

RANCANG BANGUN ALAT FOTOTERAPI UNTUK PENANGANAN NEONATAL JAUNDICE BERBASIS LED DAYA TINGGI

DESIGN AND CONSTRUCTION OF NEONATAL JAUNDICE TREATMENT DEVICE BASED ON HIGH POWER LED

Aldyusandi Agristianto¹, M. Ramdhan Kirom S.Si., M.Si², Tri Ayodha Ajiwiguna S.T., Eng³

¹Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

²Dosen Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

³Dosen Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹bourdonizer@students.telkomuniversity.ac.id, ²mramdhan@telkomuniversity.ac.id,

³triayodha@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Jaundice adalah gejala menguningnya tubuh bayi pada 1-2 minggu setelah kelahirannya. Berdasarkan statistik, bayi yang lahir prematur memiliki 75% kemungkinan mengalami Jaundice dibandingkan bayi yang lahir normal. Penanganan Jaundice dilakukan dengan cara memberi paparan sinar matahari jika kadar *bilirubin* <12mg/dL, fototerapi jika kadar *bilirubin* <25mg/dL, dan transfusi tukar jika kadar *bilirubin* >25mg/dL. Fototerapi dilakukan menggunakan LED berwarna biru dengan panjang gelombang 460nm dan intensitas $\geq 30 \mu\text{watt}/\text{cm}^2$. Alat fototerapi dibuat dengan menggunakan LED karena lebih tahan lama dan hemat energi. LED yang digunakan adalah LED berdaya tinggi yang cepat panas pada bidang LED sehingga dibutuhkan pendingin agar menjaga LED tidak rusak.

Kata kunci : Jaundice, Fototerapi, LED

Abstract

Phenomenon of Jaundice is a yellowing of baby's body in 1 or 2 weeks after baby's birth. As known on statistic, the premature baby has 75% to indicate the Jaundice than the normal birth. The jaundice treatment was done by expose the baby on the morning sun if the bilirubin levels <12mg/dL, phototherapy if the bilirubin levels <25mg/dL, and exchange transfuse if bilirubin levels >25mg/dL. Phototherapy was done by using the blue LED with wavelength is 460nm and the intensity is $\geq 30 \mu\text{watt}/\text{cm}^2$. The phototherapy device using the LED light because it was durable and enegi efficient. The kind of LED that uses is the High Power LED that getting hot so it takes a cooler to keep LED still works.

Keywords: Jaundice, Phototherapy, LED

1. Pendahuluan

Neonatal Jaundice atau sakit kuning pada bayi yang baru lahir adalah merupakan hal yang wajar dan biasa terjadi pada 1-2 minggu setelah kelahiran bayi. Berdasarkan statistik, 60% dari jumlah yang baru lahir tubuhnya akan menguning. Hal ini menandakan bahwa kadar bilirubin dalam darah bayi yang tinggi. Kadar bilirubin yang berada dibawah 12mg/dL dapat ditangani dengan cara menjemur bayi dibawah paparan sinar matahari pagi antara pukul 7 sampai 9 pagi. Namun ada beberapa bayi yang kadar bilirubinya meningkat hingga 25 mg/dL. Bayi yang lahir prematur memiliki 75% kemungkinan untuk mencapai kadar bilirubin yang tinggi dibandingkan bayi yang lahir dengan normal. Cara yang dilakukan untuk menangani Neonatal Jaundice dengan kadar bilirubin yang tinggi adalah dengan melakukan terapi sinar di rumah sakit atau puskesmas^[1].

Terapi sinar dilakukan dengan menggunakan lampu yang memancarkan cahaya biru dengan panjang gelombang 460-490 nm. Cahaya biru ini dapat membantu mengubah bilirubin menjadi bentuk yang mudah larut dalam air sehingga dapat mudah dikeluarkan melalui system ekskresi. Intensitas yang disarankan untuk terapi sinar adalah $\geq 30 \mu\text{watt}/\text{cm}^2$. Pada umumnya di rumah sakit atau di puskesmas, terapi sinar menggunakan lampu TL (Tubular Lamp) atau yang biasa dikenal sebagai lampu neon. Bentuk lampu TL yang besar, panjang, dan mudah pecah membuat terapi sinar harus dilakukan di rumah sakit. Pada penelitian ini akan dirancang dan dibangun alat fototerapi menggunakan LED. Dari segi bentuk LED yang kecil akan menjadi keuntungan alat karena dapat dibawa kemana saja sehingga tidak harus dilakukan di rumah sakit. Namun, LED yang digunakan adalah LED yang berdaya tinggi yang memiliki kelemahan mudah panas sehingga dibutuhkan penanganan termal untuk menjaga temperatur LED dan menghindari kerusakan pada LED^{[1][3]}.

