



Analisis Intensitas Cahaya Lampu Pijar dengan Menerapkan Metode Gray Level Co-occurrence Matrik

Elvianto Dwi Hartono^{1,*}, Bagus Hardiansyah²

Teknik, Informatika, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: ^{1,*}elvianto.evh@untag-sby.ac.id, ²bagushardiansyah@untag-sby.ac.id

Email Penulis Korespondensi: elvianto.evh@untag-sby.ac.id

Submitted: 18/12/2022; Accepted: 31/12/2022; Published: 31/12/2022

Abstrak—Pada penelitian ini dengan primary dataset 13 citra dengan delapan frekuensi tinggi dan empat frekuensi rendah dengan memanfaatkan citra termal lampu pijar dengan pengolahan citra digital dengan ekstraksi fitur memanfaatkan metode GLCM dengan Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity dan sudut 0°, 45°, 90°, 135°. Lalu dibandingkan dengan hasil eksperimen dengan alat tegangan function generator didapat hasil quantitative dari perbandingan tersebut. Pada eksperimen lampu pijar pada gambar 2 didapatkan hasil secara quantitative yang sangat signifikan pada Tabel 1. Hasil Quantitatif Eksperimen Dengan Lampu Pijar dan pada Tabel 2 Hasil Quantitatif Ekstraksi Fitur dari metode GLCM dengan sudut 0°, 45°, 90°, 135°. Oleh karena itu, Hasil pada table 1 didapat frekuensi rendah pada 50 Hz dengan T (°C) 50, sedangkan pada table 2 didapat frekuensi rendah pada 50 Hz dari hasil ekstraksi fitur dengan nilai rata-rata dari masing sudut 0°, 45°, 90°, 135° Contrast (0.0363), Correlation (0.9959), Energy (0.1353), dan Homogeneity (0.9832). jika dibandingkan dengan frekuensi tinggi yaitu 3000 Hz maka hasil dari ekstraksi fitur tersebut dari empat nilai tersebut sangat mendekati.

Kata Kunci: GLCM; Ekstraksi Fitur; Frekuensi Tinggi; Frekuensi Rendah

Abstract—This paper proposes primary dataset with 13 images thermal capture, 8 high frequency and 4 low frequency. We utilize thermal images fluorescent lamp and using image processing with extraction feature GLCM method. Furthermore, Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity dan sudut 0°, 45°, 90°, 135°, these feature texture using for calculated validation compare with both exsperiment qualitative results in Table1 and Table2. Therefore, exsperiment with fluorescent lamp Figure 2 quantitative results significant in Table1. Quantitative results with fluorescent lamp in Table2 extraction feature GLCM method with angle 0°, 45°, 90°, 135° and in Table1 quantitaive result with low frequency 50 Hz with T (°C) 50 is significantly robust. Comparable quantitative results in Table2 with low frequency 50 Hz from extraction feature mean value angle 0°, 45°, 90°, 135° Contrast (0.0363), Correlation (0.9959), Energy (0.1353), and Homogeneity (0.9832).

Keywords: GLCM; Extraction Feature; High Frequency; Low Frequency

1. PENDAHULUAN

Analisis ekstraksi fitur merupakan menjadi bagian dari ilmu computer dalam mengolah data untuk pengolahan citra digital, pada penelitian sebelumnya pada penggunaan ekstraksi fitur yaitu pada metode *Principal Component Analysis* (PCA) yang sangat di dimanfaatkan untuk mengukur citra pixel pada setiap image yang digunakan untuk topik *Super-Resolution* [1]. *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) metode analisis tekstur sangat umum digunakan untuk mendapatkan ekstraksi fitur. Namun, relatif sangat kecil untuk mengetahui hubungan antara terkait informasi pewarnaan dan GLCM dalam atribut tekstur [2]. GLCM ekstraksi fitur cenderung secara global dapat beradaptasi untuk bisa melakukan analisis tekstur dalam pengolahan citra digital secara local cenderung sangat minim untuk dapat dioptimalkan.

Pengolahan citra digital dapat diimplementasikan dalam watermarking, segmentasi, dan ekstraksi fitur [3] [4]. Pada penelitian sebelumnya yaitu deteksi dari penyakit Glaucoma dengan Ocular Thermal menggunakan GLCM memberikan manfaat dengan mencari ekstraksi fitur yaitu hasil rata-rata dari Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity [5].

