

RANCANG BANGUN DENSITOMETER BERBASIS ARDUINO UNTUK PEMBACAAN FILM RADIOGRAFI

Nugroho Tri Sanyoto^{1*}, Dwi Lestari¹, Surakhman¹

¹Program Studi Elektronika Instrumentasi, Jurusan Teknofisika Nuklir
Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, BATAN Jalan Babarsari
PO BOX 6101 YKBB Yogyakarta 55281

*trisanyotonugroho@yahoo.co.id.

Abstrak

RANCANG BANGUN DENSITOMETER BERBASIS ARDUINO UNTUK PEMBACAAN FILM RADIOGRAFI. Telah dibuat alat pengukur densitas film radiografi berbasis Arduino. Penelitian ini bertujuan untuk membuat densitometer sebagai alat pembaca densitas film radiografi berbasis Arduino yang dapat menampilkan nilai pengukuran dan menampilkan film memenuhi atau tidak memenuhi Standart ASME V Boiler and Pressure Vessel Code 2004. Prinsip kerja densitometer ini yaitu densitas film dideteksi oleh sensor photodiode dan dikondisikan oleh pengkondisi sinyal menggunakan Op-Amp LM324 kemudian dikonversi ke digital oleh ADC yang ada pada Arduino untuk diolah dan kemudian nilai densitas ditampilkan dalam 7 segment sedangkan status film diterima atau ditolak akan ditampilkan ke LCD 16 x 2. Densitometer berbasis Arduino ini memperlihatkan kesalahan rata-rata pengukuran sebesar 0,1783 yang disebabkan oleh ketidaksensitifitasan dari sensor yang digunakan.

Kata kunci : Arduino, Densitometer, Photodiode.

1. PENDAHULUAN

Uji tak rusak dengan metode *radiography test* adalah suatu cara untuk menganalisis cacat suatu bahan baik berupa lasan, maupun hasil cetakan, dengan memanfaatkan sifat-sifat khusus sumber radiasi. Salah satu sifat radiasi adalah kemampuan menembus bahan atau material sehingga pengujian yang dilakukan tidak mengubah atau tidak merusak bahan yang diuji dan hasil pengujiannya dapat direkam sebagai dokumen dalam bentuk film. Hasil rekaman dapat digunakan untuk menentukan bentuk, ukuran dan lokasi cacat .

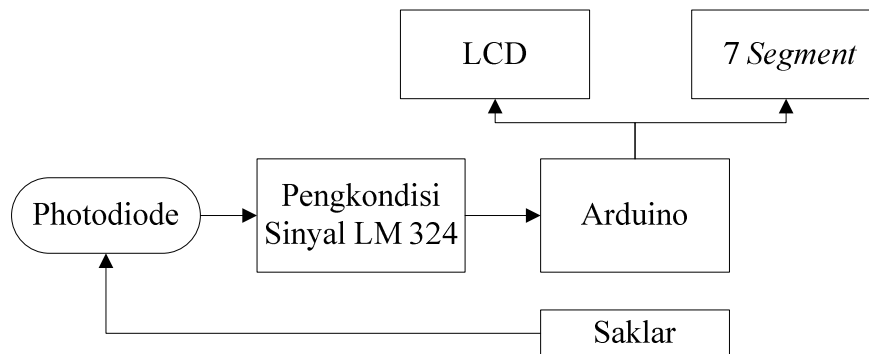
Secara kualitatif densitas film radiografi menunjukkan tingkat kehitaman film setelah diproses. Film dengan tingkat kehitaman lebih gelap dikatakan memiliki densitas yang lebih tinggi. Tingkat kehitaman film dapat diukur dengan film pembanding atau menggunakan alat ukur elektronik yang disebut densitometer (Pusdiklat, 2001).