2. Dasar Teori

2.1. LED (Light Emitting Diode)

LED merupakan salah satu aplikasi semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya jika diberi tegangan. LED memiliki struktur yang hampir sama dengan dioda. LED dapat bertahan selama 40.000 hingga 100.000 jam dengan efisiensi energi 82% sampai 93%. Oleh karena itu LED dapat dikembangkan sebagai sumber cahaya karena memiliki masa hidup yang lama dan hemat energi^[5].

2.1.1. Cara Kerja LED

LED mengubah sebagian besar energi listrik yang diterima menjadi energi cahaya. Elektron pada LED akan menggunakan energi listrik masukan untuk berpindah ke level energi yang lebih tinggi dan meninggalkan tempat kosong yang disebut *hole*, kemudian elektron akan turun kembali ke level energi dimana elektron semula berada untuk mengisi *hole* dengan mengeluarkan energi. Energi yang dileuarkan akan menghasilkan energi berupa cahaya dan panas. Energi yang dikeluarkan elektron berkaitan dengan panjang gelombang cahaya yang dihasilkan^[7].

$$E = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda} \quad (1)$$

2.1.2. Pengaruh Temperatur Terhadap Kinerja LED

Sebagai semikonduktor LED memiliki nilai konduktivitas listrik yang didefinisikan sebagai kemampuan suatu semikonduktor untuk menghantarkan energi listrik. Terjadinya peningkatan temperatur akan mempengaruhi nilai konduktivitas. Jika temperatur meningkat maka nilai energi gap akan turun sehingga jarak antara pita valensi dan pita konduksi akan menyempit yang memudahkan elektron dengan mudah berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Elektron yang berpindah maupun yang berada di pita valensi membawa muatan yang dapat menimbulkan arus listrik. Elektron yang dengan mudah berpindah ke pita valensi akan mengakibatkan arus listrik meningkat sehingga dapat merusak komponen yang terdapat pada LED^[13].

2.1.3. Energi Gap dan Konstanta Planck

Energi gap adalah energi yang dibutuhkan elektron untuk berpindah dari pita valensi ke pita konduksi dengan tujuan menghantarkan arus listrik. Energi gap pada semikonduktor berkaitan dengan konduktivitas suatu bahan karena besar energi gap menentukan lebar pita antara pita valensi ke pita konduksi. Energi gap pada LED berbeda-beda untuk tiap warna LED yang dihasilkan. Konstanta planck adalah konstanta yang menentukan konsep kuantum dalam fisika modern, seperti cahaya, foton, dan elektron. Dalam ilmu fisika modern, banyak sekali penggunaan besaran konstanta Planck untuk mencari suatu besaran yang berkaitan dengan fisika modern, contohnya adalah penggunaan konstanta Planck untuk mencari nilai panjang gelombang Compton atau mencari nilai energi foton. Nilai konstanta Planck adalah 6.6261×10^{-34} Js, pertama kali dikemukakan oleh Max Planck dari hasil eksperimennya. Nilai tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang memiliki hubungan dengan energi foton yang diserap atau dipancarkan oleh elektron^[8].

2.1.4. Efikasi LED

Efikasi LED didefinisikan sebagai seberapa baik suatu sumber cahaya dapat menghasilkan cahaya dengan menggunakan perbandingan lumen terhadap watt (lm/watt). Singkatnya efikasi adalah suatu nilai yang menunjukkan keefektifan sebuah sumber cahaya dengan mengukur besar lumen tiap 1 watt yang dibutuhkan^[14].

$$\begin{aligned} \text{Efikasi} &= \frac{\text{lumen}}{\text{watt}} \\ &= \frac{\text{lumen}}{\text{watt}} \\ &= \frac{\text{lumen}}{\text{watt}} \end{aligned}$$

2.2. Ikterus atau Neonatal Jaundice

Ikterus atau Neonatal Jaundice adalah suatu keadaan atau gejala menguningnya tubuh bayi yang baru lahir pada 1-2 minggu setelah kelahirannya. Gejala ini diakibatkan oleh meningkatnya kadar bilirubin dalam darah karena fungsi hati yang belum sempurna. Jika Neonatal Jaundice tidak segera ditangani, penumpukan bilirubin dalam darah yang berlebih akan masuk ke otak dan mengakibatkan kerusakan otak. Penanganan untuk Neonatal Jaundice dapat dilakukan dengan menjemur bayi pada paparan sinar matahari, terapi sinar, dan transfusi tukar^{[11][9]}.

