Perancangan dan Pembuatan Smart Lighting pada Ruang Kelas berbasis Wireless Sensor Network

Pamungkas Daud

Puslit Elektronika dan Telekomunikasi-LIPI
pmkdaud@gmail.com

Nanang Nasrullah

Fakultas Teknik, Jurusan Elektronika
Universitas Langlangbuana
nanang@gmail.com

Gita Ambar Dini

Fakultas Teknik, Jurusan Elektronika
Universitas Langlangbuana
gita.ambardini@gmail.com

Abstrak - Pencahayaan berperan penting terhadap kenyamanan visual dalam proses belajar-mengajar. Sistem pencahayaan cerdas (smart lighting) dirancang untuk kenyamanan visual dan penghematan energi listrik. Untuk penghematan energi listrik smart lighting dirancang dalam satu ruangan, akan dibagi menjadi beberapa sel/titik. Sehingga kontrol lampu diatur oleh masing-masing sel/titik. Lampu yang akan menyala dengan luminasi 250-300 lux, hanya sel/titik yang memiliki hunian. Sedangkan sel yang tidak memiliki hunian, tapi disel/ titik yang lain ada hunian, akan menyala dengan luminasi 20% dari standar. Dan lampu akan mati apabila dalam ruangan tidak memiliki hunian. Kondisi lingkungan seperti cahaya alami, intensitas cahaya interior, dan tingkat hunian dikumpulkan dari sensor PIR dan sensor cahaya BH1750 akan diproses oleh mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler akan mengeluarkan nilai PWM, sebagai inputan untuk rangkaian dimmer. Rangkaian dimmer digabungkan dengan rangkaian zero crossing detector, untuk mengendalikan beban lampu LED dimmable dengan sumber AC. Sistem smart lighting dengan sistem sel ini mampu mencapai penghematan energi listrik sebesar 50%.

Kata kunci - *smart lighting, kenyamanan visual, penghematan energi, dimmer AC, lampu LED dimmable*

1. Pendahuluan

Gangguan pencahayaan dapat berupa distribusi cahaya yang kurang merata, intensitas cahaya terlalu kontras yaitu cahaya ruangan terlalu terang maupun terlalu redup akan menyebabkan kelelahan pada mata dan mengurangi konsentrasi belajar.

Sumber cahaya terbesar matahari sebagai sumber cahaya alami dapat dimanfaatkan untuk sumber Energi. Namun, ketersediaan sumber cahaya alami yang tidak konstan karena perubahan cuaca dan permasalahan yang berkaitan dengan kedalaman ruang menyebabkan distribusi cahaya yang masuk ke dalam ruang tidak merata karena ada beberapa bagian dari ruangan yang tidak kebagian sinar cahaya matahari.

Cahaya lampu dapat mendistribusikan cahaya lebih merata dan cahaya yang dihasilkan relatif konstan. Manajemen pencahayaan merupakan salah satu teknologi pencahayaan untuk mengatur sistem pencahayaan secara efisien dan ekonomis, mengatur dan memonitor penggunaan lampu dan luminasi untuk tampilan yang optimum untuk memenuhi kenyamanan visual yang sesuai standar dengan menstimulasi pencahayaan ruangan sesuai kondisi dan kebutuhan ruang.

Pembuatan *smart lighting* sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain. Wilyanto, dkk^[8] telah membuat sistem pengaturan pencahayaan ruang kuliah menggunakan Jaringan Sensor tanpa Kabel. Abhishek^[9] telah membuat sistem peredupan lampu *multichannel* dengan pengontrolan peredupan melalui web. Thet, dkk^[10], telah membuat Smart Lighting dengan menggunakan sensor secara nirkabel.

Perancangan dan pembuatan *Smart Lighting* pada ruang kelas ini, berbeda dengan *Smart lighting* yang sudah ada sebelumnya. *Smart lighting* ini menggunakan pencahayaan dengan sistem sel. Pada satu ruang kelas dibagi menjadi beberapa sel. Setiap sel mempunyai lampu dan sensor hunian mandiri. Selain itu setiap sel mampu menerima data hunian dari sel yang lain. Kondisi pengaturan *Smart Lighting*, ada 3 macam, yaitu

1. Lampu akan mati total, ketika tidak ada orang dalam ruangan.
2. Lampu akan redup (50-60 lux), ketika dalam sel tidak terdeteksi hunian, tapi ditempat lain terdeteksi hunian.
3. Lampu akan menyala terang (250-300 lux), ketika dalam sel terdeteksi adanya hunian.

