ISSN 1411 - 5972

JURNAL TEKNOLOGI

FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS PAKUAN
Volume I, Edisi 17, Periode Juli-Desember 2010

- Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Jaringan Sensor Tanpa Kabel (Wireless Sensor Network / WSN) (Yamato)
- Evaluasi Kegagalan Koordinasi Antar Fuse Cut Out di Percabangan SUTM 20 kV Dengan Relai Proteksi di Gardu Induk (Dede Suhendi)
- Pemetaan Tinjau Daerah Alterasi Pada Sistem Vein Epithermal
  Studi Kasus : Daerah Sengon dan sekitarnya, Kec. Tugu, Kab. Trenggalek-Jawa Timur (Bambang Sunarwan)
- Mineralisasi Hidrotermal Daerah Gunung Palasari Kecamatan Cibeber, Kabupaten Lebak, Banten (Djauhari Noor)
- Updating Database Jembatan Lokal, Kolektor dan Evaluasi Kondisinya Jakarta Selatan
  (Arif Mudianto, Andi Chairunnas dan Heny Purwanti)
- Arsitektur Jaringan Multiprotocol Label Switching (MPLS)
  (Agustini Rodiah Machdi)
- Pengaruh Bahan Aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa
  (Netty Kamal)

ISSN 1411 - 5972

JURNAL Teknologi

(MAJALAH ILMIAH FAKULTAS TEKNIK - UNPAK)

Volume I, Edisi 17, Periode Juli-Desember 2010

	Hal.
» Kata Pengantar	i
» Daftar Isi	ii
» Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Jaringan Sensor Tanpa Kabel (Wireless Sensor Network / WSN) *(Yamato)*	1
» Evaluasi Kegagalan Koordinasi Antar Fuse Cut Out di Percabangan SUTM 20 kV Dengan Relai Proteksi di Gardu Induk *(Dede Suhendi)*	14
» Pemetaan Tinjau Daerah Alterasi Pada Sistem Vein – Epithermal Studi Kasus : Daerah Sengon dan Sekitarnya, Kec. Tugu, Kab. Trenggalek-Jawa Timur *(Bambang Sunaruan)*	23
» Mineralisasi Hidrotermal Daerah Gunung Palasari, Kecamatan Cibeber, Kabupaten Lebak, Banten *(Djauhari Noor)*	36
» Updating Database Jembatan Lokal, Kolektor dan Evaluasi Kondisinya Jakarta Selatan *(Arif Mudianto, Andi Chaimonnas dan Heny Puruanti)*	55
» Arsitektur Jaringan Multiprotocol Label Switching (MPLS) *(Agustini Rodiah Machdi)*	67
» Tinjauan Pengaruh Bahan Aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa *(Netty Kamal)*	78

JURNAL TEKNOLOGI
Vol. I, Edisi 17, Periode Juli-Desember 2010. ISSN 1411 - 5972

PELINDUNG
DR. H. Bibin Rubini, M.Pd.
(Rektor UNPAK)

PENANGGUNG JAWAB
DR. Ir. Titik Penta Artiningsih, MT.
(Dekan Fakultas Teknik)

PENASEHAT/KONSULTAN (Ex. Officio)
- Kajur Teknik Sipil
- Kajur Perencanan Wilayah Dan Kota
- Kajur Teknik Geodesi
- Kajur Teknik Elektro
- Kajur Teknik Geologi

PIMPINAN REDAKSI

Ir. Bambang Sunarwan, MT.

SEKRETARIS REDAKSI

Ir. M.A. Karmadi

ANGGOTA REDAKSI

Ir. Singgih Irianto, MSi., Ir. Arif Mudianto, MT., DR. Ir. Rorim Panday, MM., MT., Ir. Ichwan Arif, MT., Ir. Budi Arief, Ir. Dede Suhendi, MT., Ir. Janthy T. Hidayat, M.Si., Ir. Akhmad Syafuan, MT., Henny Purwanti, ST.

PEMBANTU UMUM
Sudarsono

CATATAN :

JURNAL TEKNOLOGI UNPAK, sebagai majalah ilmiah, direncanakan terbit setiap 6 (enam) bulan. Kehadirannya diharapkan mampu menjadi media komunikasi dan forum pembahasan keilmuan bagi staf pengajar dan mahasiswa, khususnya di lingkungan Fakultas Teknik - UNPAK. Untuk kelangsungan penerbitan, Redaksi berharap para ilmuwan sebagai pakar ilmu pengetahuan dan teknologi berkenan mengirimkan tulisan bebas dan kreatif berbentuk tulisan populer, hasil penelitian, atau gagasan orisinal yang segar.

Pengiriman naskah ditulis dengan bahasa Indonesia atau Inggris dilengkapi dengan abstrak (tidak lebih dari 200 kata), ukuran kuarto/A4, ditulis dengan urutan Judul, Nama Penulis, Abstrak, Isi Tulisan dan Daftar Pustaka, dilengkapi dengan Riwayat Pendidikan/Pekerjaan terakhir Penulis. Panjang naskah disarankan tidak lebih dari 10 halaman atau 4000 kata, disertakan copy disket tulisan.

Bila diterima, Redaksi akan mengedit sesuai gaya Jurnal Teknologi - UNPAK

SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN JARINGAN SENSOR TANPA KABEL (WIRELESS SENSOR NETWORK / WSN) BERDASAR AKTIVITAS USER DALAM SUATU RUANGAN

Oleh :

Yamato

Abstract

Recently, Wireless Sensor Networks (WSNs) have been widely discussed in many applications. In this paper, we propose a WSN-based intelligent light control system for indoor environments. Wireless Sensor are responsible for measuring current Illuminations. Two kinds of lighting devices, namely *whole lighting* and *local lighting* devices, are used to provide background and concentrated illuminations, respectively. Users may have various illumination requirements according to their activities and profiles. As illumination requirement is as the combination of background and concentrated illumination demands and users locations. We consider two requirement models, namely *binary satisfaction* and *continous satisfaction* models, and propose two decision algorithms to determine the proper illuminations of devices and to achieve the desired optimization goals. Then a Closed-loop device control algoritm is applied to adjust the illumination levels of lighting devices. The prototyping results verify that our ideas are practical and feasible.

Keywords : *Intelligent buildings, light control, pervasive computing, wireless Sensor, Network, Wireless Communications*

I. PENDAHULUAN

Jaringan Sensor tanpa kabel (*Wireles*) untuk sistem pengendalian lampu bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi, menggunakan sensor tanpa kabel mencakup area tertentu, dimaksudkan untuk pemantauan (*Monitoring*) dan sebagai.

Dalam tulisan ini, dibahas sistem pengendalian lampu menggunakan jaringan sensor *wireless* berdasarkan aktivitas/ kegiatan para pemakai dalam suatu ruangan. Gambar 1 menunjukkan skenario jaringan sensor Wireless.

