

MENKKAJI DAN MENGANALISA KADAR KELAJUAN PENGHANTARAN DATA DARI SUDUT DAN KETINGGIAN YANG BERBEZA BAGI TEKNOLOGI *LIGHT FIDELITY* (LiFi)

Mohamad Haziq Bin Mohamad Sabri

Prof Madya Dr Rosilah Hassan

Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRAK

Teknologi rangkaian tanpa wayar semakin menjadi pilihan kerana keberkesannya serta mampu memudahkan pengguna. IEEE 802.11 atau WiFi merupakan satu pendekatan yang terbaik sehingga hari ini dalam memastikan pengguna dapat mencapai rangkaian internet. Namun begitu, terdapat beberapa halangan yang dihadapi oleh WiFi yang tidak efisien untuk diatasi seperti masalah kelajuan dan kededahan data terhadap penggodam. Keadaan telah menekan pembinaan teknologi baharu dalam memastikan masalah dapat diselesaikan. Oleh itu, satu pembinaan infrastruktur teknologi LiFi telah mula dibangunkan sejak tahun 2011. Sehingga hari ini, teknologi ini masih dalam fasa penyelidikan dan pembangunan. LiFi merupakan satu teknologi alternatif bagi teknologi WiFi. Ia menggunakan cahaya sebagai medium penghantaran. Dengan adanya LiFi, data dapat dihantar dengan lebih laju berbanding WiFi. Pelbagai sektor bakal merasai kenikmatan kecanggihan teknologi LiFi seperti sektor perubatan, penerbangan, keselamatan dan sebagainya. Antara kekurangan teknologi ini adalah kelajuan penghantaran data mungkin tidak stabil kerana dipengaruhi oleh kehadiran cahaya lain seperti lampu, matahari dan objek legap. Justeru, satu analisa pengukuran kelajuan data akan dilakukan untuk memberi gambaran sejauh mana gangguan dan kedudukan pengguna mempengaruhi teknologi ini. Satu pengesan cahaya yang dikawal oleh papan Arduino Uno diimplementasi dalam projek ini. Kelebihannya adalah setiap perubahan sudut dilakukan secara automatik kerana adanya papan Arduino Uno. Lantas, pergerakan perubahan sudut dapat dilaksana dengan mudah. Maka, masa dapat dijitamkan. Apabila analisa ini selesai, satu set senarai kelajuan penghantaran data bagi teknologi LiFi dapat dipaparkan. Ini sangat membantu dalam usaha melakukan penambahbaikan bagi teknologi ini.

1 PENGENALAN

Pada masa kini, penggunaan internet meningkat secara mendadak disebabkan peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan penggunaan peranti pintar. Setiap lapisan masyarakat memerlukan capaian internet bagi memudahkan urusan seharian mereka. Oleh hal yang demikian, teknologi sedia ada 4G atau generasi ke-4 tidak lagi mampu menampung bilangan

peranti yang sedia ada dalam memastikan semuanya dapat dicapai dengan kelajuan internet yang sepatutnya. Kekurangan ketersediaan jalur lebar pada masa kini mencetuskan pelbagai usaha dari variasi individu mahupun syarikat untuk menghasilkan teknologi baharu bagi mengatasi isu yang timbul ini. Professor Harald Haas menjadi individu terawal yang mula memperkenalkan teknologi *Light Fidelity* yang sesuai digunakan dalam teknologi 5G. Syarikat TED, Qualcomm dan Ericsson antara organisasi awal yang cuba untuk menghasilkan teknologi ini. Walaupun berbeza sektor penyelidikan dan pembangunan, namun semuanya mempunyai matlamat yang sama yakni penggunaan cahaya sebagai medium penghantaran data.

Mengikut kajian semasa, kelajuan cahaya antara terpantas dalam spektrum elektromagnet yang mana boleh mencecah 299792458 meter per saat @ 3×10^8 m/s. Dengan wujudnya teknologi ini, kelajuan data dapat dihantar sekurang-kurangnya satu gigabit per saat. Selain itu, ketersediaan jalur lebar akan bertambah kerana teknologi LiFi akan menggunakan gelombang millimeter. Oleh kerana frekuensi berkadar songsang dengan saiz gelombang, maka apabila spektrum frekuensi berada pada paras tinggi, lebih banyak jalur lebar dapat diperolehi. Justeru, semakin banyak isyarat digital dapat dimasukkan pada frekuensi tersebut. Berdasarkan informasi yang diberikan oleh Kesatuan Telekomunikasi Antarabangsa (ITU), 5G akan menggunakan frekuensi sekitar 30 – 60 GHz. Kebaikan menggunakan cahaya juga adalah dapat mengatasi masalah gangguan elektromagnetik dalam gelombang radio. Pelbagai teknologi yang dikenali sebagai pemancaran LiFi bakal diperkenalkan kepada umum saban hari antaranya lampu LiFi, sistem pengangkutan pintar, persekitaran data sensitif dan banyak lagi.

LiFi adalah kaedah tanpa wayar yang menggunakan diod pemancar cahaya dan pengesan foto untuk melaksanakan proses penghantaran data. Ianya diklasifikasikan sebagai komunikasi berkelajuan tinggi. Kegunaan LiFi adalah jalan alternatif untuk memperoleh capaian internet. Liputan LiFi hanya meliputi sepuluh meter sahaja. Oleh itu, ianya lebih selamat berbanding WiFi dalam konteks kededahan kepada penggodam. LiFi akan terbatas dengan kewujudan pembahagi fizikal atau objek legap seperti pintu, dinding dan lantai. Variasi masalah bakal dihadapi dalam merealisasikan LiFi ini seperti kedudukan lampu daripada pengguna, perbezaan kelajuan capaian internet dan beberapa masalah dalaman.

2 PENYATAAN MASALAH

Penggunaan teknologi LiFi adalah tertumpu pada satu liputan atau kawasan yang tertutup. Hal ini kerana bagi mengatasi masalah penggodam yang sering berlaku pada teknologi WiFi. Sumber utama medium penghantar data adalah lampu diod pemancar cahaya. Kedudukan lampu diod pemancar cahaya mungkin berbeza-beza mengikut kesesuaian bilik atau kawasan itu sendiri. Oleh itu, kemungkinan perubahan jarak ketinggian lampu boleh mempengaruhi sudut pancaran cahayanya. Di samping itu, apabila sudut pancaran cahaya berbeza, berkemungkinan ianya akan mempengaruhi kadar kelajuan penghantaran data.

