

USULAN PERBAIKAN SISTEM PENCAHAYAAN DI UNIT PERCETAKAN PERUSAHAAN XXX SUMATERA UTARA

Poppy Cynthia Devi¹, A. Rahim Matondang² & Dini Wahyuni²

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155
Email: poppyncynthia@ymail.com¹
Email: a.rahim@usu.ac.id²
Email: dini@usu.ac.id²

Abstrak. *Pencahayaan sebagai salah satu faktor lingkungan kerja memberikan pengaruh terhadap produktivitas kerja seseorang. Pengamatan pendahuluan yang dilakukan di lantai produksi Unit Percetakan Perusahaan XXX Sumatera Utara menunjukkan indikasi pencahayaan yang kurang baik bagi pekerjaan yang ada di perusahaan tersebut. Pengukuran pendahuluan tingkat iluminasi di beberapa titik ukur pada bidang kerja di lantai produksi menunjukkan angka dengan rentang 34,3 lux – 195,4 lux, sedangkan standar tingkat pencahayaan untuk pekerjaan kasar dan kontinu yang ditetapkan dalam Kepmenkes No 1405 tahun 2002 adalah sebesar 200 lux. Akibat dari gangguan tersebut berdampak pada ditemukannya produk cacat yang lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran yang berkisar 2-11% per hari pada pengamatan awal. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tingkat iluminasi rata-rata lantai produksi dan pengamatan jumlah produk cacat lolos inspeksi. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat iluminasi rata-rata lantai produksi adalah 41,85 lux dan terdapat produk cacat lolos inspeksi yang mencapai angka 5-11% per batch cetakan. Penggantian jenis dan penambahan jumlah lampu menjadi usulan untuk dapat memenuhi kebutuhan tingkat iluminasi rata-rata standar pada penelitian ini dengan jenis lampu usulan adalah LHE tipe Master PL-L 4P 80W berjumlah 16 lampu. Jarak tiap lampu maksimum yang diusulkan adalah 3,63m.*

Kata Kunci: *pencahayaan, tingkat iluminasi, tingkat luminansi, reflektansi*

Abstract. *Lighting as one of workplace environment factor affects the productivity of people. Initial observation at Printing Unit workplace of XXX Company indicated unsuitable lighting for existing jobs. Initial measurement of illumination level on several measurement points showed range from 34,3 lux to 195,4 lux, while standard of illumination level for kind of continuous and rough work listed on Health Minister Regulation No 1405 year 2002 is 200 lux. The impact of bad lighting indications led to a number of reject products passed the inspection session ranged from 2 to 11% per day on initial observation. In this research, illumination level measurement was performed along with observation towards reject products that passed the inspection session. Quantitative method is used on this research. The result shown that the average illumination level of workplace was 41,85 lux and the number of reject products that passed the inspection session reached 5-11% per batch. Changing the type of lamp and also adding a number of lamps were recommended to fulfill the standard of average illumination level. The recommended lamp said to be used is 16 units of energy-saving lamp type Master PL-L 4P80W. Maximum spaces between luminaires are 3,63m.*

Keywords: *lighting, illumination level, luminance level, reflectance*

¹Mahasiswa Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

²Dosen Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

1. PENDAHULUAN

Kualitas hasil kerja dari suatu proses produksi di suatu perusahaan dipengaruhi oleh beberapa hal termasuk lingkungan kerja. Oleh karena itu, lingkungan kerja memerlukan perhatian khusus dari pihak perusahaan demi menciptakan kenyamanan bagi pekerjanya sehingga mendukung produktivitas dan kelancaran kerja.