2.2.1. Bilirubin

Bilirubin merupakan pigmen berwarna kuning yang berasal dari pemecahan sel darah merah oleh sel retikuloendotel. Sel retikuloendotel menyebabkan bilirubin tidak dapat larut dalam air (beliverdin dan lumirubin). Bilirubin terbentuk dari pemecahan sel darah merah yang sudah tua atau rusak. Pada saat pembuangan, hemoglobin dipecah menjadi beberapa macam salah satunya adalah bilirubin. Bilirubin dibawa ke hati untuk diproses dan kemudian disalurkan ke sistem pembuangan, dan akan ikut terbuang bersama feses atau urin. Pada Neonatal Jaundice, bilirubin yang berlebih dapat masuk ke otak dan merusak otak. Selain itu bilirubin yang berlebih dalam darah akan bersifat toksik yang dapat membahayakan perkembangan syaraf bayi^{[11][9]}.

2.2.2. Terapi Sinar

Fototerapi atau terapi sinar adalah salah satu cara penanganan Neonatal Jaundice dengan cara menyinari bayi dengan paparan cahaya lampu berwarna biru dengan panjang gelombang 460-490 nm dan dengan intensitas cahaya sebesar $\geq 30 \mu\text{watt}/\text{cm}^2$. Terapi sinar dilakukan dengan cara meletakkan bayi yang hanya memakai popok atau pakaian dalam dan dengan posisi mata bayi yang ditutup oleh kain hitam, kemudian tubuh bayi disinari cahaya biru dari lampu.

Selama 8 jam terapi sinar berlangsung posisi tidur bayi akan dirubah setiap 3 jam dengan tujuan tubuh bayi

mendapatkan paparan yang merata di seluruh tubuh. Selain itu pemberian asi oleh ibu juga dilakukan setiap 3 jam dengan tujuan memberi asupan pada bayi dan mengurangi dehidrasi pada bayi^[1].

Fototerapi dapat mengubah bilirubin menjadi ke bentuk beliverdin dan lumirubin yaitu bentuk yang lebih mudah larut dalam air sehingga akan dengan mudah dibuang melalui sistem ekskresi. Warna kulit bukanlah acuan untuk menentukan kadar bilirubin jika dibawah 24 jam setelah terapi sinar. Kadar bilirubin dapat terus meningkat seiring bertambahnya usia bayi (satuan hari)^[4].

2.3 Sistem Pendingin

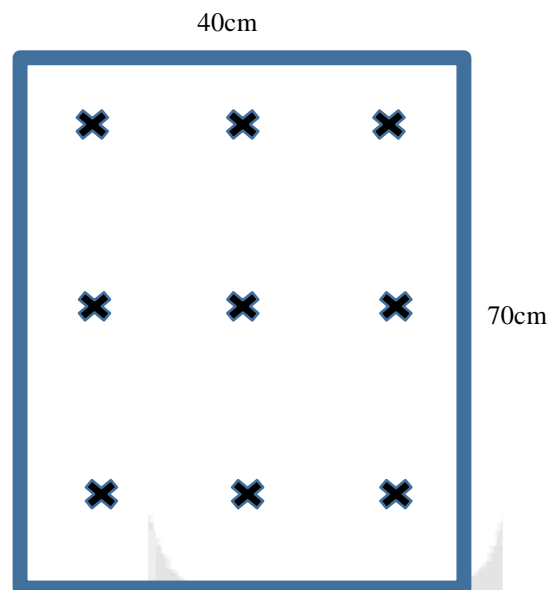
Suatu alat elektronik yang bekerja pada arus tinggi dan dalam jangka waktu yang lama dapat dengan cepat mengalami penurunan performa yang disebabkan oleh panas yang diterima komponen elektronik. Hal ini dapat merusak komponen elektronik tersebut dan bahkan dapat merusak alat elektronik. Pemberian sistem pendingin dengan cara memasang *Heatsink* dan kipas adalah cara yang dapat digunakan untuk mengurangi panas pada komponen elektronik. Setiap jenis dan bentuk heatsink memiliki Rth yang berbeda-beda. Rth merupakan kebalikan dari konduktivitas termal karena rth adalah nilai dimana sebuah heatsink dapat menahan panas yang diterima dan kemudian dibuang ke lingkungan^[12].