3 OBJEKTIF

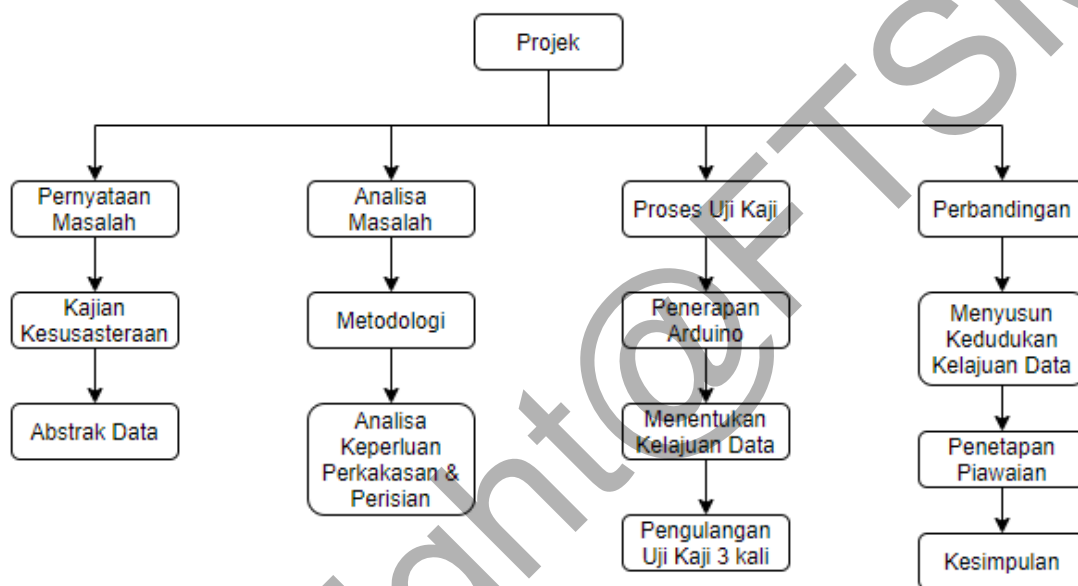
Projek ini bertujuan untuk menganalisa kelajuan penghantaran data dari sudut dan ketinggian yang berbeza bagi teknologi LiFi. Ini disebabkan perubahan kedudukan lampu menjadi faktor utama dalam menghasilkan kajian ini. Walakin begitu, lampu diod pemancar cahaya memiliki variasi warna yang berbeza-beza. Di kesempatan ini, projek turut meliputi penganalisan samada perbezaan warna diod pemancar cahaya mampu mempengaruhi kadar kelajuan penghantaran data bagi teknologi ini.

4 METOD KAJIAN

Metodologi penyelidikan memainkan peranan yang sangat penting dalam memastikan kajian dapat dilakukan dengan lancar dan teratur serta mematuhi setiap set spesifik. Untuk perkembangan simulasi ini, kaedah pembangunan model agile digunakan sebagai panduan. Ini kerana kaedah model agile sangat fleksibel berbanding kaedah tradisional. Umumnya, kaedah ini akan dipecahkan kepada modul yang lebih kecil mengikut keperluan dan keutamaan. Satu lelaran bersamaan rutin membina modul kecil sesuatu projek. Kaedah ini juga memudahkan penukaran keperluan dari semasa ke semasa untuk mengelakkan risiko projek akhir. Dengan menggunakan kaedah ini, fungsi simulasi boleh dibina dengan tepat dan cepat. Antara fasa dalam kaedah ini adalah fasa perancangan, fasa analisis, fasa reka bentuk dan fasa pengujian.

4.1 Fasa Perancangan

Perancangan sebelum melaksanakan projek amatlah penting dan menjadi tulang belakang bagi semua projek. Ia merupakan keperluan utama dalam menguruskan projek supaya setiap aktiviti yang dilakukan sistematik dan tidak membazir masa. Oleh itu, perancangan kajian perlu dirancang dengan baik dan teliti supaya tidak berlakunya sebarang masalah kelak. Perancangan kajian boleh dizahirkan melalui struktur pecahan kerja.



Rajah 1 Struktur pecahan kerja

Rajah 1 ini menerangkan proses kajian dilaksanakan mengikut struktur pecahan kerja supaya semuanya teratur dan lebih efisien. Bermula dengan pernyataan masalah dan diikuti dengan kajian literatur serta diakhiri dengan rumusan kajian. Setiap proses ini disusun mengikut keutamaan dan keperluan supaya memudahkan proses seterusnya. Penentuan setiap proses adalah berlandaskan model agile semata-mata

4.2 Fasa Analisis

Fasa ini melibatkan analisis dan tafsiran maklumat yang dikumpul dalam fasa perancangan. Analisis tentang keperluan perkakasan dan perisian yang sesuai dilakukan. Selain itu, analisis tentang kesesuaian kedudukan bagi lampu diod pemancar cahaya turut dilaksanakan bertujuan

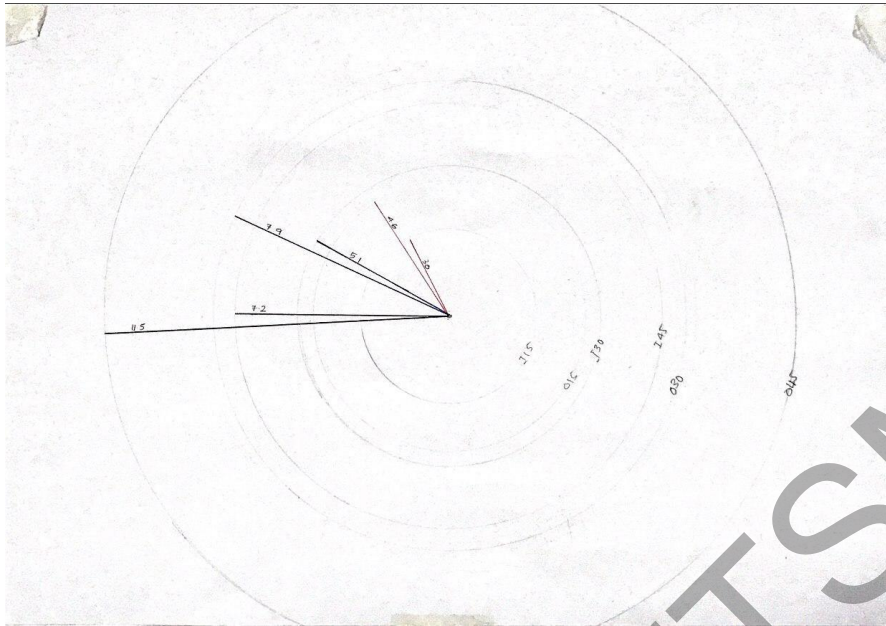
memastikan kedudukan ideal dapat dicapai demi menghasilkan set data atau output yang berguna dan terbaik.