Salah satu faktor lingkungan kerja yang mempengaruhi produktivitas kerja seseorang adalah pencahayaan. Luciana Kristanto (2004) melakukan penelitian mengenai kuat penerangan di ruang kelas Unika Widya Mandala Surabaya dan menyimpulkan bahwa standar kuat penerangan rata-rata dapat dicapai dengan peningkatan angka reflektansi warna dinding sedangkan standar pencahayaan merata selain dipenuhi dengan cara yang sama juga memerlukan pengaturan letak lampu sesuai aturan *spacing criteria*. Desain pencahayaan yang tepat untuk industri tidak hanya akan mendukung pemenuhan tingkat pencahayaan minimum yang dibutuhkan melainkan juga akan mendukung pengurangan konsumsi energi listrik secara signifikan. Hal ini dapat dipenuhi dengan menyediakan tipe lampu, level daya, tipe *ballast*, tipe luminer, ketinggian luminer, dan frekuensi perawatan kelompok luminer secara tepat (Isaac Lynnwood Flory, 2008).

Pengamatan pencahayaan yang dilakukan di lantai produksi Unit Percetakan Perusahaan XXX menunjukkan adanya indikasi pencahayaan yang kurang baik bagi pekerjaan yang ada di perusahaan tersebut. Unit Percetakan Perusahaan XXX terdiri dari empat stasiun kerja, yaitu pencetakan, pemotongan, penomoran, dan pengepakan di mana semua pekerjaan kecuali pengepakan dilakukan oleh mesin dan operator bertugas mengontrol hasil kerja mesin tersebut. Di antara keempat stasiun kerja tersebut, stasiun kerja penomoran merupakan stasiun kerja dengan detail pekerjaan yang paling kompleks. Hal ini dikarenakan di stasiun kerja penomoran, operator bertugas mengamati hasil cetakan nomor pada lembaran kertas produk yang dikerjakan oleh mesin nomor secara berurutan dan kontinu dengan ukuran karakter angka penomoran yang kecil yaitu 0,5 cm sehingga apabila terjadi kesalahan maka akan berakibat pada pencetakan ulang kertas produk mulai dari stasiun pencetakan awal. Jenis pekerjaan di stasiun kerja penomoran ini tergolong jenis kegiatan kasar dan kontinu, yaitu kasar diartikan sebagai jenis kegiatan yang tidak memerlukan keahlian khusus. Pengukuran iluminasi di beberapa titik ukur pada bidang kerja

yang tersebar di seluruh lantai produksi menunjukkan angka dengan rentang 34,3 lux – 195,4 lux, sedangkan standar tingkat pencahayaan untuk pekerjaan kasar dan kontinu yang ditetapkan dalam Kepmenkes No 1405 tahun 2002 adalah sebesar 200 lux.

Iluminasi yang tidak memenuhi standar tingkat pencahayaan yang ada dapat dikatakan sebagai pencahayaan yang buruk. Pencahayaan yang buruk akan mengganggu penglihatan sehingga menurunkan konsentrasi pekerja dan berakibat pada hasil kerja yang kurang baik. Hal ini sejalan dengan pendapat operator mesin kerja penomoran yang mengeluhkan terganggunya penglihatan saat melakukan inspeksi terhadap produk penomoran. Selanjutnya akibat dari gangguan tersebut berdampak pada ditemukannya produk cacat yang lolos inspeksi operator di stasiun kerja penomoran seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Kerja Stasiun Penomoran

No	Jumlah Cetak	Jenis Cacat			Cetakan Cacat Lolos Inspeksi
		Pudar	Miring	Kotor	
1	5000	131	5	12	148
2	5000	47	2	35	84
3	5000	191	18	9	218
4	5000	92	17	24	133

Tabel 1 menunjukkan jumlah produk cacat lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran yang mencapai angka 2-11% per hari. Berdasarkan kondisi tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kondisi pencahayaan serta pengaruhnya terhadap hasil kerja stasiun penomoran di Unit Percetakan Perusahaan XXX.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian bertempat di Unit Percetakan Perusahaan XXX yang terletak di Propinsi Sumatera Utara. Penelitian dilakukan selama 3 bulan.

