data pelayan. Bagi menguji prestasi sambungan di antara papan Arduino dan pelayan tersebut, perisian iPerf di gunakan. Metrik kepada pengujian prestasi yang dijalankan adalah kadar penghantaran data, ketaran (*jitter*) dan kehilangan paket data. Hasil kajian ini mendapati Arduino Uno sesuai

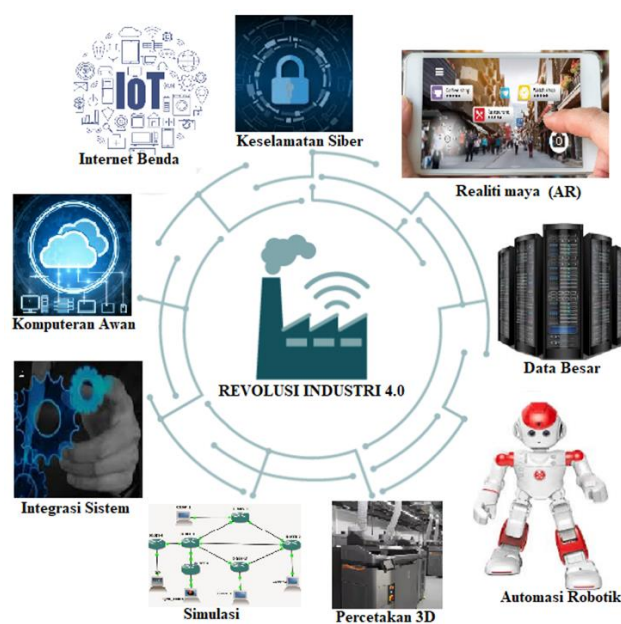
digunakan sebagai perkakasan Internet Benda untuk senario ini. Pengujian prestasi bagi papan Arduino yang disambungkan kepada UKMNet memenuhi keperluan untuk pelaksanaan Internet Benda di mana kadar penghantaran data adalah di antara 3.483 Mbps sehingga 3.563 Mbps. Nilai ketaran (jitter) bagi sambungan ini juga adalah rendah iaitu antara 1.80 milisaat hingga 1.85 milisaat manakala kadar kehilangan paket yang direkodkan pula adalah di bawah 1% iaitu 0% sehingga 0.59% untuk penghantaran data selama 10 saat. Kesimpulannya, Internet Benda dengan menggunakan Arduino Uno sebagai perkakasan Internet Benda sesuai dilaksanakan di dalam persekitaran UKMNet.

Kata Kunci: Rangkaian, Arduino Uno, perisian iPerf

PENGENALAN

Internet Benda merangkumi objek yang berlainan dengan keupayaan yang berbeza, yang mempunyai cara berkomunikasi yang sama untuk membolehkan pemindahan maklumat, yang mana maklumat ini difahami oleh dua atau lebih objek untuk membuat suatu proses lebih cekap dan ia selalunya akan meminimumkan penglibatan manusia dan interaksi. Contoh-contoh objek tersebut adalah pengesan atau peranti-peranti elektronik seperti komputer, telefon pintar, televisyen, mesin dan robot (Bude et. al, 2015). Inovasi dalam pembuatan pengesan dan peralatan elektronik yang kecil telah mendorong kepada penggunaan Internet Benda selain daripada faktor kos peranti yang kecil yang menjadi lebih murah dan mudah diperolehi oleh sesiapa sahaja. Selain itu, kadar penggunaan internet diseluruh dunia juga telah menyumbang kepada peningkatan penggunaan peranti-peranti Internet Benda diseluruh dunia (Nordin, 2016).

Revolusi Industri 4.0 (4IR) membawa kepada perubahan paradigma dalam ekonomi, kehidupan sosial, kesihatan, pendidikan, gaya hidup, pekerjaan dan pembangunan kemahiran (Kamaruzaman et al. 2019). Satu daripada beberapa komponen utama di dalam Revolusi Industri 4.0 yang sedang hangat diperkatakan dunia pada hari ini adalah Internet Benda. Menurut Klaus Schwab di dalam bukunya yang bertajuk *The Fourth Industrial Revolution* (Schwab, 2017). Beliau menjelaskan bahawa Revolusi Industri 4.0 ini di pacu oleh tiga domain utama iaitu fizikal, digital dan biologi yang ditunjangi oleh sembilan tonggak utama iaitu Internet Benda, simulasi komputer, realiti maya, integrasi sistem, keselamatan siber, komputeran awan, pembuatan, percetakan tiga dimensi dan automasi robotik. Rajah 1 menunjukkan tonggak utama dalam Revolusi Industri 4.0.



RAJAH 1. Tonggak utama Revolusi Industri 4.0

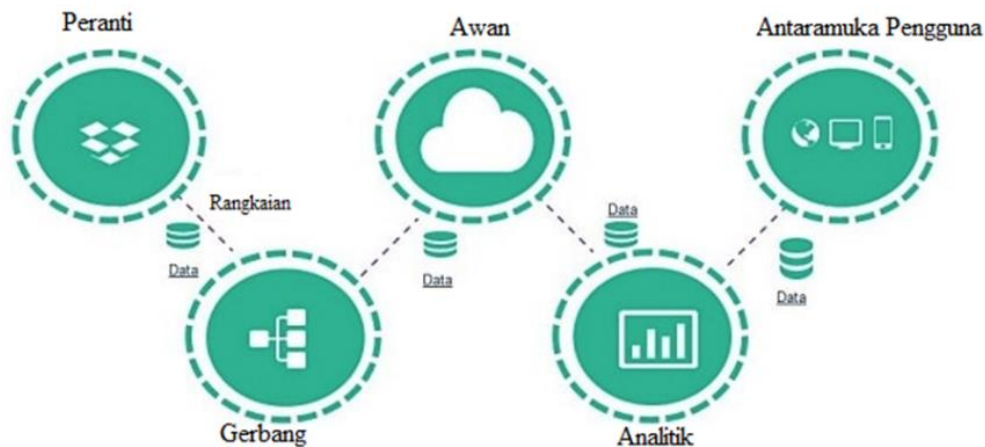
Internet Benda adalah suatu paradigma yang sedang bertapak di dalam bidang Sains Komputer. Terma Internet Benda telah digunakan sejak tahun 1999 oleh peneraju teknologi British iaitu Kevin Ashton (Ashton, 2009) di dalam menerangkan sesuatu objek fizikal boleh dihubungkan ke Internet yang melibatkan banyak penggunaan pengesan. Beliau telah menggunakan tag Identifikasi Frekuensi Radio (RFID) untuk mengesan dan mengira kuantiti sesuatu barang tanpa melibatkan interaksi manusia (Rose, Eldridge & Chapin, 2015). Menurut Rafique et al. (2016), RFID adalah sistem pengenalan automatik yang dapat mengenalpasti objek melalui gelombang radio dalam rangkaiannya tanpa sebarang gangguan. RFID juga menggunakan frekuensi radio untuk mengenal pasti objek sasaran dan mengumpulkan maklumat yang relevan seperti identiti, status dan lokasi. RFID terdiri daripada tiga komponen iaitu tag, pembaca dan antenna (Kalyoncu, 2013). Setiap tag tunggal mempunyai kod elektronik, menandakan objek sasaran untuk pengenalanpastian. Pembaca pula terdapat dalam dua bentuk iaitu set mobil atau tetap di mana pembaca digunakan untuk membaca maklumat pada tag manakala antenna pula bertugas sebagai penghantar isyarat frekuensi radio antara tag dan pembaca.