Jaringan pada gambar 1 diketahui dibagi menjadi beberapa *area* yang sama. Setiap Jaringan mempunyai *sensor* yang dipasang permanen. *Sensor-sensor* ini membentuk *Multi-Hop*. Salah satu dari *node* dirancang untuk terhubung ke sistem *Wireless* dan di-koneksi-kan ke *Server* (*Control Host*). *Server* tersebut dapat melakukan perintah pengendalian lampu melalui jalur daya (*Power Line*) atau Protokol komunikasi UPnP. Dalam Sistem ini, terdapat 2 jenis penerangan yaitu untuk ruangan (*Whole Lighting*) dan penerangan pada bagian tertentu (*Local Lighting*). Jenis Lampu untuk penerangan ruangan (*Whole Lighting*) seperti Lampu *Fluoresecent* yang dapat memberikan *iluminasi* (penerangan) untuk banyak *area* (*Multiple Area*). Sebagai contoh, pada gambar 1 Lampu dalam *area* G_{13} adalah Lampu ruangan (*Whole Lighting*) yang dapat mencakup *area* G_7, G_8, G_9, G_{12}, G_{13}, G_{14}, G_{17}, $G1_8$ dan G_{19}. Lampu untuk penerangan lokal (*local Lighting*) contohnya Lampu meja yang hanya mencakup iluminasi (penerangan) pada

luasan terbatas. Dalam sistem ini, diasumsikan bahwa lokasi setiap pemakai diketahui dan setiap pemakai mempunyai *sensor wireless* yang dapat mendeteksi intensitas cahayanya sendiri. Para pemakai dipandang mempunyai tingkat iluminasi yang bervariasi sesuai dengan aktivitas pemakainya. Sebagai contoh, dalam gambar 1, pemakai A sedang menonton televisi (G_{25}) dan pemakai B sedang membaca (G_{16}). Pemakai memerlukan iluminasi (*Background Illumination*) yang cukup di sekelilingnya dan pemakai B memerlukan iluminasi lokal yang cukup untuk membaca.

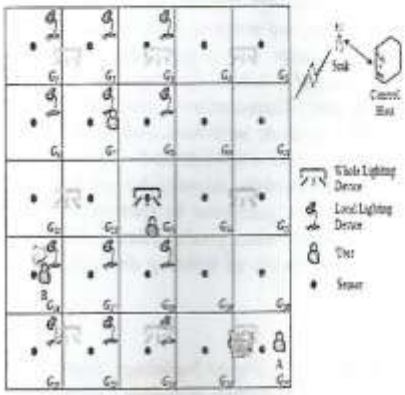
Dalam kajian, dimodelkan suatu kebutuhan iluminasi sebagai kombinasi dari *Whole Lighting/Background Lighting* dan *Local Lighting / Concentrated Lighting* yang sesuai dengan akitivitas para pemakai. Kebutuhan iluminasi terdiri dari Jangkauan Iluminasi (*Illumination Interval*) dan cakupannya (*Coverage Range*).

Kebutuhan iluminasi untuk pemakai dikatakan terpenuhi apabila intensitas cahaya yang berada dalam jangkauan tertentu untuk semua area dalam cakupannya (*Coverage Range*). Berikut ini akan diasumsikan model *Binary Satisfaction* dan *Continous Saticfaction*. Dalam hal ini, pemakai dengan iluminasi yang cukup mempunyai nilai kepuasan (*Satisfaction Value*) = 1 sedangkan pemakai dengan ilmuninasi yang kurang mempunyai nilai kepuasan (*Satisfaction Value*) = 0.

Satisfaction Value tersebut merupakan suatu fungsi Interval iluminasi tertentu dan Intensitas cahaya dalam cakupannya. Dalam *Binary Model*, tujuannya adalah untuk memuaskan para pemakai dengan cara meminimisasikan konsumsi daya total sedangkan untuk *Continous Model* tujuannya adalah untuk memuaskan para pemakai dengan cara nilai kepuasan total (*Satisfaction Value*) dimaksimumkan.

Selanjutnya dirancang algoritma untuk iluminasi untuk kedua model tersebut. Keluaran (*Output*) dikirimkan ke *algoritma* pengendalian untuk mengatur iluminasi lampu.

Referensi [4] dan [6] memperkenalkan pengendalian lampu dengan menggunakan sensor wireless untuk menghemat energi di dalam gedung-gedung komersial. Perangkat-perangkat lampu tersebut diatur sesuai dengan intensitas cahayanya masing-masing. Referensi [5] mendefinisikan beberapa macam kebutuhan pemakai beserta biayanya.



Gambar 1. Jaringan Sensor Wireles

Pengaturan intensitas ini bertujuan untuk meminimal-kan biaya total. Pekerjaan untuk memodel-kan masalah pengendalian lampu berkaitan erat dengan konservasi energi dan kebutuhan pemakai. Setiap pemakai dirancang sebagai fungsi *utilitas* dari intensitas cahaya, yang bertujuan untuk memaksimum-kan *utilitas* total.

Sistematika uraian, terdiri dari bagian-bagian pembahasan: 1 : mengenai pendahuluan, 2 : penjelasan awal, 3 dan 4 : mengenai *algoritma* pengaturan iluminasi *(Illumination decision)* dari Model *Binary* dan *Continuous Satisfaction*, 5 : algoritma pengendalian perangkat (*Device Control*), 6 : mengenai prototipe perangkat wireless sensor, 7 : mengenai hasil unjuk kerja (*Performance Result*).

2. PENJELASAN AWAL (PRELIMINARY)

Dalam Sistem ini digunakan k *Area* (*grid*), n pemakai, m lampu (*whole lighting*) dan m' lampu (*local lighting*). Perangkat-perangkat lampu tersebut dapat diatur. K area (grid) menggambarkan area jaringan dan ditandai sebagai simbol G_1, G_2 .... G_k. Dalam setiap *grid* : G_i, dimana i = 1...k terdapat wireless sensor permanen f_i dan setiap pemakai u_j, j = 1..... n mempunyai wireless sensor portabel p_j. Para pemakai dengan aktifitasnya masing-masing dapat melakukan pengontrolan ke *Server* (*Host*) melalui sensor *portable* tersebut. Lampu (*Whole lighting*) disimbolkan sebagai D_1, D_2,....D_m dan Lampu (*Local Lighting*) disimbolkan sebagai d_1, d_2.....$d_{m'}$. Sensor permanen terletak pada posisi terdekat dengan D_i, i=1....m dinyatakan sebagai $f_{c(Di)}$. Jika pemakai bergerak, digunakan fungsi *bound* (u_j) dimana : j = 1...n, untuk menyatakan asosiasi antara para pemakai dan perangkat lampu (*local lighting*). Fungsi ini membatasi perangkat lampu (*local lighting*) hanya melayani 1 pemakai pada setiap waktu. Jika tidak ada *local lighting* dekat pemakai u_j, maka *bound* (u_j) = 0 dan apabila terdapat local lighting dekat pemakai u_j maka *bound* (u_j) merupakan ID dari *local lighting* terdekat. Intensitas cahaya yang dimiliki oleh f_i dimana i = 1...k dan p_j dimana j = 1...n dinyatakan sebagai $s(f_i)$ dan $s(p_j)$. Jika nilai $s(f_i)$ dapat digunakan untuk banyak sumber, maka dapat dinyatakan sebagai $l(D_i)$, dimana i = 1....m, maka bagian intensitas cahaya yang dikontribusikan oleh D_i ke sensor permanen yang terdekat ke D_i adalah $f_{c(Di)}$.