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P} = \frac{T_1 - T_2}{P}$$

3. Pengujian dan Penelitian

3.1 Pengujian Intensitas Cahaya

Pengujian intensitas cahaya bertujuan untuk mengetahui besar intensitas (W/m^2) yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya. Pengujian intensitas untuk alat fototerapi untuk penanganan Neonatal Jaundice dikatakan telah berhasil apabila intensitas cahaya yang keluar bernilai $\geq 30 \mu watt/cm^2$. Pengujian menggunakan alat ukur intensitas Solar Power Meter pada tegangan 4.3 Volt. Dilakukan pengukuran di 9 titik yang berbeda dalam bidang $40cm \times 70cm$.



Gambar 3.1

Titik pengambilan data intensitas cahaya

Masing-masing titik yang telah diukur menunjukkan bahwa tiap titik memiliki intensitas yang sama yaitu $0.3 W/m^2$. Dapat disimpulkan bahwa cahaya tersebar merata pada 9 titik tersebut.

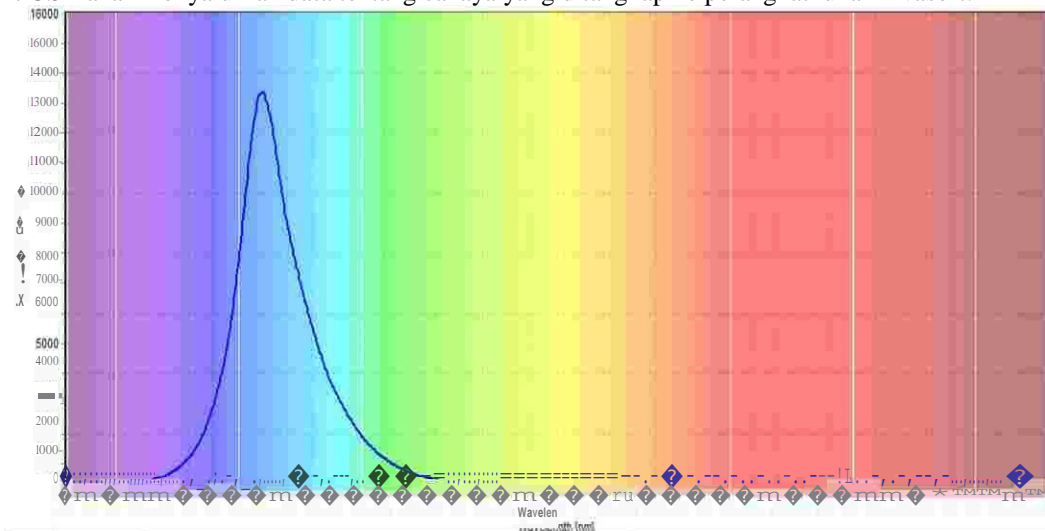
$$0.3 W/m^2 = 0.3 \cdot 10^6 \mu watt/m^2 = \frac{0.3 \cdot 90}{10^4} = 30 \mu watt/cm^2$$

Dari hasil yang sudah didapatkan yaitu sebesar $30 \mu watt/cm^2$ yang merupakan standar intensitas yang digunakan untuk alat fototerapi untuk penanganan Neonatal Jaundice.

3.2 Pengujian Panjang Gelombang

Panjang gelombang dapat ditentukan dari warna cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya. Pengujian panjang gelombang dilakukan dengan menggunakan alat *Spectroscopy* bermerk Avantes dan juga didukung dengan perangkat lunak Avasoft dalam menentukan panjang gelombang. Pengujian dilakukan dengan cara membuka perangkat lunak Avasoft pada komputer dan mengubah posisi perangkat lunak tersebut pada keadaan siap dipakai. Tempatkan kabel fiber optik dari *Spectroscopy* dan lampu LED di sebuah wadah yang gelap dan tidak ada cahaya dari luar yang masuk sehingga tidak ada pengaruh cahaya dari lingkungan. Kabel fiber optik akan menangkap cahaya yang

dihasilkan oleh LED dan kemudian masuk ke *Spectroscopy*. *Spectroscopy* yang terhubung dengan komputer melalui kabel Port USB akan menyalurkan data tentang cahaya yang ditangkap ke perangkat lunak Avasoft.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Panjang Gelombang

Panjang gelombang yang dihasilkan adalah 460 nm. Karena standar panjang gelombang alat fototerapi untuk penanganan Neonatal Jaundice adalah 460-490 nm, maka panjang gelombang yang dihasilkan LED telah memenuhi syarat untuk digunakan pada terapi sinar untuk Neonatal Jaundice.