KOMPONEN INTERNET BENDA

Komponen merupakan penggerak kepada sesebuah sistem. Menurut Miraz et. al (2018), Internet Benda terdiri daripada lima (5) komponen utama iaitu pengesan, nod, penerima, penggerak dan peranti (Miraz et. al, 2018).

1. Pengesan: Digunakan untuk mengumpul dan mengalihkan data.
2. Pengkomputeran Nod: Pemproses data dan maklumat, yang diterima daripada pengesan.
3. Penerima: Memudahkan pengumpulan mesej yang dihantar oleh nod pengkomputeran atau peranti lain yang berkaitan.
4. Penggerak: Bertindak berdasarkan keputusan yang diambil oleh nod pengkomputeran, memproses maklumat yang diterima daripada pengesan dan atau dari Internet, kemudian menggerakkan peranti yang berkaitan untuk melaksanakan fungsi.
5. Peranti: Melaksanakan tugas yang diperlukan.

Menurut Rajiv (2018), Internet Benda adalah proses transformasi untuk menghubungkan peranti pintar dan objek ke rangkaian untuk melaksanakan tugas tertentu dengan cekap dan ianya boleh dicapai daripada jarak jauh. Kenyataan ini disokong oleh Hassan et al. (2019), di mana Internet Benda telah menjadi konsep pintar untuk Internet, kerana semua objek di sekeliling kita boleh disambungkan ke Internet dan mempunyai keupayaan untuk bertukar maklumat, menyusun data dan bekerja dengan cekap. Walaupun bagaimanapun, rangkaian Internet ini terdedah kepada beberapa serangan yang menyebabkan kesan langsung yang teruk kepada rangkaian, seperti sabotaj, memecahkan rangkaian dan mencuri maklumat (Abdulnabi et al., 2018). Komponen utama Internet Benda adalah peranti atau pengesan, awan, antaramuka pengguna, gerbang dan analitik. Rajah 2 menunjukkan komponen utama Internet Benda menurut Rajiv.



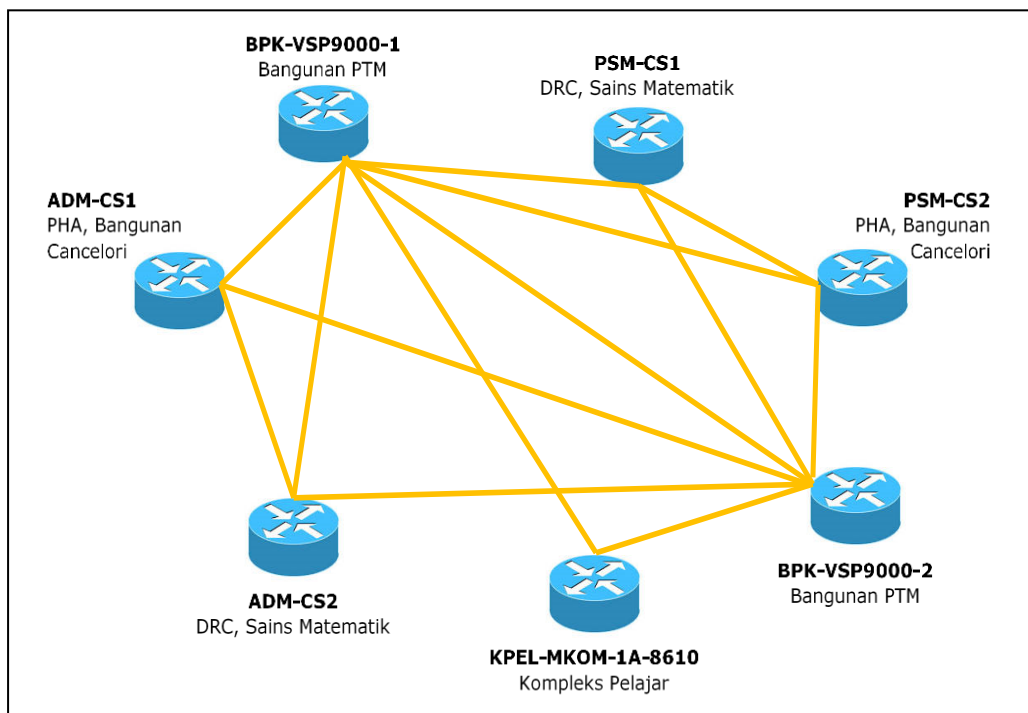
RAJAH 2. Komponen Internet Benda, Diadaptasi dari Rajiv, 2018

1. Peranti atau pengesanan: Peranti atau pengesanan adalah komponen di dalam lapisan sambungan peranti. Peranti pengesanan yang biasanya digunakan adalah pengesanan suhu, pengesanan tekanan, pengesanan kelembapan, pengesanan intensiti cahaya dan pengesanan jarak.
2. Gerbang: Gerbang Internet Benda mengurus lalu lintas data dua hala antara rangkaian dan protokol yang berbeza.
3. Awan: Awan untuk Internet Benda menawarkan perkhidmatan sedia ada untuk mengumpul, memproses, mengurus dan menyimpan sejumlah besar data dalam masa nyata. Pengkomputeran awan pula sebagai platform yang dinamik yang menyediakan infrastruktur siber, akses kepada perisian dan perkakasan, dan akses mudah ke perkhidmatan dan aplikasi (Kayali et al., 2016).
4. Analitik: Analitik adalah proses menukarkan data analog dari berbilion peranti pintar dan pengesanan ke dalam bentuk yang berguna yang boleh ditafsirkan dan digunakan untuk analisis terperinci.
5. Antara muka Pengguna: Antara muka pengguna adalah bahagian yang nyata dari sistem Internet Benda yang boleh dilihat oleh pengguna. Pereka perlu memastikan antara muka pengguna yang direka dengan baik untuk usaha minimum untuk pengguna dan menggalakkan lebih banyak interaksi.

