

REMOTE CONTROLLED LIGHT BERBASIS ARDUINO MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Nisa Hanum Harani¹, Chalifa Chazar², Herlin Restusari³
nisahanum@poltekpos.ac.id¹, Chalifa.chazar@gmail.com², herlinrestu@gmail.com³

ABSTRAK

Tujuan dari berkembangnya teknologi adalah untuk membantu manusia. Dengan teknologi pekerjaan yang sulit akan terasa lebih mudah dalam implementasinya. Saat ini berbagai teknologi telah dikembangkan, salah satunya adalah konsep objek untuk mengirim data tanpa melalui interaksi antara manusia, hal ini sangat berguna untuk membantu kaum disabilitas dalam melakukan aktifitas seperti menyalakan lampu dan aktifitas lainnya yang sulit dilakukan bagi kaum disabilitas.

Penelitian yang dilakukan ini adalah menciptakan sebuah aplikasi pengendalian jarak jauh untuk pengontrolan lampu dengan menggunakan remote control. Remote dikendalikan dengan aplikasi arduino dan inframerah. Alat ini yang dibangun menggunakan metode kecerdasan buatan yaitu logika *fuzzy* dengan menggunakan dua parameter yaitu suhu dan keadaan tingkat cahaya sekitar untuk mengatur intensitas lampu.

Hasil penelitian ini akan memberikan solusi tepat guna bagi berbagai pihak yang akan menimplementasikan sistem kendali jarak jauh.

Keywords : *Remote, Light, Arduino, fuzzy logic*

1. PENDAHULUAN

Hubungan manusia dengan teknologi memiliki banyak kekurangan. Berkembangnya teknologi baru juga membentuk konsep yang kita gunakan untuk mengevaluasinya yang dapat membawa aliran teknologi dan layanan inovatif. Perkembangan teknologi seperti RFID, *Information Systems and Electrical Engineering* (ICITISEE) yang dapat dianalisis datanya, serta adanya jaringan kepercayaan memori jangka panjang dan pendek. Lampu juga merupakan teknologi yang dibutuhkan. Kegunaan lampu sendiri untuk penerangan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penerangan sendiri dibagi menjadi beberapa intensitas cahaya seperti terang, redup dan sedang. Tetapi intensitas tersebut memiliki dampak yang dirasakan oleh pengguna seperti saat gelap keadaan lampu lebih cenderung terang dan sebaliknya. Pada intensitas yang dipancarkan oleh lampu dimodulasi oleh adanya intensitas cahaya sekitar. Untuk mendapat penerangan yang otomatis dibutuhkan teknologi yang cukup. Teknologi yang dibutuhkan seperti arduino merupakan perangkat elektromagnetik menjadi semakin penting dalam pembuatan alat yang berteknologi baru. Untuk mempermudah dalam

menyalakan lampu maka akan menggunakan digunakan inframerah sebagai alat pengendali. *Remote control* ini menggunakan arduino yang dirancang untuk memberikan cara lebih ekonomis. Arduino sendiri akan menerima sinyal melalui port. Penggunaan arduino berhubungan dengan alat pengendali.

Tidak semua manusia memiliki fisik yang sempurna. Seperti orang yang tidak dapat berjalan dan membutuhkan bantuan orang lain. Untuk menyalakan dan mematikan lampu membutuhkan tenaga yang lebih.

Dari masalah yang ada seperti penerangan lampu, fungsi alat ini sendiri untuk mempermudah pengguna dalam menyalakan lampu dan pengaturan intensitas cahaya lampu. Alat ini yang akan dibuat dengan acuan intensitas cahaya sekitar lampu dan intensitas cahaya pengguna serta keadaan suhu sekitar lampu. Maka *remote controlled light* adalah solusi mudah untuk menyalakan lampu dengan menggunakan arduino dan infrared sistem. Maka dibuat "*Remote Controlled Light Berbasis Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Logic*"

