

**ANALISA KUALITI PERKHIDMATAN PROTOKOL
PENSTRIMAN VIDEO DALAM PERSEKITARAN
RANGKAIAN TERTAKRIF PERISIAN**

MOHD ADIL BIN MAT TI @ MOKTI

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

**ANALISA KUALITI PERKHIDMATAN PROTOKOL PENSTRIMAN VIDEO
DALAM PERSEKITARAN RANGKAIAN TERTAKRIF PERISIAN**

MOHD ADIL BIN MAT TI @ MOKTI

**PROJEK YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA SAINS KOMPUTER
(TEKNOLOGI RANGKAIAN)**

**FAKULTI TEKNOLOGI DAN SAINS MAKLUMAT
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA**

2018

PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

23 Mac 2018

MOHD ADIL BIN MAT TI @ MOKTI
GP04686

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya, kajian ini telah berjaya disiapkan. Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih ditujukan kepada Dr. Khairul Azmi Bin Abu Bakar, selaku penyelia projek yang telah banyak membantu dan memberikan tunjuk ajar, perhatian, semangat dan nasihat di dalam menjalankan kajian ini. Tidak lupa juga kepada pihak pengurusan Pusat Kembangan Pendidikan (PKP) dan Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat (FTSM), Universiti Kebangsaan Malaysia atas bantuan dan sokongan yang telah diberikan. Jutaan kalungan kasih kepada keluarga tercinta yang tidak jemu memberikan semangat dan sokongan fizikal serta mental sepanjang tempoh saya menyediakan tesis ini. Teristimewa buat arwah isteri tersayang, Almarhumah Emi Yusnita Binti Shafei yang telah banyak berkorban masa, tenaga, pandangan serta sokongan yang tidak terhingga sehingga akhir hayat beliau. Tak lupa juga kepada Noor Adreen Binti Mohamad Adnan yang sangat memahami serta tidak jemu memberikan sokongan sehingga kini. Buat rakan-rakan seperjuangan, terima kasih atas bantuan serta semangat yang telah dihulurkan. Terima kasih semua.

ABSTRAK

Rangkaian Tertakrif Perisian (SDN) diwujudkan dengan tujuan untuk meningkatkan prestasi rangkaian disamping memudahkan pengurusan rangkaian kompleks pada masa ini. SDN membahagikan satah kawalan dari satah data serta menambahbaik prestasi rangkaian dari segi pengurusan rangkaian, kawalan dan pengendalian data. Pada tahun 2016, trafik penstriman video telah melangkaui 73% daripada keseluruhan trafik internet dunia dan dianggarkan ia akan meningkat kepada 82% daripada jumlah keseluruhan trafik internet seluruh dunia pada akhir tahun 2021. Menjadi satu cabaran besar untuk menawarkan kelancaran dan pengalaman penstriman yang lebih baik dalam keadaan rangkaian yang berbeza-beza. Bagi memastikan prestasi yang baik dari segi kualiti perkhidmatan dan kualiti kelancaran serta pengalaman penstriman video, adalah penting untuk mengurangkan kadar masa pendam, ketar, masa tunda, kehilangan paket serta memastikan nisbah penghantaran paket berada di tahap tertinggi. Dalam kajian ini, perbandingan analisa kualiti perkhidmatan Penyesuaian Dinamik Penstriman Melalui HTTP (DASH) dan Protokol Penghantaran Masa Nyata (RTP) dalam persekitaran SDN telah dilaksanakan. Simulasi dilaksanakan menggunakan perisian Mininet dan analisa dilakukan bagi membuat perbandingan antara daya pemprosesan, masa pendam, ketar, purata masa tunda hujung ke hujung dan kadar penghantaran paket. Keputusan menunjukkan protokol DASH mempunyai prestasi kualiti perkhidmatan yang lebih baik berbanding protokol RTP untuk penstriman video dalam persekitaran SDN dari segi ketar, purata masa tunda hujung ke hujung dan nisbah penghantaran paket.

PERFORMANCE ANALYSIS OF QOS FOR VIDEO STREAMING PROTOCOL OVER SOFTWARE DEFINED NETWORK ENVIRONMENT

ABSTRACT

Software Defined Network (SDN) was introduced with the aim of improving the network performance while facilitating the current complex network management. SDN divides control planes from data planes and improves network performance in terms of network management, control and data handling. In 2016, video streaming traffic has surpassed 73% of the world's total internet traffic and is estimated to increase to 82% of total worldwide internet traffic by the end of 2021. It's a big challenge to provide smooth and better streaming experience in varying network conditions. In order to ensure good performance in terms of quality of service and smoothness as well as video streaming experience, it is important to reduce latency, jitter, delay, packet loss rates and to ensure the maximum delivery ratio of packets. In this paper, we study the performance of DASH and RTP video streaming over SDN environment. Simulation has been implemented using Mininet software and performance analysis has been conducted to compare the results. Results show that DASH video streaming has better performance than RTP over SDN environment in terms of jitter, average end-to-end delay and packet delivery ratio.

