

**PENGGUNAAN KUASA RENDAH UNTUK APLIKASI RFID  
AKTIF**

**oleh**

**MOHD AMINUDDIN BIN SHAHIMI**

**Tesis yang diserahkan untuk  
memenuhi keperluan bagi  
Ijazah Sarjana Sains**

**September 2014**

## **PENGHARGAAN**

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani

Dengan rasa rendah diri, saya bersyukur ke hadrat Ilahi kerana memberikan keberkatan dalam menyiapkan tesis ini. Jutaan terima kasih diucapkan kepada penyelia saya, Dr. Zaini Abd Halim kerana banyak memberikan tunjuk ajar dan galakan yang tidak terhingga dalam penyelidikan dan juga penulisan tesis. Saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia kedua saya, Dr Widad Ismail atas sokongan yang telah diberikan.

Saya juga berterima kasih kepada staf-staf teknikal Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik yang banyak membantu dari segi teknikal dan juga sokongan dalam bentuk moral. Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada ahli-ahli Auto ID Lab serta rakan-rakan yang membantu secara langsung ataupun secara tidak langsung.

Akhir sekali, ucapan jutaan terima kasih kepada keluarga saya, yang sentiasa memberikan sokongan yang tidak terhingga untuk menyiapkan tesis ini, terutamanya kepada isteri saya, Norjulia Ahmad Mahir yang sentiasa memberikan tunjuk ajar dan sokongan moral yang tidak berbelah bahagi. Terima kasih diucapkan.

Mohd Aminuddin Shahimi

September 2014

# SENARAI KANDUNGAN

Muka Surat

PENGHARGAAN	ii
SENARAI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	vi
SENARAI GAMBAR RAJAH	vii
SENARAI SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xv
<b>BAB 1 PENGENALAN</b>	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Permasalahan Kajian	3
1.3 Objektif Tesis	4
1.4 Skop Projek	5
1.5 Rangkuman Tesis	6
<b>BAB 2 KAJIAN LITERATUR</b>	
2.1 Pendahuluan	7
2.2 Komponen Utama Sistem Pengenalan Radio Frekuensi	9
2.2.1 Tag Aktif Pengenalan Radio Frekuensi	9
2.2.2 Pembaca Aktif Pengenalan Radio Frekuensi	16
2.3 Teknologi Zigbee untuk Pengenalan Radio Frekuensi	18
2.4 Kajian berkenaan penjimatan Kuasa dalam Sistem Pengenalan Radio Frekuensi	20
2.4.1 Pengatur Lelurus	23
2.4.2 Penganjak Penurun	24
2.4.3 Penganjak Peningkat	25
2.5 Ringkasan	26
<b>BAB 3 METODOLOGI PENYELIDIKAN</b>	
3.1 Pengenalan	27
3.2 Kaedah reka bentuk dan pelaksanaan pengujian	28
3.3 Pelaksanaan ujikaji	29

3.4	Modul Xbee Siri 2 OEM RF	30
3.4.1	Aliran Data Penghantaran/Penerimaan Universal Tidak Segerak (UART)	31
3.4.2	Konfigurasi Perisian	32
3.4.3	Mod Operasi	35
3.5	Konfigurasi Mod Rehat	38
3.5.1	Mod Rehat Berkala	38
3.5.2	Mod Rehat Kawalan Pin	39
3.6	Pengatur Penurunan keluaran Rendah	39
3.7	Penukar Sesiri MAX3232	40
3.8	Modul MM232R Mini USB-Sesiri UART	41
3.9	Pembangunan Perkakasan dan Pelaksanaan	42
3.10	Pembinaan prototaip	43
3.10.1	Reka bentuk Seni Bina Tag Aktif RFID	45
3.10.2	Pengantaramukaan Pengatur Penurunan Keluaran Rendah dengan Modul Xbee	46
3.10.3	Reka bentuk Seni Bina Pembaca Aktif RFID	48
3.11	Pelaksanaan Pengujian Tag Aktif RFID	49
3.12	Spesifikasi Reka bentuk Yang Dicadangkan Untuk Sistem RFID	50
3.13	Ringkasan	51
<b>BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN BERKENAAN DENGAN SISTEM RFID YANG DICADANGKAN</b>		
4.1	Pendahuluan	52
4.2	Penetapan Antara Muka	52
4.3	Analisis Signal dan Tenaga	54
4.3.1	Analisis Signal pada tag Aktif Pengenalan Radio Frenkuensi	54
4.3.2	Analisis Penggunaan Kuasa Tag Aktif RFID bagi mod rehat berkala	56
4.3.2.1	Analisis Penggunaan Kuasa Tag Aktif RFID	56
4.3.2.2	Analisis Penggunaan Kuasa Tag Aktif RFID Dengan Penganjak Naik AS1320	61
4.3.2.3	Analisis Penggunaan Kuasa Tag Aktif RFID Dengan	64

Penganjak Naik TPS61221	
4.3.2.4 Analisis Penggunaan Kuasa Tag Aktif RFID Dengan Penganjak Naik TPS61220	67
4.3.2.5 Analisis Penggunaan Kuasa Tag Aktif RFID Dengan Penganjak Turun TPS60500	72
4.3.2.6 Analisis Penggunaan Arus Tag Aktif RFID Dengan Pengatur Penurunan Keluaran Rendah TPS78001	76
4.3.3 Jangka Hayat Bateri bagi tag aktif RFID	96
4.4 Rumusan	97
<b>BAB 5 RUMUSAN DAN CADANGAN KAJIAN MASA HADAPAN</b>	
5.1 Rumusan	98
5.2 Cadangan kajian masa hadapan	99
<b>PENERBITAN</b>	100
<b>RUJUKAN</b>	101
<b>APPENDIX A</b>	107

## SENARAI JADUAL

	Muka Surat
Jadual 1.1	Perbandingan antara frekuensi RFID 3
Jadual 2.1	Perbezaan tag Pengenalan Radio Frekuensi 12
Jadual 2.2	Perbezaan antara sistem tanpa wayar 19
Jadual 3.1	Penggunaan arus bagi Modul Xbee Series 2 OEM RF 30
Jadual 3.2	Spesifikasi pembaca aktif RFID 50
Jadual 3.3	Spesifikasi tag aktif RFID 51
Jadual 4.1	Penggunaan kuasa bagi mod rehat dan mod Tx/Rx bagi tag aktif RFID. 60
Jadual 4.2	Penggunaan kuasa bagi mod rehat dan mod Tx/Rx bagi tag aktif RFID dengan litar penganjak naik AS1320 64
Jadual 4.3	Penggunaan kuasa bagi mod rehat dan mod Tx/Rx bagi tag aktif RFID dengan litar penganjak naik TPS61221 67
Jadual 4.4	Penggunaan kuasa bagi mod rehat dan mod Tx/Rx bagi tag aktif RFID dengan litar penganjak naik TPS61220 70
Jadual 4.5	Penggunaan kuasa bagi mod rehat dan mod Tx/Rx bagi tag aktif RFID dengan litar penganjak turun TPS60500 75

## SENARAI GAMBAR RAJAH

		Muka Surat
Rajah 2.1	Sistem pengenalan radio frekuensi pasif	11
Rajah 2.2	Gambar rajah blok tag aktif	12
Rajah 2.3	Seni bina untuk pembaca RFID aktif	17
Rajah 2.4	Litar asas untuk pengatur lurus.	23
Rajah 2.5	Litar asas untuk penganjak turun	24
Rajah 2.6	Litar asas bagi pengatur peningkat	25
Rajah 3.1	Kaedah reka bentuk dan pelaksanaan pengujian secara keseluruhan dalam projek	28
Rajah 3.2	Pelaksanaan ujikaji yang dijalankan ke atas tag aktif RFID	29
Rajah 3.3	Pelaksanaan ujikaji yang dijalankan ke atas tag aktif RFID dengan litar pengatur penurunan keluaran rendah	29
Rajah 3.4	(a) Pandangan atas dan (b) bawah Modul Xbee Siri 2	31
Rajah 3.5	Pengantaramukaan tab konfigurasi modem bagi perisian X-CTU.	33
Rajah 3.6	Carta alir konfigurasi perisian bagi pembaca aktif RFID	34
Rajah 3.7	Carta alir konfigurasi perisian bagi tag aktif RFID	35
Rajah 3.8	Carta alir menunjukkan mod penghantaran bg Modul Xbee siri 2	37
Rajah 3.9	Gambar rajah blok sambungan di antara modul Xbee dengan LDO pada reka bentuk tag aktif RFID	40
Rajah 3.10	Gambar rajah blok sambungan antara MAX3232 dan modul Xbee dalam reka bentuk pembaca RFID	41
Rajah 3.11	Litar operasi yang dicadangkan untuk sambungan logik 3.3V	42
Rajah 3.12	Sambungan antara modul USB-sesiri UART dan modul Xbee dalam reka bentuk pembaca RFID	42
Rajah 3.13	Kaedah reka bentuk dan pembangunan perkakasan	44