Dengan mengasumsikan bahwa $l(D_i) \leq s(f_{c(Di)})$, karena $s(f_{c(Di)})$ dipengaruhi oleh perangkat lampu *Whole lighting* dan cahaya Matahari. Dengan asumsi yang sama, $l(d_i)$ dimana i=1...m', maka bagian intensitas cahaya yang dikontribusikan oleh d_i ke sensor portabel p_j jika pemakai u_j memenuhi bound(u_j) = i. Jika tidak ada u_j dan bound(u_j) = 1 maka $l(d_i)$ = 0. Kenyataannya, nilai $l(D_i)$ dan $l(d_i)$ tidak dapat ketahui secara langsung kecuali kalau tidak ada sumber cahaya lainnya.

Dalam sistem, sensor-sensor secara periodik melaporkan hasil pembacaannya ke wireless sistem. Kemudian didefinisikan vektor-vektor kolom sebagai berikut :

$$S_f = \left[s(f_1),\ s(f_2),\ \ldots,\ s(f_k)\right]^T.$$
$$S_p = \left[s(p_1),\ s(p_2),\ \ldots,\ s(p_n)\right]^T.$$
$$L_D = \left[l(D_1),\ l(D_2),\ \ldots,\ l(D_m)\right]^T.$$
$$L_d = \left[l(d_1),\ l(d_2),\ \ldots,\ l(d_{m'})\right]^T.$$

Dalam paktek, setiap D_i mempunyai batasan-batasan. Jika dinyatakan bahwa $l^{max}(D_i)$ adalah batas atas dari $l(D_i)$, dengan demikian maka,

$$L_D^{max} = \left[l^{max}(D_1),\ l^{max}(D_2),\ \ldots,\ l^{max}(D_m)\right]^T.$$

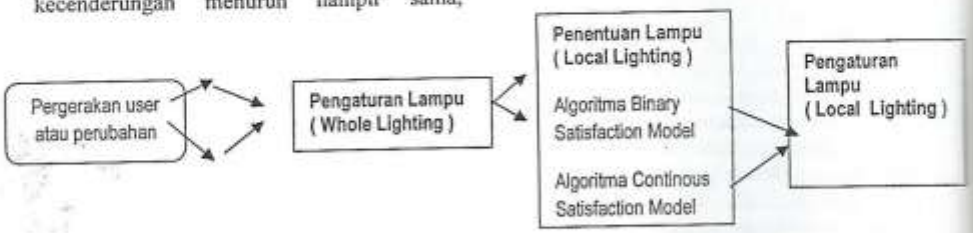
Ada beberapa asumsi sebagai berikut :

1) Lampu (*local lighting*) selalu dapat memenuhi kebutuhan pemakai ketika pemakai berada di bawahnya.
2) Tidak ada penghalang (*Obstacle*) antara Lampu (*Whole lighting*) dan Sensor permanen.
3) Iluminasi yang diberikan oleh lampu (*local lighting*) tidak mempengaruhi intensitas cahaya yang diukur dari sensor permanen.

Gambar 2 memperlihatkan arsitektur sistem kontrol lampu. Pengaturan cahaya di-*trigger* oleh pergerakan pemakai atau perubahan-perubahan di sekitarnya. Pertama kali, iluminasi dari lampu (*whole lighting*) ditentukan terlebih dulu, kemudian diikuti oleh lampu (*local lighting*). Umpan-balik (feedback) dari sensor dikirim ke *wireless sistem* (pada bagian *sink* dari Gambar 1) untuk menentukan pengaturan lampu-lampu tersebut yang sesuai dengan kebutuhan pemakai.

Untuk perhitungan L_D dan L_d sebagaimana pada pembahasan bagian awal dinyatakan bahwa nilai L_D dan L_d tidak dapat diketahui secara langsung. Untuk itu digunakan metode eksperimental dalam menurunkan L_D.

Dengan mengasumsikan tidak ada sumber cahaya lain, gambar 3 menunjukkan intensitas lampu (*Whole lighting*) D_i yang diukur terhadap $f_{c(Di)}$, pada level-level yang berbeda dibawahnya dari D_i. dapat dilihat bahwa intensitas yang diukur menurun (degradasi) secara sama. Kenyataannya, jika menormalisasi nilai intensitas yang diukur terhadap $f_{c(Di)}$ maka dapat dilihat kecenderungan menurun hampir sama, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3b. Oleh karena itu, dengan mengasumsikan *Impact Factor* D_i terhadap $f_{c(Di)}$ menjadi $w^i_{(Di)} = 1$ maka Impact factor D_i terhadap f_j lainnya dapat ditulis sebagai *Weighted Factor* w^i_j, dimana $0 \leq w^i_j \leq 1$. Dengan demikian dapat dituliskan *Weight Matrix* sebagai berikut :



Gambar 2. Arsitektur Sistem Kontrol Lampu

$$W = \begin{bmatrix} w_1^1 & w_1^2 & \cdots & w_1^m \\ w_2^1 & w_2^2 & \cdots & w_i^m \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_k^1 & w_k^2 & \cdots & w_k^m \end{bmatrix}$$

Jika Intensitas cahaya bersifat aditif [19] maka intensitas cahaya yang diukur terhadap $f_{c(Di)}$ adalah jumlah dari intensitas dari Matahari D_i dan perangkat lampu yang bersebelahan. Intensitas cahaya matahari ke semua sensor permanen dituliskan sebagai k x1 kolom dari vektor S_{sun}, didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$S_f = W \cdot L_D + S_{sun}. \quad (1)$$

Dalam persamaan (1) terdapat nilai m yang tidak diketahui dalam L_D dan persamaan k, dimana $m \leq k$. Algoritma rata-rata dari k [14] dapat memecahkan persamaan (1) dengan memasukkan kuadrat kesalahan rata-rata. Secara sederhana dibentuk matrix $W^{\wedge}$ berukuran m x m dengan memasukkan semua baris ke $c(D_i)$, dimana i= 1....m dalam matrix W dan menghilangkan baris-baris k-m lainnya.

Selanjutnya pada persamaan (1) dapat dituliskan seba -gai berikut :

$$S_f - S_{sun} = \hat{W} \cdot L_D \Rightarrow L_D = \hat{W}^{-1} \cdot (S_f - S_{sun}). \quad (2)$$

Weight Matrix W dapat diukur tahap penyebarannnya, Vektor S_{sun} dapat diukur secara *on-line* ketika semua lampu-lampu dalam keadaan mati (off) dan Vektor S_f dapat diperoleh secara *on-line*. Sehingga kalibrasinya adalah O(km). nilainya lebih rendah dibandingkan nilai yang terdapat pada referensi [16][19].