KANDUNGAN

		Halaman
PENGAKUAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
ABSTRACT		v
KANDUNGAN		vi
SENARAI JADUAL		viii
SENARAI ISTILAH		xi
BAB I	Pengenalan	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Permasalahan Kajian	2
1.3	Objektif Kajian	3
1.4	Soalan Kajian	3
1.5	Skop Kajian	4
1.6	Kesimpulan	4
BAB II	Kajian Literasi	
2.1	Pendahuluan	5
2.2	Rangkaian Tertakrif Perisian (SDN)	6
	2.2.1 Pengenalan	6
	2.2.2 Protokol OpenFlow	9
	2.2.3 Pengawal Floodlight	13
	2.2.4 Pengawal OpenDaylight	15
2.3	Perisian Mininet	16
2.4	Penstriman Video	18
	2.4.1 Pengenalan	18
	2.4.2 Penyesuaian Kadar Bit Penstriman (ABR)	18
	2.4.3 Penyesuaian Dinamik Penstriman Melalui HTTP (DASH)	19
	2.4.4 Protokol Penghantaran Masa Nyata (RTP)	22
2.5	Kajian Terdahulu	23
2.6	Kesimpulan	25

BAB III	PELAKSANAAN PROTOKOL PENSTRIMAN VIDEO DALAM PERSEKITARAN SDN	
3.1	Pendahuluan	26
3.2	Perkakasan Dan Perisian	27
	3.2.1 Perkakasan	27
	3.2.2 Perisian dan Bahasa Pengaturcaraan	27
3.3	Topologi Rangkaian	36
	3.3.1 Parameter Rangkaian	37
3.4	Teknik dan Perkakas yang Digunakan	38
3.5	Kesimpulan	40
BAB IV	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pendahuluan	42
4.2	Metrik Prestasi dan Parameter	42
	4.2.1 Daya Pemprosesan (Throughput)	42
	4.2.2 Masa Pendam (Latency)	43
	4.2.3 Ketar (Jitter)	43
	4.2.4 Purata Masa Tunda Hujung ke Hujung	44
	4.2.5 Nisbah Penghantaran Paket (PDR)	44
4.3	Senario Analisa	45
4.4	Keputusan Penilaian	46
	4.4.1 Daya Pemprosesan (Throughput)	46
	4.4.2 Kadar Bit Video	50
	4.4.3 Masa Pendam (Latency)	51
	4.4.4 Ketar (Jitter)	54
	4.4.5 Purata Masa Tunda Hujung ke Hujung	58
	4.4.6 Nisbah Penghantaran Paket (PDR)	61
4.5	Kesimpulan	64
BAB V	KESIMPULAN DAN KERJA MASA HADAPAN	
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Penemuan Dan Kepentingan Kajian	66
5.3	Kerja Masa Hadapan	66
RUJUKAN		68
Lampiran A		73

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 3.1	Spesifikasi komputer hos	27
Jadual 3.2	Spesifikasi mesin maya	29
Jadual 3.3	Senarai kadar bit video DASH	30
Jadual 3.4	Senarai pemboleh ubah topologi Mininet	34
Jadual 3.5	Senarai garis perintah perisian Mininet	36
Jadual 3.6	Senarai alamat IPv4 peranti	37
Jadual 4.1	Senarai metrik prestasi untuk simulasi	46

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
Rajah 2.1	Perbezaan antara rangkaian konvensional (Agarwal et al. 2013; Hu et al. 2014) dan SDN	8
Rajah 2.2	Model senibina suis OpenFlow	10
Rajah 2.3	Seni bina Floodlight diambil dari (Floodlight 2017)	14
Rajah 2.4	Seni bina OpenDaylight diambil dari (Opendaylight 2017)	15
Rajah 2.5	Gambaran keseluruhan sistem DASH diambil dari (Zhao & Medhi 2017)	20
Rajah 3.1	Antara muka perisian Virtualbox	28
Rajah 3.2	Pemain video DASH berasaskan web	31
Rajah 3.3	Penetapan VLM pada mesin maya VM2	32
Rajah 3.4	Penetapan alamat IP untuk penstriman video	33
Rajah 3.5	Topologi SDN menggunakan Mininet	34
Rajah 3.6	Proses menjalankan topologi SDN menggunakan perisian Mininet	35
Rajah 3.7	Topologi persekitaran SDN	36
Rajah 3.8	Utiliti Ping	38
Rajah 3.9	Perkakas Iperf3	39
Rajah 3.10	Antaramuka perisian Wireshark	40
Rajah 4.1	Analisa daya pemprosesan bagi trafik DASH dan TCP	47
Rajah 4.2	Analisa daya pemprosesan bagi keseluruhan trafik DASH dan TCP	47
Rajah 4.3	Analisa daya pemprosesan bagi trafik RTP dan TCP	48
Rajah 4.4	Analisa daya pemprosesan bagi keseluruhan trafik RTP dan TCP	49
Rajah 4.5	Analisa daya pemprosesan bagi trafik DASH dan RTP	50
Rajah 4.6	Analisa kadar bit video bagi trafik DASH dan RTP	51