Rajah 3.14	Reka bentuk seni bina tag aktif dengan litar pengatur penurutan keluaran rendah	46
Rajah 3.15	Sambungan antara pengatur penurutan keluaran rendah dengan modul Xbee	48
Rajah 3.16	Reka bentuk seni bina pembaca RFID	49
Rajah 4.1	Penetapan konfigurasi program X-CTU	53
Rajah 4.2	Penyediaan perkakasan semasa pengujian dijalankan	54
Rajah 4.3	Isyarat voltan pada pin penunjuk perhubungan tag aktif dengan komunikasi data berkala	55
Rajah 4.4	Penyambungan perkakasan untuk menganalisis tag aktif RFID	56
Rajah 4.5	Gambar rajah menunjukkan susun atur perkakasan tag aktif RFID sepanjang ujikaji dijalankan	57
Rajah 4.6	Gambar rajah menunjukkan susun atur perkakasan pembaca aktif RFID sepanjang ujikaji dijalankan	58
Rajah 4.7	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan	58
Rajah 4.8	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan	59
Rajah 4.9	Graf Nilai dBm Melawan Voltan Masukan	60
Rajah 4.10	Sambungan asas litar penganjak naik AS1320.	61
Rajah 4.11	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik AS1320	62
Rajah 4.12	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik AS1320	63
Rajah 4.13	Graf Nilai dBm Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik AS1320	63
Rajah 4.14	Sambungan asas litar penganjak naik keluaran tetap, TPS61221	65
Rajah 4.15	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik TPS61221	66
Rajah 4.16	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik TPS61221	66
Rajah 4.17	Graf Nilai dBm Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik TPS61221	67



Rajah 4.18	Sambungan asas litar penganjak naik keluaran boleh laras, TPS61220	68
Rajah 4.19	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik TPS61220	70
Rajah 4.20	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik TPS61220	71
Rajah 4.21	Graf Nilai dBm Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak naik TPS61220	71
Rajah 4.22	Sambungan asas litar penganjak turun, TPS60500	72
Rajah 4.23	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak turun TPS60500	73
Rajah 4.24	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak turun TPS60500	74
Rajah 4.25	Graf Nilai dBm Melawan Voltan Masukan bagi litar penganjak turun TPS60500	75
Rajah 4.26	Sambungan asas litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	76
Rajah 4.27	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	77
Rajah 4.28	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	78
Rajah 4.29	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi keluaran voltan 1.8V	79
Rajah 4.30	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi keluaran voltan 1.8V	80
Rajah 4.31	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.2V	81
Rajah 4.32	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 keluaran 2.2V	82

Rajah 4.33	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.4V	83
Rajah 4.34	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.4V	83
Rajah 4.35	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.6V	84
Rajah 4.36	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.6v	85
Rajah 4.37	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.8V	86
Rajah 4.38	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 2.8V	86
Rajah 4.39	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 3.0V	87
Rajah 4.40	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 3.0V	88
Rajah 4.41	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 3.2v	89
Rajah 4.42	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 3.2V	90
Rajah 4.43	Graf Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 3.3V	91

Rajah 4.44	Graf Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 3.3V	92
Rajah 4.45	Graf Kuasa Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	93
Rajah 4.46	Graf Nilai dBm Mod Rehat Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	94
Rajah 4.47	Graf Kuasa Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	94
Rajah 4.48	Graf Nilai dBm Mod Tx/Rx Melawan Voltan Masukan bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001	95
Rajah 4.49	Graf Voltan (V) Melawan Masa (Hari) bagi litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 bagi voltan keluaran 1.8V	96

## SENARAI SINGKATAN

AES	<i>Advance Encryption Standard</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CCTV	<i>Closed Circuit Television</i>
CDS	<i>Connected Dominating Set</i>
CMOS	<i>Complementary Metal–Oxide–Semiconductor</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DS-MAC	<i>DS Medium Access Control</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HF	<i>High Frequency</i>
IFF	<i>Identity Friend or Foe</i>
ISM	<i>Industry, Scientific and Medical</i>
LF	<i>Low Frequency</i>
LDO	<i>Low Dropout</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
S-MAC	<i>Sensor Medium Access Control</i>
SoC	<i>System on Chip</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
T-MAC	<i>Timeout Medium Access Control</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

# **PENGUNAAN KUASA RENDAH UNTUK APLIKASI RFID AKTIF**

## **ABSTRAK**

Tag RFID aktif telah banyak digunakan untuk aplikasi pemantauan. Namun, penggunaan kuasa yang tinggi menjadi salah satu kelemahan tag RFID aktif. Kebanyakan tag RFID aktif menggunakan mod rehat untuk mengurangkan penggunaan kuasa pada tag. Walaubagaimanapun, penggunaan mod rehat pada tag boleh menyebabkan tag tidak dapat menerima data dan seterusnya akan berlaku kehilangan data semasa berada dalam keadaan mod rehat. Oleh itu, penggunaan mod rehat untuk aplikasi pemantauan tidak begitu sesuai. Projek ini mencadangkan teknik baru untuk memastikan penggunaan kuasa yang rendah bagi tag aktif. Teknik ini mengandungi litar pengatur lurus dan pengatur penukaran pada voltan masukan tag RFID aktif. Litar tambahan ini akan menyalurkan voltan masukan yang tetap kepada tag RFID aktif. Penggunaan kuasa semasa mod rehat dan mod penghantaran dan penerimaan data diuji. Lima jenis pengatur penurunan keluaran rendah yang berbeza diuji iaitu penganjak naik DC-DC AS1320, penganjak naik DC-DC TPS61221, penganjak naik DC-DC TPS61220, penganjak turun DC-DC TPS60500 dan pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 untuk melihat kesesuaian dalam sistem yang dicadangkan. Semua prototaip yang dibangunkan diuji dalam skala makmal dengan jarak pengujian 5m di antara tag dan pembaca. Keputusan menunjukkan penjimatan penggunaan kuasa semasa mod penghantaran dan penerimaan data bagi sistem yang telah dibangunkan adalah hampir 88% dengan menggunakan pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001, 70% dengan menggunakan penganjak turun DC-DC TPS60500 dan 1% dengan menggunakan penganjak naik DC-DC TPS61220. Manakala dengan menggunakan penganjak naik DC-DC AS1320 dan penganjak naik

DC-DC TPS61221 penggunaan kuasa meningkat hampir 70% dan 15%. Kesimpulannya, penggunaan litar pengatur penurunan keluaran rendah TPS78001 yang dicadangkan boleh menjimatkan penggunaan kuasa tag RFID aktif hampir 88% dan sesuai digunakan untuk aplikasi pemantauan.

## **LOW POWER CONSUMPTION FOR ACTIVE RFID APPLICATION**

### **ABSTRACT**

Active RFID tags have been widely used for monitoring applications. However, high power consumption becomes one of the drawbacks of the active RFID tags. Most of the active tags uses sleep mode to reduce power consumption. However it can cause data lose because the tag cannot receive any data during the sleep mode. Therefore, the sleep mode is not suitable for monitoring application. This project proposes a new technique of low power consumption for an active tag application. This technique consists of switching and linear regulator circuit in the active tag power management system. The circuit will provide a fixed input voltage to the active RFID tag. Power consumption during sleep mode, during transmitting data and during receiving data are tested. Five different types of switching and linear regulator IC which are AS1320 step up DC-DC converter, TPS61221 step up DC-DC converter, TPS61220 step up DC-DC converter, TPS60500 step down DC-DC converter and TPS78001 low-dropout regulator are tested in order to get the optimum result. All of the developed prototypes are tested in laboratory scales with the distance between the tag and the host is 5 meter. Results show that, the power consumption can be reduced until 88% by using TPS78001 low-dropout regulator, 70% by using TPS60500 step down DC-DC converter and 1% by using TPS61221 step up DC-DC converter. While using AS1320 step up DC-DC converter and TPS61221 step up DC-DC converter increased the power consumption by 70% and 15% respectively. As a conclusion, the use of the proposed TPS78001 low-dropout regulator can reduce power consumption of active RFID tag by 88% and it is suitable for monitoring applications.