2. KERANGKA TEORI

2.1. Deskripsi Topik yang Sama

Semakin maju jaman menandakan bahwa teknologi juga semakin berkembang. Kemajuan teknologi membantu pekerjaan manusia. Salah satu pemanfaatan teknologi menggunakan inframerah. Inframerah banyak digunakan sistem pengindraan terutama *remote controlled*. Adapun Inframerah juga dapat digunakan untuk mendeteksi gambar seperti menggunakan Imager termal inframerah. Studi saat ini juga mengeksplorasi aplikasi potensial Inframerah Terang (UAV) Termodinamik udara tak berawak untuk mendeteksi delaminasi bawah permukaan pada deck jembatan beton, yang tidak memerlukan gangguan lalu lintas maupun kontak fisik dengan deck yang diperiksa. Serta inframerah juga digunakan untuk mengukur suhu permukaan untuk memantau sistem hidrotermal. Selain itu inframerah juga dapat digunakan untuk menyelidiki kelayakan debris plastik penginderaan jauh optik di lingkungan alam. Kegunaan inframerah juga dapat pemantauan jarak jauh terhadap kesehatan dan kesejahteraan. Dalam pengukuran untuk mengetahui sifat tumbuhan seperti daun juga dapat menggunakan inframerah untuk mengukur pada tingkat molekuler. Selain itu inframerah juga alat yang tepat untuk perencanaan

perkotaan dan pengambilan keputusan penghijauan perkotaan. Inframerah pada gambar digunakan untuk membedakan target dari latar belakang mereka berdasarkan perbedaan radiasi. Selain inframerah arduino banyak digunakan untuk saat ini. Arduino digunakan untuk merancang dan untuk mengembangkan bangku uji untuk mendapatkan data eksperimen pemodelan termal dan listrik. Arduino sekarang digunakan oleh perguruan tinggi sehingga berdampak pada perkembangan siswa untuk pembuatan teknologi baru. Arduino merupakan perangkat elektromagnetik menjadi semakin penting dalam perkembangan industri dan aplikasinya berkisar dari perangkat memori, semikonduktor. Popularitasnya didorong oleh kesederhanaan, penggunaan Arduino dan sejumlah besar sensor dan *library* yang tersedia untuk memperluas kemampuan dasar pengendali ini. Untuk mempermudah dalam menyalakan lampu maka akan menggunakan infra merah sebagai *remote control*. *Remote control* ini menggunakan arduino.

2.2. Pustaka Rujukan

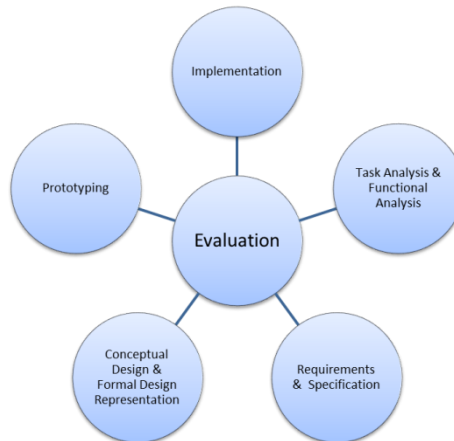
Alat ini didukung dengan metode *fuzzy logic*. Logika *fuzzy* bertujuan memodelkan penalaran logis dengan pernyataan samar atau tidak tepat, yang mungkin mengandung lindung nilai linguistik. Sebenarnya, banyak lindung nilai, misalnya, sangat, agak, dan sedikit, dapat digunakan bersamaan untuk mengungkapkan tingkat penekanan yang berbeda. Selain itu, setiap lindung nilai mungkin memiliki hak ganda. Metode *fuzzy* juga digunakan untuk membuat algoritma data pelacakan visual multi objek secara online. Sistem logika *fuzzy* probabilistik (PFLS) meningkatkan kemampuan sistem logika *fuzzy* biasa (FLS) untuk mengatasi berbagai ketidakpastian dalam sistem dinamis yang dikontrol dengan mengintegrasikan metode probabilitas ke dalam sistem logika *fuzzy*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Metodologi

Star Lifecycle Model metode perancangan sistem yang selalu melakukan perbaikan terus menerus. Misalnya dimulai dari menentukan konsep desain (*conceptual design*). Dalam proses ini akan langsung terjadi evaluasi untuk langsung ternilai apakah sudah

sesuai dengan kebutuhan *user* bila belum, maka akan terus berulang dievaluasi hingga sesuai dengan kebutuhan.