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan dan membangun densitometer berbasis Arduino dengan menggunakan sensor photodiode. Densitometer yang dibuat dilengkapi dengan penampil status film "memenuhi / tidak memenuhi" berdasarkan dari nilai pengukurannya. Keputusan film memenuhi atau tidak memenuhi ini berdasarkan pada ketentuan *Standard ASME Section V Boiler and Pressure Vessel Code 2004 (ASME 2004)* yaitu untuk film pada hasil penyinaran dengan sumber sinar-X adalah 1,8 dan sinar gamma adalah 2.

Densitometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kehitaman suatu titik pada sebuah film radiografi. Densitometer sangat diperlukan untuk menghasilkan citra radiografi yang berkualitas baik.

2. METODOLOGI

Metode penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras, perangkat lunak dan pengujian, Pada Gambar 1 adalah blok diagram densitometer serta penjelasan tentang prinsip kerja alat. Blok diagram perangkat keras terdiri dari berbagai komponen dan perangkat yang mendukung unjuk kerja alat tersebut, antara lain photodiode, pengkondisi signal, arduino, saklar serta dua penampil yaitu LCD dan tiga buah seven segmen.



Gambar 1. Blok Diagram Perangkat Keras

Prinsip kerja dari densitometer yang dibuat adalah dari lampu LED yang menembus film radiografi ditangkap oleh sensor photodiode, tegangan yang terbentuk pada rangkaian keluaran rangkaian photodiode dikondisikan oleh rangkaian pengkondisi sinyal, sehingga memenuhi tegangan input yang sesuai dengan tegangan skala penuh ADC pada Arduino. Tegangan analog dari pengkondisi sinyal dikonversikan ke dalam bentuk digital oleh ADC, selanjutnya data tegangan dalam bentuk data digital tersebut dikonversi menjadi data densitas oleh mikrokontroler pada Arduino. Data densitas tersebut selanjutnya ditampilkan dalam LCD 16x2 dan 7 segment. Pada penampil LCD 16x2 ditampilkan hasil pengukuran film radiografi memenuhi atau tidak memenuhi, sedangkan pada 7 segment ditampilkan angka hasil pengukuran densitas film radiografi.

Dari data sheet Arduino, diketahui bahwa ADC pada arduino mempunyai resolusi 10 bit dan mempunyai jangkauan masukan analog untuk tegangan referensi 5V adalah 0V – 5V.

2.1. Densitas Film

Densitas film adalah keseluruhan derajat kehitaman pada film radiografi yang telah mengalami proses pencucian ditunjukkan dengan angka dari 1 sampai dengan 14. Densitas film didapatkan dari proses radiografi yang digambarkan dalam Film radiografi Gambar 2 adalah film Agta



Gambar 2. Film Agta

2.2. Photodiode

Photodiode adalah komponen elektronika yang merupakan jenis dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya. Meskipun merupakan jenis dioda, tetapi cara kerjanya berbeda dengan dioda biasa. Photodiode merupakan sebuah dioda dengan sambungan p-n yang dipengaruhi cahaya dalam kerjanya. Konstruksi photodiode silicon mirip dengan dioda yang biasa digunakan untuk penyearah arus bolak balik. Pertemuan PN dibentuk dengan mendifusikan bahan impurity tipe P (anoda) seperti Boron, kedalam bahan tipe N. Pada daerah pertemuan PN adalah daerah aktif photodiode yang disebut *depletion layer*.

Photodiode akan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Komponen elektronika ini mampu mendeteksi bermacam-macam jenis cahaya yaitu mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra violet sampai dengan Sinar-X. Karena photodiode terbuat dari semikonduktor p-n *junction* maka cahaya yang diserap oleh photodiode akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan pasangan *electron-hole* di kedua sisi dari sambungan. Ketika elektron-elektron yang dihasilkan masuk ke pita konduksi maka elektron-elektron akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan *hole* yang dihasilkan mengalir ke arah negative sumber tegangan

sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Besarnya pasangan electron ataupun *hole* yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang diserap oleh photodiode. Gambar 3. Menunjukkan simbol dari komponen photodiode.