Dibeberapa penelitian terkait analisis ekstraksi fitur dapat juga memanfaatkan dengan dataset penyakit di tanaman untuk dilakukan pengolahan citra dengan deteksi penyakit tersebut. Dalam penelitian terkait hal itu memanfaatkan GLCM dan metode KNN untuk mendeteksi penyakit yang berada di tanaman tersebut, sehingga pemanfaatan untuk mencari ekstraksi fitur dengan nilai rata-rata dari Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity dan dapat bisa menjadi fitur yang unik untuk dilakukan pengenalan di metode KNN [6].

Dalam penelitian terkait penggunaan lampu dalam industrial yaitu fasilitas dalam dunia industry juga meminimalkan konsumsi energy dengan teknologi yang efisien terhadap banyak sector dan stekholder. Oleh karena itu, dimanfaatkan dalam penggunaan lampu pijar dan lampu LED yang menjadi banyak pilihan di dunia industri, dalam penelitian tersebut membandingkan antara penggunaan lampu pijar dan lampu LED didalam ruangan untuk sistem gudang didalam suatu gedung agar tercapai efisiensi dan konsumsi energy yang minimal dan hasil pemanfaatan yang sangat maksimal [7].

Dalam kelayakan dari lampu pijar untuk kondisi didaur ulang, yaitu konsekuensi dalam mereduksi merkuri dalam produk lampu tersebut. Dalam penelitian tersebut dilakukan perlakuan dalam daur ulang terhadap panas yang akan dihasilkan untuk mendapatkan residu dari kaca pada lampu pijar tersebut yaitu temperature didapat 437% [8].

Sehingga dari referensi diatas tersebut dapat disimpulkan dan diputuskan pada pengerjaan penelitian ini adalah untuk pengukuran frekuensi tinggi dan rendah pada tegangan listrik untuk mencapai 50° Celcius pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. pada luaran lampu pijar yang telah di rekam dengan foto termal sehingga jika dilakukan pengukuran

menggunakan pengolahan citra dengan metode GLCM maka akan didapatkan ekstraksi fitur dari nilai rata-rata yaitu Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity yang mana akan di bandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan alat pengukur tegangan sehingga perbandingan dengan menggunakan pengolahan citra dengan menggunakan metode GLCM akan sangat efektif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dataset lampu termal yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 13 citra berekstensi .png dengan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Proses pertama dilakukan cropping pada 13 citra tersebut, setelah itu samakan ukuran citra menjadi 600×1200 piksel. Dari 13 citra termal dibagi menjadi dua bagian yaitu frekuensi 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 3000 Hz adalah frekuensi tinggi, sedangkan frekuensi 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz adalah frekuensi rendah. Setelah mendapatkan nilai RGB kemudian melakukan proses konversi ke grayscale, lalu buat matriks kookurensi dengan sudut $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$. Kemudian dengan metode GLCM maka akan didapatkan ekstraksi fitur dari nilai rata-rata yaitu Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity, dengan menggunakan Matlab R2018b untuk proses pengolahan citra. Dalam proses pengolahan citra dengan metode GLCM akan di bandingkan dengan eksperimen menggunakan alat pengukur tegangan sehingga didapat hasil perbandingan yang akurat dari sisi pengolahan citra lampu termal. Pada Gambar 1 adalah proses dari GLCM untuk mencari nilai Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity dengan sudut $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$.

2.2 Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) adalah salah satu metode statistic yang dapat digunakan untuk mencari analisis tekstur. Matriks concurrency dibentuk dari sebuah citra dengan melihat piksel yang berpasangan dan memiliki nilai intensitas tertentu. Menurut penelitian sebelumnya, ada empat ekstraksi fitur dalam GLCM yang diukur dari matriks probabilitas untuk mengekstrak karakteristik fitur dari suatu citra [9]. Dalam penelitian ini, ekstraksi fitur dari metode GLCM untuk menghasilkan tekstur fitur dari Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity. GLCM dapat mendeskripsikan pattern piksel neighbor dengan ruang piksel 1 dan angle dari 0° . Dalam hal ini bertujuan untuk memberikan karakteristik atau recognition dari setiap citra yang akan digunakan pada tahap selanjutnya yaitu dalam machine learning image classification untuk training dan testing [10].