4.3 Fasa Reka Bentuk

Spesifikasi reka bentuk adalah dokumen terperinci yang mengandungi maklumat tentang ciri-ciri kajian bersama kriteria yang perlu dipenuhi. Laporan ini menerangkan penentuan struktur yang perlu dibina bagi memenuhi keperluan simulasi. Keperluan reka bentuk yang dinyatakan menerangkan proses seni bina kajian, komponen, modul, antara muka, pangkalan data dan penggunaan algoritma yang khusus. Di samping itu, keperluan reka bentuk ini adalah bertujuan sebagai sumber rujukan kepada penguji setelah kajian telah dimulakan.

4.3.1 Reka Bentuk Seni Bina

Reka bentuk seni bina merupakan reka bentuk yang sangat penting bagi memaparkan konsep asas pergerakan aliran kajian yang diterjemahkan dalam bentuk suara, video dan teks. Reka bentuk seni bina adalah konsep yang memberi tumpuan kepada komponen atau struktur bahan yang diguna pakai. Hal ini bertujuan menyatukan komponen mengikut pendekatan yang tertentu lantas mengilustrasikan kajian dalam bentuk rajah. Terdapat beberapa fasa dalam melengkapkan reka bentuk seni bina ini seperti fasa penentuan sudut dan ketinggian bagi diod pemancar cahaya, fasa pembangunan kit pemancar cahaya, fasa pembangunan kit rangkaian motor servo dan fasa pembangunan kit penerima cahaya.



Rajah 2 Jejari cahaya pada ketinggian 15 cm, 30 cm dan 45 cm

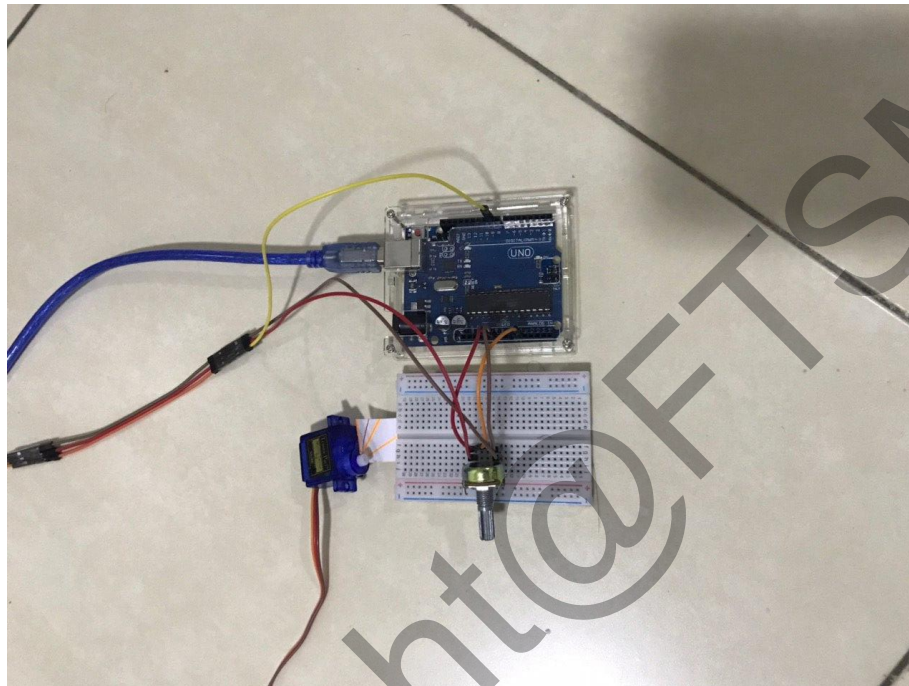
Rajah 2 diatas menerangkan jejari cahaya bagi diod pemancar cahaya mengikut ketinggian yang ditetapkan yang melebihi 200 lux. Di dapati bahawa cahaya yang melebihi 200 lux adalah maksimum 3.0 cm bagi ketinggian 15 cm, 5.1 cm bagi ketinggian 30 cm dan 7.2 cm bagi ketinggian 45 cm. Selain itu, cahaya masih dapat dilihat pada mata kasar manusia sejauh jejari maksimum 4.6 cm bagi 15 cm, 7.9 cm bagi ketinggian 30 cm dan 11.5 cm bagi ketinggian 45 cm. Namun ianya tidak dapat dibaca oleh perintang peka cahaya disebabkan kecerahannya yang berada dibawah 200 lux.



Rajah 3 Kit pemancar cahaya

Rajah 3 ini memaparkan bagaimana bentuk pemancar cahaya bagi sistem ini. Terdapat beberapa proses pembinaan pemancar cahaya ini. Pertama sekali, jack audio dipateri bersama kabel kuprum dan disambungkan terus kepada bateri dan diod pemancar cahaya. Kabel kuprum