Rajah 4.7	Analisa masa pendam bagi trafik DASH	52
Rajah 4.8	Analisa masa pendam bagi trafik RTP	53
Rajah 4.9	Analisa masa pendam bagi trafik DASH dan RTP	54
Rajah 4.10	Analisa ketar bagi trafik DASH	55
Rajah 4.11	Analisa ketar bagi trafik RTP	56
Rajah 4.12	Analisa ketar bagi trafik DASH dan RTP	57
Rajah 4.13	Analisa purata masa tunda hujung ke hujung bagi trafik DASH	58
Rajah 4.14	Analisa purata masa tunda hujung ke hujung bagi trafik RTP	59
Rajah 4.15	Analisa purata masa tunda hujung ke hujung bagi trafik DASH dan RTP	60
Rajah 4.16	Analisa kehilangan paket bagi trafik DASH	61
Rajah 4.17	Analisa kehilangan paket bagi trafik RTP	62
Rajah 4.18	Analisa kehilangan paket bagi trafik DASH dan RTP	63

SENARAI ISTILAH

ABR	Penyesuaian Kadar Bit
API	Antaramuka Protokol Aplikasi
DASH	Penyesuaian Dinamik Penstriman Melalui HTTP
HLS	Penstriman Langsung Melalui HTTP
HTTP	Protokol Pemindahan Hiperteks
IP	Protokol Alamat
LAN	Rangkaian Kawasan Setempat
MPD	Keterangan Terperinci Media
MVC	Pengekoden Video Pelbagai Pandangan
QOS	Kualiti Perkhidmatan
RTCP	Protokol Kawalan RTP
RTP	Protokol Penghantaran Masa Nyata
SDN	Rangkaian Bertakrif Perisian
SVC	Pengekoden Video Berskala
TCP	Protokol Kawalan Penghantaran
UDP	Protokol Datagram Pengguna
VLM	Pengurus VideoLAN
VND	Keterangan Rangkaian Maya

BAB I

PENGENALAN

1.1 PENDAHULUAN

Rangkaian telah menjadi komponen yang sangat penting dalam pelbagai infrastruktur samada industri mahupun akademik dan terus menerus berkembang mengikut peredaran teknologi semasa (Bakshi 2013). Peranti suis, penghala serta pelbagai peranti lain dalam rangkaian masa kini telah menjadi sangat kompleks dengan penambahbaikan serta pelaksanaan pelbagai protokol dan antaramuka mengikut piawaian yang telah ditetapkan. Sehingga kini, penyedia perkhidmatan terus berinovasi mencari idea baru untuk menyesuaikan dan mengoptimumkan prestasi rangkaian untuk sentiasa menjadi pilihan pengguna manakala para penyelidik pula terus berinovasi menambahbaik penyelidikan mereka.

Walaupun, kos peranti rangkaian tidak turun dengan sewajarnya, manakala kos operasi pula semakin meningkat. Ini sekaligus memberikan tekanan yang tinggi kepada penyedia perkhidmatan serta membuatkan mereka mencari cara baru untuk memperkenalkan perkhidmatan yang boleh menjana pendapatan ke atas infrastruktur mahal mereka (Bakshi 2013).

Bab ini akan menerangkan tentang pengenalan dan permasalahan kajian berkaitan penstriman video DASH dan RTP dalam persekitaran SDN serta objektif dan skop kajian yang akan dilaksanakan.

1.2 PERMASALAHAN KAJIAN

Pada tahun 2016, trafik penstriman video telah melangkaui 73% daripada keseluruhan trafik internet dunia (Cisco 2017). Dianggarkan pada akhir tahun 2021, ia akan meningkat kepada 82% daripada jumlah keseluruhan trafik internet seluruh dunia. Menjadi satu cabaran besar dalam menawarkan pengalaman penstriman yang lebih baik dalam keadaan rangkaian yang berbeza-beza. Bagi memastikan prestasi yang lebih baik dari segi kualiti perkhidmatan dan kualiti kelancaran serta pengalaman penstriman video, adalah penting untuk mengurangkan masa pendam, ketar, masa tunda dan kadar kehilangan paket disamping memastikan nisbah penghantaran paket berada pada tahap tertinggi.

Persekitaran Rangkaian Tertakrif Perisian (SDN) diwujudkan dengan tujuan untuk meningkatkan prestasi rangkaian disamping memudahkan pengurusan rangkaian kompleks pada masa ini. Pengawal SDN bersama-sama dengan aplikasi SDN yang telah dipasang boleh mengawal semua suis secara berpusat dalam rangkaian. Dengan kawalan berpusat, pengawal SDN akan dapat menguruskan rangkaian dan bertindak balas dengan sebarang peristiwa dengan cekap dan cepat.

Protokol Penghantaran Masa Nyata (RTP) direka untuk penghantaran strim media secara masa nyata hujung ke hujung bagi penghantaran audio dan video atas rangkaian Protokol Internet (IP). Protokol RTP juga membolehkan penghantaran data ke pelbagai destinasi melalui IP multikas. Aplikasi penstriman multimedia masa nyata memerlukan maklumat tepat pada masanya dan boleh bertoleransi dengan beberapa kehilangan paket untuk mencapai matlamat ini (Wagner et al. 2009). Protokol RTP dipilih untuk dilaksanakan dalam kajian ini kerana ia merupakan piawaian utama (Wagner et al. 2009) yang digunakan pada masa ini bagi penghantaran video dan audio atas rangkaian IP.