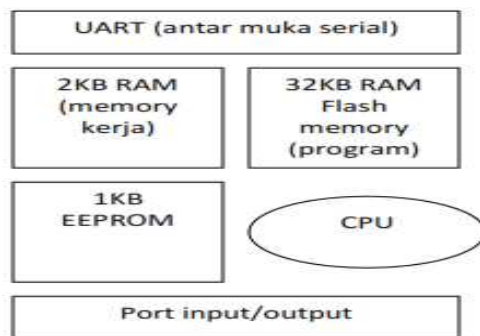
Gambar 3. Simbol Photodiode
(www. edukasielektronika.com)

2.3. Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori mikrokontroler. Software yang digunakan untuk pemrograman Arduino adalah Arduino IDE (Kadir,A 2013). Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian utama, yaitu hardware dan software.

Hardware Arduino

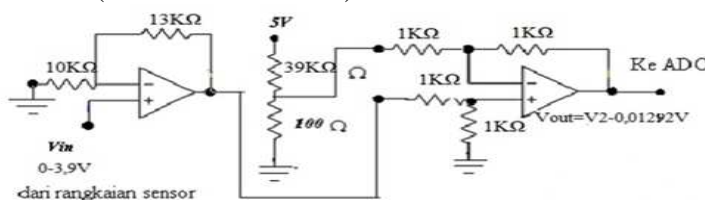
Hardware pada Arduino berupa board input/output (I/O). Pada Gambar 4 menampilkan blok secara garis besarnya.



Gambar 4. Blok Arduino

2.4. Pengkondisi sinyal

Pengkondisi sinyal adalah rangkaian untuk mengkondisikan suatu sinyal masukan agar diperoleh suatu sinyal keluaran yang nilainya sesuai dengan jangkauan yang dikehendaki. IC OP-AMP LM324 merupakan IC penguat operasi yang memiliki 2 buah penguat operasi yang telah menyatu dalam IC tersebut. Pada penelitian ini digunakan Op-Amp LM324, keuntungan Op Amp ini hanya membutuhkan suplai tunggal dan dapat dibuat dua jenis rangkaian dalam satu IC dengan menambahkan beberapa komponen seperti resistor di luarnya. Gambar 5 merupakan konfigurasi dari IC LM324 (Malvino albert 1979).



Gambar 5. Pengkondisi sinyal dengan IC LM324

2.5. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Modul display LCD tersusun dari dot matrix LCD controller, segment driver, serta LCD panel. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar computer. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan

digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

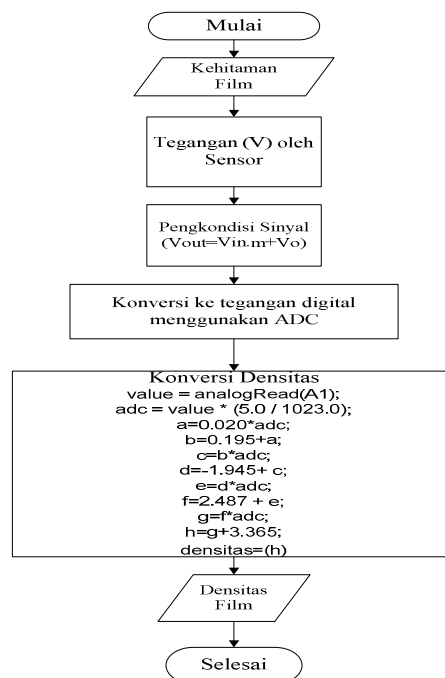
1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
3. Terdapat karakter generator terprogram.
4. Dapat dialamatkan dengan mode 4-bit dan 8-bit.
5. Dilengkapi dengan *back light*.

2.6. Display 7 Segment

Display 7 segment adalah komponen elektronika yang dapat menampilkan angka desimal melalui kombinasi-kombinasi segmennya. Pada display 7 segment juga dilengkapi karakter titik (dot) yang sering dibutuhkan untuk karakter koma atau titik pada saat menampilkan suatu bilangan. Display 7 segment terdiri dari 7 penampil karakter yang disusun dalam sebuah kemasan sehingga dapat menampilkan karakter angka dan karakter huruf.