terdiri
kabel
dan
negatif.
kabel
ianya

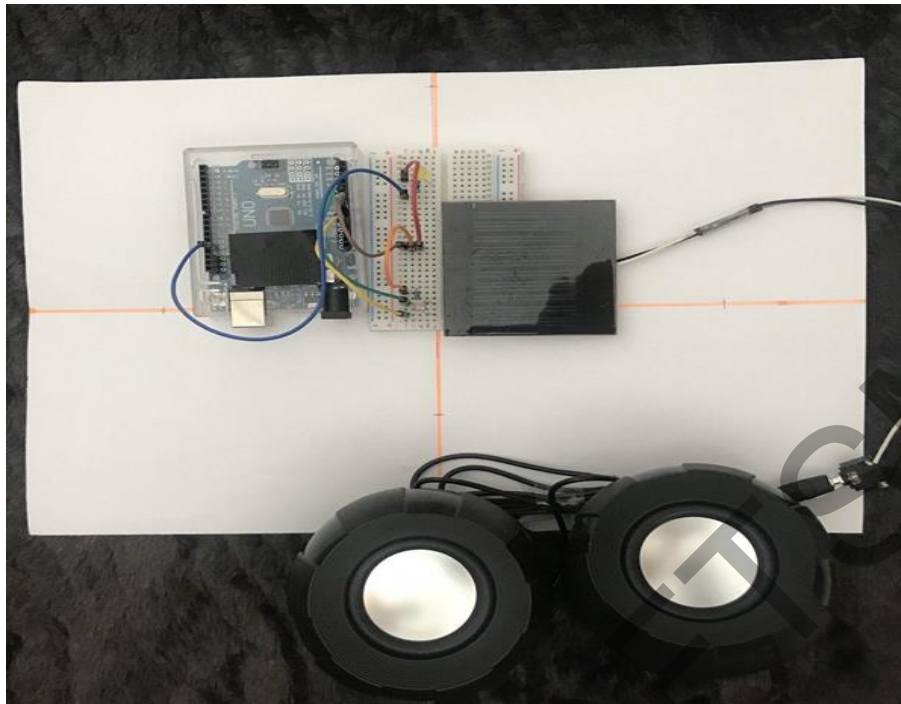


daripada
positif
kabel
Bagi
positif,

disambungkan pada terminal positif bateri manakala kabel negatif disambungkan pada diod pemancar cahaya. Kemudian, dengan menggunakan kabel pelompat, pada terminal negatif bateri disambungkan kepada perintang 200 lux dan terus ke kaki positif diod pemancar cahaya. Setelah selesai, kaki negatif diod pemancar cahaya disambung semula ke jack audio. Diod pemancar cahaya tersebut dipasang pada bilah motor servo. Segala penyambungan kabel adalah menggunakan pateri dan di tutup menggunakan penebat kabel supaya lebih cantik dan tidak mudah putus.

Rajah 4 Kit rangkaian motor servo

Rajah 4 menerangkan pembinaan rangkaian motor servo. Pertama sekali, beberapa kabel pelompat dicucuk pada papan Arduino Uno seperti pin 5V, A0, GND dan 9. Manakala pada breadboard pula, turut dicucuk dengan beberapa kabel pelompat dan potensiometer. Kabel pelompat pada papan Arduino Uno dan *breadboard* saling berkait antara satu sama lain dimana pin 5V disambung pada lubang nombor 18, pin A0 disambung pada lubang nombor 16, pin GND disambung pada lubang 14 dan terakhir pin 9 disambung terus ke motor servo melalui kabel oren atau kabel modulasi lebar nadi (PWM). Kemudian, satu potensiometer di pasang pada *breadboard* yakni pada lubang bernombor 18 bagi kaki sumber kuasa, lubang 16 bagi kaki input analog dan lubang 14 bagi kaki terminal darat. Kegunaan potensiometer ini adalah untuk menggerakkan bilah motor servo. Satu kabel pelompat dicucuk pada lubang *breadboard* bernombor 18 dan disambung ke untuk dijadikan kabel punca kuasa. Manakala satu lagi kabel pelompat dicucuk pada lubang nombor 14 untuk dijadikan terminal darat. Semua sambungan siap dipasang. Kemudian aturcara dilakukan pada perisian Arduino sebelum motor servo dapat digerakkan. Pada motor servo, satu keping kertas penanda sudut dilekatkan bertujuan sebagai penanda tahap sudut samada 90 darjah atau 75 darjah dimana sangat diperlukan apabila menggerakkan motor servo menggunakan potensiometer.



Rajah 5 Kit penerima cahaya

Rajah 5 menunjukkan kit penerima cahaya. Beberapa langkah diperlukan untuk mendirikan kit ini. Pertama sekali, papan Arduino Uno dicucuk dengan beberapa kabel pelompat pada pin 5V, A0, GND dan 13. Pin 5V disambung pada lubang positif nombor 2 pada *breadboard*. Pin A0 disambung pada lubang positif nombor 4. Pin GND disambung pada lubang positif 14 dan terakhir pin 13 disambung pada lubang positif 23. Kemudian, pada bahagian *breadboard*, kaki positif perintang peka cahaya dicucuk pada lubang nombor 2 dan kaki negatifnya dicucuk pada lubang nombor 4. Manakala satu perintang diletakkan berdekatan perintang peka cahaya iaitu pada lubang bernombor 4 dan 6. Ini bertujuan untuk menghidupkan perintang peka cahaya dan menyekat arus berlebihan yang boleh merosakkan perintang peka cahaya. Satu kabel pelompat dipasang pada lubang nombor 6 untuk disambungkan kepada lubang nombor 14 yang bertindak sebagai terminal darat. Tambahan itu, satu diod pemancar cahaya diletakkan pada *breadboard* sebagai output jika adanya penerimaan cahaya sewaktu eksperimen dijalankan. Satu perintang turut diletakkan berdekatan diod pemancar cahaya bagi mengelakkan diod tersebut terbakar. Ianya disambung pada lubang nombor 23 dan 25. Pada lubang nombor 25, kaki positif diod pemancar cahaya disambungkan dan manakala kaki negatifnya disambung pada lubang nombor 26. Dalam pada itu, satu kabel pelompat dipasang pada lubang nombor 26 dan terus ke terminal darat. Untuk membuktikan bahawa satu

penghantaran data telah dihantar, satu panel solar diletakkan berdekatan perintang peka cahaya. Panel solar tersebut disambung terus kepada pembesar suara. Jika adanya cahaya daripada lampu diod pemancar cahaya, pembesar suara tersebut akan berbunyi mengikut video yang dimainkan pada komputer riba. Audio yang keluar dari pembesar suara mungkin tidak begitu kuat kerana penguat gelombang tidak diletakkan, cukup sekadar memperlihatkan bahawa satu litar lengkap telah dilaksana. Oleh itu, satu kit penerima cahaya siap dibangunkan.



Rajah 6 Reka bentuk seni bina teknologi LiFi

Sebaik sahaja keperluan perkakasan lengkap dimiliki dan fasa pembangunan dilakukan, sebuah reka bentuk seni bina telah dibangunkan seperti Rajah 6. Segala sambungan terperinci dilakukan dengan teliti untuk mengurangkan ralat pada keputusan kelak. Pembangunan sistem bagi projek ini telah diinspirasi daripada sebuah video Youtube berjudul *“LiFi Project / How to transmit data with laser light”* yang diterbitkan oleh Mr. Mistry. Ianya telah diolah dengan menfokuskan penambahan perisian Arduino bagi mendapatkan masa penghantaran data dan juga bertujuan menghidupkan beberapan komponen elektronik seperti potensiometer,

lampu diod pemancar cahaya dan motor servo. Dalam perisian Arduino ini, bahasa pengaturcaraan C++ digunakan sebagai asas komunikasi.