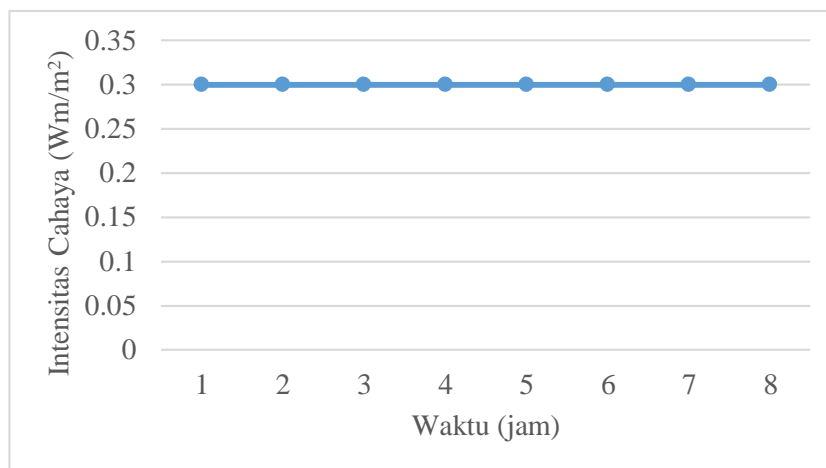
3.3 Pengujian Efikasi Cahaya

Pengujian efikasi cahaya dapat dilakukan dengan membandingkan nilai lumen terhadap watt. Cara lain yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai daya keluaran Fotometri (lux) dengan daya keluaran Radiometri (W/m^2). Data daya keluaran radiometri telah dilakukan pada pengujian intensitas yaitu $0.3 W/m^2$, sedangkan untuk daya keluaran fotometri dilakukan dengan mencari nilai Lux cahaya dengan menggunakan Luxmeter. Pengambilan data Lux dilakukan dengan cara yang sama dengan pengambilan data intensitas. Hasil yang didapatkan untuk nilai Lux adalah 18 Lux.

$$\begin{aligned}
 \text{Efikasi} &= \frac{18 \text{ Lux}}{0.3 \text{ watt}/m^2} \\
 &= \frac{18 \text{ Lux}}{0.3 \text{ watt}/m^2} \\
 &= 60 \text{ lm/watt}
 \end{aligned}$$

3.4 Pengujian Durabilitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan alat terapi terhadap waktu pemakaian. Pengujian dilakukan dengan menyalakan seluruh sistem yang ada pada alat selama 8 jam karena terapi sinar pada umumnya dilakukan selama 6 jam. Akan dilakukan pengambilan data setiap 1 jam untuk mengetahui bagaimana pengaruh lama pemakaian alat.



Gambar 4.3 Grafik Intensitas terhadap waktu

3.5 Pengujian Temperatur

Pengujian temperatur dilakukan secara 3 kondisi pengukuran, masing-masing adalah pengukuran temperatur LED dengan menggunakan Heatsink dan kipas, pengukuran tanpa menggunakan kipas, dan pengukuran tanpa menggunakan kipas dan Heatsink. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Lutron LM-800A. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, berikut adalah hasil perhitungan dan penjelasan dari masing-masing kondisi.

$$P = 4.3 \times 1.2 \text{ A}$$

$$P = 5.16 \text{ W}$$

a. Menggunakan Heatsink dan kipas

Perhitungan nilai R_{th} :

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P}$$

$$= \frac{29.5 - 27.5}{5.16} = 0.387 \text{ K/W}$$

Jika pada saat Heatsink dan kipas terpasang nilai R_{th} adalah bernilai konstan, maka:

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{P}$$

$$40 = 40 - (0.387 * 5.16)$$

$$T_2 = 38^\circ\text{C}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, T_2 menunjukkan nilai temperatur ruangan maksimal yang disarankan jika Heatsink dan kipas terpasang. Kondisi diatas masih dapat menanggulangi terjadinya Overheat pada LED karena masih temperatur LED saat Heatsink dan kipas digunakan belum mencapai batas maksimal temperatur LED jika temperatur LED 40°C .