Perhitungan L_d sangat linier dengan pendekatan sebagai berikut : Sebelum pemakai tiba pada d_i, tidak ada pengukuran yang diperoleh untuk $l(d_i)$. Pada saat ini, $l(d_i) = 0$. Ketika sensor portabel mendekat ke dan dihubungkan dengan d_i, maka lampu *local lighting* dapat *di-trigger*. sehingga dapat dilakukan pembacaan dari sensor permanen, misalkan f_j ditempatkan pada grid yang sama dengan d_i sebagai intensitas cahaya *background*. Intensitas cahaya yang diberikan oleh d_i ke p_k adalah sebagai berikut : $l(d_i) = s(p_k) - s(f_i)$

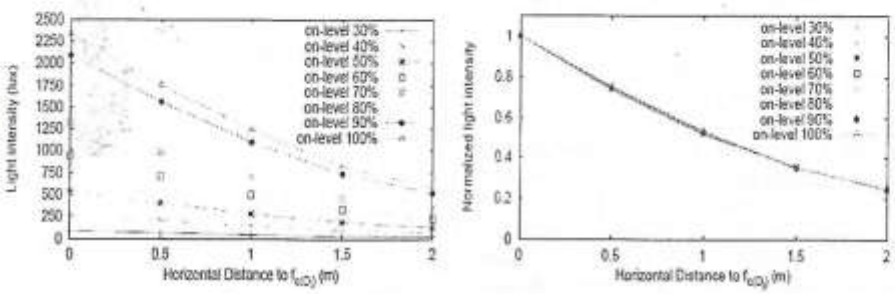
3. SOLUSI UNTUK *BINARY SATISFACTION* MODEL (BSM)

Setiap pemakai mempunyai sejumlah aktifitas dimana sistem mencoba memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan aktifitas tersebut.

Setiap kebutuhan user u_i terdiri dari 3 bagian :

1) Interval Iluminasi yang diharapkan dari Whole lighting : $[B^l_D(u_i), B^u_D(u_i)]$ (dalam lux), dimana $B^l_D(u_i)$ dan $B^u_D(u_i)$ adalah batas bawah dan batas atas.
2) Interval Iluminasi yang diharapkan dari Local Lighting : $[B^l_d(u_i), B^u_d(u_i)]$, dimana $B^l_d(u_i)$ dan $B^l_d(u_i)$ adalah batas bawah dan Batas atas.
3) *Coverage Range* dari *Whole lighting* : $R_i = [r_i(G_1), r_i(G_2),\ldots,r_i(G_k)]^T$, dimana untuk Setiap j=1…k, $r_i(G_j) = 1$ jika grid G_j diharapkan menerima intensitas cahaya dalam $[B^l_D(u_i), B^u_D(u_i)]$ untuk setiap user u_i; selainnya $r_i(G_j) = 0$.

Array ini mendefinisikan jangkauan grid yang memenuhi kebutuhan untuk *whole lighting*.



(a) (b)

Gambar 3. Karakteristik Degradasi dari Sinyal Cahaya Lampu

Sebagai contoh :

Kebutuhan iluminasi untuk melakukan aktifitas baca dari *user* B dapat diasumsikan sebagai $[B^l_D(u_B), B^u_D(u_B)] = [200, 600]$, $[B^l_d(u_B), B^u_d(u_B)] = [500, 1000]$ dan R_B=[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,1,1,0,0,0,1,1, 0,0,0]^T. L_D dan L_d adalah intensitas yang diberikan oleh lampu *whole lighting* dan *local lighting*. Bila X_K = [1 1 … 1] menjadi vektor baris 1 x K dan R_i' merupakan matrix k x k maka :

$$\bar{R}_i = \begin{bmatrix} r_i(G_1) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & r_i(G_2) & \cdots & 0 \\ 0 & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & r_i(G_k) \end{bmatrix}$$

Tujuan yang terpenting adalah mencari vektor untuk melakukan pengaturan yaitu sebagai berikut :

$$A_D = [a(D_1), \quad a(D_2), \quad \ldots, \quad a(D_m)]^T$$
$$A_d = [a(d_1), \quad a(d_2), \quad \ldots, \quad a(d_{m'})]^T$$

Dimana : A_D adalah pengaturan untuk *whole lighting* dan A_d adalah pengaturan untuk *Local lighting*, sedangkan $\alpha(D_i)$, i=1…m dan $\alpha(d_j)$, j=1…m', D_i dan d_j sehingga dapat memenuhi : merupakan jumlah pengaturan yang diperlukan untuk

$$\min \quad X_m(A_D + L_D) \qquad (3)$$
$$\min \quad X_{m'}(A_d + L_d) \qquad (4)$$

dengan ketentuan sebagai berikut :

$$B^{l}_{D}(u_i)R_i \le \hat{R}_i(S_f + WA_D) \le B^{u}_{D}(u_i)R_i, \ \forall i \in [1,n] \quad (5)$$

$$O \le A_D + L_D \le L_D^{max} \quad (6)$$

$$B^{l}_{d}(u_i) \le a(d_j) + s(p_i) \le B^{u}_{d}(u_i),$$

$$bound(u_i) = j, \ \forall i \in [1,n]. \quad (7)$$

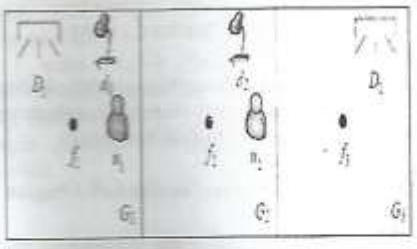
Keterangan :

Persamaan (3) dan (4) : Konsumsi daya total dari whole dan local lighting setelah dilakukan secara minim; Persamaan (5) menentukan kebutuhan whole lighting dimana S_f + W A_D adalah vector intensitas cahaya setelah dilakukan pengaturan dan matriks R_i' adalah untuk menseleksi area / grid yang berada diluar jangkauan *whole lighting*; Persamaan (6) menjelaskan hasil pengaturan dalam kapasitas minimum dan maksimum dimana O adalah vector nol; Persamaan (7) menentukan kebutuhan setiap *local lighting* untuk setiap pemakai. Diasumsikan bahwa *local lighting* dapat memberikan iluminasi tambahan untuk memenuhi kebutuhan pemakai sehingga tidak diperlukan batas atas dari persamaan (6).

Pemecahan masalah (P) dibagi dalam 2 tahap, dirumuskan sebagai berikut :
P1 : Diketahui S_f, L_D, W dan kebutuhan pemakai, maka dapat dihitung A_D dari persamaan (3), (5) dan (6).P2 : Diketahui S_p, L_d dan kebutuhan pemakai maka dapat dihitung A_d dari persamaan (4) dan (7).

Dalam Gambar 4 menunjukkan *scenario* dengan 3 grid/area, 2 pemakai, 2 buah lampu *whole lighting* dan 2 buah lampu *local lighting*.