Gambar 1. Diagram Flow Proses GLCM

Dalam Gambar 1. Medeskripsikan proses ekstraksi fitur untuk karakteristik dari GLCM citra, yang dari RGB dirubah ke Grayscale lalu pada tahap selanjutnya memproses nilai karakteristik Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity sebagai berikut :

1) Contrast

Nilai contrast adalah nilai variasi antara derajat abu-abu yang ada pada citra. Contrast akan menjadi nol jika piksel memiliki nilai yang sama.

$$Cont = \sum_d \sum_y (d - y)^2 p(d, y) \quad (1)$$

Dalam perhitungan contrast, nilai p menunjukkan nilai piksel (amplitude) GLCM, dan d definisikan index dari lateral elemen (trace d) dan y menunjukkan index untuk vertikal elemen (sample time y) dapat ditunjukkan pada Equation (1).

2) Homogeneity

$$Hom = \sum_d \sum_y \frac{p(d, y)}{1 + |d - y|} \quad (2)$$

Homogeneity merepresentasikan measure similarity. Homogeneity juga merepresentasikan *Invers Difference Moment*, yang mana nilai rata-rata inverst dari nilai Contrast. Oleh karena itu, perhitungan dari bobot peningkatan dari setiap elemen akan mendapatkan hasil yang signifikan untuk diagonal elemen. Ketika perhitungan Homogeneity dalam bobot elemen dapat mengurangi elemen distance dari diagonal increases.

3) Correlation

Correlation GLCM merepresentasikan linear dependency antara gray level dari kedekatan piksel, yang mana merepresentasikan nilai rata-rata μ_d matrik horizontal (μ_y). Untuk nilai rata-rata vertikal, merepresentasikan (σ_d) dan (σ_y) bersarkan Equation (2) [11].

$$Corr = \sum_d \sum_y \frac{(d-\mu_d)(y-\mu_y)p(d,y)}{\sigma_d \sigma_y} \tag{3}$$

Rata-rata GLCM :

$$\mu_d = \sum_d \sum_y d p(d,y) \tag{4}$$

$$\mu_y = \sum_d \sum_y y p(d,y) \tag{5}$$

Dan GLCM Variance :

$$\sigma_d = \sqrt{\sum_d \sum_y (d - \mu_d)^2 p(d,y)} \tag{6}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_d \sum_y (y - \mu_y)^2 p(d,y)} \tag{7}$$

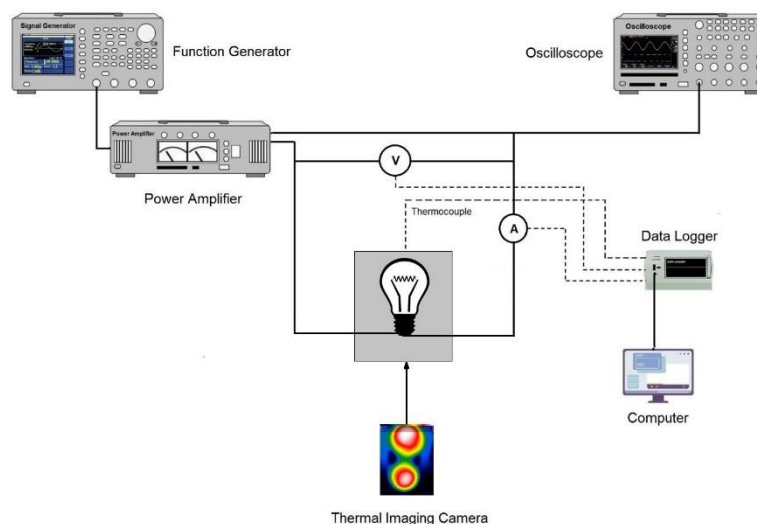
4) Energy

Energy merepresentasikan ukuran uniformity dalam citra. Semakin besar citra maka semakin besar juga nilai dari Energy [2][11].

$$Energy = \sum_d \sum_y p(d,y)^2 \tag{8}$$

2.3 Eksperimen Lampu Pijar

Dengan eksperimen pada lampu pijar di gambar 2. didapat hasil quantitative dari proses tersebut, maka dari table 1. Hasil eksperimen Dapat di lihat dibawah ini :