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Seperti mana yang diketahui, kewujudan sistem tanpa wayar ini bermula sejak tahun 1800 lagi. Pada tahun tersebut, telah bermula pemahaman berkenaan dengan tenaga elektromagnetik (Landt, 2005). Kemudian, ilmu tenaga elektromagnetik ini berkembang selaras dengan kajian secara mendalam yang dilakukan sehingga abad ke-21. Sekarang, sistem tanpa wayar ini telah digunakan secara meluas tidak kira di rumah mahupun di pasaran industri. Teknologi yang sedang membangun ini telah mengalami pelbagai perubahan. Perubahan-perubahan ini perlu untuk memastikan teknologi tanpa wayar boleh digunakan dalam pelbagai aplikasi yang dapat mengurangkan beban manusia.

Terdapat pelbagai aplikasi yang boleh dipraktikkan dengan menggunakan teknologi tanpa wayar termasuk pengurusan gudang, pemantauan stok pada rak, pemeriksaan pengeluaran secara automatik, kawalan terhadap kecurian serta dalam sektor pengangkutan (Nambiar, 2009). Reka bentuk yang dicipta untuk memenuhi piawaian wayarkedd ini termasuklah tempoh penggunaan bateri yang lebih lama serta kadar penghantaran data yang lebih rendah berbanding teknologi yang telah wujud sekarang. Apa yang diperlukan oleh pasaran sekarang ialah, sistem yang menggunakan piawaian teknologi tanpa wayar yang memenuhi keperluan seperti aspek keselamatan data serta kebolehpercayaan. Pengenalan radio frekuensi (RFID) adalah salah satu daripada teknologi tanpa wayar. Dengan keupayaan yang dimiliki oleh teknologi RFID seperti penggunaan kuasa yang kurang, pengeluaran kos yang



rendah serta teknologi tanpa sentuh, ia dapat memenuhi ciri-ciri yang diperlukan seperti yang disebutkan di atas.

Secara umumnya, RFID terdiri daripada dua bahagian yang berbeza, iaitu tag dan pembaca. Tag ini digunakan untuk menyimpan data manakala pembaca digunakan untuk membaca data dalam tag melalui perhubungan tanpa wayar. Tag RFID ini mengandungi beberapa litar bersepadu untuk penyimpanan data, pemproses data dan antena yang digunakan untuk penghantaran dan penerimaan data. Pembaca juga mempunyai komponen litar yang sama seperti tag tetapi tidak mempunyai data untuk disimpan sebaliknya setiap data yang diterima akan terus dipamerkan ke PC.

Dalam sistem RFID, tag terdiri daripada dua jenis, iaitu pasif dan aktif. Tag aktif menggunakan bateri sementara tag pasif menjana tenaga melalui gelombang mikro di udara. Tag aktif mengandungi penerima radio frekuensi yang digunakan untuk menerima dan menghantar data yang diperlukan oleh pembaca (penyelaras). RFID boleh dikelaskan kepada beberapa kumpulan mengikut frekuensi-frekuensi yang ditetapkan. Jadual 1.1 menunjukkan perbandingan di antara pengenalan radio frekuensi pasif dan aktif (Domdouzis *et al.*, 2007).

Jadual 1.1 : Perbandingan antara frekuensi RFID

<b>Frekuensi</b>	LF 125~135kHz	HF 13.56MHz	UHF 433~956 MHz	Microwave 2.45GHz & 5.8GHz
<b>Jarak</b>	<0.5m	0~2m	>3m	~100m
<b>Punca Kuasa</b>	Pasif (Induktif)	Pasif (Induktif)	Pasif (Induktif)	Aktif (Bateri)
<b>Simpanan Data</b>	Rendah	Rendah	Rendah	Tinggi
<b>Kadar perpindahan data</b>	1k bit/s	25k bit/s	100k bit/s	100k bit/s
<b>Aplikasi</b>	Pengenalan diri, pas keselamatan	Pembayaran tiket, penjejakan buku di perpustakaan	Penjejakan aset, pengurusan stok	Rangkaian pengesanan tanpa wayar

Berdasarkan kepada jadual di atas, tag aktif memerlukan bateri sebagai punca kuasa. Penggunaan bateri dalam tag aktif akan menyebabkan jangka hayat tag tersebut bergantung kepada kapasiti bateri itu. Berbeza dengan tag pasif yang memerlukan gelombang mikro dari pembaca pasif untuk menjana tenaga. Bagi memastikan jangka hayat tag aktif lebih lama, penggunaan kuasa yang rendah dalam sistem RFID amat penting. Selain daripada itu, penggunaan kuasa yang rendah akan menjimatkan kos penyelenggaraan sistem ini. Dengan itu, sistem RFID aktif akan lebih cekap dan lebih mudah untuk digunakan dalam pelbagai aplikasi.

## 1.2 Permasalahan kajian

Dalam sistem RFID aktif, perhubungan antara tag dan pembaca memerlukan penggunaan kuasa yang tinggi. Oleh sebab itu, penjimatan kuasa bateri amat dititik beratkan bagi mengurangkan kadar penyelenggaraan tag aktif. Jangka masa hayat bateri bergantung kepada penggunaan kuasa yang diperlukan oleh tag aktif (Geng *et al.*, 2008). Selain daripada itu, jangka hayat bateri juga bergantung kepada kapasiti bateri tersebut, semakin besar kapasiti bateri, semakin lama jangka hayat bateri.

Penggunaan kuasa yang kurang, akan menjadikan jangka hayat bateri lebih panjang walaupun menggunakan bateri berkapasiti rendah. Bateri berkapasiti rendah penting untuk tag aktif bagi mengurangkan kos dan penyelenggaraan serta dapat memastikan reka bentuk yang lebih kecil (Cho dan Baik, 2006). Terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk mengawal penggunaan kuasa bateri tag aktif, antaranya ialah tag berada dalam mod rehat jika tiada komunikasi antara tag dengan pembaca. Dengan menggunakan pengubah penganjak naik DC-DC, ia juga dapat meminimumkan penggunaan kuasa bateri kerana pengubah ini dapat menukar punca arus terus dari voltan tinggi ke paras voltan yang lebih rendah (Pollak *et al.*, 2008).

### **1.3 Objektif tesis**

Kajian ini dijalankan berpandukan kepada objektif-objektif seperti berikut:

1. Membangunkan sistem pengenalan radio frekuensi 2.45 GHz berkuasa rendah yang mengandungi pembaca dan tag.
2. Mengkaji tentang kadar penggunaan kuasa oleh tag pengenalan radio frekuensi aktif melalui konfigurasi mod rehat berkala pada jarak yang tetap.
3. Mengkaji tentang penggunaan pengatur lurus dan pengatur penukaran bagi meningkatkan kadar jangka hayat bateri dalam aplikasi pengenalan radio frekuensi aktif pada jarak yang tetap.

## **1.4 Skop Projek**

Pembangunan kajian ini hanya menumpukan kepada pengubahsuaian perkakasan sahaja. Oleh itu, kajian mengenai komponen-komponen utama dilakukan sebelum pemilihan dijalankan. Aspek penting yang diperlukan dalam pemilihan komponen utama kajian ini adalah frekuensi operasi dan teknologi perhubungan yang digunakan oleh modul penghantar terima RF. Sistem RFID aktif yang dibangunkan ini beroperasi dalam frekuensi 2.45 GHz. Pemilihan frekuensi ini adalah kerana ia beroperasi dalam jalur radio industri, saintifik dan perubatan (ISM). Jalur radio ISM merupakan satu jalur radio yang dikhaskan untuk kegunaan dalam industri, saintifik dan perubatan yang beroperasi tanpa menggunakan lesen. Operasi tanpa penggunaan lesen merupakan satu kelebihan beroperasi pada frekuensi 2.45 GHz berbanding sistem RFID yang beroperasi pada frekuensi-frekuensi yang lain.