Protokol Penyesuaian Dinamik Penstriman melalui HTTP (DASH) dibangunkan untuk menyesuaikan kadar bit video mengikut keupayaan rangkaian pengguna agar dapat memberikan kelancaran pengalaman penstriman video yang lebih baik (Schulzrinne 2003). Pemain media DASH akan memilih segmen dengan kualiti berbeza dalam setiap permintaan dan menyesuaikan kadar bit video dari masa

ke semasa mengikut keadaan rangkaian pada masa tersebut. Penyesuaian kualiti juga boleh dilakukan atas permintaan pengguna dengan memilih segmen dengan kualiti yang berbeza. Protokol DASH dipilih untuk dilaksanakan dalam kajian ini kerana ia dapat menawarkan kelancaran penstriman video yang lebih baik dan merupakan salah satu penyelesaian terbaik menggantikan protokol sedia ada serta telah menarik perhatian para penyelidik industri dan akademik dari segi penstriman video melalui HTTP.

Perlaksanaan protokol DASH melalui rangkaian SDN memberikan kelebihan kepada kedua-dua teknologi tersebut (Cetinkaya, Karayer, et al. 2015). Dengan SDN, data penstriman video dengan kadar bit berbeza dapat dihantar melalui laluan alternatif bergantung kepada kesesakan pada laluan yang disediakan (Egilmez & Dane 2012; Joseph 2015). Ianya dapat meningkatkan kualiti perkhidmatan dan pengalaman pada penstriman video (Bentaleb et al. 2016; Zhao et al. 2017). Selain itu, maklumat berkaitan prestasi kualiti perkhidmatan protokol DASH untuk penstriman video dalam persekitaran SDN juga masih belum mencukupi (Zhao et al. 2017).

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian adalah seperti berikut:

- 1) Mempelajari kaedah protokol DASH dan RTP dalam mempengaruhi prestasi kualiti perkhidmatan untuk penstriman video dalam persekitaran SDN.
- 2) Menganalisa prestasi kualiti perkhidmatan protokol DASH dan RTP untuk penstriman video dalam persekitaran SDN menggunakan perisian Mininet.

1.4 SOALAN KAJIAN

Sejauh mana prestasi kualiti perkhidmatan protokol DASH dan RTP untuk penstriman video dalam persekitaran SDN menggunakan perisian Mininet?

1.5 SKOP KAJIAN

Kajian ini memfokuskan kepada mempelajari kaedah protokol DASH dan RTP dalam mengendalikan penstriman video dalam persekitaran SDN. Selain itu, kajian ini juga memfokuskan kepada analisa prestasi kualiti perkhidmatan protokol penstriman video DASH dan RTP dalam persekitaran SDN menggunakan perisian Mininet disamping menganalisa parameter yang mempengaruhi prestasi kualiti perkhidmatan penstriman video DASH dan RTP dalam persekitaran SDN.

1.6 KESIMPULAN

Matlamat utama dalam bab ini adalah untuk menerangkan tentang pengenalan kepada kajian yang dijalankan iaitu analisa prestasi kualiti perkhidmatan protokol penstriman video DASH dan RTP dalam persekitaran SDN. Pengenalan tentang rangkaian dan trafik penstriman video masa kini telah diterangkan bersama dengan permasalahan berkaitan tajuk kajian. Bab ini juga telah menerangkan tentang objektif kajian iaitu untuk mempelajari dan menganalisa prestasi kualiti perkhidmatan protokol penstriman video DASH dan RTP dalam persekitaran SDN serta skop kajian yang akan dijalankan.

BAB II

KAJIAN LITERASI

2.1 PENDAHULUAN

Rangkaian konvensional (Hu et al. 2014) menggunakan algoritma khas yang dilaksanakan pada peranti khusus untuk mengawal dan memantau aliran trafik dalam rangkaian, mengurus laluan laluan dan menentukan bagaimana peranti-peranti berkomunikasi dalam rangkaian. Secara umumnya, algoritma dan set peraturan laluan ini dilaksanakan dalam komponen perkakasan khas seperti Litar Bersepadu Aplikasi Khusus (ASICs) yang direka khas untuk menjalankan operasi tertentu seperti penghantaran dan pemantauan paket (Hu et al. 2014). Dalam rangkaian konvensional, peranti penghalang akan menggunakan satu set peraturan yang telah ditetapkan untuk mencari laluan bagi paket yang masuk dan menghantarnya ke peranti destinasi.

Masalah yang sering dihadapi dalam rangkaian konvensional ialah keupayaan terhadap peranti rangkaian masa kini dalam mengendalikan beban trafik yang tinggi dan ianya memberi kesan terhadap prestasi rangkaian. Isu-isu seperti peningkatan permintaan untuk skalabiliti, keselamatan, kebolehpercayaan dan kelajuan rangkaian sedikit sebanyak mengurangkan prestasi peranti rangkaian masa kini kerana kapasiti trafik rangkaian yang semakin meningkat. Peranti rangkaian masa kini kekurangan fleksibiliti dalam mengendalikan jenis paket dengan kandungan berbeza kerana set peraturan asas yang terhad (Kim & Feamster 2013). Selain itu, rangkaian tulang belakang Internet mestilah dapat menyesuaikan diri dengan sebarang perubahan tanpa membebaskan perkakasan dan perisian. Walaubagaimanapun, rangkaian konvensional tidak boleh diprogram semula atau ditugaskan semula dengan mudah (Hu et al. 2014).