4.3.2 Reka Bentuk Antara Muka

Antara muka pengguna berperanan sebagai elemen yang membenarkan pengguna berkomunikasi dan berinteraksi dengan sistem pengoperasian. Arahan-arahan dalam sistem pengoperasian memberitahu komputer bagaimana melaksanakan penyimpanan, pemuatan, pelaksanaan program dan pemindahan data antara peranti sistem dengan ingatan komputer. Keringkasan dan mesra pengguna menjadi aspek utama dan dititik beratkan dalam pembangunan reka bentuk antara muka pengguna. Oleh kerana projek ini merupakan projek pengukuran kelajuan data dan tidak melibatkan interaksi antara pengguna dan sistem, maka tiada reka bentuk antara muka perlu dihasilkan. Penggunaan pengukur kelajuan data berteraskan masa penghantaran data yang direkodkan pada perisian Fritzing, kemudian dikira berdasarkan formula kadar kelajuan data secara manual.

4.3.3 Reka Bentuk Algoritma

Reka bentuk algoritma merupakan salah satu kaedah khusus untuk melakukan pengiraan atau mengerakkan pemboleh ubah yang sukar dikawal dalam realiti simulasi. Bagi memudahkan pengiraan penghantaran data bagi teknologi LiFi, satu algoritma perlu didirikan kerana liputan LiFi menyeluruh di suatu kawasan tertentu dimana perbezaan ketinggian dan sudut penerimaan data adalah berbeza yang mungkin menjejaskan kelajuan penghantaran. Oleh hal yang demikian, penggunaan papan Arduino Uno yang berhubung dalam bahasa aturcara C++ akan diimplimentasi sejurus pelaksanaan keperluan asas reka bentuk teknologi LiFi lengkap. Fungsi utama papan Arduino Uno adalah menyediakan satu medium automatik pengiraan kelajuan penghantaran data mengikut perubahan tinggi dan sudut pancaran cahaya lampu diod pemancar cahaya.

```

#include <Servo.h> // add servo library

Servo myservo; // create servo object to control a servo

int potpin = 0; // analog pin used to connect the potentiometer
int val; // variable to read the value from the analog pin

void setup() {
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop() {
  val = analogRead(potpin);
  // reads the value of the potentiometer (value between 0 and 1023)
  val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
  // scale it to use it with the servo (value between 0 and 180)
  myservo.write(val);
  // sets the servo position according to the scaled value
  delay(15);
  // waits for the servo to get there
}

```

Rajah 7 Aturcara bagi kit rangkaian motor servo

Rajah 7 menerangkan bagaimana potensiometer diatur supaya mampu mengawal pergerakan motor servo ke sudut yang diperlukan. Pertama sekali, perpustakaan motor servo di import, objek *myservo* dicipta dan deklarasinya dilakukan. Kemudian, pautkan pin 9 untuk motor servo. Selepas itu, baca analog signal 0 sehingga 1023 daripada *potpin* dan beri pada *val*. Terhadap pergerakan *val* hanya dari 0 hingga 180. Disini pergerakan motor servo bebas diantara 0 hingga 180. Tambahkan kelewatan sebanyak 15 millisaat supaya pergerakan lebih lancar.

```

const int ledPin = 13; //attach led at pin 13
const int ldrPin = A0; //attach ldr at pin A0

void setup() {
  Serial.begin(1200); //opens serial port, sets data rate to 1200 bps
  pinMode(ledPin, OUTPUT); //assign led as output
  pinMode(ldrPin, INPUT); //assign ldr as input
}

void loop(){
  int ldrStatus = analogRead(ldrPin); //read value from analog pin

  if(ldrStatus >= 200){ //set resistance for ldr to 200 ohm
    digitalWrite(ledPin, HIGH); //assign led as high or 1
    Serial.println("LIFI CONNECTED"); //display in console
  }

  else{
    digitalWrite(ledPin, LOW); //assign led as low or 0
    Serial.println("NO SIGNAL"); //display in console
  }
}

```

Rajah 8 Aturcara bagi kit penerima cahaya

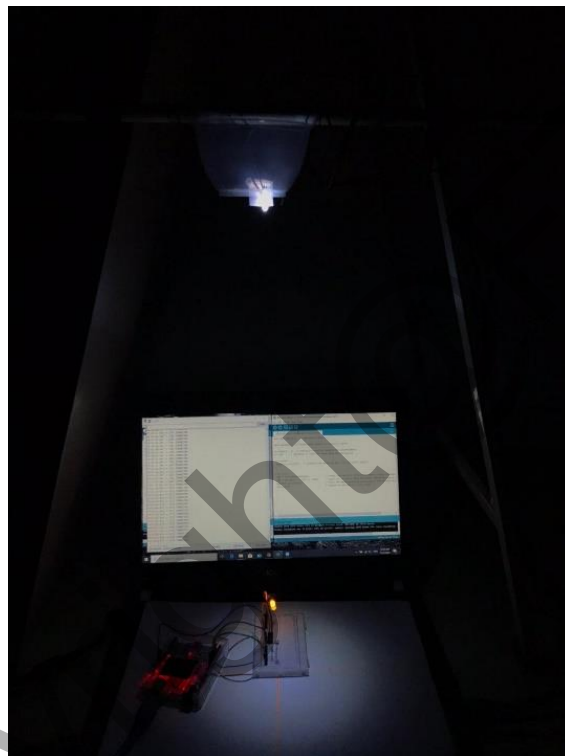
Rajah 8 menerangkan aturcara bagaimana perintang peka cahaya dan output pada bahagian penerima berfungsi. Pertama sekali, diod pemancar cahaya dan perintang peka cahaya diletakkan pada pin 13 dan A0. Port bersiri dibuka dengan tetapan kadar kelajuan data pada 1200 bit per saat. Kemudian, diod pemancar cahaya dilabel sebagai output manakala perintang peka cahaya sebagai input. Semak status perintang peka cahaya dengan membaca pada pin analog. Seterusnya, letakkan status pada rintangan 200 ohm. Jika cahaya diterima kelak melebihi 200 ohm, ianya akan di set sebagai *HIGH* serta paparan *LIFI CONNECTED* keluar pada konsol. Manakala jika cahaya bawah 200 ohm, ianya akan di set sebagai *LOW* serta paparan *NO SIGNAL* keluar pada konsol.