Pembangunan kajian juga tertumpu kepada penggunaan modul Xbee sebagai peranti penghantar terima RF. Pemilihan modul ini adalah berdasarkan kepada sistem keseluruhan yang terdapat pada modul ini. Modul ini beroperasi dengan menggunakan teknologi ZigBee, iaitu piawaian IEEE 802.15.4 yang boleh digunakan untuk komunikasi penghantaran dan penerimaan data yang dibangunkan dengan penggunaan kuasa yang rendah, menjimatkan kos serta menampung rangkaian “mesh” bagi sistem tanpa wayar (Ahamed., 2009). Reka bentuk perkakasan dijalankan selepas pemilihan komponen-komponen utama selesai. Lukisan skematik diperlukan dalam kajian ini kerana ia akan digunakan untuk membuat reka bentuk papan litar cetak. Kedua-dua bahagian tag dan pembaca akan direka bentuk. Gabungan komponen pada papan litar cetak seterusnya ujikaji dilakukan bagi mendapatkan keputusan.

## **1.5 Rangkuman Tesis**

Laporan tesis ini mengandungi lima bab seperti berikut. Kajian literatur tesis ini akan berada pada bab dua. Dalam bab ini, penerangan lebih terperinci mengenai sistem pengenalan radio frekuensi aktif yang akan dibangunkan. Dalam bab ini juga diterangkan secara teori kaedah-kaedah yang digunakan bagi memastikan projek ini berjaya dihasilkan. Selain daripada pengenalan radio frekuensi, penggunaan pengatur le lurus dan pengatur penukaran akan diterangkan dalam bab dua ini.

Bab tiga mengandungi metodologi pembangunan sistem pengenalan radio frekuensi aktif yang digunakan. Selain daripada itu, penggunaan komponen-komponen dalam projek ini juga akan diterangkan dalam bahagian tag dan juga pembaca RFID. Penggunaan komponen-komponen ini amat penting kerana penyesuaian perkakasan juga perlu dititikberatkan. Penghasilan prototaip pengenalan radio frekuensi aktif 2.45GHz juga dijelaskan dalam bab ini.

Bab empat mengulas mengenai keputusan dan ulasan ujikaji yang dijalankan ke atas sistem prototaip pengenalan radio frekuensi yang dihasilkan. Bab terakhir mengandungi kesimpulan daripada hasil kajian ini serta langkah-langkah yang boleh digunapakai untuk memantapkan lagi projek ini pada masa hadapan.

## BAB 2

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Pendahuluan

Pembangunan sistem tanpa wayar ini telah bermula dari abad ke-18. Tetapi pada waktu itu, penggunaan sistem ini hanya tertumpu kepada penghantaran telegraf untuk tujuan komunikasi antara satu tempat dengan tempat yang lain. Perkembangan teknologi ini bermula apabila James Clerk Maxwell, meramal tentang kewujudan sinaran elektromagnet. Kajian demi kajian dibuat sehingga pada tahun 1896, Guglielmo Marconi berjaya membuat demonstrasi mengenai penghantaran isyarat radio melintasi Atlantik. Sejak dari itu, penggunaan isyarat radio menjadi keutamaan untuk tujuan penghantaran maklumat.

Penggunaan sistem pengenalan radio frekuensi (RFID) ini telah bermula sejak perang dunia kedua lagi. Pihak British telah menggunakan sistem “Identity Friend or Foe” (IFF) untuk mengenal pasti samaada jet pejuang musuh atau pihaknya. Sistem ini telah dibangunkan pada era 1950-an dan teknologi ini masih digunakan dalam industri peperangan (Roussos, 2008).

Sehingga kini, sistem RFID telah diperluaskan lagi penggunaannya. Pada tahun 2009, tag hibrid telah dibangunkan dengan menggabungkan sistem RFID, komunikasi satelit dan juga sistem kedudukan global (GPS). Tag ini direka bagi mengesan barangan di dalam rangkaian global, sama ada ia berada di dalam gudang ataupun sedang dimasukkan ke dalam kapal untuk penghantaran (Bacheldor, 2009). Ini memudahkan untuk mengenal pasti kedudukan barangan tersebut. Selain mengesan barangan, kajian yang dilakukan oleh Todorovic *et al.* (2013), penggunaan tag aktif RFID juga boleh digunakan kepada sistem perkapalan yang membawa

muatan yang mengandungi bahan yang mudah rosak atau barangan yang tidak tahan lama. Tag aktif RFID boleh digunakan pada barangan tersebut untuk mengenal pasti bahan yang dibawa tanpa perlu membuka untuk pemeriksaan.

Sistem pemantauan Penggunaan sistem RFID pada masa kini telah diperluas kepada pelbagai aplikasi. Menurut kajian yang dilakukan oleh Zhu *et al.* (2012) dan Nambiar (2009) teknologi RFID dapat membantu memudahkan proses pengenalan, dan pengesanan logistik dan rangkaian bekalan. Ia juga mengurangkan kos tenaga kerja, memudahkan proses serta meningkatkan tahap prestasi sistem rangkaian bekalan. Pengurusan sistem perpustakaan yang menggunakan teknologi RFID memudahkan pemantauan pergerakan buku, alatan, kelengkapan dan sebagainya dari satu tempat ke tempat yang lain (Suda dan Rani, 2013 dan Dhanalakshmi dan Mamatha, 2009). Sistem RFID aktif juga boleh digunakan untuk pemantauan dalam wad bersalin seperti yang dibangunkan oleh Hussian *et al.* (2013) dan juga pemantauan dalam bangunan yang besar (Casano dan Moreno, 2010).

Sistem pengangkutan seperti sistem operasi keretapi juga boleh menggunakan sistem RFID untuk tujuan penambahbaikan. Kajian yang dilakukan oleh Amanna *et al.* (2010) mengenal pasti kelebihan dan kekurangan menggunakan RFID aktif dan RFID pasif dalam sistem operasi keretapi. Penggunaan sistem RFID dalam bidang perternakan digunakan oleh Jabatan Pertanian Amerika Syarikat untuk binatang ternakan lembu (Grooms, 2007). Tag dilekatkan pada telinga lembu untuk tujuan pemantauan. Data tag akan dipindahkan melalui penghantar terima kepada hos untuk tujuan pengumpulan data. Kajian yang dibuat oleh Mishra *et al.* (2014) menjelaskan penggunaan sistem RFID dalam industri perlombongan boleh digunakan dari julat frekuensi rendah hingga ke frekuensi tinggi. Setiap julat frekuensi boleh digunakan mengikut aplikasi yang bersesuaian dengan industri

perlombongan. Begitu juga dalam industri petrokimia. Penggunaan sistem RFID membantu sistem pengurusan rondaan yang dilakukan sebelum ini. Ia dapat membantu dalam mengurangkan tenaga kerja, kerja lebih masa semasa proses merekod dan mengisi laporan ke dalam dokumen elektronik (Chung *et al.*, 2014).

RFID aktif mempunyai kelebihan pada jarak berkesan berbanding dengan RFID pasif. Penggunaan RFID aktif dalam penentuan kedudukan dalam bangunan memberikan kelebihan berbanding dengan sistem GPS. Dengan menggunakan gabungan 'Received Signal Strength Indication' (RSSI) dan sistem pengecilan kuasa, golongan OKU dapat mengetahui kedudukan mereka dan tiba ditempat yang dituju (Alghamdi dan van Schyndel, 2014). Selain daripada itu, gabungan sistem RFID aktif dengan rangkaian pengesan tanpa wayar membolehkan pemantauan dilakukan pada masa sebenar (Rajesh, 2013, Chen *et al.*, 2010, Wang, 2010, Hasnan *et al.*, 2014, Zhang *et al.*, 2014 dan Qu *et al.*, 2010). Gabungan kedua-dua teknologi ini juga akan meningkatkan kecekapan tenaga bagi sistem RFID aktif (Nedelcu *et al.*, 2011).

## **2.2 Komponen Utama Sistem Pengenalan Radia Frekuensi**

Dua komponen utama dalam sistem RFID ialah pembaca RFID dan tag RFID. Penambahan penghala dalam sesuatu sistem diperlukan mengikut rangkaian yang ingin dibangunkan. Kedua-dua komponen ini merupakan komponen asas dalam sistem RFID.