Kebutuhan user u_1 adalah $[B^{l}_{D}(u_1), B^{u}_{D}(u_1)]=[200,400]$, $[B^{l}_{d}(u_1), B^{u}_{d}(u_1)]=[700,900]$, dan $R_1=[1,0,0]^T$. Kebutuhan user u_2 adalah $[B^{l}_{D}(u_2), B^{u}_{D}(u_2)]=[300,500]$,$[B^{l}_{d}(u_2),B^{u}_{d}(u_2)]=[800, 1000]$, dan $R_2=[0,1,0]^T$.



$$S_f=[100\ 100\ 100]^T \qquad W=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0.6 & 0.6\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$L_D=[0\ 0]^T \qquad L_D^{max}=[1000\ 1000]^T$$

$bound(u_1)=1$ $bound(u_2)=2$

Gambar 4. Contoh Perhitungan Iluminasi

Permasalahan P1 dapat dipecahkan sebagai berikut :

$$\min \quad [1 \quad 1]\left(\begin{bmatrix}\alpha(D_1)\\ \alpha(D_2)\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\0\end{bmatrix}\right)$$
$$= \quad \min \quad (\alpha(D_1) + \alpha(D_2))$$

Dimana,

$$200\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0\end{bmatrix}\left(\begin{bmatrix}100\\100\\100\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}1 & 0\\ 0.6 & 0.6\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\alpha(D_1)\\ \alpha(D_2)\end{bmatrix}\right) \le 400\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix}200\\0\\0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}100 + \alpha(D_1)\\ 0\\ 0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}400\\0\\0\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}0\\300\\0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}0\\ 100 + 0.6\alpha(D_1) + 0.6\alpha(D_2)\\ 0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}0\\500\\0\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}0\\0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}\alpha(D_1)\\ \alpha(D_2)\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\0\end{bmatrix} \le \begin{bmatrix}1000\\1000\end{bmatrix}.$$

Jadi harga P1 nyata, hasilnya : $\alpha(D_1)$=184 dan $\alpha(D_2)$=150.

Dengan melakukan pengaturan whole lighting, $S_p= [s(p_1), s(p_2)]^T = [284,300]^T$ dan $L_d= [l(d_1),l(d_2)]^T=[0,0]^T$.

Permasalahan P2 dapat dipecahkan sebagai berikut :

$$\min \quad [1 \quad 1]\left(\begin{bmatrix} a(d_1) \\ a(d_2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 284 \\ 300 \end{bmatrix} \right)$$
$$\equiv \quad \min \quad (a(d_1) + a(d_2) + 584)$$

Dimana :

$$700 \leq a(d_1) + 284 \leq 900$$
$$800 \leq a(d_2) + 300 \leq 1000.$$

Pengaturan *Local lighting* adalah sebagai berikut : $\alpha(d_1)=B^l_d(u_1)-s(p_1)=416$ dan $\alpha(d_2)=B^l_d(u_2)-s(p_2)=500$

4. SOLUSI UNTUK *CONTINOUS SATISFACTION* MODEL (CSM)

Dalam Model ini, kebutuhan iluminasi pemakai bukan merupakan *interval* yang tetap tetapi merupakan nilai yang kontinu dimana setiap nilai dapat dipetakan ke suatu level kepuasan pemakai. Kebutuhan *user* u_i mempunyai 4 bagian :

1) *Level* kepuasan pemakai dari *whole lighting*, yang dapat direpresentasikan dengan distribusi Gaussian yang dimodifikasi dengan menormalisasikan nilai puncak ke nilai 1 dengan rata-rata (*mean*) dan varian adalah ($\mu_D(u_i)$, $\sigma_D(u_i)$). Secara spesifik, tingkat intensitas kepuasan x adalah $C_D(u_i,x)=\exp[-(x-\mu_D(u_i))^2 / 2(\sigma_D(u_i)^2]$.

2) Batas ambang kepuasan (*Satisfaction threshold*) dari *whole lighting* : t', $0 \leq t' < 1$.
   Ini berarti setelah dilakukan pengaturan, tingkat kepuasan harus tidak kurang dari t'. Dari t' dapat diturunkan interval iluminasi yang dikehendaki dari *whole lighting* yaitu :
   $[\, B^l_D(u_i,t'), B^u_D(u_i,t') \,] = [\, \mu_D(u_i) - \sigma_D(u_i) \sqrt{(-2\ln(t'))}, \mu_D(u_i) + \sigma_D(u_i) \sqrt{(-2\ln(t'))}]$

3) Tingkat kepuasan dari *local lighting* yang dapat direpresentasikan oleh distribusi Gaussian yang dimodifikasi dengan menormalisasikan nilai puncak ke nilai 1 dengan Secara spesifik, tingkat intensitas kepuasan x adalah : $C_d(u_i,x)=\exp[-(x-\mu_d(u_i))^2 / 2(\sigma_d(u_i)^2]$.

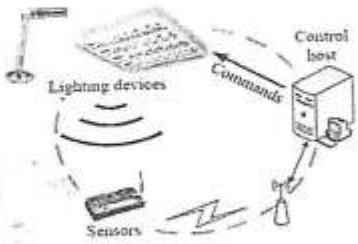
4) Jangkauan cakupan dari whole lighting adalah : R_i

5. ALGORITMA PENGENDALIAN (*CONTROL ALGO-RITHM*)

Intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu-lampu (L_D dan L_d) dideteksi oleh sensor-sensor. *Output* dari sensor diakumulasikan menjadi suatu nilai kemudian mengkonversikan nilai-nilai ini ke suatu nilai pengaturan.

Jika nilai sesungguhnya tidak sesuai dengan nilai sasaran maka akan digunakan teknik pencarian biner (binary search) untuk melakukan pendekatan terhadap nilai-nilai tersebut. Misalkan $L^{(1)}_D$ dan $L^{(1)}_d$ adalah intensitas yang dihasilkan oleh whole lighting dan local lighting dan $L^{(*)}_D=L^{(1)}_D+A_D$ dan $L^{(*)}_d=L^{(1)}_d+A_d$ yang merupakan (*target*). Algoritmanya terdiri dari banyak *iterasi*. Dalam *iterasi* ke i, $i \geq 1$, yang didasarkan kepada $L^{(i)}_D$ dan $L^{(i)}_d$, menjadi suatu intensitas yang baru yaitu $L^{(i+1)}_D$ dan $L^{(i+1)}_d$. *Iterasi* dilakukan terus sampai ke suatu nilai sasaran yang ingin dicapai. Pada gambar 5 menunjukkan prosedur pengendalian lampu dalam satu *loop* tertutup. Prosedur Pencarian biner (*Binary Search*) dapat dijelaskan dengan contoh sebagai berikut; asumsikan D_i berada pada tingkatan 40% dengan kontribusi $I^{(0)}(D_i)$=300 lux terhadap sensor $f_{c(Di)}$ dan $I^{(*)}(D_i)$ = 200 lux. *Server* (*Control Host*) akan mengatur tingkatan D_i ke (0 + 40) / 2 = 20%. Setelah iterasi pertama, server akan mengumpulan data-data sensor untuk menghitung $L^{(1)}_D$ dan $I^{(1)}_{(Di)}$. Dengan $I^{(1)}_{(Di)}$ maka perkiraan berikutnya mempunyai tingkatan 10% atau 30%. Prosedur yang sama dapat dilakukan untuk seluruh lampu *whole lighting* dan *local lighting*.