RANGKAIAN UKMNET

Kajian ini dijalankan bagi mengkaji kesesuaian terhadap pelaksanaan Internet Benda di dalam persekitaran UKMNet kerana UKMNet mempunyai penyambungan rangkaian yang unik. Sebagai permulaan, penyelidik menggunakan pengesanan untuk mengukur arus dan voltan yang dihubungkan kepada tapak uji Internet Benda seterusnya mengukur prestasi rangkaian untuk sambungan alat ini kepada UKMNet. Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) merupakan sebuah universiti penyelidikan yang terkenal di Malaysia. Keseluruhan kampus termasuk fakulti, pejabat pentadbiran dan kolej-kolej kediaman di dalam UKM dihubungkan dengan rangkaian komunikasi yang dikenali sebagai rangkaian UKMNet. Ianya melibatkan penyambungan kabel fiber optik yang dihubungkan dengan menggunakan suis-suis daripada model AVAYA atau kini dikenali sebagai *Extreme Networks* sebagai nadi utama UKMNet. Suis-suis ini dibahagikan kepada beberapa kategori iaitu suis utama, suis pengagihan dan suis capaian dan jumlah suis-suis yang terhubung di dalam UKMNet adalah melebihi 573 unit (Abdullah, 2016). Rangkaian tanpa wayar pula menghubungkan lebih 1500 titik capaian (*access point*). Kesemua titik capaian ini dikawal oleh dua buah pengawal yang terletak di bilik

komunikasi, Pusat Teknologi Maklumat (PTM), UKM. Rajah 3 menunjukkan topologi rangkaian tulang belakang UKMNet yang melibatkan sambungan ke beberapa lokasi di dalam kampus UKM Bangi.



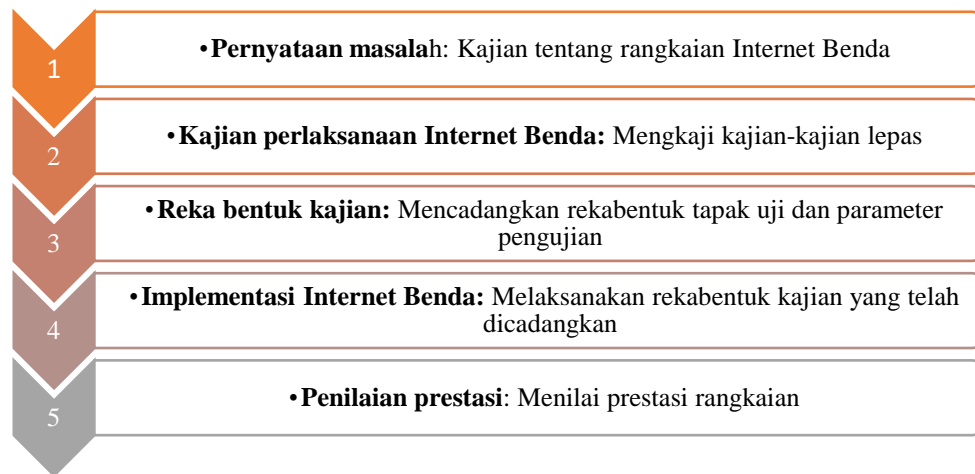
RAJAH 3. Rangkaian UKMNET. Diadaptasi dari Abdullah, 2016

Bagi memastikan kajian ini berjalan dengan jayanya, kajian tentang perkakasan Internet Benda juga telah dibuat dengan mendalam. Sememangnya terdapat beratus-ratus malahan mungkin beribu pengeluar di dunia yang mengeluarkan perkakasan Internet Benda. Maka memilih salah satu perkakasan Internet Benda yang sesuai digunakan di dalam persekitaran UKMNet juga dibuat dengan teliti kerana ianya pasti memberi impak dan hasil yang berbeza. Hasil daripada kajian ini, kami memilih untuk menggunakan Arduino Uno sebagai komponen Internet Benda ini. Ini kerana harganya yang murah, popular, mudah didapati dan terdapat banyak sumber kod arahan yang dikongsi oleh peminat-peminat Internet Benda di dalam jaringan Internet. Pengesan pengubah arus juga dipilih untuk kajian ini juga di atas sebab-sebab yang sama. Kajian mengenai metrik prestasi dan perisian yang sesuai juga dilaksanakan. Hasilnya, perisian iPerf dipilih kerana ia mudah untuk dilarikan pada papan Arduino dan ianya menepati metrik prestasi yang ingin diukur iaitu kadar penghantaran data, ketaran dan kadar kehilangan paket.

KAEDAH PENYELIDIKAN

Fasa pertama di dalam metodologi kajian ini adalah pernyataan masalah iaitu penyelidik perlu memahami masalah terlebih dahulu dengan mencari asas-asas di dalam bidang berkaitan. Dalam fasa kedua, penyelidik menjalankan kajian literatur untuk memahami dengan mendalam tentang Internet Benda. Pada fasa ini, penyelidik mengkaji kajian-kajian berkaitan yang telah dijalankan. Hasilnya, satu cadangan reka bentuk kepada kajian ini dibangunkan sebagai satu daripada proses di dalam fasa ketiga. Fasa keempat pula menyaksikan bagaimana implementasi dijalankan. Di dalam proses ini juga ditunjukkan bagaimana suatu implementasi dilaksanakan. Akhirnya di dalam fasa kelima pula, penilaian prestasi dinilai. Rajah 4 menunjukkan

metodologi penyelidikan yang digunakan bagi kajian ini supaya gambaran yang jelas dapat diperoleh. Proses ini diterangkan dengan lebih jelas di dalam sub topik berikutnya.