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Berikut ini adalah diagram blok sistem dari rangkaian *Smart Lighting*. Sistem ini terdiri dari 2 alat, yaitu rangkaian *master* dan rangkaian *slave*.

Gambar 1. Blok Diagram sistem

Gambar 2. Blok Diagram Rangkaian *Master* (Tx)

Rangkaian *master* terdiri dari mikrokontroler Arduino uno, sensor PIR dan modul RF (Radio Frekuensi). Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi ada tidaknya orang dalam ruang kelas. Mikrokontroler akan mengirimkan kondisi data hunian melalui modul RF 433MHz (Tx).

Gambar 4. Flowchart Rangkaian *Master* (Tx)

Gambar 3. Blok Diagram Rangkaian *Slave* (Rx)

Modul *stepdown* 5V, akan memberikan suplay untuk mikrokontroler, sensor PIR, modul RF, dan rangkaian *zero crossing detector*. Modul RF (Rx) berfungsi untuk menerima data yang dikirimkan oleh modul RF (Tx). Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi hunian disetiap titik. Sensor BH1750 akan mendeteksi keadaan cahaya yang nantinya akan digunakan sebagai data masukan (*input*) ke mikrokontroler. Untuk mendeteksi dan

mengatur titik nol (*zero crossing detector*) dari jala-jala listrik untuk digunakan sebagai sinyal acuan digunakan rangkaian *zero crossing detector*, dimana keluaran dari rangkaian ini nantinya berfungsi sebagai sinyal interupsi pada eksternal Mikrokontroler dan pada akhirnya sinyal PWM yang dapat diatur dibangkitkan sehingga gate triac pada rangkaian dimmer akan terpicu. Rangkaian *dimmer* berfungsi untuk mengatur redup dan terangnya lampu LED.

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada rangkaian *master*, sensor PIR akan mendeteksi hunian dalam ruangan. Ketika ada orang dalam ruangan, maka mikrokontroler akan membuat status data='1234'. Ketika tidak ada orang, maka mikrokontroler akan membuat status data='0000'. Data ini akan dikirim melalui modul RF secara nirkabel. Pada gambar 4. dapat dilihat flow chart dari rangkaian *master* yang dibuat.

Pada rangkaian *Slave*, data dari rangkaian *master* yang dikirim secara nirkabel akan diterima, oleh modul RF(Rx). Kemudian sensor PIR pada rangkaian *slave* akan mendeteksi hunian per sel/ titik.

Berikut ini adalah flowchart dari rangkaian *slave*.

Gambar 5. Flowchart Rangkaian *Slave* (Rx)

2.3. Desain Skematik

2.3.1. Rangkaian Sistem Minimum ATmega 328PU

Rangkaian sistem minimum ini digunakan untuk controller dirangkaian *master* dan *slave*. Pin yang digunakan pada rangkaian *master* adalah pin D6, D7 dan D12. Pin D6 dihubungkan dengan pin Out Modul PIR. Pin D7 dihubungkan dengan led merah sebagai lampu indikator. Pin D12 dihubungkan dengan pin Data Modul RF 433MHz, sebagai transceiver (Tx).

Gambar 6. Skematik Rangkaian Sismin ATmega 328 PU

Pada rangkaian *Slave*, pin mikrokontroller yang dipakai adalah pin D2, D3, D6, D7, D11, A4 dan A5. Pin D2 disambungkan dengan rangkaian Zero Crossing Detector. Pin D3 sebagai PWM dihubungkan dengan rangkaian dimmer. Pin D6 dihubungkan dengan pin Out Modul PIR. Pin D7 dihubungkan dengan led merah sebagai lampu indikator. Pin D11 dihubungkan dengan pin Data Modul RF 433MHz, yang berfungsi sebagai receiver (Rx). Pin A4 dihubungkan dengan pin SDA dan pin A5 dihubungkan dengan pin SCL pada sensor BH1750.

2.3.2 Rangkaian Dimmer

Komponen utama dari rangkaian *dimmer* ini adalah triac BTA16 yang memiliki rating tegangan sampai dengan 600Volt dan arus maksimum 16A. Antara rangkaian *dimmer* dan rangkaian lainnya perlu dipisahkan karena tegangan ground-nya berbeda, untuk itu digunakan suatu driver triac MOC3020 yang bersifat optocoupler. Untuk mengaktifkan MOC3020 diperlukan arus dengan nilai maksimum 50 mA. Pada gambar 7., terlihat Skematik rangkaian dimmer.