Kenyataannya, tingkatan intensitas cahaya adalah diskrit dan mempunyai tingkatan yang tertentu. Kondisi *terminasi* dari metode pencarian biner diatas dapat dikendalikan ke suatu nilai batas ambang (*threshold*) tertentu, misalkan β, ketika $|I^{(i+1)}(D_j) - I^{(i)}(D_j)| \leq \beta$.



Gambar 5. Prosedur Pengendalian Dalam Satu Loop Tertutup

6. Prototipe Perangkat *Wireless Sensor*

Pada bagian ini dijelaskan mengenai *implement -tasi* dari sistem pengendalian lampu. Gambar 6 menunjukkan arsitektur sistem dan komponen pendukungnya.

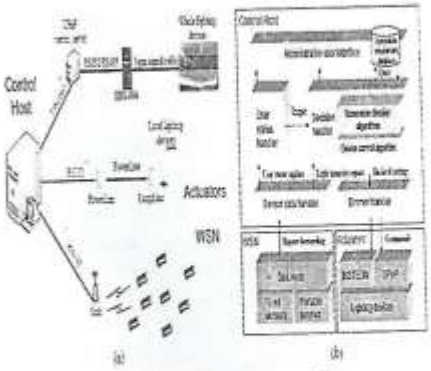
Sistem Wireless Sensor dibagi menjadi 3 bagian yaitu : Jaringan *wireless sensor*, *Aktuator* dan *Server* (*Control Host*).

6.1. Jaringan Wireless Sensor

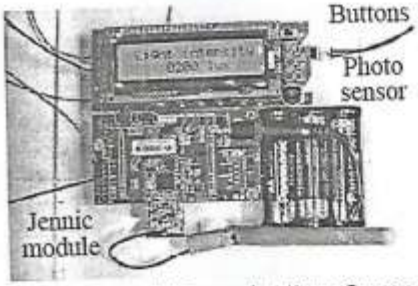
Node-node sensor dikembangkan dengan menggunakan Jennic JN5121 [4] sebagai modul radio dan IC Si *Fotodioda* [6] sebagai foto sensor (Gambar 7).

Para pemakai dapat menunjukkan akitifitasnya ke suatu system dengan meng-klik tombol pada modul sensor. Sensor permanen digunakan untuk membentuk tulang-punggung (*backbone*) jaringan. Sensor *portabel* akan berhubungan dengan sensor permanen.

Sensor permanen dan portabel secara periodic melaporkan nilai intensitas cahaya ke system wireless. Sistem wireless ini akan meneruskan data yang diterima ke server via RS232.



Gambar 6. (a) Arsitektur Sistem dan (b) Komponen-komponen Sistem Pengendalian Lampu



Gambar 7. Modul Perangkat Keras Sensor

6.2. Aktuator

Lampu-lampu Whole lighting dan Local lighting dikendalikan dengan beberapa cara, dapat dengan menerapkan Standar UPnP *Lighting Control* V.1.0 [3] untuk mengontrol lampu-lampu *whole lighting*.

Server menggunakan perintah-perintah control UPnP ke UPnP *server* melalui Internet. Kemudian UPnP Server mengontrol beberapa dimmer EDX-F04 [1] yang dihubungkan ke lampu-lampu *whole lighting*.

Pada kondisi ini dipakai dimmer *INSTEON Lamplinc* dan *controller Powerlinc* yang dipabrikasi oleh Smarthome [2] untuk mengontrol lampu-lampu *local lighting*. *Kontroller PowerLinc* ini dikoneksikan ke Server. Ketika menerima perintah dari *Server*, *Controller PowerLinc* dapat mengontrol *dimmer* melalui jaringan saluran daya (*Power-line*).

6.3. Server (Control Host)

Server ini menggunakan aplikasi bahasa pemrograman *JAVA*. Terdiri dari 5 komponen :

- *Sensor Data Handler* : tugas utamanya adalah mengklasifikasi data laporan dari system wireless ke dalam 2 tipe yaitu *update* status pemakai dan laporan intensitas cahaya.
- *User Status Handler* : Komponen ini melakukan pencarian (*Tracking*) lokasi dan aktifitas para pemakai yang terkini kemudian seterusnya komponen *Decision Handler* memproses kebutuhan iluminasi yang baru.
- *Decision Handler* : komponen ini meng-*implementasikan algoritma* pada bagian III, IV dan V.
- *Dimmer Handler* : Komponen ini bertindak sebagai antar-muka (*Interface*) antara *Server* dan *Aktuator* dan melakukan perintah ke UPnP Server dan *Kontroller INSTEON PowerLinc*.
- *Administrative User Interface* : Menerapkan GUI (Graphical User Interface) yang terdiri dari 3 panel :

  1) *Monitor* menunjukkan lokasi pemakai, sensor permanen dan lampu-lampu.
  2) *Konfigurasi* sebagai manajer sistem untuk merenca -nakan jaringan dan melakukan konfigurasi parameter system.
  3) *Informasi*: Menampilkan pemba-caan laporan sensor, status koneksi dari *node-node* sensor.

7. EVALUASI UNJUK-KERJA

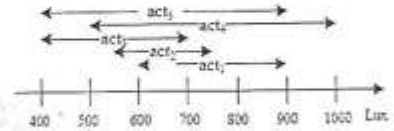
7.1 Verifikasi dari Binary Satisfaction Model

Dilakukan percobaan 2 skenario : S1 dan S2. **S1** mempunyai (5 x 5) grid dengan 9 lampu *whole lighting* (gambar 1). **S2** mempunyai 9 x 9 grid dengan 25 lampu *whole lighting*. Dalam kedua skenario ini, Setiap lampu *whole lighting* dapat mencakup jangkauan 9 grid. Weight Factor untuk setiap whole lighting adalah D_i yang berada dekat sensor permanen di *set-up* sebagai berikut : (1) Weight Factor D_i sensor permanen berada pada $G_{e(Di)} = 1$. (2) Sensor permanen sebelah kiri, kanan, atas dan bawah dari $G_{e(Di)}$, *Weight Factor* di set = 0,5. (3) Sensor permanen kiri atas, kiri bawah, kanan atas dan kanan bawah dari $G_{e(Di)}$, *Weight Factor* di set = 0,25. (4) Selainnya, *Weight Factor* = 0. Lampu local lighting tidak disimulasikan karena tidak punya pengaruh terhadap unjuk-kerja. Semua Lampu-lampu secara inisial di set *turn-off* . Didefinisikan 2 kelompok kebutuhan aktifitas, yaitu AR1 dan AR2 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 8. Setiap Aktifitas menunjukkan interval iluminasi yang diharapkan. Dalam simulasi ini, para pemakai secara random memilih akitifitasnya dari suatu kelompok. Jangkauan cakupan dari kebutuhan pemakai adalah 5 grid terdekat. Akan dibandingkan algoritma ini terhadap pengaturan tetap (dinyatakan dengan FIX), dimana lampu-lampu di-set ke tingkatan yang tetap. Di bawah ini akan digunakan FIX-n untuk menunjukkan setiap lampu dapat menyediakan sebesar n lux.