2.7. Pembuatan perangkat lunak

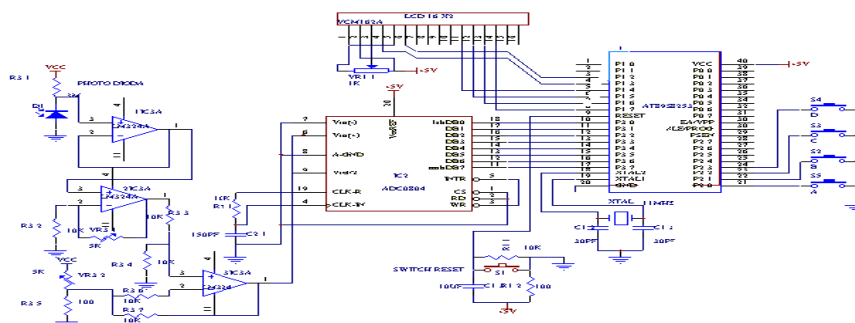
Diagram alir pembuatan perangkat lunak digambarkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart pembuatan perangkat lunak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

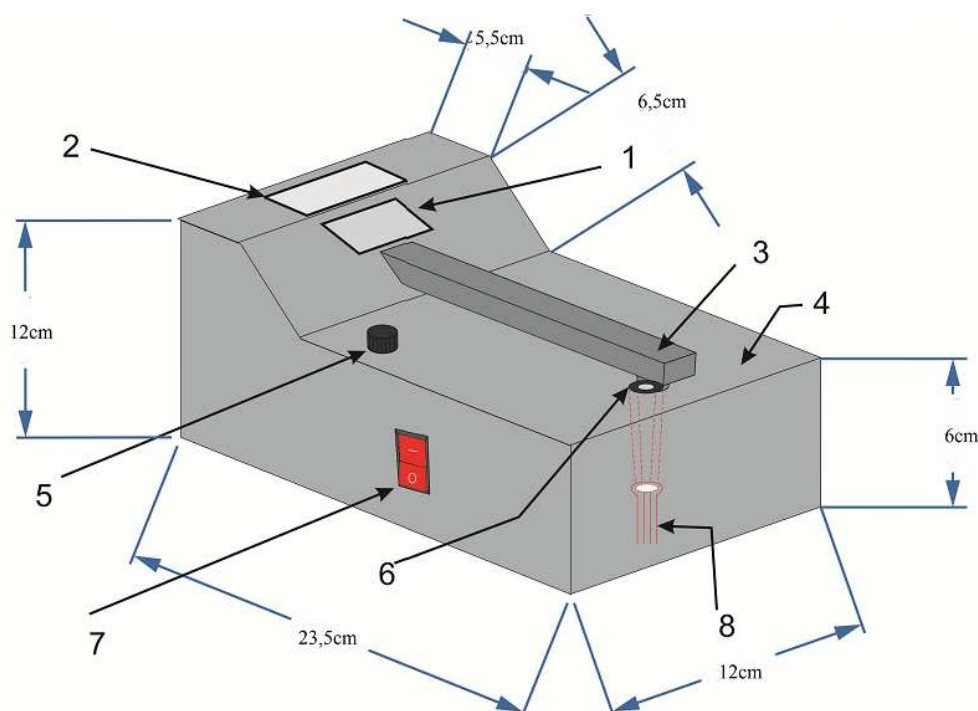
Gambar perancangan perangkat keras berupa rangkaian elektronika secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian elektronik

3.1. Bentuk Fisik Densitometer

Hasil dari perancangan densitometer pada penelitian memiliki ukuran panjang sebesar 23,5 cm, lebar 12 cm, tinggi bagian depan 6 cm dan tinggi bagian belakang 12 cm. Densitometer hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 8.