GAMBAR 3.1. *Star Lifecycle Methodology*

Setelah itu, apabila sudah sesuai, maka dari tahap evaluasi yang pertama akan lanjut ke proses yang selanjutnya, yakni *requirements/specification* yakni memverifikasikan persyaratan rancangan tersebut, dan pada tahap itu juga langsung terjadi pengevaluasian seperti tahap pertama.

Selanjutnya akan tetap sama, terjadi pada tahap-tahap selanjutnya yakni *task analysis/function analysis*, pengimplementasian, *prototyping* hingga pada akhirnya terciptalah sebuah aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan *user*.

Inti pada rancangan model ini, evaluasi dilakukan di setiap tahap, tidak hanya pada tahapan akhir seperti model-model rancangan yang lainnya.

3.2. Tahapan Diagram Alur Teknologi

1. Requirements/Specification

Dalam tahap ini akan dilakukan pengumpulan informasi yang dibutuhkan dalam kebutuhan alat yang akan digunakan dalam pembuatan alat. Untuk pengumpulan informasi menggunakan metode kuisisioner. Kuisisioner ini merupakan alat ukur penelitian untuk mengetahui sejauh mana ketepatan,kecermatan dan kebenaran isi yang diukur. Realiabilitas menunjuk pada suatu pengertian bahwa suatu instrumen cukup dapat dipercaya untuk

digunakan sebagai alat pengumpul data karena instrumen tersebut sudah baik.

2. *Conceptual design/Formal design representation*

Tahapan ini akan mendesain sebuah desain konseptual berdasarkan semua inputan yang masuk ketahapan ini. Pada tahapan ini untuk melakukan perancangan alat berdasarkan metode *fuzzy* seperti parameter yang di inputkan dalam metode *fuzzy*. *Fuzzy logic* teknik/ metode yang dipakai untuk mengatasi hal yang tidak pasti pada masalah-masalah yang mempunyai banyak jawaban. Pada dasarnya *Fuzzy logic* merupakan logika bernilai banyak/ multivalued *logic* yang mampu mendefinisikan nilai diantara keadaan yang konvensional seperti benar atau salah, ya atau tidak, putih atau hitam dan lain-lain. Adapun tahapan *Fuzzy logic* adalah :

a) Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode Mamdani baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

b) Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah minimum. Jadi dari nilai yang berupa himpunan *fuzzy* nilai yang digunakan sebagai implikasi adalah nilai MIN atau nilai yang paling terendah.

$$f(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{array} \right\}$$

GAMBAR 3.2. Rumus pembentukan himpunan *fuzzy*

Keterangan :

x : nilai parameter

a : nilai terendah

b : nilai tengah

c : nilai akhir

c) Komposisi aturan

Yang dimaksud komposisi aturan pada metode *fuzzy* adalah berupa cara-cara yang digunakan untuk menentukan penilaian himpunan *fuzzy*. Diantara beberapa metode yang dapat digunakan dalam melakukan komposisi aturan, yaitu metode max (maximum), additive, dan probabilistik OR seperti yang di jelaskan pada buku Kusumadewi dan Purnomo, [2010].

d) Penegasan (*defuzzification*)

Ini adalah langkah atau tahap terakhir pada *fuzzy* mamdani. Penegasan atau yang sering dikenal dengan *defuzzification* adalah proses mengolah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy* untuk menghasilkan output berupa suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

Rumus :

$$z^* = \frac{\int \mu_x(z).zdz}{\int \mu_x(z)dz}$$

Momen
 Luas Daerah

GAMBAR 3.3. Rumus Defuzzification

3. *Prototyping*

Sama halnya seperti tahapan pada Simple interaction design model. Dimana *prototype* merupakan desain interaktif yang memiliki fungsi terbatas yang akan di uji cobakan kepada pengguna lalu melakukan tahap *evaluation*.