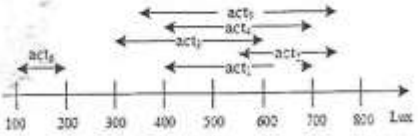
Ada 2 jenis unjuk-kerja : 1). Memperbesar kebutuhan iluminasi pemakai ketika *overlap* terjadi. Didefinisikan GAP untuk menyatakan perbedaan antara intensitas cahaya yang dihasilkan dan kebutuhan asal pemakai. 2) Untuk user u_i dengan cakupan R_i jika G_j memenuhi $r_i(G_j)=1$, dapat dihitung nilai *gap*, yaitu :

$$gap(u_i, G_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } B_D^l(u_i) \le s(f_j) \le B_D^h(u_i) \\ \min(|B_D^l(u_i) - s(f_j)|, |B_D^h(u_i) - s(f_j)|) & \end{cases}$$

Dimana $s(f_j)$ = nilai akhir sensor dari f_j GAP dari u_i adalah rata-rata dari $gap(u_i,G_j)$ untuk semua G_j sehingga $r_i(G_j)=1$. Gambar 9 (a), (b), (c) dan (d) menunjukkan hasil simulasi dengan kombinasi yang berbeda dari S1/S2 dan AR1/AR2. Pada sebelah kiri gambar 9(a) dapat dilihat rata-rata GAP , bahkan semua pemakai hampir nol untuk *Binary Satisfaction*. Model. Ini disebabkan *Interval* AR1 *overlap*.



(a)



(b)

Gambar 8. Kelompok Kebutuhan Aktifitas (a) AR1 dan (b) AR2

7.2. Verifikasi dari Continous Satisfaction Model

Didefinisikan 2 kelompok aktifitas yaitu AR3 dan AR4 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10. Batas atas kepuasan = 0,3. Jangkauan cakupan kebutuhan pemakai adalah 5 grid terdekat.

Perbandingan antara tingkat kepuasan terhadap konsumsi energi. Gambar 11 (a), (b), (c) dan (d) menunjukkan simulasi S1/S2 dan AR3 / AR4. Diketahui tingkat kepuasan pemakai tertinggi dan juga unjuk-kerja yang bagus untuk FIX-500, FIX-750 dan FIX - 1000 sehingga lebih ekonomis dan hemat energi.

8. KESIMPULAN

Sistem pengendalian lampu secara *intelijen* berdasarkan aktifitas pemakai, dapat dilakukan dengan memanfaatkan sensor tanpa kabel (*Wireless Sensor*) dengan mengumpulkan intensitas cahaya di sekelilingnya.

Berdasar aktifitas pemakai, di-model-kan kebutuhan iluminasi para pemakai,. algoritma penentuan iluminasi dan algoritma pengendalian lampu, selanjutnya diketahui mampu menjawab permasalahan pemakai dalam usaha melakukan penghematan pemakaian energi.

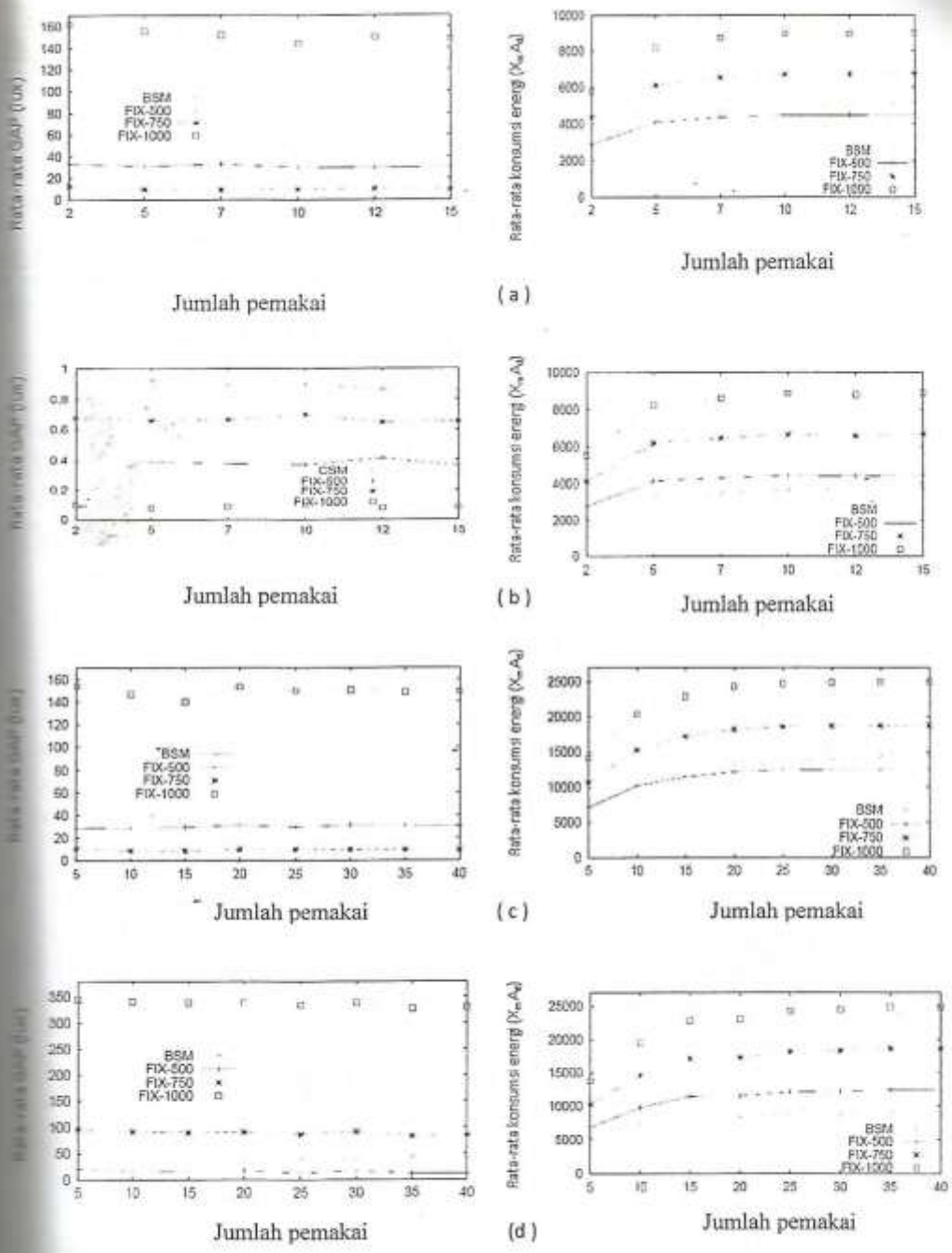
Diharapkan pada kajian lain diusahakan dapat dihitung biaya perencanaan yang bersifat non-linier dan dapat memberikan keuntungan-keuntungan tambahan bagi para pemakai.