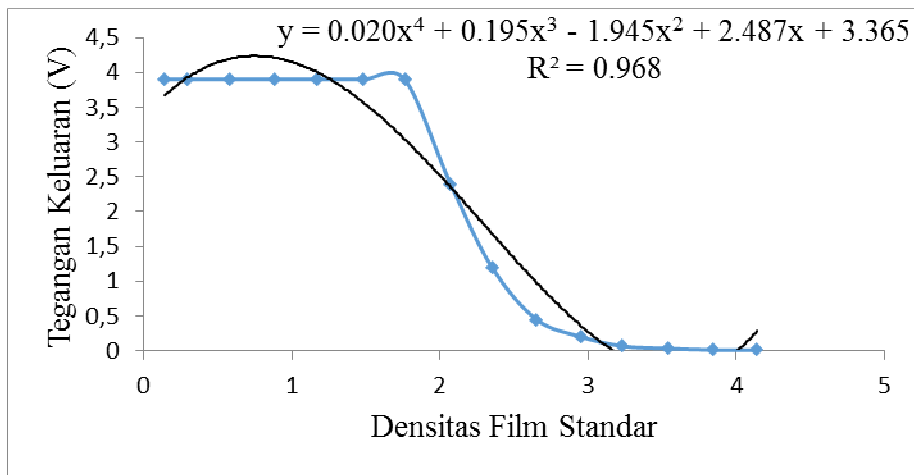
Gambar 8. Densitometer Hasil Perancangan

Bagian-bagian pada Gambar 8 dijelaskan sebagai berikut:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. 7 Segment | 5. Switch pilihan mode |
| 2. LCD | 6. Celah |
| 3. Lengan untuk cahaya | 7. Switch ON/OFF |
| 4. Dudukan | 8. Sensor |

3.2. Pengujian Sensor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor photodiode yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran sensor dengan resistansi umpan balik 5 M Ω dan tegangan *reverse* photodiode $-5V$ pada tiap tingkat densitas yang berbeda dengan menggunakan *Structurix Certified Denstep* ID.NR: 2222295 dan multimeter SanwaYX360TRF. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 8. Berdasarkan hasil pengujian bahwa respon dari sensor photodiode tidak linier pada intensitas cahaya sangat kecil dan pada intensitas cahaya sangat besar. Hal ini sesuai dengan teori yaitu ketidaklinieran penurunan yang sangat tajam pada daerah tersebut.



Gambar 9. Respon Sensor Pada Rangkaian Densitometer

3.3. Pengujian Pengkondisi Sinyal

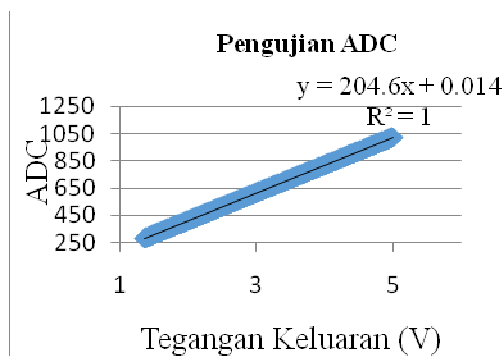
Pengujian pada rangkaian pengkondisi sinyal dilakukan dengan cara mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran. Hasil dari pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Pengkondisi Sinyal

Tegangan Masukan (Vin)	Tegangan Keluaran (Vout)
0,01	0,01
0,01	0,01
0,03	0,03
0,065	0,075
0,2	0,25
0,4	0,6
1	1,4
2,4	2,8
3,9	3,9
3,9	3,9
3,9	3,9
3,9	3,9
3,9	3,9
3,9	3,9
3,9	3,9
3,9	3,9

3.4. Pengujian ADC

Pada pengujian ADC (*Analog To Digital Converter*) ditunjukkan grafik hubungan antara nilai tegangan masukan analog dan nilai keluaran digital yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengujian pada ADC