Gambar 2. Ekperimen Lampu Pijar

Signal generator atau function generator adalah alat uji elektronik yang dapat membangkitkan berbagai bentuk gelombang [12][13]. Bentuk dalam gelombang yang dapat dihasilkan oleh function generator diantaranya seperti bentuk gelombang Sinus (*Sine Wave*), gelombang kotak (*Square Wave*), gelombang gigi gergaji (*Saw tooth wave*), gelombang segitiga (*Triangular wave*) dan gelombang pulsa (*Pulse*) [14][15][16][17]. Function generator dapat menghasilkan frekuensi hingga 20MHz tergantung pada rancangan produsennya. Frekuensi yang dihasilkan signal generator dapat kita atur sesuai dengan kebutuhan kita. Selain pengaturan frekuensi, kita juga dapat mengatur bentuk gelombang, DC Offset dan Duty Cycle [18]. Dalam merancang generator frekuensi, peneliti memanfaatkan keluaran sinyal dari function yang akan diperkuat melalui power amplifier agar dapat menghasilkan daya yang lebih besar sehingga dapat digunakan untuk uji coba pada lampu pijar, dengan frekuensi yang digunakan dalam uji coba sebesar 10Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50 Hz, 100Hz, 200Hz, 300Hz, 400Hz, 500Hz, 1000 Hz, 2000 Hz dan 3000 Hz.

Dalam memastikan kesesuaian output yang dihasilkan oleh rangkaian alat terhadap input yang diberikan, peneliti menggunakan alat ukur seperti oscilloscope, multimeter dan tang ampere. Selain itu peneliti juga menggunakan data logger yang digunakan untuk mencatat data pada interval waktu tertentu selama periode waktu tertentu secara terus menerus yang terintegrasi dengan sensor dan instrument. Uji coba ini dilakukan pada lampu pijar yang bertujuan untuk melihat perbandingan nilai lumens pada frekuensi rendah dan tinggi.

Tabel 1. Hasil Quantitatif

No	f (Hz)	V (volt)	I (amp)	T (°C)	t (s)	E _p (Lx)	P _{out}	%	E _{out} (joule)
1	10	201.7	1.082	50	185	7519	218.2	26.3	40,374
2	20	215	1.845	50	159	9225	396.7	47.8	63,071
3	30	218.8	2.199	50	178	9784	481.1	58.0	85,643
4	40	219	2.409	50	167	9796	527.6	63.6	88,104
5	50	220.1	2.5	50	195	10230	550.3	66.8	107,299
6	100	220.9	2.538	50	182	9475	560.6	68.0	102,037
7	200	221.1	2.141	50	173	10060	473.4	57.4	81,894
8	300	221.1	1.801	50	190	9681	398.2	48.3	75,658
9	400	221.2	1.428	50	179	9817	315.9	38.3	56,541
10	500	221.2	1.214	50	166	10470	268.5	32.5	44,577
11	1000	221	0.662	50	193	10340	146.3	17.7	28,236
12	2000	220	0.346	50	170	9949	76.1	9.2	12,940
13	3000	218.5	0.227	50	170	9175	49.6	6.0	8,432

- f (Hz) = Frekuensi
- V (volt) = Tegangan
- I (amp) = Arus
- T (°C) = Waktu dalam Derajat
- t (s) = Waktu dalam detik
- E_p(Lx) = Lumens
- P_{out} = Power out
- % = Persentase
- E_{out}(joule) = Energy

Dari pengujian didapatkan nilai seperti pada Tabel 1, dimana pada hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan frekuensi tinggi di dapatkan nilai arus yang semakin kecil. Dengan menggunakan rumus Daya ($P = V \times I$), maka akan didapatkan nilai daya yang semakin kecil dengan intensitas nilai Lumens (Lx) yang tidak terlalu berubah secara signifikan dan jika dilihat besarnya Energy (joule) yang dibutuhkan juga semakin kecil dimana E (joule) = P (watt) \times t (s). Dapat disimpulkan bahwa melalui pengujian intensitas lampu pijar dengan menggunakan frekuensi tinggi akan memberikan nilai efisiensi yang besar, karena untuk mendapatkan nilai lumens yang serupa hanya membutuhkan daya dan energy listrik yang kecil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