Penyelesaian bagi permasalahan ini ialah pelaksanaan peraturan pengendalian data sebagai modul perisian dan bukannya tertanam dalam perkakasan (Hu et al.

2014). Kaedah ini membolehkan pentadbir rangkaian mempunyai lebih banyak kawalan ke atas trafik rangkaian dan berpotensi besar meningkatkan kecekapan prestasi rangkaian. Teknologi inovatif ini dikenali sebagai Rangkaian Tertakrif Perisian (SDN) (Agarwal et al. 2013). Teknologi ini dicadangkan oleh Nicira Networks berdasarkan perkembangan awal mereka di UCB, Stanford, CMU, Princeton (Feamster et al. 2014).

Terdapat beberapa pendekatan baru yang muncul berkaitan SDN yang menggunakan kaedah pemisahan antara satah data dan kawalan melalui antara muka aplikasi yang dikenali sebagai OpenFlow (Agarwal et al. 2013); iaitu sebuah kawalan berpusat yang mengurus satah data dan kawalan. Disamping itu, SDN juga merujuk kepada reka bentuk dan fungsi rangkaian berdasarkan keupayaan untuk mengubahsuai aspek pengendalian data dalam peranti rangkaian berdasarkan kecerdasan buatan dari rangkaian melalui antara muka aplikasi. Konsep SDN sesuai dilaksanakan oleh pelbagai industri, penyedia perkhidmatan dan akademik (Bakshi 2013).

Bab ini akan menerangkan tentang gambaran keseluruhan berkaitan teknologi SDN, ciri-ciri dan protokol yang terlibat dalam SDN serta perisian yang digunakan untuk membangunkan topologi persekitaran SDN. Selain itu, bab ini juga akan menerangkan tentang protokol penstriman video yang melibatkan Protokol Penyesuaian Kadar Bit (ABR), Protokol Penyesuaian Dinamik Penstriman Melalui HTTP (DASH), Protokol Penghantaran Masa Nyata (RTP) dan membincangkan tentang kajian yang pernah dilaksanakan berkaitan protokol-protokol yang dinyatakan.

2.2 RANGKAIAN TERTAKRIF PERISIAN (SDN)

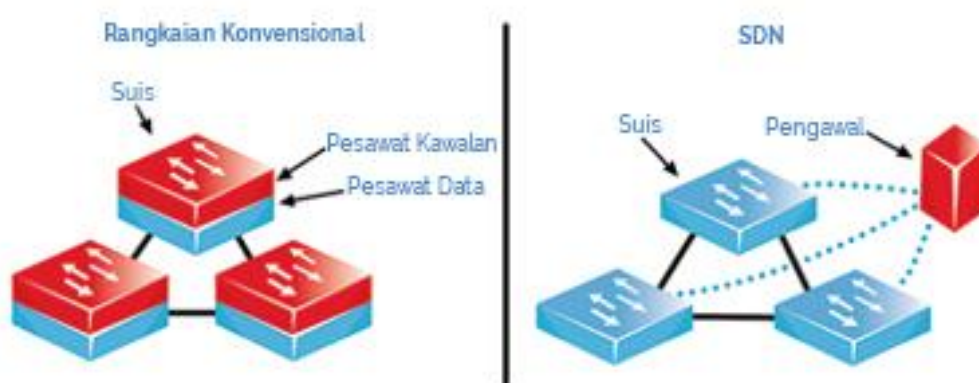
2.2.1 Pengenalan

SDN mengubah cara merekabentuk dan menguruskan rangkaian dengan membahagikan satah kawalan dari satah data (Feamster et al. 2014; Hu et al. 2014). Satah kawalan akan membuat keputusan bagaimana trafik tersebut dikendalikan manakala satah data akan mengarahkan trafik mengikut arahan yang telah dibuat oleh

satah kawalan. SDN menggunakan kawalan berasaskan perisian secara berpusat untuk mengawal pelbagai elemen satah data rangkaian seperti penghala dan suis melalui Antara Muka Pengaturcaraan Aplikasi (API). Konsep ini memberikan pandangan keseluruhan rangkaian dan membolehkan sebarang perubahan dilaksanakan secara global tanpa sebarang tetapan pada setiap unit perkakasan (Hu et al. 2014).

Panel kawalan boleh terdiri daripada satu atau beberapa pengawal bergantung kepada skala rangkaian. Jika menggunakan beberapa pengawal, ia boleh membentuk satu rangkaian kawalan yang berkomunikasi antara satu sama lain dengan kelajuan tinggi. Suis dalam satah data hanya akan menghantar data di antara mereka setelah memeriksa jadual aliran yang telah diputuskan oleh pengawal dan ia memudahkan tugas suis kerana tidak perlu melaksanakan fungsi kawalan (Hu et al. 2014).