4. Implementation

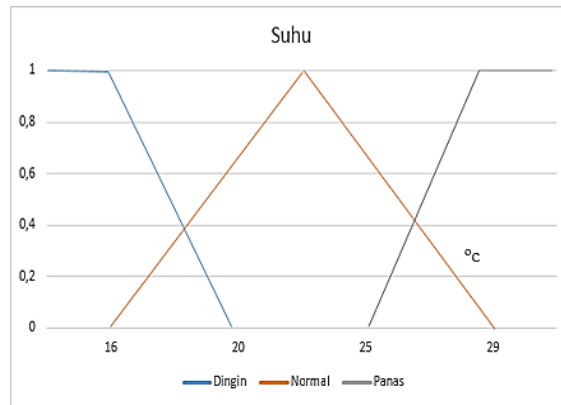
Tahapan ini merupakan tahapan dimana software diimplementasikan dan digunakan oleh pengguna lalu dilakukannya tahap *evaluation*.

5. Evaluation

Tahapan ini adalah melakukan evaluasi terhadap setiap tahapan yang menggunakan tahapan ini untuk melihat apakah hal yang dilakukan pada tahapan sebelumnya telah sesuai dengan kebutuhan terbaru dari pengguna lalu memberikan *feedback* terhadap tahapan sebelumnya.

4. EKSPERIMEN DAN HASIL

4.1. Himpunan Fuzzy



GAMBAR 4.1. Himpunan grafik suhu

Cara menghitung himpunan *fuzzy* :

1. Dingin

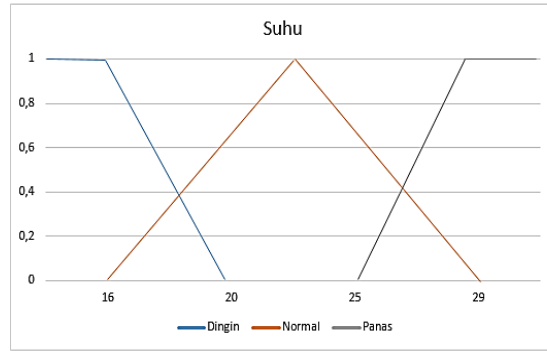
$$\mu_{\text{dingin}} [x] = \begin{cases} 1; & \rightarrow x \leq 16 \\ \frac{20-x}{20} - 16; & \rightarrow 16 \leq x \leq 20 \\ 0; & \rightarrow x \geq 20 \end{cases}$$

2. Normal

$$\mu_{\text{Normal}} [x] = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 20 \text{ atau } x \geq 25 \\ \frac{x-20}{23} - 3; & \rightarrow 3 \leq x \leq 23 \\ \frac{9-x}{23} - 23; & \rightarrow 23 \leq x \leq 25 \end{cases}$$

3. Panas

$$\mu_{\text{Panas}} [x] = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 25 \\ \frac{x-25}{29} - 25; & \rightarrow 25 \leq x \leq 29 \\ 1; & \rightarrow x \geq 29 \end{cases}$$



GAMBAR 4.2. Grafik Himpunan Intensitas cahaya

Cara menghitung himpunan *fuzzy* :

1. Gelap

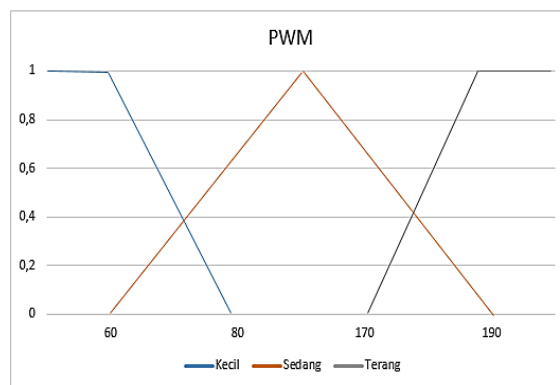
$$\mu_{\text{Gelap}} [x] = \begin{cases} 1; & \rightarrow x \leq 127 \\ \frac{382-x}{382} - 127; & \rightarrow 127 \leq x \leq 382 \\ 0; & \rightarrow x \geq 382 \end{cases}$$

2. Redup

$$\mu_{\text{Redup}} [x] = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 127 \text{ atau } x \geq 382 \\ \frac{x-382}{637} -; & \rightarrow 127 \leq x \leq 382 \\ \frac{3000-x}{3000} - 724; & \rightarrow 382 \leq x \leq 637 \end{cases}$$