### **2.2.1 Tag Pengenalan Radio Frekuensi**

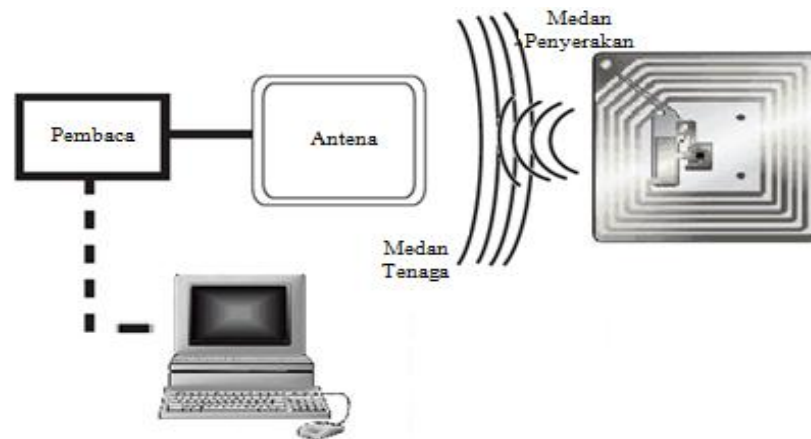
Tag pengenalan radio frekuensi merupakan satu komponen penting dalam sistem pengenalan radio frekuensi. Tag ini mempunyai nombor identiti dan juga



menyimpan data berkenaan dengan barang yang ditag. Dalam sistem RFID, tag dapat dikelaskan sama ada tag pasif atau tag aktif. Kedua-dua tag ini berbeza antara satu sama lain. Rajah 2.1 menunjukkan sistem pengenalan radio frekuensi pasif.

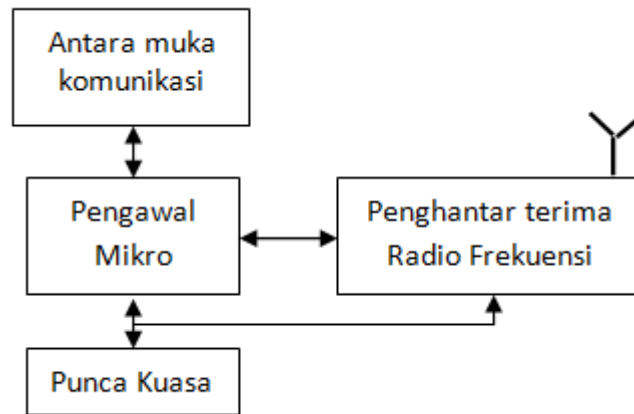
Sistem pengenalan radio frekuensi ini beroperasi apabila pembaca memancarkan isyarat pada frekuensi yang tetap. Jika tag berada didalam kawasan lingkaran pembaca, tag akan dihidupkan dan menghantar data yang diperlukan kepada pembaca melalui bahagian penyebaran dari tenaga yang diterima olehnya. Data yang diterima oleh pembaca ini akan disalurkan kepada sistem terakhir atau 'back end' untuk proses pengenalan objek yang ditag. Prestasi sistem RFID pasif ini bergantung kepada kekuatan sistem penyebaran yang berada pada tag tersebut. Sistem penyebaran yang lemah akan mempengaruhi jarak pembaca untuk mengesan tag yang berada didalam kawasannya. Keadaan ini akan menyebabkan sistem RFID pasif memiliki jarak berkesan yang agak terhad, bergantung kepada kekuatan antena pembaca sistem tersebut.

Tag pasif menggunakan sumber kuasa dari antena pembaca RFID pasif, namun masih ada kuasa yang diperlukan oleh tag tersebut. Cheng *et al.* (2012) membuat kajian untuk mengurangkan arus yang diperlukan oleh tag pasif dengan menambahbaik litar pengawal jajaran bagi mengurangkan ketirisan bit memori. Reka bentuk EEPROM dioptimumkan bagi mengurangkan penggunaan kuasa tag pasif. Penggunaan 'Field-programmable Gate Array' (FPGA) dalam tag RFID aktif membolehkan penggunaan kuasa yang rendah bagi tag aktif tersebut.



Rajah 2.1: Sistem pengenalan radio frekuensi pasif

Bagi tag aktif pula, ia mempunyai punca kuasa luar untuk menghidupkannya, iaitu bateri. Maka tag aktif memerlukan komponen-komponen yang lain untuk menghasilkan isyarat, berbeza dengan tag pasif yang hanya mempunyai cip dan antena. Oleh kerana tag ini menggunakan bateri, jarak komunikasi antara pembaca dan tag lebih baik jika dibandingkan dengan tag pasif. Dalam kajian yang telah dijalankan oleh Cho dan Baek (2006), pembangunan platform bagi sistem aktif RFID telah direkapipta. Kajian yang telah dijalankan adalah untuk membangunkan sistem aktif RFID yang mematuhi piawaian ISO/IEC 18000-7, mengkaji mekanisma untuk menjimatkan kuasa tag serta mengenal pasti kadar kehadiran tag. Tag aktif RFID dibangunkan dengan menggunakan Atmel pengawal mikro Atmega128L, Semtech XE1203F penghantar terima RF 433MHz dan beberapa komponen lain seperti Rajah 2.2.



Rajah 2.2: Gambar rajah blok tag aktif

Berdasarkan kepada Rajah 2.2, dapat disimpulkan bahawa tag aktif lebih kompleks berbanding dengan tag pasif. Tag aktif memerlukan penghantar terima RF dan juga pengawal mikro sebagai otak untuk berfungsi. Tanpa kedua-dua komponen ini, sesebuah tag aktif tidak dapat dibangunkan. Selain daripada itu, sistem pengurusan kuasa juga penting bagi tag aktif kerana ia menggunakan sumber kuasa luar untuk dihidupkan. Tag aktif juga boleh diintegrasikan dengan aplikasi-aplikasi lain seperti pengesanan suhu, cahaya serta penyimpanan data yang lebih besar. Jadual 2.1 menunjukkan rangkuman perbezaan di antara tag pasif serta tag aktif.

Jadual 2.1: Perbezaan tag pengenalan radio frekuensi

	<b>RFID aktif</b>	<b>RFID pasif</b>
Sumber kuasa	Bateri	Tenaga yang disalurkan dari pembaca
Kuasa yang berterusan	Ya	Jika berada dikawasan pembaca
Kekuatan isyarat yang diperlukan oleh pembaca	Sangat rendah	Sangat tinggi
Simpanan Data	Sehingga 128k Bit	128 Bit
Jarak	10 – 100 m	3 – 5 m

Mane (2013) dan Patil dan Bedekar (2014) juga membangunkan tag aktif RFID berfrekuensi 2.45 GHz dengan menggunakan cip 2500 dan pengawal mikro 8051. Bagi Shi *et al.* (2013), cip nRF24L01 digunakan untuk membangunkan sistem

RFID aktif. Dengan penambahan algoritma anti pelanggaran, sistem RFID aktif yang dibangun lebih efektif dalam komunikasi di antara tag dan pembaca aktif. Song *et al.* (2011) membangun sistem RFID aktif yang menggunakan cip nRF24LE1 dengan penambahan ciri mod lompatan frekuensi yang memainkan peranan untuk menghantar isyarat untuk menukar mod tag dari keadaan pasif kepada keadaan aktif.

Su dan Xu (2010) menggabungkan sistem RFID aktif yang mengandungi pengawal mikro berkuasa rendah MSP430 untuk menghadkan pengeluaran kuasa kepada modul CC1100 untuk meningkatkan masa operasi sistem yang dibangun. Reka bentuk tag aktif memerlukan penelitian dari segi prestasi RF dan juga pengurusan kuasa efisien. Jika tag aktif berupaya beroperasi dengan menggunakan kuasa yang rendah, jangka hayat bateri dapat dilanjutkan sehingga 5 tahun, bergantung kepada keupayaan bateri tersebut (Baumann, 2006). Terdapat pelbagai teknik yang digunakan untuk meminimumkan penggunaan kuasa tag aktif. Antara teknik tersebut ialah menggunakan pengawal mikro berkuasa rendah, menukar mod tag kepada mod tidur jika tiada komunikasi antara satu sama lain serta penambahan pengubah penganjak naik DC-DC pada sistem pengurusan kuasa.