Gambar 7. Skematik Rangkaian Dimmer

2.3.3 Rangkaian Zero Crossing Detector

Rangkaian ini digunakan untuk mendeteksi titik nol dari jala-jala listrik untuk dijadikan sinyal acuan yang akan digunakan sebagai interupsi eksternal mikrokontroler. Pada rangkaian ini untuk memicu *Gate Triac* pada rangkaian *Dimmer*, digunakan sinyal PWM yang dibangkitkan dan diatur oleh Mikrokontroler.

Gambar 8. Skematik Rangkaian Zero Crossing Detector

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Perhitungan Batas Cakupan Area Sensor PIR

Penentuan batas area sensor PIR pada rangkaian *Slave*, tergantung kepada tinggi ruang kelas. Sensor PIR yang mempunyai sudut pancaran sebesar 110°, dibatasi menjadi 30°. Sehingga batas area sensor tidak terlalu melebar. Rumus untuk mencari besar jari-jari area sensor adalah :

$$r = \tan(15^\circ) \times \text{tinggi ruangan} \quad (1)$$

Gambar 9. Batas cakupan area sensor PIR

3.2. Perhitungan Banyak Lampu dan Posisi Penempatan Lampu

Perencanaan besarnya tingkat pencahayaan pada ruang kelas adalah 250 lux. Jika lampu yang digunakan

mempunyai lumen 840 lm. Maka banyaknya lampu yang diperlukan dalam satu ruang adalah:

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times Cu \times n} \quad (2)$$

$$N = \frac{250 \text{ lx} \times 2\text{m} \times 2\text{m}}{840 \text{ lx.m}^2 \times 0,8 \times 65\% \times 1}$$

$$N = 2,289 = \pm 2 \text{ buah}$$

Berikut ini adalah posisi penempatan lampu pada ruangan 2m x 2m.

Gambar 10. Posisi Penempatan Lampu

3.3. Pengujian Sensor PIR

Pengukuran sensor Pir bertujuan untuk memastikan sensor pir berfungsi dengan baik. Sebelum dilakukan pengukuran, sensor pir disetting dengan cara mengatur waktu jeda (delay time) dan pengaturan sensitivitas.

Pada Tabel-1, terlihat hasil pengujian dari sensor PIR.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor PIR

Sudut (°)	Jarak (meter)					
	1	2	3	4	5	6
-60	0	0	0	0	0	0
-50	1	0	0	0	0	0
-40	1	1	0	0	0	0
-30	1	1	1	0	0	0
-20	1	1	1	1	0	0
-10	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	1	0
20	1	1	1	1	0	0
30	1	1	1	0	0	0
40	1	1	0	0	0	0
50	1	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0

Dari hasil Pengukuran sensor PIR dapat disimpulkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi keberadaan manusia sampai jarak 5m dengan jangkauan sudut 100°.

3.4. Pengujian Sensor Cahaya BH1750

Pengujian sensor BH1750 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya lux meter LX-1010B dengan sensor BH1750.

Tabel 2. Perbandingan Pengukuran Sensor Cahaya BH1750 dan Lux Meter LX-1010B

Duty Cycle PWM (%)	Sensor BH1750 (lx)	Lux Meter (lx)	Kesalahan (%)
5	46	42	9,5
10	108	108	0
15	170	177	-4
20	198	179	10,6
25	184	171	7,6
30	204	204	0
35	316	296	6,8
40	430	415	3,6
45	519	477	8,8
50	583	535	9,0
55	635	573	10,8
60	710	638	11,3
65	750	728	3,0
70	760	755	0,7
75	781	770	1,4
80	798	789	1,1
85	816	809	0,9
90	827	815	1,5
95	839	830	1,1

Gambar 11. Grafik Perbandingan Pengukuran Penerangan antara Lux Meter Type LX1010B dengan Sensor BH1750

Kesalahan minimal pengukuran dengan menggunakan sensor cahaya BH1750 yaitu 0%, pada saat *duty cycle* 10% dan 30%. Sedangkan persentase kesalahan maksimum yaitu sebesar 11,3% pada saat *duty cycle* 60%.

3.5. Pengujian Modul RF 433Mhz

Pengujian modul RF 433Mhz bertujuan untuk memastikan data terkirim sampai tujuan. Pengujian ini menggunakan dua mikrokontroller. Satu mikrokontroller disambungkan dengan modul Transmitter RF 433MHz. dan yang satu lagi dihubungkan dengan modul Receiver RF 433MHz.