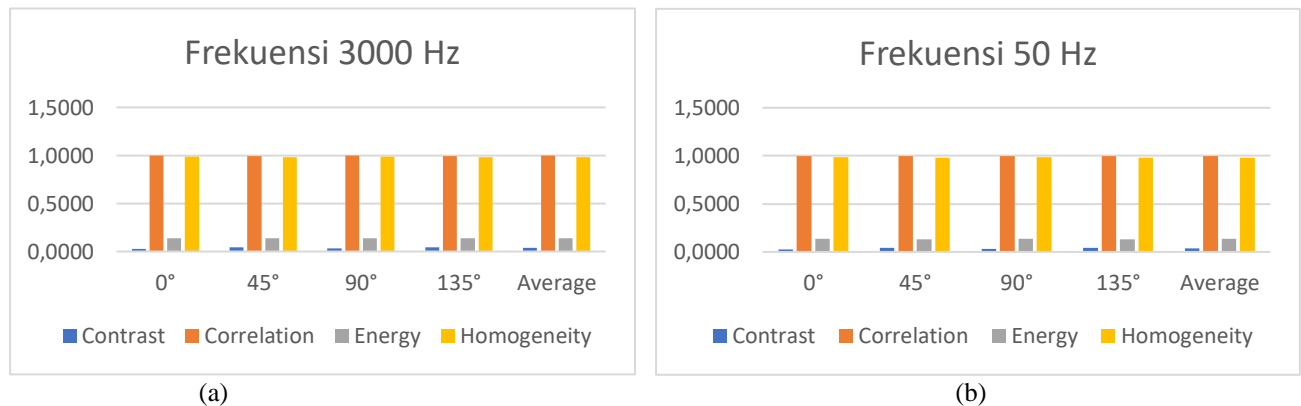
3.1 Analisis Ekstraksi Fitur

Dari hasil ekstraksi fitur dengan metode GLCM untuk mendapatkan nilai Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity dengan sudut 0°, 45°, 90°, 135°. Oleh karena itu, dari hasil eksperimen dengan metode tersebut juga di sertakan hasil average (rata-rata) nilai dari keseluruhan nilai Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity dengan sudut 0°, 45°, 90°, 135°, serta pada Gambar 3 juga berikut hasil dari grafik frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Dari hasil pengolahan citra menggunakan metode GLCM untuk mencari ekstraksi fitur dari frekuensi tinggi 1000 Hz dan frekuensi rendah 50 Hz didapat hasil average (rata-rata) yang sangat mendekati, sehingga pengukuran secara Quantitatif dengan cara mendapatkan nilai Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity dengan sudut 0°, 45°, 90°, 135° sangat efisien dan akurat jika dibandingkan dengan pengukuran pada gambar 2. Eksperimen dengan lampu pijar. Berikut pada Gambar 4 hasil dari capture termal lampu pijar pada frekuensi tinggi dan frekuensi rendah.

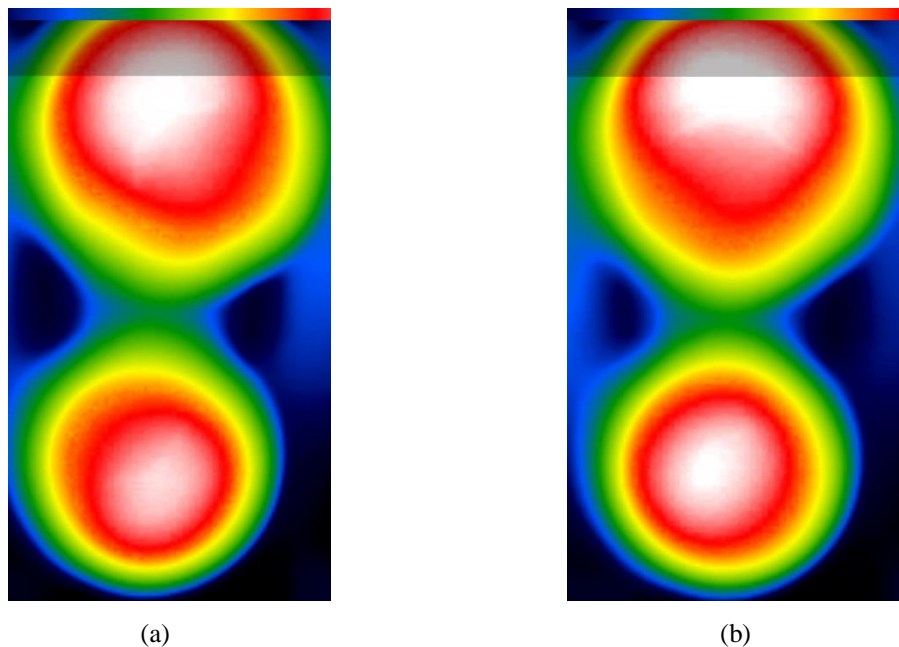
Tabel 2. Hasil Quantitatif Ekstraksi Fitur dari metode GLCM dengan sudut 0°, 45°, 90°, 135°