3.5. Pengujian Densitometer yang dibuat

Pengujian densitometer dengan menggunakan film standar *Structurix Certified Denstep* dilakukan dengan 4 kali pengukuran. Pada tahap pengujian ini dilakukan juga dengan membandingkan antara pengukuran dengan densitometer yang dibuat dengan densitometer merek *X-Rite 301* yang dimiliki STTN-BATAN. Dari hasil pengukuran dapat diketahui bahwa hasil pengukuran densitas film standar dengan densitometer yang dibuat memiliki kesalahan 17,83% sedangkan jika film standar diukur dengan densitometer merek *X-Rite 301* diperoleh kesalahan 5,69%. Kesalahan yang terjadi pada pengukuran dengan densitometer yang dibuat ini dikarenakan respon dari sensor yang dipakai kurang sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya. Hal ini dibuktikan dengan pengujian pada rangkaian sensor seperti data pada Gambar 10 Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian simulasi pencarian sumber radiasi

NO.STEP	D FILM	U1	U2	U3	U4	X-RITE 301	Rerata U	error U	error X
0	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1475	0.0536	0.0169
1	0.29	0.14	0.15	0.15	0.15	0.27	0.1475	0.4914	0.8305
2	0.58	0.14	0.15	0.15	0.15	0.57	0.1475	0.7457	2.8644
3	0.88	0.14	0.15	0.15	0.15	0.87	0.1475	0.8324	4.8983
4	1.17	0.14	0.15	0.15	0.15	1.16	0.1475	0.8739	6.8644
5	1.48	0.14	0.15	0.15	0.15	1.47	0.1475	0.9003	8.9661
6	1.76	0.14	0.15	0.15	0.15	1.76	0.1475	0.9162	10.9322
7	2.07	2.15	2.09	2.14	2.05	2.06	2.1075	0.0181	0.0225
8	2.35	3.76	3.79	3.79	3.76	2.26	3.775	0.6064	0.4013
9	2.65	3.78	3.76	3.81	3.77	2.63	3.78	0.4264	0.3042
10	2.95	3.94	3.91	3.84	3.96	2.94	3.9125	0.3263	0.2486
11	3.23	4.11	4.13	3.93	4.17	3.22	4.085	0.2647	0.2118
12	3.54	4.22	4.22	4.22	4.22	3.49	4.22	0.1921	0.1730
13	3.84	4.22	4.22	4.22	4.22	3.75	4.22	0.0990	0.1114
14	4.14	4.22	4.22	4.22	4.22	3.98	4.22	0.0193	0.0569
Rerata E								0.1783	

Dengan,

D FILM = Densitas Film Standar

RerataU = Rerata hasil pengukuran dengan densitometer yang dibuat

U1,U2,U3,U4 = Hasil pengukuran dengan densitometer yang dibuat.

Error U = Error densitometer yang dibuat terhadap densitas film standar.

Error X = Error densitometer yang dibuat terhadap densitometer merek *X-Rite 301*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pembuatan dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, telah berhasil dirancang bangun alat pengukur densitas film radiografi dengan menggunakan 2 (dua) penampil yaitu LCD dan 7 *segment* yang berbasis Arduino dengan tingkat kesalahan rata-rata pengukuran alat sebesar 0,1783. Tingkat kesalahan ini disebabkan oleh ketidak-sensitifitasan dari sensor photodiode yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Mechanical Engineer (ASME) Section V 2004, Boiler and Pressure Vessel Code.*
- Ahmad sudin, dkk 2015. *Studi pengaruh ukuran pixel imaging pale terhadap kualitas citra radiografi. Jurnal ilmiah fisika vol 18 no 3 juli 2015 hal 89-94*
- Ahmad sudin, Zaenul muslimindan hendri widiyandari *Jurnal ilmiah fisika vol 18 no3 juli 2015 hal 89-9. Undip*
- Kadir A., 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino.* Yogyakarta: ANDI.
- Lestari T., 2006. *Rancang Bangun Densitometer Portabel Digital Model TC52 Untuk Radiografi [Tugas Akhir]. STTN-BATAN, Yogyakarta*
- Tim Pusdiklat. 2008. *Diklat Radiografi Level 1.* BATAN. Jakarta
- Malvino Albert P., 1979. *Electronic Principle (2nd ed).* California