2.2. Jenis dan Objek Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif korelasional yang merupakan jenis penelitian yang menjelaskan fakta lapangan dari objek yang diteliti serta mendeteksi sejauh mana hubungan antar variabel dalam penelitian berdasarkan koefisien korelasi yaitu tingkat iluminasi terhadap hasil kerja stasiun penomoran. Penelitian ini juga termasuk ke dalam jenis penelitian asosiatif dengan menilik dari

kemampuannya dalam menjelaskan yaitu mengetahui hubungan antar variabel yang diamati.

Objek pada penelitian ini adalah pencahayaan di lantai produksi Unit Percetakan Perusahaan XXX.

2.3. Prosedur Pengamatan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif digunakan dalam mengukur tingkat iluminasi lantai produksi dan menghitung jumlah produk cacat lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran.

Pengukuran tingkat iluminasi lantai produksi dilakukan selama lima hari (satu minggu kerja) dengan empat kali waktu pengukuran dalam satu hari, yaitu pukul 10.00 WIB, 12.00 WIB, 14.00 WIB dan 16.00 WIB. Penentuan titik dilakukan berdasarkan aturan pengukuran iluminasi SNI 16-7062-2004 (Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja), yaitu dengan menggunakan *grid-grid* berukuran tertentu sesuai dengan luas area yang akan diukur tingkat iluminasinya. Untuk penentuan titik ukur tingkat iluminasi, lantai produksi Unit Percetakan Perusahaan XXX dibagi menjadi tiga area pengukuran, yaitu area I (keseluruhan), area II (SK penomoran), dan area III (area kerja operator mesin nomor). Dari ketiga area tersebut diperoleh 17 titik pengukuran. Pengukuran tingkat iluminasi dan tingkat luminansi juga dilakukan pada semua objek yang berada di stasiun kerja penomoran yang meliputi lantai, dinding, mesin produksi, dan meja-meja bahan. Semua pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan alat *4 in 1 environmental meter*.

Hasil pengukuran tingkat iluminasi di tiga area pengukuran ini kemudian digunakan untuk menghitung kebutuhan lumen standar. Perhitungan dilakukan dengan metode lumen yang terdiri dari langkah berikut:

1. Menetapkan tingkat iluminasi standar dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{\Phi \times CU \times LLF}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- E : Tingkat iluminasi rata-rata (lux)
- Φ : Total arus cahaya di bidang kerja (lm)
- CU : Koefisien penggunaan
- LLF : Faktor kehilangan cahaya
- A : Luas area (m²)

Di mana, $\Phi = L \times N \dots\dots\dots (2)$

- dengan L : Total lumen awal per lumener
- N : Jumlah lumener

Sehingga jumlah kebutuhan lumen standar dapat dihitung dengan membalik persamaan (1) untuk mencari nilai Φ .

2. Menghitung luas lantai produksi
3. Menghitung nilai CU (*Coefficient of Utilizations*) dengan langkah-langkah (David M. Egan, 1983) sebagai berikut:

- a. Membagi ruang menjadi tiga rongga ruangan, yaitu rongga langit-langit (cc), rongga dinding (rc), dan rongga lantai (fc).
- b. Mengumpulkan data reflektansi material objek di area penomoran yaitu ρ_c (reflektansi langit-langit), ρ_w (reflektansi dinding), dan ρ_f (reflektansi lantai).

- c. Menghitung nilai CR

$$CR = 5hc \left(\frac{L+W}{L \times W} \right) \dots\dots\dots (3)$$

- d. Menghitung nilai CCR, RCR, dan FCR
- e. Menentukan nilai ρ_{cc} dan ρ_{fc} dari tabel reflektansi langit-langit efektif
- f. Menghitung CU dari tabel lumener CU berdasarkan nilai RCR dan ρ_w

4. Menghitung nilai LLF yang terdiri dari *non recoverable factor* (LAT, LV, BF, dan LSD) dan *recoverable factors* (LDD, RSDD, LLD, LBO). Nilai LLF kemudian dihitung dengan persamaan:

$$LLF = (LAT \times LV \times BF \times LSD) \times (LDD \times RSDD \times LLD \times LBO) \dots\dots\dots (4)$$