4.4 Fasa Pengujian

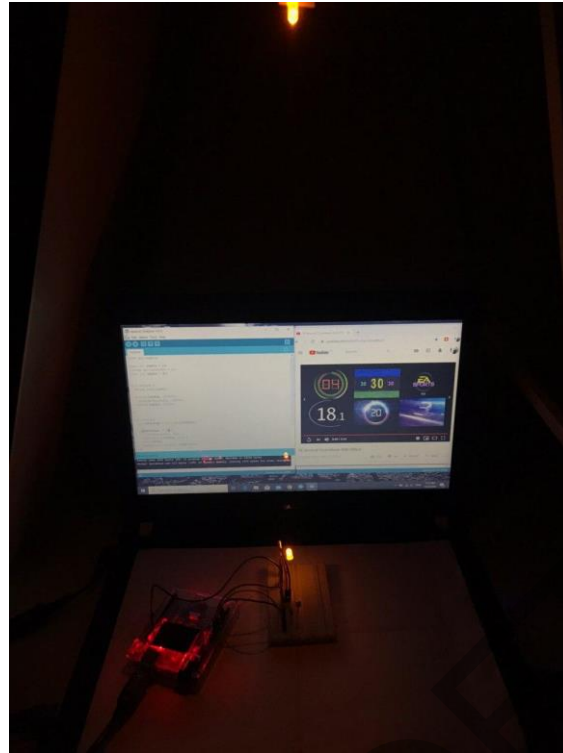
Kesemua kit disatukan menjadi aturan lengkap uji kaji. Sebelum pengujian dilaksanakan, segala sambungan kabel diperiksa sekali lagi supaya tidak ada masalah yang timbul. Kemudian, turut dilakukan pemeriksaan terhadap aturcara yang telah dibangunkan serta tetapan sepatutnya seperti pemilihan mod Arduino Uno, port yang betul dan kelajuan bacaan masa pada perisian Arduino. Kemudian, pengujian sistem dilakukan berdasarkan langkah-langkah berikut :

1. Laraskan kedudukan lampu supaya berada betul pada titik pusat penanda tapak.
2. Video sebesar 1460 kb dibuka pada laman sesawang *Youtube*.
3. Konsol pada perisian Arduino dibuka.
4. Butang 'main' video di *Youtube* dan butang 'run' pada perisian Arduino diaktifkan secara serentak.
5. Biarkan seketika sehingga video habis dimainkan.
6. Apabila video sudah tamat, secara pantas halang cahaya dari lampu diod pemancar cahaya daripada terkena pada perintang peka cahaya.

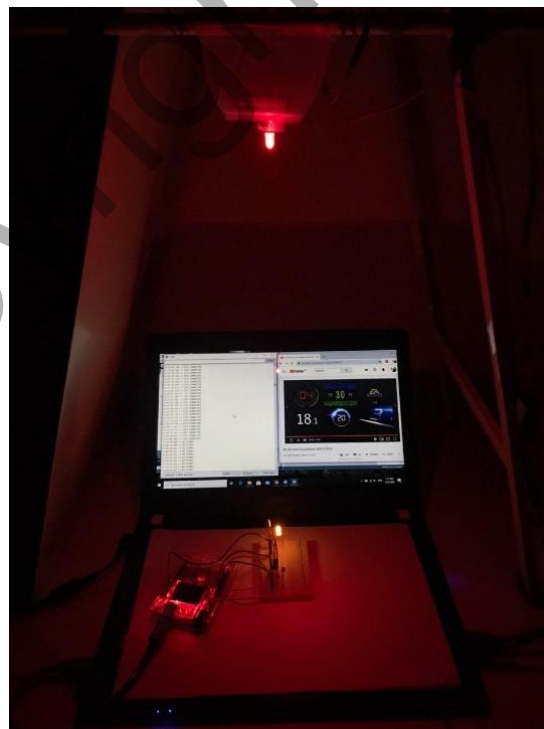
7. Masa penghantaran data pada perisian Arduino direkodkan.
8. Satu kitaran uji kaji siap dilakukan. Ulang langkah 1 – 12 sebanyak 3 kali.
9. Ulang langkah 1 – 12 dengan menggantikan diod pemancar cahaya berwarna putih dengan diod berwarna kuning dan merah sebanyak 3 kali. Uji kaji tamat.



Rajah 9 Pengujian lampu berwarna putih



Rajah 10 Pengujian lampu berwarna kuning



Rajah 11 Pengujian lampu berwarna merah

Rajah 9 - 11 memaparkan gambaran bagaimana pengujian terhadap kelajuan penghantaran data dilakukan berteraskan perbezaan sudut, ketinggian dan warna diod pemancar cahaya. Kesemua masa yang direkodkan pada perisian Arduino dikira secara manual berdasarkan formula kadar kelajuan data.

5 KEPUTUSAN PENGUJIAN

Setiap pengujian diulang sebanyak 3 kali bagi menjamin kejituan data yang diperoleh. Segala keputusan adalah bergantung sepenuhnya pada formula kadar kelajuan data yang dikira secara manual dan dicatat melalui *Microsoft Excel*. Satu pengiraan purata dilakukan bagi merangkumi ketiga-tiga data yang diperoleh.

5.1 Set Data Masa

Berikut adalah keputusan pengujian kadar kelajuan penghantaran data bagi teknologi LiFi berdasarkan ketinggian dan sudut yang berbeza. Ianya mengandungi 3 set data masa.

Test 1 - Transfer Time, s							
Height (cm)	Degree of Angle	75'			90'		
	Colour	White	Yellow	Red	White	Yellow	Red
15		30.114	30.128	30.122	29.115	29.116	30.12
30		30.145	30.149	30.16	30.114	30.128	30.135
45		31.115	31.141	31.148	30.128	30.128	30.154

Rajah 12 Set data masa pertama

Test 2 - Transfer Time, s							
Height (cm)	Degree of Angle	75'			90'		
	Colour	White	Yellow	Red	White	Yellow	Red
15		30.115	30.126	30.125	29.115	29.117	30.118
30		30.145	30.149	30.161	30.114	30.127	30.135
45		31.114	31.14	31.147	30.13	30.129	30.153

Rajah 13 Set data masa kedua

Test 3 - Transfer Time, s							
Height (cm)	Degree of Angle	75'			90'		
	Colour	White	Yellow	Red	White	Yellow	Red
15		30.114	30.127	30.123	29.115	29.117	30.12
30		30.145	30.149	30.158	30.112	30.126	30.133
45		31.115	31.142	31.149	30.13	30.128	30.154

Rajah 14 Set data masa ketiga

Rajah 12 – 14 menunjukkan set data masa yang direkodkan pada perisian Arduino. Jika dilihat, di dapati bahawa lampu diod pemancar cahaya berwarna putih pada darjah 90 bagi kesemua ketinggian mencatat masa yang paling pantas dan malar iaitu 29.115 saat manakala lampu diod pemancar cahaya berwarna merah pada sudut 75 darjah dan ketinggian 45cm mencatat masa paling lama iaitu 31.149 saat.