Tabel 3. Pengujian Modul RF 433MHz

Jarak (m)	Pengiriman data
5	Terkirim
10	Terkirim
15	Terkirim
20	Terkirim

3.6. Pengujian Rangkaian Dimmer

Pengujian rangkaian *dimmer* dilakukan untuk mengecek lampu led apakah menyala stabil atau berkedip. Hasil pengukuran tegangan output, dan arus output dari rangkaian *dimmer* yang nantinya digunakan mengatur intensitas cahaya lampu, bisa dilihat pada Tabel-4.

Tabel 4. Pengukuran Arus dan Tegangan pada *Dimmer*

Duty Cycle PWM (%)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Kondisi lampu
10	0,044	8,6	0,378	Menyala stabil
20	0,044	26,9	1,184	Menyala stabil
30	0,044	45,1	1,984	Menyala stabil
40	0,044	86,4	3,802	Menyala stabil
50	0,044	148,2	5,069	Menyala stabil
60	0,044	115,2	6,512	Menyala stabil
70	0,044	184,5	8,118	Menyala stabil
80	0,044	196,1	8,628	Menyala stabil
90	0,044	208,2	9,161	Menyala stabil
100	0,044	217,5	9,570	Menyala stabil

3.7. Pengujian Seluruh Rangkaian

Pengujian seluruh rangkaian ini untuk mengetahui apakah pembuatan Smart Lighting pada ruang kelas ini, berhasil atau tidak. Untuk mengetahui kondisi hunian di ruangan, dicek oleh sensor pir yang dipasang di rangkaian *Master*. Sedangkan kondisi hunian di sel di cek oleh sensor pir yang ada di rangkaian *slave* masing-masing tempat. Kondisi hunian ruangan dikirim ke rangkaian *slave* melalui transmisi RF (Radio Frekuensi). Berikut hasil pengujian dari seluruh rangkaian.

Tabel 5. Hasil Pengujian Seluruh Rangkaian

Kondisi Hunian di Ruang	Kondisi hunian di Sel	Kondisi seharusnya	Kondisi yang Terjadi	Keterangan
0	0	Lampu mati	Lampu Mati	Sudah sesuai
0	1	Lampu menyala	Lampu menyala stabil	Sudah sesuai
1	0	Lampu menyala 20%	Lampu berkedip-kedip	Belum sesuai
1	1	Lampu menyala	Lampu menyala stabil	Sudah sesuai

Hasil pengujian seluruh rangkaian pada Tabel 5 ada 1 kondisi yang belum sesuai, yaitu pada saat kondisi hunian di sel tidak ada, sementara di sel lain terdapat

hunian, maka seharusnya lampu menyala 20% konstan. Namun kenyataannya lampu tidak menyala konstan (berkedip-kedip). Sehingga perlu dicek rangkaian *dimmer* pada kondisi hunian di sel lain terdeteksi sedangakam kondisi hunian di sel tidak terdeteksi.

Tabel 6. Pengujian Rangkaian Dimmer pada saat kondisi hunian di sel lain terdeteksi sedangakam kondisi hunian di sel tidak terdeteksi

Duty Cycle PWM (%)	Kondisi lampu
10	Berkedip
20	Berkedip
30	Berkedip
40	Berkedip
50	Berkedip
60	Berkedip
70	Menyala Stabil
80	Menyala Stabil
90	Menyala Stabil
95	Menyala Stabil
100	Menyala Stabil

Dari hasil pengujian pada Tabel 6 kita bisa mengetahui bahwa *dimmer* menyala stabil pada saat duty cycle PWM $\geq 70\%$

3.8. Pengukuran Tingkat Penerangan

Pengukuran tingkat penerangan dilakukan pada setiap titik, seperti pada gambar 4.4. Pengukuran dilakukan pada saat ada hunian (semua lampu menyala) dengan menggunakan lux meter LX-1010B. Hasil Pengukuran bisa dilihat pada Tabel-7.