3. Gelap

$$\mu_{\text{Gelap}} [x] = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 637 \\ \frac{x-637}{724} - 637; & \rightarrow 637 \leq x \leq 724 \\ 1; & \rightarrow x \geq 724 \end{cases}$$



GAMBAR 4.3. Grafik Himpunan PWM

Cara menghitung himpunan *fuzzy* :

1. Dingin

$$\mu_{\text{rendah}} [X] = \begin{cases} 1; & \rightarrow x \leq 60 \\ \frac{80-x}{80} - 60; & \rightarrow 60 \leq x \leq 80 \\ 0; & \rightarrow x \geq 80 \end{cases}$$

2. Sedang

$$\mu_{\text{sedang}} [X] = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 60 \text{ atau } x \geq 190 \\ \frac{x-60}{190} - 60; & \rightarrow 60 \leq x \leq 190 \\ \frac{190-x}{190} - 125; & \rightarrow 125 \leq x \leq 190 \end{cases}$$

3. Tinggi

$$\mu_{\text{tinggi}} [X] = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 170 \\ \frac{x-170}{190} - 170; & \rightarrow 170 \leq x \leq 190 \\ 1; & \rightarrow x \geq 190 \end{cases}$$

4.2. Implikasi

Berikut adalah rule yang ada pada *fuzzy logic* :

[R1] = IF intensitas GELAP and Suhu DINGIN THEN Pwm KECIL

[R2] = IF Intensitas GELAP and Suhu NORMAL THEN Pwm KECIL

[R3] = IF Intensitas GELAP and Suhu PANAS THEN Pwm BESAR

[R4] = IF Intensitas REDUP and Suhu DINGIN THEN Pwm SEDANG

[R5] = IF Intensitas REDUP and Suhu NORMAL THEN Pwm SEDANG

[R6] = IF Intensitas REDUP and Suhu PANAS THEN Pwm BESAR

[R7] = IF Intensitas TERANG and Suhu DINGIN THEN Pwm KECIL

[R8] = IF Intensitas TERANG and Suhu NORMAL THEN Pwm KECIL

[R9] = IF Intensitas TERANG and Suhu PANAS THEN Pwm KECIL

4.3. Pengujian Remote

TABEL 4.1. Pengujian Remote

No	Pengukuran <i>Remote</i> (cm)	Kondisi
1	0	Menyala
2	5	Menyala
3	8	Menyala
4	12	Menyala
5	15	Menyala
6	18	Menyala
7	21	Menyala
8	25	Menyala
9	28	Menyala
10	30	Menyala

4.4. Pengujian Sensor Suhu

TABEL 4.2. Pengujian Sensor Suhu

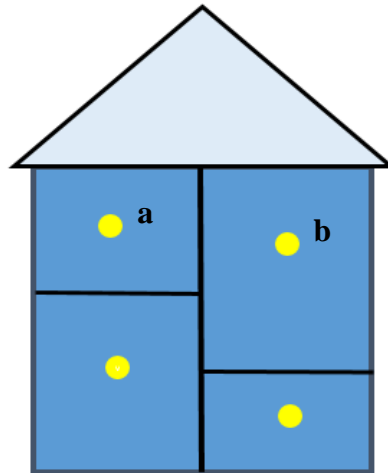
No	Termometer (°)	Sensor (°)	Hasil
1	16	16	sesuai
2	20	20	sesuai
3	27	27	sesuai
4	50	50	sesuai
5	90	90	sesuai

4.5. Pengujian *Fuzzy Logic*

TABEL 4.3. Pengujian *Fuzzy Logic*

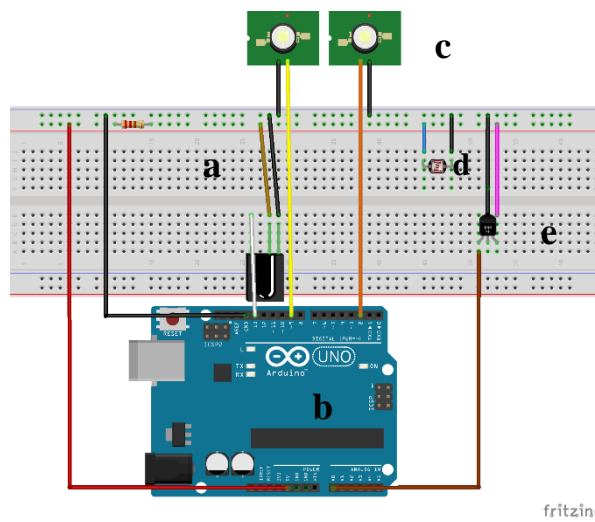
No	Percobaan	Suhu (C)	Intensitas (lux)	PWM
1	Percobaan pertama	16	30	200
2	Percobaan kedua	27	1250	125
3	Percobaan ketiga	30	984	10
4	Percobaan keempat	27	30	198
5	Percobaan kelima	22	1320	30