RAJAH 4. Fasa metodologi penyelidikan

PERNYATAAN MASALAH

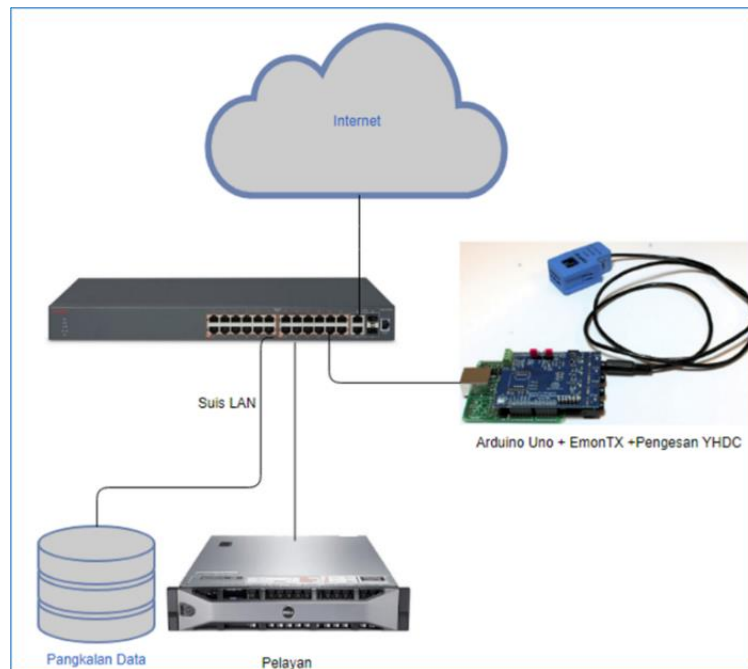
Langkah pertama di dalam proses ini iaitu pernyataan masalah. Di dalam langkah pertama ini, penyelidik mencari kefahaman tentang rangkaian Internet Benda dengan cara mendapatkan sebanyak mungkin artikel-artikel, tesis, akhbar, bacaan daripada internet, majalah dan sumber-sumber yang berkaitan dengan rangkaian Internet Benda. Melalui langkah ini, penyelidik dapat memahami secara mendalam tentang rangkaian Internet Benda.

KAJIAN PERLAKSANAAN INTERNET BENDA

Langkah kedua adalah mengkaji bagaimana pelaksanaan sesuatu Internet Benda dilaksanakan. Di dalam langkah kedua ini, artikel-artikel dan tesis-tesis yang berkaitan dengan pelaksanaan Internet Benda dicari dan difahami. Beberapa kajian lepas tentang Internet Benda juga telah direkodkan. Proses ini memudahkan kefahaman dan mencari kaedah yang terbaik untuk kajian ini.

REKA BENTUK KAJIAN

Langkah ketiga iaitu cadangan reka bentuk. Di dalam langkah ketiga, suatu reka bentuk cadangan dibangunkan untuk membina tapak uji bagi kajian Internet Benda yang diletakkan di dalam persekitaran UKMNet. Rajah 5 menunjukkan reka bentuk sambungan bagi tapak uji yang dibangunkan.



RAJAH 5. Reka bentuk tapak uji yang dibangunkan

Tapak uji yang menggunakan papan Arduino Uno sebagai platform Internet Benda yang dihubungkan dengan pengesan YHDC. Platform Internet benda ini seterusnya disambungkan kepada rangkaian UKMNet iaitu sebuah pelayan digunakan untuk berfungsi sebagai media antara muka untuk penyimpanan data kepada pangkalan data SQL Server. Data ini diterima daripada papan Arduino Uno yang menerima maklumat arus, suhu dan voltan daripada pengesan YHDC.

IMPLEMENTASI INTERNET BENDA

Langkah keempat adalah implementasi Internet Benda dengan menggunakan perkakasan dan perisian yang telah di reka bentuk di dalam langkah ketiga. Bagi kajian ini, kami menggunakan papan Arduino Uno, pengesan arus, suhu dan voltan serta beberapa peralatan elektik yang lain yang berfungsi sebagai beban kepada penggunaan elektrik. Bagi implementasi kepada kajian ini, pengujian dijalankan dengan menggunakan perkakasan dan perisian seperti berikut:

1. Perkakasan Internet Benda: Papan Arduino UNO, EmonTX, Ethernet Shield dan Pengesan YHDC.
2. Perkakasan Rangkaian: Suis rangkaian di dalam UKMNet.
3. Perisian: iPerf, SQL Server, Arduino IDE.
4. Perkakasan lain: Papan ELCB, Kabel Elektrik, Kabel UTP Cat6, RJ45, tapak asas, soket 3 pin, plug 3-pin dan kabel USB.

Arduino Uno adalah papan pengawal mikro berdasarkan ATmega328 yang disambungkan dengan pengesan YHDC model SCT-013-000 menggunakan EmonTX. EmonTX Arduino Shield SMT adalah peranti sambungan Arduino berasaskan sumber terbuka yang menjadi antara muka yang menghubungkan papan Arduino Uno dengan peranti pengesan YHDC, untuk mengukur suhu, voltan dan arus yang melalui kabel elektrik. Di dalam kajian ini, Arduino IDE digunakan sebagai platform untuk memudahkan proses mengaturlcara perkakasan ini.

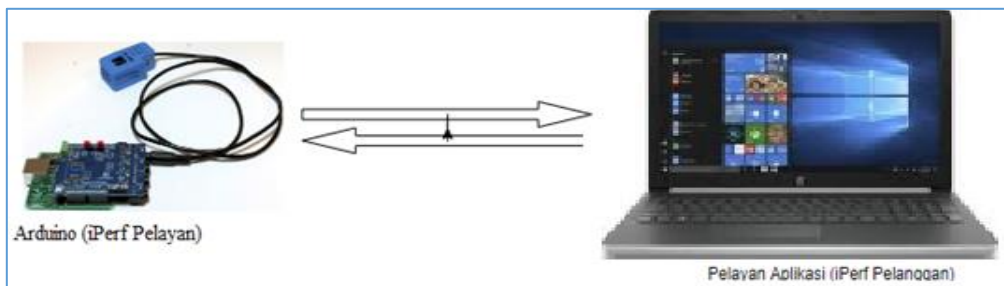
Sebuah pangkalan data telah diwujudkan untuk menyimpan data yang diterima daripada pengesan YHDC dan papan Arduino. Pangkalan data ini telah dibina dengan

menggunakan perisian pangkalan data SQL Server yang telah sedia ada dan telah dihubungkan dengan rangkaian UKMNet.