Jadual 1 Purata set data masa bagi sudut 75 darjah

Warna diod pemancar cahaya	Masa, s		
	Ketinggian 15cm	Ketinggian 30cm	Ketinggian 45cm
Putih	30.114	30.145	31.115
Kuning	30.122	30.148	31.132
Merah	30.123	30.160	31.148

Jadual 2 Purata set data masa bagi sudut 90 darjah

Warna diod pemancar cahaya	Masa, s		
	Ketinggian 15cm	Ketinggian 30cm	Ketinggian 45cm
Putih	29.115	30.113	30.129
Kuning	29.117	30.127	30.128
Merah	30.119	30.134	30.154

Jadual 1 - 2 menunjukkan purata keseluruhan set data masa bagi pengujian ini mengikut sudut motor servo. Berdasarkan pemerhatian terhadap kedua-dua jadual, didapati bahawa purata

perbezaan masa diantara sudut bagi diod berwarna putih adalah sebanyak 0.6693 saat. Selain itu, purata perbezaan masa diantara sudut bagi diod berwarna kuning adalah sebanyak 0.0263 saat manakala diod berwarna merah sebanyak 0.9947 saat. Ini dapat disimpulkan bahawa diod berwarna kuning membuktikan ianya lebih stabil untuk menghantar data kerana jurang purata bagi sudut 75 dan 90 darjah adalah kecil berbanding diod yang lain.

5.2 Contoh Pengiraan Kelajuan Penghantaran Data

Berdasarkan purata set data masa yang diperoleh, kadar kelajuan penghantaran data dapat dikira mengikut formula kadar kelajuan data seperti yang dinyatakan di bawah:

- Kadar Kelajuan Data, kB/s
- Saiz data(video dari youtube) : 1460kB
- Masa penghantaran data : 29.115s
- Formula :

$$\text{Kadar kelajuan penghantaran data (S)} = \frac{\text{Saiz data (A)}}{\text{Masa penghantaran data (T)}}$$

- Pengiraan

$$50.146 \text{ kB/s} = \frac{1460 \text{ kB}}{29.115 \text{ s}}$$

5.3 Set Data Kelajuan Penghantaran Data

Setelah pengiraan dilakukan, semua maklumat kadar kelajuan direkodkan dalam dua buah jadual mengikut perbezaan sudut motor servo iaitu 75 dan 90 darjah.

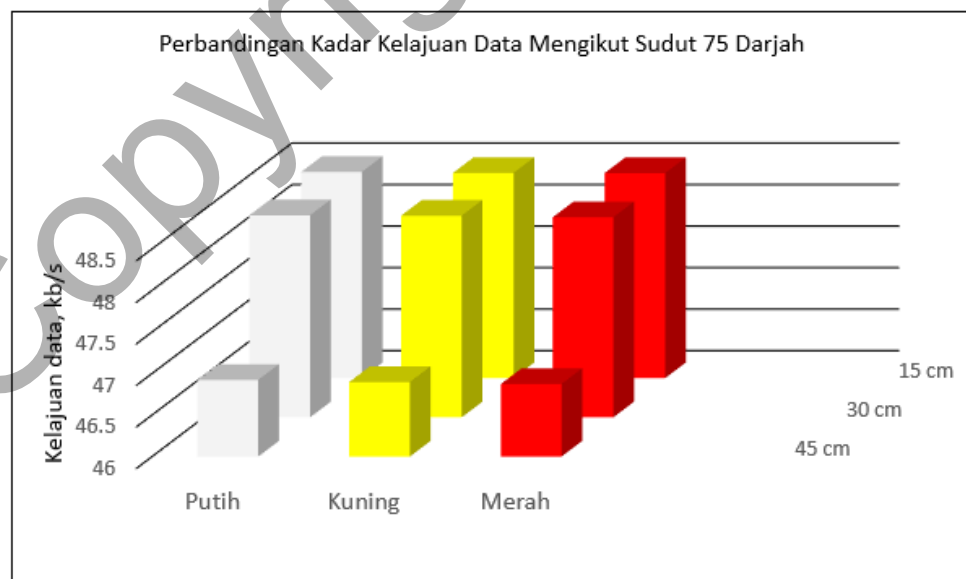
Jadual 3 Kadar kelajuan penghantaran data bagi sudut 75 darjah

Warna diod pemancar cahaya	Kelajuan data, kB/s		
	Ketinggian 15cm	Ketinggian 30cm	Ketinggian 45cm
Putih	48.4824	48.4326	46.9227
Kuning	48.4696	48.4278	46.8971
Merah	48.4679	48.4085	46.8730

Jadual 4 Kadar kelajuan penghantaran data bagi sudut 90 darjah

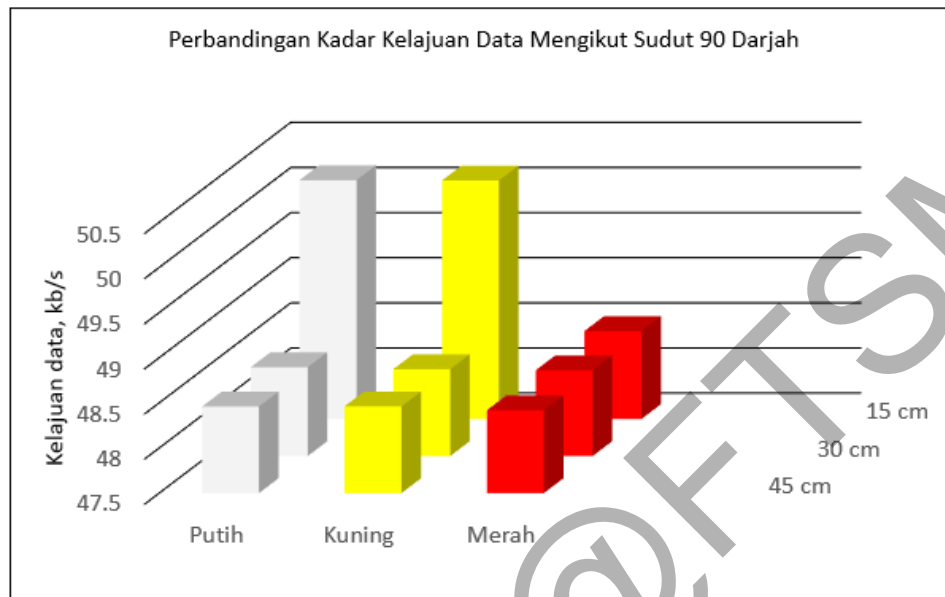
Warna diod pemancar cahaya	Kelajuan data, kB/s		
	Ketinggian 15cm	Ketinggian 30cm	Ketinggian 45cm
Putih	50.146	48.4840	48.4583
Kuning	50.1425	48.4615	48.4599
Merah	48.4744	48.4503	48.4181