Konsep tag RFID tanpa cip yang diperkenalkan Hashemi *et al.* (2013), Vena *et al.* (2011) dan Preradovic and Karmakar, (2012) menjadi salah satu penyelesaian untuk mengurangkan kos tag RFID. Selain itu, pembangunan tag RFID aktif yang menggunakan kuasa piezoelektrik membantu dalam penyelidikan RFID aktif. Tenaga yang ditukar dari sistem mekanikal kepada elektrik menjadikan tag RFID aktif lebih cekap. Walaupun kuasa yang rendah dapat disalurkan kepada tag RFID aktif, kajian yang dilakukan Chu *et al.* (2011) dapat digunakan oleh aplikasi RFID aktif yang memerlukan kuasa rendah untuk beroperasi. Masalah jangka hayat yang rendah oleh

tag aktif menyebabkan banyak kajian dilakukan bagi meningkatkan tempoh hayat tersebut. Tenaga semulajadi yang ditukar kepada tenaga elektrik memberi kelebihan kepada tag RFID aktif. Kajian yang dilakukan oleh Saeki *et al.* (2013) dan Dalola *et al.* (2008) menggunakan termoelektrik sebagai punca kuasa untuk tag RFID aktif. Penganjak DC-DC digunakan untuk meningkatkan voltan termoelektrik kepada voltan yang sama dengan bateri litium, iaitu 3.3V. Huang *et al.* (2011) mereka bentuk tag RFID aktif yang mengandungi bateri nipis, cip RF, antena serta mempunyai pelbagai kelebihan termasuk saiz yang kecil, ringan dan bentuk yang fleksibel.

Kebanyakan penyelidikan dijalankan ke atas sistem pengenalan radio frekuensi aktif kerana pelbagai modifikasi boleh dijalankan untuk memperbaiki kualiti sistem RFID aktif terutamanya pada bahagian tag. Dalam kajian yang dilakukan oleh Sun *et al.* (2009), reka bentuk sistem aktif RFID dibangunkan untuk aplikasi logistik yang berkesan. Sistem yang dibangunkan ini beroperasi pada frekuensi 2.45 GHz serta dilengkapi dengan algoritma anti konflik bagi penerimaan data. Selain daripada itu, penggunaan kuasa yang rendah juga menjadi salah satu faktor penting yang dititikberatkan dalam membangunkan sistem ini. Dengan adanya empat keadaan yang berbeza pada sistem tag, penggunaan kuasa dapat dijimatkan kerana tag hanya akan dihidupkan apabila komunikasi hendak dijalankan. Teknologi AR-RFID yang dibangunkan oleh Ginters *et al.* (2013) adalah salah satu jalan penyelesaian untuk industri logistik.

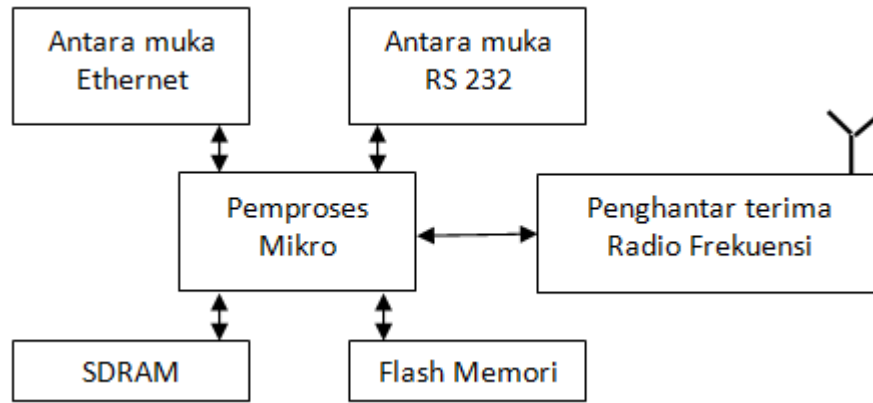
Kebiasaannya, penggunaan kuasa yang tinggi memberikan kelebihan dari segi jarak pada sesuatu sistem RFID aktif. Penggunaan kuasa yang tinggi merupakan salah satu faktor mengapa sistem ini kurang berkesan berbanding sistem pengenalan radio frekuensi pasif yang tidak menggunakan kuasa luar. Mekanisma untuk menjimatkan penggunaan kuasa adalah penting bagi memastikan jangka hayat tag

aktif dapat dipanjangkan. Dengan menggunakan pemproses yang boleh dimatikan apabila tiada aktiviti komunikasi, Cho dan Baek (2006) telah membangunkan sistem RFID aktif beroperasi pada frekuensi 433MHz. Sistem yang dibangunkan ini mementingkan penggunaan kuasa yang rendah untuk meningkatkan jangka hayat tag aktif sistem tersebut. Sistem ini terdiri daripada penerima RF XEMIC iaitu siri XE1203, jam masa nyata serta pemproses Atmega 128L daripada Atmel. Dengan menganggap sistem ini beroperasi secara seragam, penggunaan arus oleh tag pada sistem ini ialah 0.30876 mA per jam. Ia menggunakan bateri AA berkuasa 2500 mAh dan dijangka dapat menghidupkan tag aktif ini hampir 1 tahun.

Selain daripada reka bentuk pekakasan, kaedah untuk penjimatan kuasa juga bergantung kepada protokol komunikasi yang digunakan oleh sistem RFID aktif tersebut. Dalam kajian yang dilakukan oleh Nilsson *et al.* (2007), terdapat perbandingan di antara protokol yang boleh digunakan dalam sistem RFID aktif iaitu protokol “Free2move”, penambahbaikan protokol “Free2move”, lapisan Mac 802.15.4 ZigBee dan protokol bayangan sebagai tanda aras rujukan kepada perbandingan ini. Setiap protokol komunikasi berbeza di antara satu sama lain. Bagi protokol “Free2move”, ia memang dibangunkan untuk kegunaan sistem RFID aktif manakala 802.15.4 pula, ia merupakan protokol asas yang dibangunkan oleh IEEE yang memiliki spesifikasi seperti kadar penghantaran data yang rendah, jarak yang dekat serta penggunaan kuasa yang rendah. Kesimpulannya, kedua-dua protokol “Free2move” dan 802.15.4 memiliki kelebihan serta kekurangan antara satu sama lain.

### 2.2.2 Pembaca Pengenalan Radio Frekuensi

Pembaca RFID selalunya bertindak sebagai tuan dalam suatu sistem. Bagi pembaca RFID pasif, ia bertindak sebagai pemberi tenaga kepada tag untuk dihidupkan serta memberi isyarat kepada tag supaya menghantar maklumat yang dikehendakinya. Pembaca akan menghantar isyarat melalui antena. Terdapat juga pembaca yang menghantar isyarat melalui beberapa antena di lokasi yang berlainan. Ini bergantung kepada reka bentuk pembaca tersebut. Pembaca RFID ini boleh dikawal melalui komputer atau peranti yang lain menggunakan antara muka RS-232, “Universal Serial Bus” (USB) ataupun sistem “Bluetooth”. Pemproses mikro akan mengawal komunikasi penerima RF di antara pembaca dengan tag serta memproses data dan aktiviti-aktiviti yang akan dilakukan oleh pembaca tersebut sebelum dihantar kepada hos atau komputer. Rajah 2.3 menunjukkan gambar rajah senibina pembaca RFID aktif (Yoon *et al.*, 2008). Dalam kajian ini, penambahbaikan dilakukan untuk mengatasi masalah kecekapan semasa pengumpulan data tag aktif. Penggunaan mekanisma baru dalam pemilihan saiz slot oleh pembaca RFID dicadangkan dalam kajian yang dijalankan oleh Yoon *et al.* (2008). Selain daripada itu, penukaran mod tag RFID ke mod rehat secara serentak kepada tag yang telah menghantar data kepada pembaca juga dapat mengurangkan masa pengumpulan data berbanding dengan mekanisma yang terdahulu.



Rajah 2.3: Senibina untuk pembaca RFID aktif

Mekanisma penyusunan data bagi komunikasi tanpa wayar amat penting bagi mengelak kehilangan data. Pelbagai protokol atau algoritma dibangunkan bagi mengatasi masalah kehilangan data semasa proses komunikasi. Geng *et al.* (2010) mencadangkan penggunaan algoritma ‘Improved Dynamic Framed Slotted Aloha’ (IDFSA) dengan mengelaskan tag RFID aktif kepada saluran frekuensi yang berbeza.