4.6. Desain Alat



Gambar 4.1 Desain Rumah

Keterangan:
a : ruangan
b : lampu



Gambar 4.2 Desain alat

Keterangan:
a : Breadboard
b : Arduino Uno
c : Lampu
d : Sensor LDR
e : Sensor Suhu
f : Ir receiver

5. KESIMPULAN

Masalah yang ada pada saat ini adalah harus menyalakan lampu dengan saklar diperlukannya alat untuk menyalakan lampu. Untuk pembuatan teknologi juga dapat mempertimbangkan kaum disabilitas.

Pada experiment telah dilakukan pengujian terhadap remote untuk menyalakan lampu dari jarak tertentu. Dan pengujian sensor dengan perhitungan *fuzzy* untuk mengetahui hasil dari output alat tersebut. Dari perhitung tersebut akan diketahui output yang akan diberikan terhadap intensitas cahaya lampu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- H. Shaw, D. A. Ellis, and F. V. Ziegler, "The technology integration model (tim). predicting the continued use of technology," *Computers in Human Behavior*, vol. 83, pp. 204 – 214, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563218300591>
- M. Coeckelbergh, "Technology and the good society: A polemical essay on social ontology, political principles, and responsibility for technology," *Technology in Society*, vol. 52, pp. 4 – 9, 2018, technology and the Good Society. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X16301191>
- Y.-H. Wang and C.-C. Hsieh, "Explore technology innovation and intelligence for IoT (Internet of Things) based eyewear technology," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 127, pp. 281 – 290, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516304383>
- S. F. Pane, R. M. Awangga, and B. R. Azhari, "Qualitative evaluation of RFID implementation on warehouse management system," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 16, no. 3, 2018.
- R. M. Awangga, N. S. Fathonah, and T. I. Hasanudin, "Colenak: GPS tracking model for post-stroke rehabilitation program using AES-CBC URL encryption and QR-Code," in *2017 2nd International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*. IEEE, Nov 2017, pp. 255–260. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8285506/>
- R. M. Awangga, S. F. Pane, K. Tunnisa, and I. S. Suwardi, "K means clustering and mean-shift analysis for grouping the data of coal term in puslitbang tekmitra," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 16, no. 3, 2018.
- I. N. Yulita, S. Purwani, R. Rosadi, and R. M. Awangga, "A quantization of deep belief networks for long short-term memory in sleep stage detection,"