Pengamatan terhadap hasil kerja stasiun penomoran dilakukan untuk memperoleh produk cacat yang lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran. Pengamatan dilakukan secara manual selama lima hari (satu minggu kerja). Pencacatan dilakukan pada lembar pengamatan yang berisi jenis-jenis kecacatan produk dan jumlah lembar produk cacat yang lolos inspeksi untuk tiap-tiap jenis kecacatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Tingkat Iluminasi Rata-rata

Rekapitulasi hasil pengukuran tingkat iluminasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tingkat Iluminasi (Lux)

No	Hari Pengukuran	Area Pengukuran		
		I	II	III
1	1	56,35	35,49	27,23
2	2	59,2	37,43	29,30
3	3	56,26	36,86	27,05
4	4	66,66	37,11	30,03
5	5	64,74	35,83	28,29
Rata-rata		60,64	36,54	28,38
		41,85		

Tabel 2 menunjukkan bahwa dari pengukuran di tiga area diperoleh tingkat iluminasi rata-rata lantai produksi adalah 41,58 lux yang berada jauh di bawah standar Kepmenkes untuk jenis pekerjaan kasar dan kontinu, yaitu 200 lux.

3.2. Perhitungan Angka Reflektansi Material Objek

Perbandingan dari cahaya yang dipantulkan dengan cahaya yang diterima oleh objek tersebut dikali dengan 100% disebut dengan angka reflektansi material. Berdasarkan tingkat iluminasi dan tingkat luminansi yang diukur pada dinding, lantai, langit-langit, mesin, dan meja, maka dapat dihitung angka reflektansi untuk semua material objek.

Rata-rata angka reflektansi material tidak melebihi nilai yang direkomendasikan kecuali untuk dinding pada titik ukur 2 yang memiliki nilai di atas nilai rekomendasi karena dinding di sisi tersebut dilapisi oleh triplek berwarna putih sehingga meningkatkan angka reflektansinya. Lantai memiliki angka reflektansi yang rendah disebabkan lantai di stasiun kerja penomoran ini tertutupi oleh debu, oli, dan kotoran lainnya secara tidak merata sehingga didapatkan angka reflektansi yang variatif pada beberapa permukaannya. Mesin cetak dan nomor dan mesin nomor memiliki angka reflektansi di bawah standar rekomendasi dikarenakan warna mesin yang gelap serta kotor. Begitu juga halnya dengan mesin bahan yang telah usang dan terlapisi oleh kotoran debu yang tebal sehingga menurunkan kemampuan material objek tersebut untuk memantulkan cahaya ke sekelilingnya. Sedangkan nilai reflektansi langit-langit menunjukkan angka pada rentang standar yang menunjukkan kondisi permukaan langit-langit yang bersih.

3.3. Perhitungan Kebutuhan Lumen Standar

Kebutuhan lumen standar dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Untuk kondisi aktual, lampu di lantai produksi merupakan lampu TL tipe T5 40W berjumlah 15 buah dengan panjang 1,2 m dan lumen awal (data pabrik) adalah 3150 lumen/lampu. Berikut ini adalah nilai untuk masing-masing variabel perhitungan yang diperlukan:

E : 200 lux (Berdasarkan standar)
A : 210,35 m² (14,72 m x 14,29 m)
CU : 0,69 (Berdasarkan perhitungan)

Nilai LLF terdiri dari *non recoverable factors* dan *recoverable factors*. Berikut ini merupakan analisis nilai untuk masing-masing faktor *non recoverable*:

LAT : Lampu jenis *fluorescent* bekerja optimal untuk memproduksi cahaya saat temperatur lingkungan berada pada rentang 25°C dan 35°C (J.R. Coaton dan A.M. Marsden, 1997). Suhu ruangan lantai produksi berdasarkan pengukuran adalah sebesar 34,3°C sehingga LAT bernilai 1.