Jadual 3 - 4 menunjukkan purata keseluruhan set data masa bagi pengujian ini. Berdasarkan pemerhatian, didapati bahawa diod pemancar cahaya berwarna putih merekodkan kadar paling pantas diikuti warna kuning dan terakhir warna merah.



Rajah 15 Carta lajur 3D bagi perbandingan kadar kelajuan data mengikut sudut 75 darjah

Carta lajur 3D pada rajah 15 menunjukkan perbandingan semua set data yang berpaksikan sudut 75 darjah. Bagi pengujian ketinggian 45cm, terdapat perbezaan ketara berbanding ketinggian 15cm dan 30cm yakni sekurang-kurangnya 1.5099 kB/s lebih perlahan.



Rajah 16 Carta lajur 3D bagi perbandingan kadar kelajuan data mengikut sudut 90 darjah

Carta lajur 3D pada rajah 16 menunjukkan perbandingan semua set data yang berpaksikan sudut 90 darjah. Bagi pengujian ketinggian 15cm, terdapat perbezaan ketara bagi diod berwarna putih dan kuning berbanding ketinggian 30cm dan 45cm iaitu kelajuan sekurang-kurangnya 1.662 kB/s di hadapan.

6 KESIMPULAN

Kajian yang dibangunkan telah mencapai objektif utama. Kesimpulan yang dapat dinyatakan adalah diod pemancar berwarna putih menghasilkan penghantaran data yang lebih pantas berbanding diod yang lain manakala diod pemancar berwarna kuning menunjukkan penghantaran yang lebih stabil berbanding diod yang lain berdasarkan sudut 75 dan 90 darjah. Walau bagaimanapun, kajian ini masih berada pada tahap belum sempurna disebabkan oleh kekurangannya seperti tiadanya alat pengukuran masa yang khusus dan komponen penerima cahaya yang berkualiti. Hal ini boleh diperbaiki dan ditambahbaik lagi dengan meliputi semua

aspek. Oleh itu, perancangan untuk masa hadapan terhadap analisa pengukuran kelajuan data bagi teknologi LiFi sangat penting supaya kualiti hasil yang diperoleh memenuhi syarat dan keperluan kajian. Antara cadangan kajian pada masa hadapan adalah dengan menyediakan beberapa aturan yang berbeza bagi penghantaran data, suara, video dan teks. Oleh itu, aliran data yang sistematik dan teratur dapat dihasilkan disamping menjana kelancaran proses simulasi yang baik.

7 RUJUKAN

- E. Ramadhani and G. P. Mahardika. 2018. The Technology of LiFi: A Brief Introduction. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 325, no. 1.
- C. N. Cruz and F. A. da Silva. 2018. Variation of the speed of light and a minimum speed in the scenario of an inflationary universe with accelerated expansion. *Phys. Dark Universe*, vol. 22, pp. 127–136.
- H. Haas. 2018. LiFi is a paradigm-shifting 5G technology. *Rev. Phys.*, vol. 3, no. October 2017, pp. 26–31.
- L. I. Albraheem, L. H. Alhudaithy, A. A. Aljaser, M. R. Aldhafian, and G. M. Bahliwah. 2018. Toward designing a li-fi-based hierarchical IoT architecture. *IEEE Access*, vol. 6, pp. 40811–40825.
- M. Dehghani Soltani, A. A. Purwita, I. Tavakkolnia, H. Haas, and M. Safari. 2019. Impact of Device Orientation on Error Performance of LiFi Systems. *IEEE Access*, vol. 7, pp. 41690–41701.
- R. Grangel and C. Campos. 2019. Agile Model-Driven Methodology to Implement Corporate Social Responsibility. *Comput. Ind. Eng.*, vol. 127, no. November 2018, pp. 116–128.
- D. Saliba, R. Imad, S. Houcke, and B. El Hassan. 2019. WiFi dimensioning to offload LTE in 5G networks. *2019 IEEE 9th Annu. Comput. Commun. Work. Conf. CCWC 2019*, pp. 521–526.
- S. H. Lee, S. Y. Jung, and J. K. Kwon. 2015. Modulation and coding for dimmable visible light communication. *IEEE Commun. Mag.*, vol. 53, no. 2, pp. 136–143.
- D. Eissa. 2019. Concept generation in the architectural design process: A suggested hybrid model of vertical and lateral thinking approaches. *Think. Ski. Creat.*, vol. 33, no. August, p. 100589.
- X. Wu and H. Haas. 2017. Access point assignment in hybrid LiFi and WiFi networks in consideration of LiFi channel blockage. *IEEE Work. Signal Process. Adv. Wirel. Commun. SPAWC*, vol. 2017-July, no. 978, pp. 1–5
- Z. Zeng, M. D. Soltani, X. Wu, and H. Haas. 2019. Access Point Selection Scheme for LiFi Cellular Networks using Angle Diversity Receivers. *IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf.*

- WCNC, vol. 2019-April, pp. 1–6
- W. Abdallah, D. Krichen, and N. Boudriga, 2020. An optical backhaul solution for LiFi-based access networks. *Opt. Commun.*, vol. 454, no. July 2019, p. 124473
- Mr. Mistry. (2018, July 27). *LiFi Project / How to transmit data with laser light*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=TuijpcqUWoQ>
- V. D. Mukku, S. Lang, and T. Reggelin, 2019. Integration of LiFi Technology in an Industry 4.0 Learning Factory. *Procedia Manuf.*, vol. 31, pp. 232–238
- J. P. Lin, W. X. Wang, J. M. Yao, T. L. Guo, E. Chen, and Q. F. Yan, 2019. Fast multi-view image rendering method based on reverse search for matching. *Optik (Stuttg.)*, vol. 180, no. December 2018, pp. 953–961

Copyright@FTSM

Copyright@FTSM