- inAdvanced Informatics, Concepts, Theory, and Applications (ICAICTA), 2017 International Conference on. IEEE, 2017, pp. 1–5.
- J. Drapela, R. Langella, J. Slezinger, and A. Testa, “Generalized lamp model for light flicker studies,” *Electric Power Systems Research*, vol. 154, pp. 413 – 422, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378779617303747>
- V. A. Balogun, B. I. Oladapo, A. O. Adeoye, J. F. Kayode, and S. O. Afolabi, “Hysteresis analysis of thornton (ip6, ip12e and th5v) magnetic materials through the use of arduino microcontroller,” *Journal of Materials Research and Technology*, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785416300904>
- G. Barbon, M. Margolis, F. Palumbo, F. Raimondi, and N. Weldin, “Taking arduino to the internet of things: The asip programming model,” *Computer Communications*, vol. 89-90, pp. 128 – 140, 2016, internet of Things Research challenges and Solutions. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366416300743>
- X. Sun, F. Wang, Y. Wang, and S. Li, “Conceptual design of remote control system for east tokamak,” *Fusion Engineering and Design*, vol. 89, no. 5, pp. 741 – 744, 2014, proceedings of the 9th IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion Research. [Online].
- H. Zhang, L. Zhang, D. Yuan, and H. Chen, “Infrared small target detection based on local intensity and gradient properties,” *Infrared Physics Technology*, vol. 89, pp. 88 – 96, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350449517302621>
- Z. Shen-pei, L. Xi, Q. Bing-chen, and H. Hui, “Research on insulator fault diagnosis and remote monitoring system based on infrared images,” *Procedia Computer Science*, vol. 109, pp. 1194 – 1199, 2017, 8th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, ANT-2017 and the 7th International Conference on Sustainable Energy Information Technology, SEIT 2017, 16-19 May 2017, Madeira, Portugal. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917310736>
- Omar and M. L. Nehdi, “Remote sensing of concrete bridge decks using unmanned aerial vehicle infrared thermography,” *Automation in Construction*, vol. 83, pp. 360 – 371, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051730113>
- C. Neale, C. Jaworowski, H. Heasler, S. Sivarajan, and A. Masih, “Hydrothermal monitoring in yellowstone national park using airborne thermal infrared remote sensing,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 184, pp. 628 – 644, 2016. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425716301808>
- S. P. Garaba and H. M. Dierssen, “An airborne remote sensing case study of synthetic hydrocarbon detection using short wave infrared absorption

- features identified from marine-harvested macro- and microplastics," *Remote Sensing of Environment*, vol. 205, pp. 224 – 235, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717305722>
- M. Stewart, M. Wilson, A. Schaefer, F. Huddart, and M. Sutherland, "The use of in-frared thermography and accelerometers for remote monitoring of dairy cow health and welfare," *Journal of Dairy Science*, vol. 100, no. 5, pp. 3893 – 3901, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00220302173018>
- M. F. Buitrago, T. A. Groen, C. A. Hecker, and A. K. Skidmore, "Spectroscopic determination of leaf traits using infrared spectra," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, pp. –, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243417302738>
- A. M. Coutts, R. J. Harris, T. Phan, S. J. Livesley, N. S. Williams, and N. J. Tapper, "Thermal infrared remote sensing of urban heat: Hotspots, vegetation, and an assessment of techniques for use in urban planning," *Remote Sensing of Environment*, vol. 186, pp. 637 – 651, 2016. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425716303509>
- J. Ma, Y. Ma, and C. Li, "Infrared and visible image fusion methods and applications: A survey," *Information Fusion*, pp. –, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253517307972> [10]
- C. Ulloa, J. M. Nuez, A. Surez, and C. Lin, "Design and development of a pv-t test bench based on arduino," *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 71 – 75, 2017, power and Energy Systems Engineering. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217354206>
- V. H. Le and D. K. Tran, "Extending fuzzy logics with many hedges," *Fuzzy Sets and Systems*, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016501141830037>
- L. Liang-qun, Z. Xi-yang, L. Zong-xiang, and X. Wei-xin, "Fuzzy logic approach to visual multi-object tracking," *Neurocomputing*, vol. 281, pp. 139 – 151, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231217318192>
- S. A. Kemaloglu, A. F. Shapiro, F. Tank, and A. Apaydin, "Using fuzzy logic to interpret dependent risks," *Insurance: Mathematics and Economics*, vol. 79, pp. 101 – 106, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016766871730254>
- O. Shaheen, A. M. El-Nagar, M. El-Bardini, and N. M. El-Rabaie, "Probabilistic fuzzy logic controller for uncertain nonlinear systems," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 355, no. 3, pp. 1088 – 1106, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016003218300231>
- S. Petropoulos, C. S. Karavas, A. T. Balafoutis, I. Paraskevopoulos, S. Kallithraka, and Y. Kotseridis, "Fuzzy logic tool for wine quality classification," *Computers and*

Electronics in Agriculture, vol. 142, pp. 552 – 562,2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991730515>

- P. V. S. Reddy, “*Fuzzy logic* based on belief and disbelief membership functions,”*Fuzzy In-IJECE* Vol. x, No. x, May 2013: 1 – 7 IJECEISSN: 2088-87087formation and Engineering,vol.9, no.4,pp.405–422,2017. [Online].Available:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1616865817303060>