PENILAIAN PRESTASI

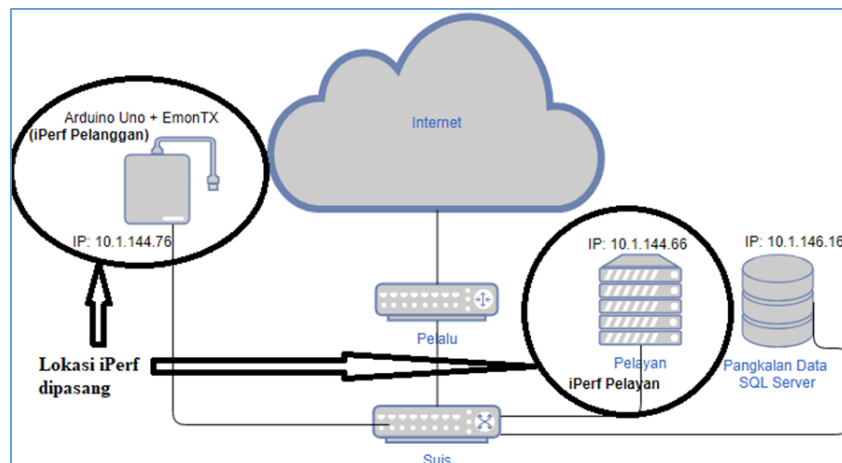
Perlaksanaan tapak uji Internet Benda ini dinilai berdasarkan metrik penilaian yang telah dicadangkan. Penilaian ini dibuat dengan menggunakan perisian iPerf versi terkini bagi Windows 10 iaitu iPerf3.13 untuk mendapatkan nilai bacaan bagi metrik prestasi yang telah ditetapkan. Di antara metrik prestasinya adalah kadar penghantaran data (*throughput*), ketaran (*jitter*) dan kadar kehilangan paket.

Di dalam kes kajian ini, kami menggunakan sebuah komputer riba untuk tujuan pengujian prestasi. iPerf dipasang pada komputer riba ini dan tetapan kepada papan Arduino dilaksanakan dengan menjadikan papan Arduino Uno sebagai pelayan iPerf. Rajah 6 menggambarkan tetapan sebagai pelanggan dan pelayan yang dikonfigurasi untuk tujuan pengujian prestasi bagi kajian ini.



RAJAH 6. Tetapan pelayan dan pelanggan iPerf

Perisian iPerf dipasang pada papan Arduino Uno dan pelayan untuk melaksanakan ujian prestasi. Rajah 7 menunjukkan tetapan konfigurasi yang ditetapkan di dalam pengujian kajian ini.



RAJAH 7. Tetapan konfigurasi IP pelanggan dan pelayan

ANALISIS DAN PERBINCANGAN

Tapak ujian ini telah dilarikan sepanjang bulan Januari 2019 untuk memperoleh keputusan daripada pengesanan YHDC yang telah dipasang pada tapak uji yang diletakkan di bahagian Pusat Data, Pusat Teknologi Maklumat, UKM. Pengesanan YHDC ini ditetapkan untuk menghantar data kepada pelayan setiap 15 saat. Oleh itu, bacaan yang direkodkan ke dalam

pangkalan data merupakan purata bacaan untuk setiap hari. Jadual 1 menunjukkan hasil keputusan bagi nilai bacaan arus di dalam ampere bagi empat pengesan yang diletakkan di tapak uji.

JADUAL 1. Jadual keputusan bacaan arus

Bil	Tarikh	IP Sumber	ID Pengesan (Bacaan Arus dalam Amp)			
			5225	5250	5275	5300
1	03/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.01	0.04	0.64
2	04/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.01	1.03	0.64
3	05/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.01	0.04	0.64
4	06/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.12	0.2	0.15	0.64
5	07/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	0.09	0.64
6	08/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.26	0.87	0.63
7	09/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.11	0.27	1.11	0.64
8	10/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.28	0.27	0.04	0.64
9	11/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.2	0.27	1.16	0.59
10	12/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.11	0.27	0.03	0.64
11	13/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.25	0.28	0.05	0.64
12	14/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	0.05	0.64
13	15/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	1.4	0.51
14	16/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.12	0.26	1.19	0.64
15	17/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.14	0.27	0.92	0.41
16	18/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	0.76	0.51
17	19/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	0.54	0.57
18	20/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.28	0.06	0.56
19	21/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.12	0.28	0.04	0.53
20	22/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.12	0.28	0.04	0.59
21	23/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.35	0.27	1.38	0.54
22	24/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.36	0.27	0.8	0.56
23	25/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	0.03	0.54
24	26/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.39	0.27	0.68	0.57
25	27/01/201900:00:01	10.1.144.76	0.12	0.28	0.04	0.56
26	28/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.28	0.04	0.6
27	29/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.2	0.27	1.03	0.55
28	30/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	1.02	0.54
29	31/01/201900:00:00	10.1.144.76	0.12	0.27	0.35	0.59

Jadual 2 menunjukkan hasil keputusan bagi nilai bacaan voltan di dalam volt bagi empat pengesan yang diletakkan di tapak uji.

JADUAL 2. Jadual keputusan bacaan voltan

Bil	Tarikh	IP Sumber	ID Pengesan (Bacaan Voltan dalam Volt)			
			5225	5250	5275	5300
1	03/01/201900:00:00	10.1.144.76	235	234	234	234
2	04/01/201900:00:00	10.1.144.76	234	234	234	233
3	05/01/201900:00:00	10.1.144.76	235	234	234	234
4	06/01/201900:00:01	10.1.144.76	234	234	234	234

bersambung..

..sambungan

5	07/01/201900:00:00	10.1.144.76	235	235	235	234
6	08/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	232
7	09/01/201900:00:01	10.1.144.76	234	234	234	233
8	10/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	232	232	232
9	11/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	232
10	12/01/201900:00:01	10.1.144.76	232	232	232	232
11	13/01/201900:00:00	10.1.144.76	234	234	234	234
12	14/01/201900:00:00	10.1.144.76	235	235	234	234
13	15/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	233
14	16/01/201900:00:01	10.1.144.76	233	234	233	233
15	17/01/201900:00:01	10.1.144.76	233	233	233	233
16	18/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	233
17	19/01/201900:00:00	10.1.144.76	234	233	233	233
18	20/01/201900:00:00	10.1.144.76	234	234	234	234
19	21/01/201900:00:01	10.1.144.76	235	235	235	234
20	22/01/201900:00:01	10.1.144.76	234	234	234	233
21	23/01/201900:00:00	10.1.144.76	232	232	232	231
22	24/01/201900:00:00	10.1.144.76	234	234	234	234
23	25/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	233
24	26/01/201900:00:01	10.1.144.76	234	233	233	233
25	27/01/201900:00:01	10.1.144.76	235	235	235	235
26	28/01/201900:00:00	10.1.144.76	234	235	234	234
27	29/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	233
28	30/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	233
29	31/01/201900:00:00	10.1.144.76	233	233	233	233

Jadual 3 menunjukkan hasil keputusan bagi nilai bacaan suhu di dalam darjah celsius bagi empat pengesan yang diletakkan di tapak uji.