Kajian yang dibuat oleh Yoon *et al.* (2008) menggunakan mekanisma bagi memudahkan pembaca RFID memilih untuk mengoptimumkan saiz slot. Mekanisma penghantaran secara siaran untuk tag RFID aktif berada dalam keadaan mod rehat juga dilaksanakan bagi meningkatkan kadar pengumpulan tag aktif manakala kajian Yoon *et al.* (2012) pula menggunakan kaedah ‘Identified Slot Scan-based TCA’ (ISS-TCA) bagi meningkatkan pengumpulan tag RFID aktif. Wang *et al.* (2013) mencadangkan penggunaan protokol ‘Collision-Free Arbitration’ (CFA) dalam sistem RFID aktif. Mekanisma pengesan pelanggaran, mekanisma mengelakkan pelanggaran dan kecekapan penerimaan tag diperkenalkan dalam protokol ini bagi meningkatkan kecekapan sistem RFID aktif. Untuk sistem RFID aktif yang berskala besar, (Cho *et al.*, 2011) mencadangkan penggunaan pembaca aktif berganda. Ia menggunakan kaedah ‘multihop’ bagi meningkatkan kawasan jaringan dan



mbolehkan pengumpulan tag RFID aktif yang berada di luar kawasan komunikasi. Dengan kawasan jaringan yang besar, kebarangkalian yang tinggi untuk tag RFID aktif hilang dari pemantauan. Li *et al.* (2013) telah membangunkan protokol yang mengesan tag aktif yang berada diluar kawasan dengan lebih cepat dan dapat mengurangkan masa pelaksanaan sistem tersebut.

### **2.3 Teknologi ZigBee untuk Pengenalan Radio Frekuensi**

Objektif utama bahagian ini adalah untuk menerangkan dengan lebih lanjut mengenai teknologi ZigBee yang digunakan dalam sistem RFID ini. Teknologi ZigBee ini dipilih untuk digunakan dalam kajian ini adalah kerana ia mempunyai kadar data yang rendah, penggunaan kuasa yang kecil dan sekaligus memberi kesan kepada jangka hayat satu sistem yang menggunakan bateri sebagai punca kuasa. Dengan kadar data sebanyak 250kbps, teknologi ini sering digunakan dalam aplikasi yang berkaitan dengan pengesanan dan juga sistem penggera.

Teknologi ZigBee ini dibangunkan oleh ZigBee Alliance pada tahun 2003. Dengan menggunakan piawaian IEEE 802.15.4 untuk perhubungan data, ZigBee adalah salah satu piawaian global dalam protokol komunikasi dibawah kumpulan IEEE 802.15 (Ahamed, 2009). Peranti yang menggunakan teknologi ZigBee ini mempunyai kadar data yang terhad berbanding teknologi tanpa wayar yang lain seperti “Bluetooth” yang mampu mencecah 1Mbps. Jadual 2.2 menunjukkan perbezaan di antara ZigBee dengan teknologi tanpa wayar yang lain.

Jadual 2.2: Perbezaan antara sistem tanpa wayar

<b>Piawai</b>	<b>Jalur Lebar</b>	<b>Jarak</b>	<b>Saiz protokol</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Aplikasi</b>
Wi-Fi	Sehingga 54Mbps	100m	100+KB	Kadar data yang tinggi	Kegunaan Internet, rangkaian PC, pemindahan fail
Bluetooth	1Mbps	10m	100+KB	Keboleh operasian, pengantian wayar	USB tanpa wayar, tetikus tanpa wayar
ZigBee	250kbps	5-100m	4-32KB	Jangka hayat bateri lebih lama, kos rendah	Sistem kawalan jauh, sistem pemantauan tanpa wayar

Dalam kajian yang dilakukan oleh Liu dan Fan (2008), ZigBee digunakan untuk di integrasi dengan sistem lokasi masa nyata. Sistem ini hampir sama dengan sistem GPS tetapi digunakan untuk kegunaan dalam bangunan. ZigBee dipilih kerana ia mempunyai kelebihan seperti kos penyelenggaraan yang rendah, dan penggunaan kuasa yang rendah. Selain daripada itu, perhubungan dua hala juga menjadikan teknologi ini sesuai diaplikasikan dalam sistem penentuan lokasi dalam bangunan. Dengan wujudnya kajian ini, terbukti teknologi ZigBee ini sesuai digunakan untuk jaringan pengesan tanpa wayar berdasarkan kelebihan yang ditawarkan oleh teknologi tersebut. Abdulla (2013) menghuraikan kemungkinan teknologi ZigBee boleh dilaksanakan dalam tag RFID aktif berdasarkan kepada kelebihan yang ada pada teknologi ZigBee.

Bagi teknologi ZigBee, ia juga dapat beroperasi di dalam mahupun di luar bangunan. Ini merupakan satu kelebihan teknologi ini berbanding GPS yang hanya boleh beroperasi di luar bangunan dengan bantuan satelit. Dalam kajian Hatem dan Habib (2010), RFID digabungkan dengan rangkaian pengesan tanpa wayar bagi meningkatkan sistem perkhidmatan bas. Sistem yang dicadangkan ini digabungkan dengan teknologi Closed-Circuit Television (CCTV) dan juga GPS. Sistem RFID

yang digabungkan ini akan membantu sistem GPS yang bergantung kepada satelit serta perlu berada pada garisan penglihatan. Dengan penambahan sistem RFID, ia memberi kelebihan dari segi komunikasi serta pengesanan kenderaan. Di samping itu, ia juga dapat menjimatkan kos serta masa yang diperlukan untuk pemasangan.

Aplikasi penggunaan tag aktif yang di integrasi dengan pengesan agak meluas dalam industri elektronik secara umumnya. Walaupun pembangunan peranti ini mulanya adalah untuk keselamatan peralatan, namun kelebihannya yang boleh mengawal peranti lain melalui RF boleh mengembangkan lagi kegunaan sistem ini (Douglas, 1998). Terdapat pelbagai jenis pengesan yang boleh digunakan untuk di integrasi dengan sistem tanpa wayar contohnya pengesan suhu. Aplikasi yang boleh menggunakan pengesan ini adalah untuk aplikasi rumah hijau. Sepertimana yang diketahui, rumah hijau ini dibangunkan untuk memastikan tanaman yang ditanam menerima suhu, kelembapan serta cahaya yang bersesuaian. Suhu di dalam rumah hijau perlu dititik beratkan supaya mendapat hasil tanaman yang baik. Jadi, integrasi antara teknologi ZigBee dan pengesan suhu ini memenuhi kriteria yang diperlukan oleh rumah hijau (Ismail *et al.*, 2008)

#### **2.4 Kajian berkenaan Penjimatan Kuasa dalam Sistem Pengenal Radio Frekuensi**

Kebanyakan reka bentuk terkini menekankan sistem berkuasa rendah. Kelebihan reka bentuk yang mempunyai sistem ini ialah ia dapat mengurangkan penggunaan kuasa serta kos sesuatu produk. Terdapat pelbagai teknik yang digunakan selain daripada pengubahsuaian pada pekakasan dalam penjimatan kuasa untuk sistem perhubungan tanpa wayar. “Connected Dominating Set” (CDS) adalah salah satu protokol dalam menjimatkan kuasa nod dalam rangkaian (Baronti *et al.*, 2007). Teknik ini memilih beberapa nod untuk dijadikan tulang belakang dalam

rangkaian dan sentiasa aktif untuk memastikan rangkaian sentiasa berhubung antara satu sama lain. Nod yang aktif ini juga berperanan menyimpan data sementara untuk nod biasa. Nod biasa akan berada dalam keadaan mod rehat semasa berada dalam rangkaian. Nod ini hanya akan aktif secara berkala untuk proses penukaran data. Memandangkan nod yang menjadi tulang belakang rangkaian menggunakan kuasa yang banyak, protokol CDS akan melakukan penukaran nod antara satu sama lain.