Gambar 12. Posisi Titik Pengukuran Penerangan

Tabel 7. Hasil Pengukuran Tingkat Penerangan pada tiap Titik

Titik	Tingkat Penerangan (Lux)
1	252
2	255
3	251
4	253

3.9. Analisa Perbandingan Pemakaian Energi Listrik

Berikut ini adalah hasil analisa dari pemakaian energy listrik dengan menggunakan

Tabel 8. Pengukuran Besarnya Cahaya Alami Yang Masuk Pada Ruang Kelas

Jam	Hari Ke					Rata2 penerangan (lx)
	1	2	3	4	5	
7.00	117	100	112	108	96	106,60
8.00	90	121	114	101	100	105,20
9.00	119	102	121	92	97	106,20
10.00	130	155	120	115	108	125,60
11.00	136	158	191	110	144	133,40
12.00	134	136	131	111	154	133,30
13.00	182	189	193	159	164	177,40
14.00	133	150	167	138	142	146,00
15.00	133	147	158	155	147	148,00
Rata-rata Luminasi (lx)						131,29

Berikut ini adalah perhitungan iluminasi (tingkat penerangan) cahaya buatan yang diperlukan:

$$E_{buatan} = (250 \text{ lx} - 131,25 \text{ lx}) \quad (3)$$

$$= 118,71 \text{ lx} = 118,71 \text{ lumen/m}^2$$

$$F_{buatan} = E_{buatan} \times \text{Luas Ruang} \quad (4)$$

$$= 118,71 \text{ lumen/m}^2 \times 4 \text{ m}^2$$

$$= 474,84 \text{ lumen}$$

Dengan menggunakan *smart lighting*, untuk menghasilkan cahaya buatan sebesar 474,88 lumen membutuhkan nilai pwm dengan duty cycle sebesar 45% (dari tabel 2). Besar daya lampu pada saat duty cycle 45 % adalah ± 5 watt.

Berikut ini adalah perbandingan perhitungan energy listrik dengan menggunakan *smart lighting* dan tanpa *smart lighting*. Dengan asumsi pemakaian lampu per hari adalah 8 jam

Smart Lighting	Tanpa Smart Lighting
E	E
$= 5 \text{ W} \times 8 \text{ jam}$	$= 10 \text{ W} \times 8 \text{ jam}$
E= 40 Kh	E= 80 Kh

Perbandingan perhitungan diatas membuktikan bahwa dengan menggunakan *smart lighting*, mampu mengurangi energy listrik hingga 50%

Kesimpulan

Perancangan dan pembuatan Smart Lighting pada Ruang Kelas dengan berbasis Wireless Network Sensor telah selesai dibuat, berikut ini beberapa kesimpulan yang bisa diambil :

1. Lampu menyala terang dengan iluminasi ± 250 lux pada saat ada hunian dalam sel.
2. Pada saat tidak ada hunian di sel setempat, tapi di sel lain ada hunian, lampu yang harusnya menyala redup 50 lux, belum berhasil.
3. Dengan menggunakan Smart Lighting konsumsi energi listrik dapat dikurangi setengahnya

Daftar Pustaka

- [1] Latifah, Nur Laela. 2015. Fisika Bangunan 2. Jakarta. Penerbit Griya Kreasi
- [2] Kadir, Abdul. 2018. From Zero To A Pro: Arduino. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [3] DKI Jakarta, Pemprop. 2012. Sistem Pencahayaan Vol. 3. Jakarta
- [4] Schwartz, Marco. 2014. Arduino Home Automation Projects. Birmingham, UK. Packt Publishing.
- [5] Santoso, Hari. 2017. Monster Arduino Ver 2. Malang
- [6] Wilyanto, Firdaus. 2017. Sistem Pengaturan Pencahayaan Pada Ruang Kuliah Untuk Mendukung Program Hemat Energi Berbasis Wireless Sensor Network. Prosiding SNATIF K e-4. ISBN: 978-602-1180-50-1
- [7] Ketut, Darminta. 2016. Rancang Bangun Sistem Kontrol Cahaya Lampu Berbasis Mikrokontroler Atmega32. JURNAL LOGIC. VOL. 16. NO. 2. JULI 2016
- [8] Gopal M, Venu. 2016. Controlling Multiple RF Receivers by Universal RF Transmitter <https://www.engineersgarage.com/contribution/multiple-rf-receivers-controlled-universal-rf-transmitter>,
- [9] Abhishek123. 2018. "Multichannel Wireless Light Dimmer", <https://www.instructables.com/id/Multichannel-Wireless-Light-Dimmer/>
- [10] Thet, Lwin Myo. 2017. "A Smart Lighting System using Wireless Sensor Actuator Network". London, UK. Intelligent System Conference https://www.researchgate.net/publication/324021855_A_smart_lighting_system_using_wireless_sensor_actuator_network