JADUAL 3. Jadual keputusan bacaan suhu

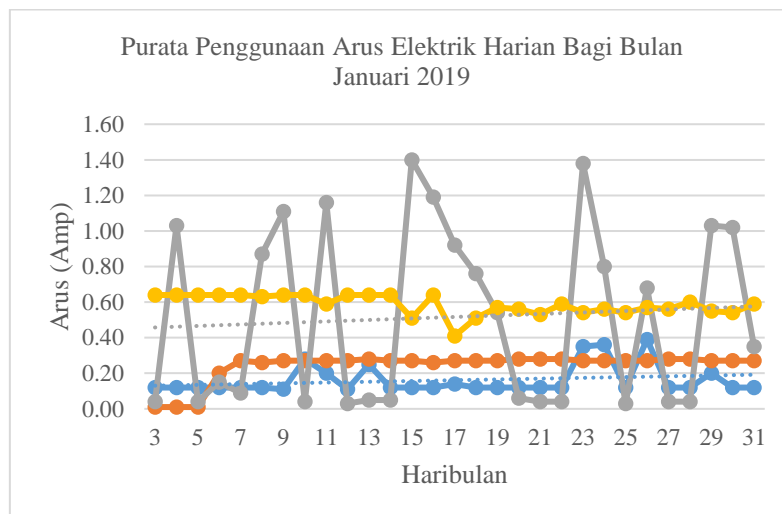
Bil	Tarikh	IP Sumber	ID Pengesan (Bacaan suhu dalam darjah celsius)			
			5225	5250	5275	5300
1	03/01/201900:00:00	10.1.144.76	29.66	29.66	29.66	29.66
2	04/01/201900:00:00	10.1.144.76	29.31	29.31	29.31	29.31
3	05/01/201900:00:00	10.1.144.76	29.35	29.35	29.35	29.35
4	06/01/201900:00:01	10.1.144.76	29.15	29.15	29.15	29.15
5	07/01/201900:00:00	10.1.144.76	29.35	29.35	29.35	29.35
6	08/01/201900:00:00	10.1.144.76	30.87	30.87	30.87	30.87
7	09/01/201900:00:01	10.1.144.76	32.73	32.73	32.73	32.73
8	10/01/201900:00:00	10.1.144.76	32.59	32.59	32.59	32.59
9	11/01/201900:00:00	10.1.144.76	32.36	32.36	32.36	32.36
10	12/01/201900:00:01	10.1.144.76	29.11	29.11	29.11	29.11
11	13/01/201900:00:00	10.1.144.76	30.21	30.21	30.21	30.21
12	14/01/201900:00:00	10.1.144.76	29.82	29.82	29.82	29.82
13	15/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.77	28.77	28.77	28.77

bersambung..

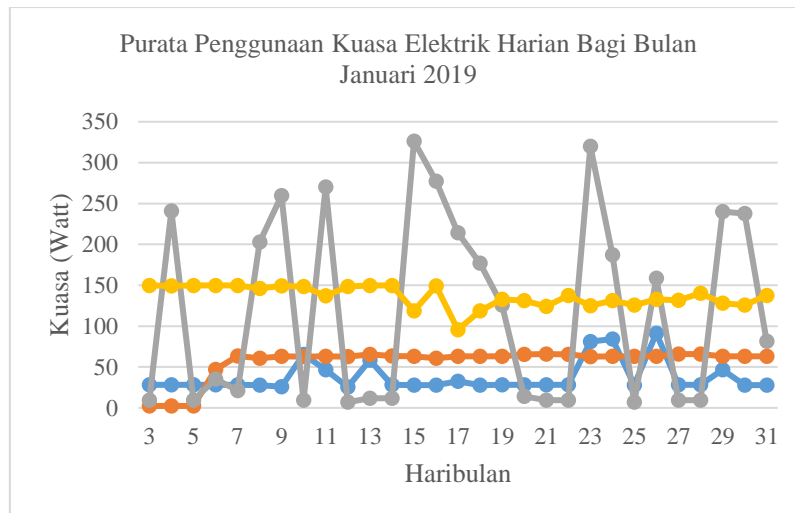
..sambungan

14	16/01/201900:00:01	10.1.144.76	28.82	28.82	28.82	28.82
15	17/01/201900:00:01	10.1.144.76	28.28	28.28	28.28	28.28
16	18/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.25	28.25	28.25	28.25
17	19/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.43	28.43	28.43	28.43
18	20/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.19	28.19	28.19	28.19
19	21/01/201900:00:01	10.1.144.76	28.8	28.8	28.8	28.8
20	22/01/201900:00:01	10.1.144.76	28.56	28.56	28.56	28.56
21	23/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.64	28.64	28.64	28.64
22	24/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.77	28.77	28.77	28.77
23	25/01/201900:00:00	10.1.144.76	28.03	28.03	28.03	28.03
24	26/01/201900:00:01	10.1.144.76	27.48	27.48	27.48	27.48
25	27/01/201900:00:01	10.1.144.76	26.94	26.94	26.94	26.94
26	28/01/201900:00:00	10.1.144.76	27.06	27.06	27.06	27.06
27	29/01/201900:00:00	10.1.144.76	27.77	27.77	27.77	27.77
28	30/01/201900:00:00	10.1.144.76	27.44	27.44	27.44	27.44
29	31/01/201900:00:00	10.1.144.76	27.42	27.42	27.42	27.42

Hasil daripada keputusan yang diperolehi, satu graf dibina bagi setiap keputusan yang direkodkan. Purata penggunaan arus elektrik bagi bulan Januari 2019 ditunjukkan di dalam Rajah 8 hingga Rajah 10 menunjukkan purata penggunaan arus elektrik, voltan elektrik dan suhu bagi bulan Januari 2019.