b. Hanya menggunakan Heatsink

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{P}$$

$$= \frac{34.7 - 27.5}{5.16} = 1.39 \text{ K/W}$$

Jika pada kondisi hanya menggunakan Heatsink R_{th} bernilai konstan, maka:

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{P}$$

$$40 = 40 - (1.39 * 5.16)$$

$$T_2 = 32.8^\circ\text{C}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai temperatur ruangan maksimal yang disarankan jika hanya menggunakan Heatsink adalah 32.8°C jika temperatur LED 40°C . Kondisi ini masih dapat mencegah terjadinya Overheat pada LED.

c. Tidak menggunakan Heatsink dan kipas

Pada pengujian dengan kondisi tidak menggunakan Heatsink dan Kipas, temperatur LED adalah 44.2°C . Nilai tersebut melebihi batas maksimum temperatur LED, sehingga tidak dilakukan perhitungan lebih lanjut karena sudah dipastikan untuk tidak menggunakan kondisi ini pada pengoperasian LED karena dapat mengakibatkan kerusakan pada LED tersebut.

4. Kesimpulan

1. Dengan menggunakan LED berdaya tinggi, alat fototerapi dapat bekerja dengan intensitas yang direkomendasikan yaitu pada intensitas cahaya sebesar $30 \mu\text{watt}/\text{cm}^2$ dengan tegangan 4.3V dan arus listrik 1.2A.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, LED berdaya tinggi dapat digunakan sebagai alat fototerapi untuk penanganan Neonatal Jaundice.
3. LED dapat bekerja pada kondisi kipas dan heatsink terpasang sehingga LED tidak mengalami overheating saat dioperasikan.
4. Berdasarkan pengujian efikasi dan durabilitas LED berdaya tinggi yang digunakan untuk alat fototerapi untuk penanganan Neonatal Jaundice menggunakan daya yang efisien dan dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama.

5. Saran

1. Dapat merancang alat dengan lebih ringan sehingga lebih efisien.
2. Memberi pewaktu atau *timer* otomatis untuk lama pemakaian alat.

3. Mengintegrasikan alat dengan inkubator bayi.

Daftar Pustaka

1. M. Jeffrey Maisels, M.B., B.Ch., and Antony F. McDonagh, Ph.D. Phototherapy for Neonatal Jaundice. 2008.
2. Queensland Maternity and Neonatal Clinical. "Neonatal Jaundice: prevention, assessment and management." 2009.
3. Luminus Devices, Inc. "PDS-001229 Rev 03 CBT-40 Product Datasheet." 2011.
4. Pediatri, Sari. "Ensefalopati Bilirubin." Vol. 8, No.4. May 2007.
5. Neyer, Johannes. "UV-LED Based on AlGaIn." Incoherent Light Source, 2003.
6. Kurniawati, Lia. Pengaruh Pencahayaan LED. FT UI, 2008.
7. Peddinti, Vijay Kumar. "Light Emitting Diodes (LEDs)."
8. Ishafit. "Penentuan Konstanta Planck Menggunakan LED Berbasis Microcomputer Based Laboratory." 2012.
9. Sumarno. "Pengaruh Paparan Sinar Matahari Pagi Terhadap Penurunan Tanda Ikterus Pada Ikterus Neonatorum Fisiologis." Jurnal Kedokteran Brawijaya, 2006.
10. Indonesia, HTA. "Tatalaksana Ikterus Neonatorum." 2004: 8-22.
11. Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sriwijaya. "Menentukan Energi Gap Semikonduktor Melalui Pengukuran Resistansi Bahan Pada Suhu Beragam." n.d.: Vol 12 Nomer 1(B) 12104.
12. Harsanto, Aris Budi. "Simulasi CFD Perpindahan Panas pada Heatsink Mikroprosesor." Maret 2011.
13. Singh, Jasprit. Optoelectronics: An Introduction to Materials and Devices (Electrical and Computer Engineering). US: McGraw-Hill Inc., 1995.
14. Seno, Abraham. Pengaturan Tataruang Kelas & Optimalisasi Pencahayaan Alami, 2007: 13.
15. Park, Jong-Jin. Design of Thermal Interface Material With High Thermal Conductivity and Measurement Apparatus, 2006.
16. Grzybowski, Andrzej; Pietrzak, Krzysztof. "From patient to discoverer-Niels Ryberg Finsen (1860-1904)-the founder of phototherapy in dermatology", 2012.
17. Raymond Bonnett. Recent Advances In The Chemistry Of Bile Pigments, 1984