LV : Lampu diasumsikan beroperasi pada voltase sesuai dengan desainnya, sehingga LV bernilai 1.

BF : *Ballast* yang digunakan pada lampu diasumsikan sesuai dengan desain lampu sehingga BF bernilai 1.

LSD: Faktor ini menunjukkan penurunan kualitas struktur lumener. Meskipun faktor ini diakui di komunitas pencahayaan, faktor ini tidak memiliki nilai yang dipublikasikan (Joseph B. Murdoch, 1994).

Faktor *recoverable* terdiri dari LDD, RSDD, LLD, dan LBO, yaitu sebagai berikut:

LDD dan RSDD = kedua faktor ini didasarkan pada perhitungan yang melibatkan konstanta A dan B yang bergantung pada kategori perawatan lumener dan kondisi kebersihan lingkungan. Melalui perhitungan dan didasarkan pada tabel konstanta penentuan RSDD dan LDD diperoleh LDD = 0,83 dan RSDD = 0,956.

LLD : 0,88; sesuai dengan data teknis lampu yang tertera pada kotak produk

LBO : 0,95; karena penggantian lampu dilakukan pada lampu yang mati saja.

Sehingga dengan menggunakan persamaan (4) dapat dihitung nilai LLF sebesar 0,66.

Dengan demikian, kebutuhan lumen standar untuk lantai produksi adalah

$$\Phi = \frac{E \times A}{CU \times LLF}$$
$$\Phi = \frac{200 \times 210,35}{0,69 \times 0,66}$$
$$\Phi = 92.379,798 \text{ lumen}$$

Kondisi pencahayaan di lantai produksi kemudian dikaji dari segi rumus perhitungan tingkat iluminasi sehingga diketahui beberapa kemungkinan penyebab rendahnya tingkat iluminasi di lantai produksi, yaitu:

1. Kurangnya tingkat iluminasi (E) terhadap luas ruangan (A) yang dipengaruhi oleh jumlah lumener dan jumlah lumen awal lumener
2. Rendahnya nilai CU (*Coefficient of Utilization*) yang dipengaruhi oleh tinggi lumener dari bidang kerja, proporsi ruangan, dan reflektansi material objek

3. Rendahnya nilai LLF (*Loss Light Factor*) yang dipengaruhi oleh faktor *nonrecoverable* dan faktor *recoverable*.

Tingkat iluminasi rata-rata lantai produksi adalah sebesar 41,85 lux. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemungkinan pertama terpenuhi yaitu rendahnya tingkat iluminasi sehingga diusulkan kebutuhan jumlah lampu yang dapat memenuhi tingkat iluminasi sesuai dengan standar. Nilai CU yaitu 0,69 tergolong cukup tinggi sehingga menunjukkan bahwa banyak cahaya yang telah mencapai bidang kerja meskipun tingkat iluminasinya belum memenuhi standar yang diperlukan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tinggi lumener dari bidang kerja dan proporsi ruangan telah sesuai. Untuk nilai reflektansi diketahui bahwa sebagian nilai reflektansi material objek telah memenuhi nilai reflektansi rekomendasi. Sedangkan apabila ditinjau dari nilai LLF, kesalahan penentuan nilai faktor *non recoverable* dan faktor *recoverable* dapat mengakibatkan rendahnya tingkat iluminasi rata-rata lantai produksi secara tidak langsung. Hal ini dikarenakan distribusi pencahayaan bersifat semi langsung sehingga cahaya yang dipantulkan ke langit-langit hanya sebagian. Dengan demikian perbaikan reflektansi langit-langit tidak diperlukan.

Kondisi aktual lantai produksi menggunakan tipe lampu T5/40W (3150 lm) dengan jumlah 15 lampu sehingga hanya memenuhi lumen sebesar 47.250 lumen. Kebutuhan lumen standar berdasarkan perhitungan adalah sebesar 92.379,798 lumen. Dengan demikian berdasarkan berbagai pertimbangan seperti dijelaskan di atas maka diusulkan penggantian jenis lampu dan penambahan jumlah lampu untuk memenuhi kebutuhan lumen standar.