SDN menambahbaik prestasi rangkaian dari segi pengurusan rangkaian, kawalan dan pengendalian data. SDN merupakan penyelesaian yang berpotensi bagi masalah yang dihadapi oleh rangkaian konvensional. Rajah 2.1 menunjukkan perbezaan antara SDN dan rangkaian konvensional (Agarwal et al. 2013; Hu et al. 2014). SDN juga boleh dilaksanakan dalam pusat data dan persekitaran awan (Hu et al. 2014). Dengan SDN, pentadbir rangkaian boleh mengawal aliran data serta mengubah fungsi setiap peranti suis atau penghala dalam rangkaian dengan aplikasi kawalan secara berpusat tanpa perlu membuat sebarang perubahan pada setiap peranti secara berasingan. Pentadbir rangkaian juga boleh menukar jadual penghalaan dalam peranti penghala selain menambah lapisan kawalan tambahan ke atas paket data samada untuk menetapkan keutamaan tinggi atau rendah pada paket data tertentu atau membenarkan atau menghalang paket tertentu daripada melalui rangkaian tersebut (Agarwal et al. 2013; Kim & Feamster 2013; Ortiz 2013).



Rajah 2.1 Perbezaan antara rangkaian konvensional (Agarwal et al. 2013; Hu et al. 2014) dan SDN

SDN lebih praktikal dan murah kerana ianya fleksibel, mengikut piawaian tertentu serta menyediakan lebih banyak kawalan ke atas aliran trafik berbanding dengan rangkaian konvensional. Antara kelebihan utama SDN adalah (Hu et al. 2014):

- 1) Pintar dan laju: SDN mengoptimumkan pembahagian beban kerja melalui panel kawalan untuk menghasilkan penghantaran data yang lebih pantas disamping penggunaan sumber yang lebih efisien.
- 2) Pengurusan rangkaian yang mudah: Pentadbir mempunyai kawalan secara jarak jauh ke atas rangkaian dan boleh menukar tetapan dan ciri-ciri rangkaian seperti perkhidmatan dan sambungan berdasarkan corak beban kerja. Pentadbir juga akan mempunyai akses yang lebih cekap dan pantas terhadap pengubahsuaian tetapan.
- 3) Rangkaian maya: Keupayaan membangunkan rangkaian secara maya serta menyahaktif rangkaian dari rangkaian fizikal tanpa pengguna menyedari bahawa sumber rangkaian yang mereka gunakan adalah maya dan bukannya fizikal (Goransson & Black 2014).

Peranti SDN mengandungi fungsi penghantaran bagi menentukan apa yang perlu dilakukan dengan setiap aliran paket yang masuk. Peranti SDN juga mengandungi data yang mendorong kepada keputusan penghantaran tersebut. Data tersebut mewakili aliran yang ditentukan oleh pengawal. Aliran merupakan satu set paket yang dipindahkan dari satu titik akhir rangkaian ke titik akhir yang lain. Titik

akhir tersebut boleh ditakrifkan sebagai IP alamat, port TCP/UDP dan lain-lain. Satu set peraturan akan menerangkan tindakan penghantaran yang perlu dilaksanakan oleh peranti untuk semua paket dalam aliran tersebut. Apabila peranti SDN menerima satu paket, ia akan mencari padanan dengan merujuk kepada jadual aliran yang telah dibina oleh pengawal. Sekiranya peranti SDN menjumpai padanan tersebut, ia akan mengambil tindakan seperti yang telah ditetapkan. Dan sekiranya ia tidak menemui sebarang padanan, peranti SDN tersebut boleh melupuskan paket tersebut atau menghantarnya kepada pengawal, bergantung kepada ketetapan suis dan versi OpenFlow (Goransson & Black 2014).

Secara keseluruhan, SDN berupaya untuk mengawal proses penghantaran paket melalui antara muka yang unik. Pengawal boleh mengawal komunikasi antara semua peranti rangkaian yang boleh diprogramkan dan mendapatkan pandangan keseluruhan rangkaian serta membuat keputusan bagi keseluruhan rangkaian tersebut. Kelebihan SDN yang boleh mendapatkan pandangan keseluruhan rangkaian secara berpusat ini membolehkan para pentadbir rangkaian untuk membuat analisa secara terperinci dalam menentukan bagaimana rangkaian tersebut harus beroperasi.

2.2.2 Protokol OpenFlow

OpenFlow merupakan salah satu protokol piawaian yang paling popular dalam persekitaran SDN (Bakshi 2013; Feamster et al. 2014; Hu et al. 2014; Kim & Feamster 2013). Protokol OpenFlow membolehkan pelaksanaan konsep SDN dalam perkakasan dan perisian. Protokol OpenFlow dicadangkan oleh Stanford untuk menjadi protokol standard SDN dan menggunakan kod sumber terbuka untuk mengawal pengawal dan suis SDN. Sehingga kini, terdapat pelbagai reka bentuk yang telah dicadangkan untuk protokol OpenFlow (Hu et al. 2014).

OpenFlow merupakan protokol berorientasikan aliran serta mempunyai suis dan port untuk mengawal aliran. Dalam persekitaran SDN, terdapat aplikasi yang dipanggil sebagai pengawal. Pengawal menguruskan sekumpulan suis untuk mengawal trafik dalam topologi persekitaran SDN. Pengawal berkomunikasi dengan

suis OpenFlow dan menguruskan suis tersebut menggunakan protokol OpenFlow. Suis OpenFlow boleh menyimpan pelbagai jadual aliran, jadual kumpulan dan saluran OpenFlow. Setiap jadual aliran dan jadual kumpulan akan melakukan carian dan penghantaran paket. Saluran OpenFlow merupakan antara muka yang menghubungkan setiap suis OpenFlow kepada pengawal dan pengawal boleh menambah, mengemaskini serta melupuskan kemasukan aliran dalam jadual aliran. Setiap jadual aliran dalam suis mengandungi satu set kemasukan aliran yang terdiri daripada arahan untuk dilaksanakan pada paket yang sepadan (Bakshi 2013). Rajah 2.3 menunjukkan model senibina suis berasaskan OpenFlow.