Pendekatan pada lapisan “Medium Access Control” (MAC) merupakan teknik lain yang digunakan bagi tujuan penjimatan kuasa (Baronti *et al.*, 2007). Lapisan MAC digunakan tanpa melibatkan sebarang perubahan pada lapisan atasan dalam tindakan protokol ini. Terdapat beberapa protokol lain yang mengubahsuai lapisan MAC bagi meminimumkan penggunaan kuasa, antaranya protokol “Slot-based” dan juga protokol “Time Division Multiple Acces (TDMA). Protokol S-MAC, T-MAC dan DS-MAC juga merupakan salah satu teknik yang menggunakan lapisan MAC. Ia merupakan protokol yang membahagikan masa kepada beberapa sela bagi tujuan untuk mengekalkan nod berada dalam keadaan aktif dan juga rehat. Penyaluran data dan isyarat pada dua saluran yang berbeza juga merupakan cabang yang dikaji dalam penjimatan kuasa. Saluran data hanya digunakan untuk menyalurkan data dan mesej pengawasan manakala saluran isyarat hanya digunakan untuk memberi notifikasi kepada nod. Piawaian IEEE 802.15.4 juga merupakan salah satu protokol yang menggunakan lapisan MAC. Piawaian ini dibangunkan bagi menyokong gabungan-gabungan lain tetapi memastikan penjimatan kuasa yang signifikan.

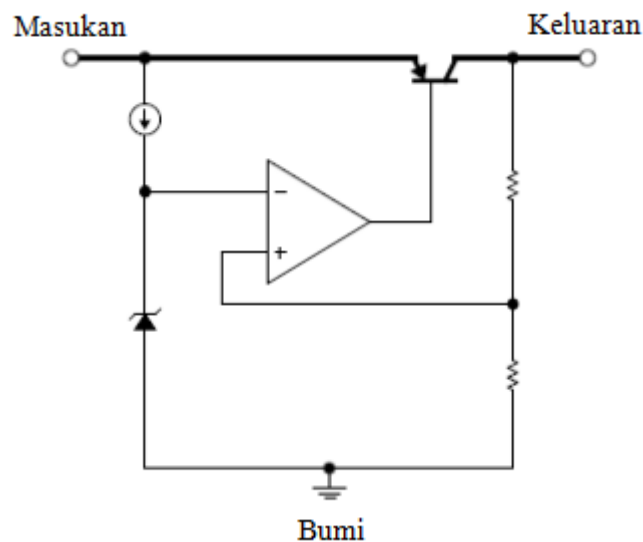
Pendekatan pada lapisan bersilang akan menggabungkan informasi dari lapisan atasan dalam tindakan protokol dengan pendekatan lapisan MAC bagi mencapai penjimatan tenaga yang berkesan (Baronti *et al.*, 2007). Gabungan

maklumat ini di cadangkan menggunakan informasi lapisan rangkaian untuk memacu lapisan MAC bagi mod aktif dan rehat (Zheng and Cravert, 2003). Penggabungan ini menukarkan mod ke mod operasi rendah berkala dan komunikasi hanya berlaku apabila nod berada dalam mod aktif. Pengawasan pada topologi juga salah satu kaedah menjimatkan kuasa bagi sesuatu sistem tanpa wayar (Baronti *et al.*, 2007). Tujuan pembangunan pengawasan ini adalah untuk memaksimumkan kapasiti rangkaian dan mengurangkan kadar penggunaan tenaga kerana hanya kuasa yang minimum diperlukan bagi melakukan sebarang aktiviti. Dalam kajian yang dijalankan Li *et al.* (2009), penggunaan “System on Chip” (SoC) dicadangkan pada nod ZigBee. Pemproses “Advance Encryption Standard” (AES) telah digabungkan dalam SoC dan hanya akan beroperasi apabila diperlukan oleh ZigBee. Penggunaan kuasa semasa tag RFID aktif berada dalam keadaan mod lengah lebih tinggi berbanding tag aktif berada dalam keadaan mod penghantaran dan penerimaan data. Kajian yang dilakukan oleh Lee *et al.* (2014) membangunkan protokol ‘Reservation Aloha for No Overhearing’ (RANO) dengan memastikan tag RFID aktif berada dalam mod rehat jika tiada komunikasi antara tag aktif tersebut dengan pembaca RFID aktif.

Selain daripada kajian-kajian yang telah diterangkan, seksyen ini juga menerangkan kaedah lain yang boleh digunapakai dalam penjimatan kuasa iaitu penggunaan pengatur lurus dan pengatur penukaran (Heidrich *et al.*, 2010). Penerangan ini hanya menumpukan kepada penambahan litar pada tag aktif. Kaedah ini diperlukan untuk mengurangkan penggunaan kuasa tag aktif selain daripada menggunakan kaedah mod rehat oleh tag. Penerangan secara terperinci berkenaan pengatur lurus dan pengatur penukaran yang merupakan tulang belakang dalam kajian yang dilakukan.

### 2.4.1 Pengatur Lelurus

Setiap produk elektronik memerlukan arus malar ataupun voltan malar untuk beroperasi. Pengatur lelurus ini boleh digunakan untuk memastikan arus dan voltan adalah malar, menjimatkan kos serta memiliki prestasi yang tinggi untuk membekalkan kuasa kepada sesuatu produk. Pengatur lelurus ini terbahagi kepada dua iaitu pengatur lelurus piawaian dan pengatur penurunan keluaran rendah (LDO) (Michael Day, Texas Instrument). Rajah 2.4 menunjukkan litar asas untuk pengatur lelurus. Litar ini terdiri daripada komponen-komponen asas seperti Op-Amp, transistor, diod dan beberapa perintang. Secara umumnya, Op-Amp mengawal transistor berdasarkan kepada voltan keluaran sebagai rujukan. Jika voltan keluaran menyusut, Op-Amp akan meningkatkan pemacuan supaya voltan keluaran berada pada aras yang ditetapkan.



Rajah 2.4: Litar asas untuk pengatur lelurus.

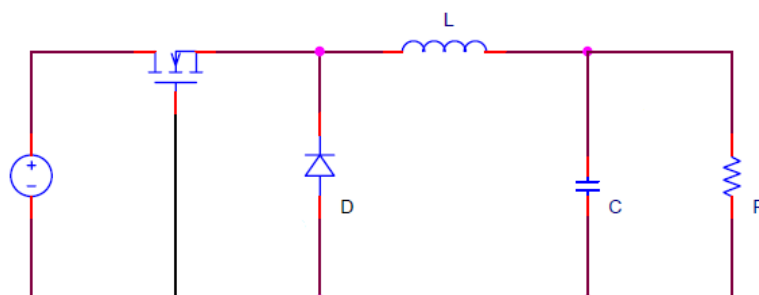
Kelebihan menggunakan pengatur lelurus dalam sistem pengurusan kuasa ialah ia dapat memberikan voltan keluaran yang malar dan tepat. Di samping itu, ia juga boleh melindungi litar jika terdapat masalah arus berlebihan. Penggunaan

pengatur lurus diperlukan dalam litar sumber kuasa AC-DC bagi mengurangkan arus pancang. Perubahan arus AC kepada DC memerlukan litar luar untuk memberikan keluaran arus yang bersih dan malar. Selain daripada itu, litar yang menggunakan bateri sebagai kuasa juga perlu memerlukan pengatur lurus kerana bateri akan mengalami proses dinyahcas. Jadi penggunaan voltan yang berlebihan akan merugikan kuasa bateri tersebut.

Kegunaan LDO kebanyakannya hampir sama dengan pengatur lurus. Perbezaan di antara kedua-dua pengatur ini ialah LDO direka bentuk untuk meminimumkan ketepuan transistor dan boleh menetapkan keluaran voltan yang dikehendaki oleh pengguna. Penggunaan pengatur ini lebih tertumpu kepada alat komunikasi, peranti yang memiliki arus yang rendah serta mikro pemproses yang berprestasi tinggi.

#### 2.4.2 Penganjak Turun

Fungsi penganjak turun ini sama seperti pengatur keciciran lurus yang menurunkan voltan masukan kepada voltan keluaran seperti yang dikehendaki tetapi sistem ini menggunakan mod suis. Rajah 2.5 menunjukkan litar asas penganjak turun (Erickson, 2007). Penganjak turun mengandungi komponen asas seperti transistor, diod, induktor, kapasitor dan juga perintang.



Rajah 2.5: Litar asas untuk penganjak turun