RAJAH 8. Purata Penggunaan Arus Elektrik Bagi Bulan Januari 2019



RAJAH 11. Purata Penggunaan Kuasa Elektrik Bagi Bulan Januari 2019

KADAR PENGHANTARAN DATA

Kadar penghantaran data diukur untuk menguji kadar penghantaran data daripada papan Arduino dan komputer di dalam rangkaian yang sama. Bagi memastikan kesahihan dan ketepatan hasil keputusan, pengujian dilakukan sebanyak beberapa kali dan kajian ini menyenaraikan tiga hasil pengujian yang telah dilaksanakan. Jadual 4 menunjukkan parameter yang digunakan untuk pengujian ini.

JADUAL 4. Parameter pengujian

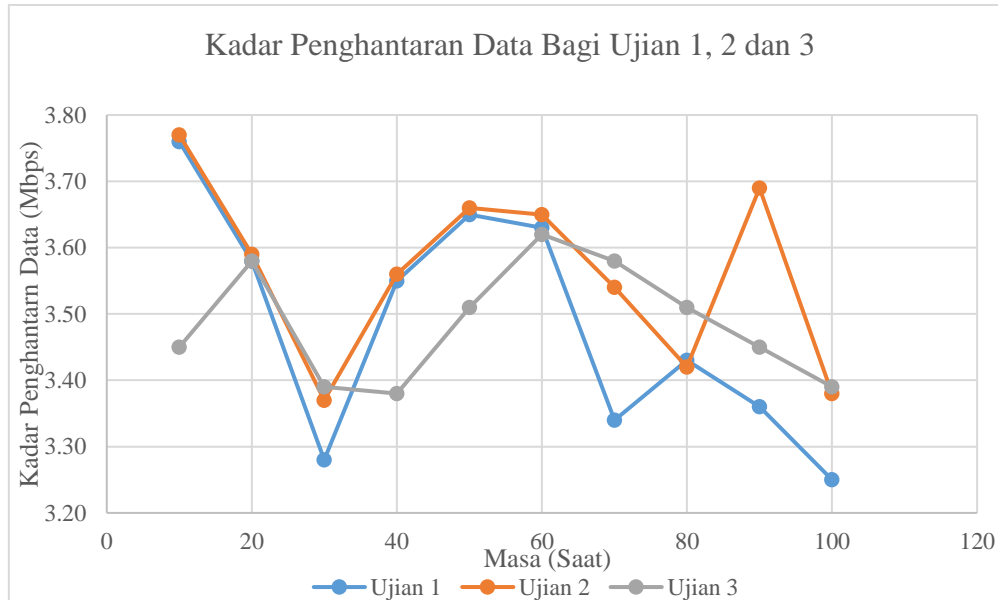
Parameter	Nilai
Saiz Paket	300KB
Masa Pengujian	100 saat
Matrik Prestasi	Kadar Penghantaran Data
Trafik	TCP dan UDP

Jadual 5 menunjukkan tiga hasil ujian yang telah direkodkan daripada pengujian yang telah dijalankan.

JADUAL 5. Keputusan ujian

Masa (saat)	Kadar Data (Mbps)		
	Ujian 1	Ujian 2	Ujian 3
10	3.76	3.77	3.45
20	3.58	3.59	3.58
30	3.28	3.37	3.39
40	3.55	3.56	3.38
50	3.65	3.66	3.51
60	3.63	3.65	3.62
70	3.34	3.54	3.58
80	3.43	3.42	3.51
90	3.36	3.69	3.45
100	3.25	3.38	3.39
Purata	3.483	3.563	3.486

Hasil daripada jadual yang telah dibina, beberapa graf telah diplotkan untuk memudahkan pemahaman dan memberi gambaran yang lebih jelas tentang prestasi kadar penghantaran data. Rajah 12 menunjukkan tiga graf yang telah diplotkan untuk ujian metrik prestasi bagi kadar penghantaran data.



RAJAH 12. Graf Keputusan ujian 1, 2 dan 3

Berdasarkan jadual dan graf yang telah diplotkan, didapati secara puratanya, kadar penghantaran data bagi papan Arduino ini adalah antara 3.483 Mbps hingga 3.563 Mbps. Kadar data ini sudah mencukupi untuk penghantaran data yang kecil kerana Internet benda hanya melibatkan penghantaran data yang kecil.

KETARAN

Ketaran (Jitter) adalah ruang masa di antara satu paket data dengan paket data yang lain. Ketaran pada dasarnya adalah sejenis kelewatan dan tidak bergantung pada ketaran. Ianya boleh mempunyai masa tindak balas yang tinggi dan ketaran yang sangat rendah. Berikut adalah senarai parameter yang digunakan untuk pengujian ini. Parameter yang sama juga digunakan untuk pengujian kehilangan paket data kerana ianya menggunakan arahan yang sama. Jadual 6 menunjukkan parameter pengujian yang digunakan untuk pengujian prestasi bagi ketaran dan kehilangan paket.

JADUAL 6. Parameter ujian

Parameter	Nilai
Saiz Paket	1470 B
Masa Pengujian	10 saat
Matrik Prestasi	Ketaran
Trafik	UDP

Daripada hasil pengujian prestasi yang telah dilaksanakan, maka satu jadual keputusan seperti di Jadual 7 telah direkodkan.

JADUAL 7. Nilai ketaran

Masa (saat)	Jalur lebar (Mbps)	Ketaran (ms)
0.0-1.0	3.84	1.83
1.0-2.0	3.94	1.85
2.0-3.0	3.98	1.80
3.0-4.0	4.00	1.83
4.0-5.0	3.98	1.85
5.0-6.0	4.00	1.81
6.0-7.0	3.87	1.80
7.0-8.0	4.00	1.83
8.0-9.0	4.00	1.84
9.0-10.0	4.00	1.80

Berdasarkan kepada keputusan pengujian yang ketaran yang telah dibuat, di dapati bahawa ketaran yang dihasilkan adalah antara 1.80 milisaat sehingga 1.85 milisaat. Nilai ini adalah kecil dan tidak memberi berbezaan yang ketara kerana penghantaran data bagi sesebuah alat Internet benda hanya melibatkan paket data yang kecil.

KEHILANGAN PAKET

Untuk memastikan kualiti pautan yang baik, kehilangan paket tidak boleh melebihi 1%. Kadar kehilangan paket yang tinggi menghasilkan banyak penghantaran semula segmen TCP yang menjejaskan jalur lebar. Jadual 8 merekodkan jumlah paket yang dihantar dan jumlah paket yang hilang untuk mengetahui kadar kehilangan paket data.