	Frekuensi 3000 Hz					Avera ge	Frekuensi 50 Hz					Avera ge
	0°	45°	90°	135°	0°		45°	90°	135°			
Contrast	0.029	0.045	0.032	0.045	0.0379	0.028	0.043	0.030	0.043	0.0363		
	2	3	0	0		Contrast	1	3	5		3	
Correlation	0.996	0.994	0.996	0.994	0.9956	0.996	0.995	0.996	0.995	0.9959		
	6	7	3	8		Correlation	9	2	6		2	

	Frekuensi 3000 Hz					Frekuensi 50 Hz				
	0°	45°	90°	135°	Average	0°	45°	90°	135°	Average
Energy	0.136	0.133	0.136	0.133	0.1350	0.136	0.133	0.137	0.133	0.1353
Homogeneity	0.985	0.979	0.985	0.979	0.9825	0.986	0.980	0.986	0.980	0.9832
Contrast	4	3	8	4		6	8	0	7	
Correlation	0.985	0.979	0.985	0.979		0.986	0.980	0.986	0.980	



Gambar 3. (a) Hasil dari Ekstraksi Fitur GLCM Frekuensi tinggi, (b) Hasil dari Ekstraksi Fitur GLCM Frekuensi rendah



Gambar 4. Hasil Capture Termal Lampu Pijar (a) Frekuensi Tinggi 3000 Hz, (b) Frekuensi Rendah 50Hz

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini dengan primary dataset yang akan dilakukan pengolahan citra untuk mendapatkan ekstraksi fitur pada citra termal lampu pijar dibandingkan dengan hasil eksperimen pada gambar 2 didapatkan hasil secara quantitative yang sangat signifikan pada Tabel 1. Hasil Quantitatif Eksperimen Dengan Lampu Pijar dan pada Tabel 2 Hasil Quantitatif Ekstraksi Fitur dari metode GLCM dengan sudut 0°, 45°, 90°, 135°. Oleh karena itu, Hasil pada table 1 didapat frekuensi rendah pada 50 Hz dengan T (°C) 50, sedangkan pada table 2 didapat frekuensi rendah pada 50 Hz dari hasil ekstraksi fitur dengan nilai rata-rata dari masing sudut 0°, 45°, 90°, 135° Contrast (0.0363), Correlation (0.9959), Energy (0.1353), dan Homogeneity (0.9832). jika dibandingkan dengan frekuensi tinggi yaitu 3000 Hz maka hasil dari ekstraksi fitur tersebut dari empat nilai tersebut sangat mendekati. Maka, jika dengan frekuensi rendah bisa mendapatkan hasil yang maksimal dari pada menggunakan frekuensi tinggi. Dalam analisis ekstraksi fitur menggunakan metode GLCM ini adalah tahap awal untuk penelitian selanjutnya yang akan diterapkan pada machine learning image classification training dan testing.