Jenis lampu yang diusulkan adalah lampu hemat energi merk Philips tipe Master PL-L 4P 80W dengan lumen awal 6000 lm/lampu. Dengan demikian dapat dihitung jumlah kebutuhan lampu di lantai produksi, yaitu 16 buah. Sedangkan kebutuhan lampu di stasiun kerja penomoran dengan kebutuhan lumen sebesar 25.825,03 adalah sebanyak 5 lampu. Dengan prinsip penyusunan letak lampu yang sama dengan kondisi aktual maka dapat dihitung jarak maksimum antar lampu sesuai dengan aturan *spacing criteria*, yaitu $A_e = (14,72 \times 14,29) / 16 = 13,15$; sehingga: $S \approx \sqrt{A_l} \approx \sqrt{13,15} \approx 3,63$ m.

3.4. Uji Korelasi Tingkat Iluminasi dengan Hasil Kerja Stasiun Penomoran

Uji korelasi antara tingkat iluminasi dengan hasil kerja stasiun penomoran dilakukan dengan

menggunakan uji korelasi *Pearson*. Data tingkat iluminasi dengan data produk cacat lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran digunakan dalam pengujian ini. Koefisien korelasi antar kedua variabel kemudian dihitung dengan menggunakan rumus uji korelasi *Pearson* dan diperoleh nilai $r = -0,4330$. Nilai ini berarti bahwa terdapat hubungan cukup kuat antara tingkat iluminasi dengan hasil kerja stasiun penomoran. Tanda negatif (-) menunjukkan hubungan berbanding terbalik yang berarti semakin tinggi tingkat iluminasi maka akan semakin rendah jumlah produk cacat yang lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pemecahan masalah maka dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat iluminasi rata-rata lantai produksi berada jauh di bawah standar Kepmenkes No 1405 tahun 2002. Data tingkat iluminasi dengan produk cacat lolos inspeksi memiliki hubungan cukup kuat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat iluminasi maka semakin tinggi jumlah produk cacat yang lolos inspeksi sehingga perlu dilakukan peningkatan tingkat iluminasi guna mengurangi jumlah produk cacat yang lolos inspeksi di stasiun kerja penomoran. Dengan demikian diusulkan penggantian lampu menjadi lampu hemat energi dengan penambahan jumlah lampu dari kondisi lampu aktual dan jarak antar lampu diatur menurut aturan *spacing criteria*.

DAFTAR PUSTAKA

- Egan, M. David. 1983. *Concepts in Architectural Lighting*. New York: McGraw Hill School Education Group.
- Flory, Isaac Lynnwood. 2008. *High-Intensity Discharge Lighting Design Strategies for the Minimization of Energy Usage and Life-Cycle Cost*. Dissertation. Doctor of Philosophy in Electrical Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Marsden, A.M. dalam Flory, Isaac Lynnwood. 2008. *High-Intensity Discharge Lighting Design Strategies for the Minimization of Energy Usage and Life-Cycle Cost*. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University. Disertasi.
- Murdoch, Joseph B dalam Flory, Isaac Lynnwood. 2008. *High-Intensity Discharge Lighting Design Strategies for the Minimization of*

Energy Usage and Life-Cycle Cost. Virginia:
Virginia Polytechnic Institute and State
University. Disertasi.

Kristanto, Luciana. 2004. *Penelitian Terhadap Kuat
Penerangan dan Hubungannya dengan
Angka Reflektansi Warna Dinding: Studi
Kasus Ruang Kelas Unika Widya Mandala
Surabaya*. Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur
Universitas Kristen Petra Volume 32 No 1:
77-88.

Standar Nasional Indonesia. *SNI 16-7062-2004:
Pengukuran Intensitas Penerangan di
Tempat Kerja*. Jakarta.