DAFTAR PUSTAKA

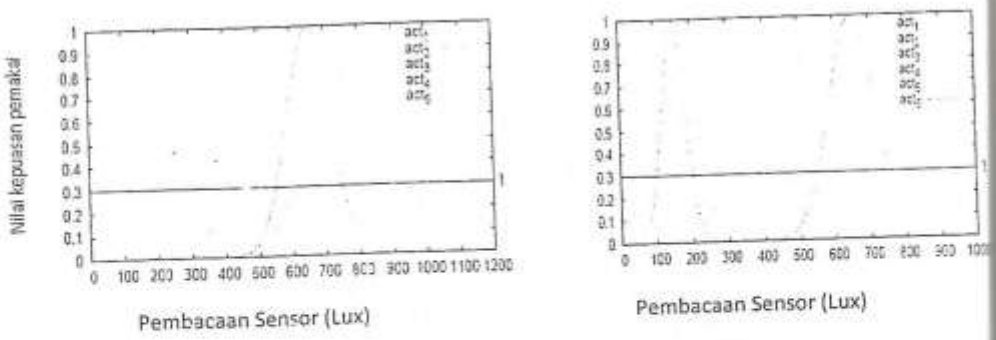
1) Edx-f04, http://www.liteputer.com.cn/china/liteputer-tw/product.asp
2) Smarthome Inc. http://www.smarthome.com
3) UPnP forum, http://www.upnp.org
4) F. O'Reilly and J. Buckley, Use of Wireless sensor networks for fluorescent Lighting control with daylight substitution, *In Proc. Of Workshop on Real World Wireless Sensor Networks (REANWSN)*, 2005
5) H. Park, M. B. Srivastava, and J. Bucks, Design and Implementation of a Wireless Sensor network for Intelligent light control, *In Proc of ACM/IEEE Int'l Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)*, 2007
6) Y.-J. Wen, J. Granderson, and A. M. Agogino. Towards embedded wireless-Networked intelligent daylighting systems for commercial buildings, In Proc. Of IEEE Int'l Conference on Sensor Networks Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC), 2006
7) Jennic JN5121, http://www.jennic.com/

PENULIS

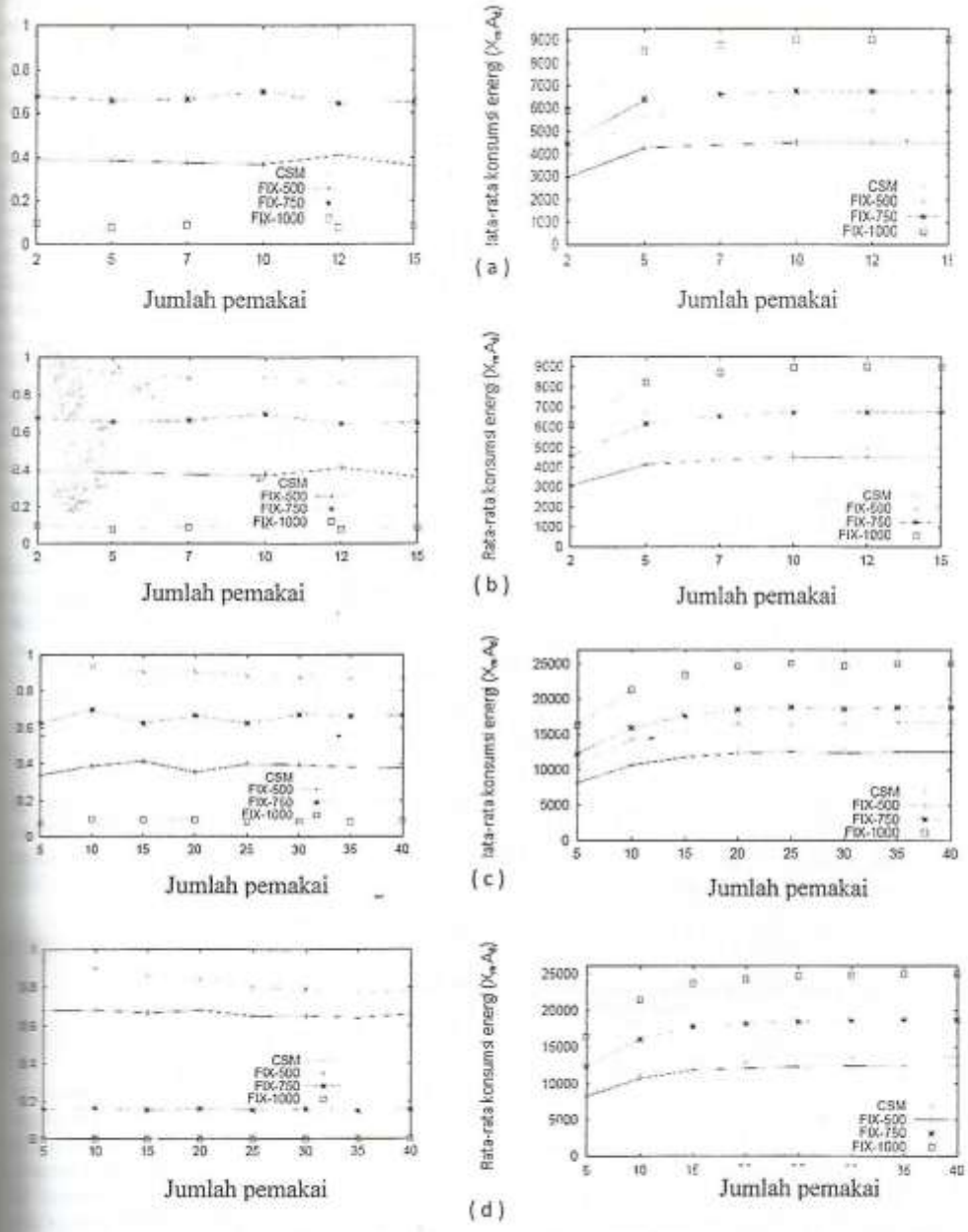
Ir. Yamato, Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.



Gambar 9 – Perbandingan antara BSM & FIX – (a) S1&AR1, (b) S1&AR2, (c) S2&AR1, (d) S2&AR2



Gambar 10 – Kelompok Kebutuhan aktifitas pemakai – (a) AR3, (b) AR4



Gambar 11 – Perbandingan CSM dan FIX ketika (a) S1&AR3, (b) S1&AR4, (c) S2&AR3, (d) S2&AR4