JADUAL 8. Peratus kehilangan paket data

Masa (saat)	Jalur lebar (Mbps)	Bil paket hilang	Jumlah paket dihantar	Peratus kehilangan paket
0.0-1.0	3.84	0	837	0.00%
1.0-2.0	3.94	5	850	0.59%
2.0-3.0	3.98	2	851	0.24%
3.0-4.0	4.00	0	850	0.00%
4.0-5.0	3.98	1	850	0.12%
5.0-6.0	4.00	0	851	0.00%
6.0-7.0	3.87	1	755	0.13%
7.0-8.0	4.00	0	850	0.00%
8.0-9.0	4.00	0	850	0.00%
9.0-10.0	4.00	0	851	0.00%

Berdasarkan kepada Jadual 8, peratus kehilangan paket data amatlah kecil iaitu kurang daripada 1%. Purata kehilangan paket yang diperoleh adalah di antara 0% hingga 0.59%.

KESIMPULAN

Sebagai penemuan daripada beberapa ujian dan kajian yang telah dijalankan, penyelidik mendapati bahawa papan Arduino Uno sesuai digunakan sebagai perkakasan Internet Benda dalam persekitaran UKMNet. Berdasarkan penelitian terhadap hasil pengujian prestasi papan Arduino Uno di dalam persekitaran UKMNet, penyelidik mendapati prestasi kadar penghantaran data adalah rendah namun ianya sesuai dengan matlamat dan kegunaan Internet

Benda yang hanya bertujuan untuk penghantaran blok-blok data yang kecil. Pengujian prestasi terhadap perkakasan ini mendapati nilai kadar penghantaran data daripada papan Arduino kepada pelayan adalah di antara 3.483 Mps dan 3.563 Mbps. Ujian ketaran (jitter) pula adalah di antara 1.80 milisaat dan 1.85 milisaat manakala kadar kehilangan paket pula adalah di antara 0% dan 0.59% bagi penghantaran satu blok data selama 10 saat. Kesimpulannya, Internet Benda dengan menggunakan Arduino Uno sebagai perkakasan Internet Benda sesuai dilaksanakan di dalam persekitaran UKMNet.

Kajian ini juga dijangka akan memberi impak kepada universiti kerana ianya akan membantu dan menjadi pemangkin di dalam pembangunan Internet Benda di UKM. Hasil daripada kajian ini, ia akan mewujudkan kerangka yang sesuai untuk pengujian prestasi Internet Benda dan membantu dalam mewujudkan satu senario untuk pengujian prestasi Internet Benda. Ianya juga diharap dapat menjadi sumber rujukan kepada organisasi lain yang ingin melaksanakan Internet Benda di dalam persekitaran kerja masing-masing.

PENGHARGAAN

Kami ingin mengiktirafkan penghargaan kepada sokongan yang diberikan oleh UKM melalui geran projek penyelidikan: DIP-2018-040.

RUJUKAN

- Abdullah, M. A. & Othman, N. E. 2016. IPv6 transition mechanism on UKMNet network environment. *Journal of Computer Science*, 12(11):545–552.
- Abdulnabi, M. M., Hassan, R., Othman, N. E. & Ya`Acob, A. 2018. A Fuzzy-Based Buffer Split Algorithm For Buffer Attack Detection In Internet of Things. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96(17): 5625-5634.
- Ashton, K. 2009. That 'Internet of Things' thing. *RFID Journal*, 22(7): 97-114.
- Bude, C., Kervefors, A., Bude, C. & Kervefors, A. 2015. Internet of Things Internet of Things Exploring and Securing a Future Concept Industrial adviser. *Degree Project in Communication Systems*, First Level Stockholm, Sweden. pp. 19–28.
- Hassan, R., Nori, S. S., Othman, N. E. & Inn, A. 2019. The Improvement of the Protection for 6LoWPAN in IoT through Non-Causal Hash Function Scheme. In *IEEE ECTI-CON 2018- 15th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, pp. 600-603.
- Kalyoncu, S. 2013. Wireless Solutions and Authentication Mechanisms for Contiki Based Internet of Things Networks. Master's Thesis. School of Information Science, Computer and Electrical Engineering Halmstad University, Sweden.
- Kamaruzaman, F. M., Hamid, R., Mutalib, A. A. & Rasul, M. S. 2019. Conceptual framework for the Development of 4IR Skills For Engineering Graduates. *Global Journal of Engineering Education* 21(1): 54-61.
- Kayali, M. H., Safie, N. & Mukhtar, M. 2016. Literature Review of Cloud Based E-learning Adoption by Students: State of the Art and Direction for Future Work. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 160(1): 012087).
- Loukatos, D. & Papadimba, L. 2016. Arduino Uno. *Hellenic Conference on Innovating STEM Education [HiSTEM2016]* 328: 6–9.
- Miraz, M. H., Ali, M., Excell, P. S. & Picking, R. 2018. Internet of Nano-Things, things and everything: Future growth trends. *Future Internet* 10(8): 1–28. doi:10.3390/fi10080068
- Nordin, R. 2016. Internet Pelbagai Benda – Perkembangan Terkini dan Potensi di Malaysia 1–9. <https://www.majalabsains.com/internet-of-things-perkembangan-terkini-dan-potensi-di-malaysia/> [17 Mei, 2019].
- Rafique, M. Z., Ab Rahman, M. N., Saibani, N., Arsad, N. & Saadat, W. 2016. RFID Impacts On Barriers Affecting Lean Manufacturing. *Industrial Management and Data Systems* 116(8): 1585-1616.

- Ranjan, R., Rana, O., Nepal, S., Yousif, M. et al. 2018. The next grand challenges: Integrating the Internet of Things and data science. *IEEE Cloud Computing* 5(3): 12-26.
- Rose, K., Eldridge, S. & Chapin, L. 2015. The Internet of Things: An overview. *The Internet Society (ISOC)* 1-50.
- Schwab, K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, Crown Business New York, Published by Crown Publishing.

Mohd Zaki Ibrahim

Rosilah Hassan

Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat,
Universiti Kebangsaan Malaysia.

Bangi, Selangor, Malaysia.

zaki@ukm.edu.my, rosilah@ukm.edu.my

Received: 24 May 2019
Accepted: 15 July 2019
Published: 26 August 2019