REFERENCES

- [1] B. Hardiansyah and Y. Lu, “Single image super-resolution via multiple linear mapping anchored neighborhood regression,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80, no. 19, pp. 28713–28730, 2021, doi: 10.1007/s11042-021-11062-0.
- [2] Y. Hendrawan *et al.*, “Development of colour co-occurrence matrix (CCM) texture analysis for biosensing,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 230, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/230/1/012022.
- [3] E. H. Rachmawanto, C. A. Sari, Y. P. Astuti, and L. Umaroh, “A robust image watermarking using hybrid DCT and SLT,” *Proc. - 2016 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. ISEMANTIC 2016*, pp. 312–316, 2017, doi: 10.1109/ISEMANTIC.2016.7873857.
- [4] A. Setyono, D. R. I. M. Setiadi, and Muljono, “StegoCrypt method using wavelet transform and one-time pad for secret image delivery,” *Proc. - 2017 4th Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. ICITACEE 2017*, vol. 2018-Janua, no. January 2018, pp. 203–207, 2017, doi: 10.1109/ICITACEE.2017.8257703.
- [5] G. Harshvardhan, N. Venkateswaran, and N. Padmapriya, “Assessment of Glaucoma with ocular thermal images using GLCM techniques and Logistic Regression classifier,” *Proc. 2016 IEEE Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. Networking, WiSPNET 2016*, pp. 1534–1537, 2016, doi: 10.1109/WiSPNET.2016.7566393.
- [6] R. A. Saputra, Suharyanto, S. Wasianti, D. F. Saefudin, A. Supriyatna, and A. Wibowo, “Rice Leaf Disease Image Classifications Using KNN Based on GLCM Feature Extraction,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1641, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1641/1/012080.
- [7] C. Perdahci, H. C. Akin, and O. Cekic, “A comparative study of fluorescent and LED lighting in industrial facilities,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 154, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/154/1/012010.
- [8] J. M. Esbrí, S. Rivera, J. Tejero, and P. L. Higuera, “Feasibility study of fluorescent lamp waste recycling by thermal desorption,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 43, pp. 61860–61868, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-16800-3.
- [9] R. S. Choras, “Image Feature Extraction Techniques and Their Applications for CBIR and Biometrics Systems,” *Int. J. Biol. Biomed. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 6–15, 2007.
- [10] O. R. Indriani, E. J. Kusuma, C. A. Sari, E. H. Rachmawanto, and D. R. I. M. Setiadi, “Tomatoes classification using K-NN based on GLCM and HSV color space,” *Proc. - 2017 Int. Conf. Innov. Creat. Inf. Technol. Comput. Intell. IoT, ICITech 2017*, vol. 2018-Janua, no. November, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/INNOCIT.2017.8319133.
- [11] H. Y. Chai, L. K. Wee, T. T. Swee, S. Salleh, and a K. Ariff, “Gray-Level Co-occurrence Matrix Bone Fracture Detection Center for Biomedical Engineering Biomedical Engineering Group,” vol. 8, no. 1, pp. 26–32, 2011.
- [12] J. Mario and A. Ruiz, “A Comparative Analysis between Fluorescent and LED illumination for Improve Energy Efficiency at IPBEN Building,” *Xi Latin-American Congr. Electr. Gener. Transm.*, no. November, pp. 1–4, 2015.
- [13] S. R. Lee and C. V. Nayar, “A cost effective energy saving of fluorescent lighting in commercial buildings,” *J. Power Electron.*, vol. 12, no. 1, pp. 215–222, 2012, doi: 10.6113/JPE.2012.12.1.215.
- [14] S. J. Smith, M. Wei, and M. D. Sohn, “A retrospective analysis of compact fluorescent lamp experience curves and their correlations to deployment programs,” *Energy Policy*, vol. 98, pp. 505–512, 2016, doi: 10.1016/j.enpol.2016.09.023.
- [15] A. Hendrawan, “Daya Listrik Dan Intensitas Penerangan Lampu Pijar,” *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 3, no. 2, pp. 107–115, 2018.
- [16] A. Tanushevsk and S. Rendevski, “Energy Efficiency Comparison between Compact Fluorescent Lamp and Common Light Bulb,” *Eur. J. Phys. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 21–27, 2016, doi: 10.20308/ejpe.88140.
- [17] E. Susilowati, S. Triyono, and C. Sugianti, “Pengaruh Jarak Lampu Neon terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (Brassica oleraceae) dengan Sistem Hidroponik Sumbu di Dalam Ruangan,” *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 4, no. 4, pp. 293–304, 2015.
- [18] R. D. Subiyantari, R. Ainurahimah, N. A. Fauzi, and E. Mozef, “Lingkungan Pada Komunikasi Data Digital Melalui Lampu Penerangan Led,” pp. 340–348.