Rajah 2.2 Model senibina suis OpenFlow

Secara asasnya, senibina OpenFlow merangkumi 3 komponen penting seperti dibawah (Agarwal et al. 2013; Goransson et al. 2016; Goransson & Black 2014; Hu et al. 2014):

- 1) Suis – Suis OpenFlow ditakrifkan sebagai protokol sumber terbuka untuk memantau dan mengubah jadual alir dalam suis dan penghala yang berbeza. Suis OpenFlow mempunyai tiga komponen utama iaitu:
 - a) Jadual aliran & jadual kumpulan: Mengandungi set tindakan yang berkaitan dengan setiap kemasukan aliran.

- b) Saluran komunikasi: Antaramuka yang menghubungkan pengawal dan suis untuk penghantaran arahan dan paket.
 - c) Protokol OpenFlow: Membolehkan pengawal OpenFlow berkomunikasi dengan mana-mana suis dan penghala yang menyokong protokol OpenFlow.
- 2) Pengawal – Menambah, mengemaskini dan melupuskan kemasukan aliran dalam jadual aliran bagi pihak pentadbir rangkaian. Terdapat pelbagai jenis pengawal yang ditawarkan yang mempunyai kelebihan tersendiri antaranya POX, NOX, Floodlight, OpenDaylight dan lain-lain (Mendon et al. 2014).
- 3) Aliran Masuk – Kebanyakan suis OpenFlow menyokong tiga tindakan berikut:
- a) Menghantar aliran paket ke port.
 - b) Merangkum aliran paket tersebut dan menghantar kepada pengawal.
 - c) Melupuskan aliran paket.

Pada mulanya, peranti OpenFlow mempunyai jadual penghalaan yang kosong dengan beberapa medan seperti alamat IP sumber, jenis kualiti perkhidmatan dan lain-lain. Jadual ini dijana berdasarkan paket data yang masuk. Apabila satu paket baru yang diterima tidak mempunyai padanan kemasukan seperti dalam jadual aliran data, ianya akan dihantar kepada pengawal untuk diproses. Pengawal akan membuat keputusan pengendalian paket tersebut sama ada dilupuskan atau dimasukkan ke dalam jadual aliran data tentang cara menguruskan paket tersebut pada masa akan datang (Bakshi 2013).

Protokol OpenFlow melaksanakan kawalan secara berpusat, iaitu satu pengawal tunggal boleh menguruskan semua jadual aliran dalam suis yang berlainan. Apabila protokol OpenFlow diperkenalkan, pengujian telah dilakukan dalam rangkaian kampus (Hu et al. 2014). Konsep ini sesuai dilaksanakan dan berfungsi dengan baik di rangkaian setempat yang berasaskan kabel. Walaubagaimanapun, jika terdapat banyak suis digunakan pada rangkaian kompleks dengan skala yang besar, sukar untuk menggunakan kawalan satu tempat. Pengawal yang tunggal dan berpusat

boleh menimbulkan isu-isu berkaitan skalabiliti dan kebolehpercayaan. Oleh itu, beberapa penyelidikan telah dilaksanakan dengan penggunaan lebih banyak pengawal berpusat bagi mengelakkan kesesakan dan sekaligus menyelesaikan masalah ini (J. Yu et al. 2016). Untuk menyelesaikan masalah tersebut, pengawal-pengawal boleh ditempatkan di lokasi yang berbeza dan setiap pengawal hanya menguruskan peranti di kawasan pengawal tersebut ditempatkan sahaja. Walaubagaimanapun, semua pengawal masih perlu berkomunikasi bagi mendapatkan pandangan keseluruhan rangkaian secara konsisten dan membuat keputusan secara global. Sebagai contoh, Hyperflow (Balis 2016) menggunakan panel kawalan secara tersebar tetapi berpusat untuk mendapatkan pandangan keseluruhan rangkaian persekitaran SDN secara serentak.

Antara fungsi lain OpenFlow ialah para saintis dapat menggunakan perkakasan sedia ada untuk membangunkan protokol baru dan menganalisa prestasi protokol tersebut (Hu et al. 2014). Protokol OpenFlow juga telah digunapakai dan disokong oleh penghal dan suis komersil.

OpenVSwitch (Pan & Wang 2015) atau boleh juga dikenali dengan singkatan OVS merupakan salah satu perisian suis OpenFlow yang paling popular. Pelaksanaan OVS meliputi modul kernel dan daemon ruang pengguna.

Kepintaran rangkaian berpusat terletak pada pengawal yang boleh mendapatkan pandangan keseluruhan rangkaian dalam persekitaran SDN. Oleh itu, sistem aplikasi menganggap rangkaian sebagai satu suis induk. Senibina ini terus berkembang dalam Open Networking Foundation (ONF) yang merupakan sebuah organisasi yang memacu evolusi protokol OpenFlow (Medved et al. 2014). Sehingga kini, pelbagai platform pengawal dibangunkan untuk seni bina ini antaranya POX, NOX, Beacon, Ryu, Floodlight, OpenDaylight dan yang terbaru ONOS. Setiap pengawal tersebut menggunakan OpenFlow sebagai protokol untuk melaksanakan fungsi penghantaran paket dan memberikan akses kepada fungsi satah kawalan melalui REST API. Platform pengawal ini menyokong sebahagian besar aplikasi satah kawalan dalam rangkaian (Medved et al. 2014; Rowshanrad et al. 2016).

Secara kesimpulannya, SDN berupaya memprogramkan beberapa suis secara serentak. Tetapi ia masih tidak dapat lari dari masalah konvensional seperti kehilangan paket, kelewatan paket dan sebagainya. Platform semasa SDN seperti NOX dan Beacon (Akyildiz et al. 2014) membolehkan pemrograman suis, tetapi ianya tidak mesra pengguna dan menyukarkan pentadbir. Dengan protokol OpenFlow yang menjadi standard dalam SDN, ianya semakin mudah dilaksanakan. Satah kawalan menjana jadual penghalaan manakala satah data menggunakan jadual tersebut untuk menentukan ke mana paket perlu dihantar. Terdapat pelbagai syarikat yang menggunakan protokol OpenFlow dalam rangkaian pusat data bagi memudahkan operasi mereka. Protokol OpenFlow dan SDN membolehkan pusat data dan rangkaian besar diuruskan dengan mudah dan efisien (Agarwal et al. 2013). OpenFlow telah melalui pelbagai perubahan dan kini pada versi 1.3 (Amelyanovich et al. 2017).

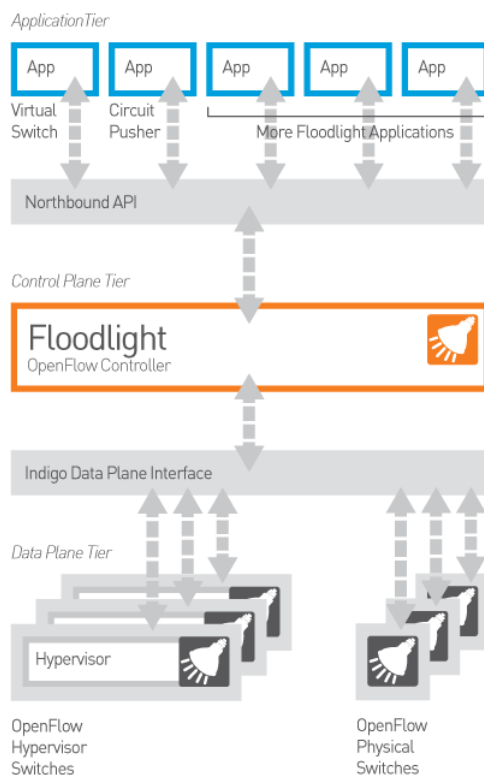
2.2.3 Pengawal Floodlight

Pengawal Floodlight (Floodlight 2017) merupakan salah satu pengawal SDN berasaskan sumber terbuka yang disokong oleh pembangun komuniti terbesar bagi pengawal SDN termasuk penyelidik rangkaian dan jurutera daripada Big Switch Networks (Bholebawa & Dalal 2017). Pengawal Floodlight dibangunkan menggunakan bahasa pengaturcaraan Java dan boleh digunakan pada platform perkakasan dan sistem operasi yang menyokong Java. Pengawal ini dibangunkan bagi menyokong trafik berskala besar seperti di beberapa pusat data dan rangkaian perusahaan. Dengan protokol OpenFlow, pengawal Floodlight dapat mengawal dan mengubahsuai proses penghantaran paket pada peranti rangkaian terus melalui set tindakan jadual aliran secara jarak jauh. Pengawal Floodlight direka untuk berkomunikasi dengan suis dan penghala yang berbeza asalkan peranti tersebut menyokong protokol OpenFlow. Pengawal Floodlight juga boleh menyokong rangkaian hibrid dimana suis OpenFlow bersambung dengan suis konvensional (Bholebawa & Dalal 2017).

Antara ciri-ciri utama pengawal Floodlight ialah:

- 1) Ia dibangunkan dan ditawarkan secara bermodul yang menjadikannya mudah untuk diperluaskan dan dipertingkatkan.
- 2) Ia sangat mudah untuk dibangunkan dengan kebergantungan yang minima.
- 3) Ia menyokong pelbagai peranti OpenFlow samada fizikal mahupun maya.
- 4) Ia boleh mengendalikan rangkaian hibrid.
- 5) Ia direkabentuk bagi menyokong rangkaian berprestasi tinggi.

Seni bina pengawal Floodlight terdiri daripada 3 lapisan. Lapisan teratas merupakan lapisan aplikasi yang dihubungkan dengan Northbound API. Lapisan tengah merupakan lapisan satah kawalan dimana pengawal Floodlight berada manakala lapisan terakhir merupakan lapisan satah data yang terdiri daripada suis OpenFlow dan dihubungkan dengan antara muka satah data Indigo. Rajah 2.3 menunjukkan seni bina pengawal Floodlight yang diambil dari (Floodlight 2017).



Rajah 2.3 Seni bina Floodlight diambil dari (Floodlight 2017)