



Optimasi Pengaturan pH Developer untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu dalam Processing Film di Ruang Gelap Radiologi

Leny Anggraeni¹, Feri Aria Candra², Yas Ichwan³
^{1,2,3} Politeknik Al Islam Bandung, Bandung, Indonesia

Corresponding Author: Leny Anggraeni
e-mail: leny_rad@yahoo.co.id

ABSTRACT

Background: Film processing is an activity to obtain a permanent and real picture of a film, which can be seen with the eye in general conditions. The developer fluid is very influential on the image produced in the film. After exposure, it will be placed in the next step, namely the washing process, so as to produce a permanent image and make a diagnosis. Each exposure of washing film from one film to another, there is a difference in processing time. The more films that are processed, the longer the film processing time is required. The purpose of this study is to see the effect of developer pH on inefficient factors that lead to the film processing time in a dark room.

Methods: The research design used was experimental with research samples tested on pH developers in the Radiology Installation of RSUD Pesawaran.

Result: Calculation analysis, measurement test result of developer pH measurement to the time of generation on the film was the sig. value which was 0,000 and the degree of relationship value was -0,983.

Conclusion: Based on the provisions, the sig. value of 0.000 < 0.05 then Ho was rejected or it was stated that there was a relationship between variable X (pH value) and variable Y (Time).

Keywords: Developer pH; processing film; time efficiency.

Pendahuluan

Pengolahan film atau biasa dikenal dengan *Film Processing* adalah sebuah kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran nyata yang permanen pada film, yang dapat dilihat dengan mata pada kondisi umum. Sebuah film yang terkena eksposi belum bisa dilihat hasilnya jika belum di proses. Pengolahan film ini dilakukan di ruangan yang khusus dimana tidak boleh ada cahaya sedikitpun yang disebut dengan *Dark Room* (Kamar Gelap) (Rahman, 2009).

Pengertian *Processing Room* atau Kamar Gelap adalah suatu area atau tempat dilakukan pengolahan film sebelum dan sesudah di eksposi, dilihat dari jenisnya prosesing terdiri atas prosesing manual processing dan automatic processing (Hidayah et al., 2015).

Dalam proses pengolahan film, baik yang secara *Automatic* ataupun secara *Manual* tetap membutuhkan beberapa bahan atau cairan kimia

yang penggunaannya bertujuan untuk mengubah bayangan laten menjadi bayangan nyata. Adapun bahan-bahan kimia tersebut yakni cairan *developer* dan cairan *fixer*. Dimana nantinya cairan developer ini akan mengubah kristal-kristal perak bromida yang terpapar sinar-X dan mengandung atom-atom silver netral pada *latent image sites* menjadi butiran-butiran padat silver metalik. Sedangkan cairan *fixer* berfungsi untuk melarutkan kristal perak bromida yang tidak terpapar sinar-X dan tidak terproses oleh *developer*, sehingga menyisakan butir-butir silver metalik padat saja (Hidayah et al., 2015).

Cairan developer sangat berpengaruh terhadap gambaran yang dihasilkan pada film, setelah dieksposi akan diproses pada tahap-tahap selanjutnya yaitu proses pencucian, agar dapat menghasilkan gambaran yang permanen dan dapat menegakkan diagnosa. Pada pembentukan bayangan laten hanya terjadi pada cairan

developer, apabila semakin banyak film yang dibangkitkan atau semakin banyaknya proses pencucian yang dilakukan maka akan terjadi pelemahan dari cairan *developer* tersebut sehingga akan mengurangi nilai densitas itu sendiri (Hidayah et al., 2015).

Setiap mencuci film exposure dari film satu dan film lainnya, terjadi perbedaan lamanya waktu *processing*. Semakin banyak film yang di *processing* maka semakin lama waktu *processing* film yang dibutuhkan.

Proses pembentukan gambaran sangat bergantung pada radiasi pengion yang digunakan dimana umumnya menggunakan sinar-x sebagai sumber radiasinya. Hal ini disebabkan gambaran yang dihasilkan oleh radiografi memanfaatkan sinar-x yang melewati sebuah materi yang nantinya akan menghitamkan film. Semakin banyak sinar-x yang digunakan, maka akan semakin banyak sinar-x yang melewati sebuah materi, sehingga akan makin hitam film yang dikenainya (Rahman, 2009).

Kamar gelap (*dark room*) yang biasa juga disebut dengan *Processing Area* adalah sebuah ruangan yang gelap, artinya tidak boleh ada cahaya tampak yang masuk ke ruangan tersebut hanya sebuah lampu pengaman (*safe light*) yang boleh ada di dalam kamar gelap. Di dalam kamar gelap ini dilakukan pengolahan film (*Film Processing*) (Rahman, 2009).

Pengolahan film atau biasa dikenal dengan *Film Processing* adalah sebuah kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran nyata yang permanen pada film, yang dapat dilihat dengan mata pada kondisi umum. Sebuah film yang terkena ekspos belum bisa dilihat hasilnya jika belum di proses. Pengolahan film ini dilakukan di ruangan yang khusus dimana tidak boleh ada cahaya sedikitpun yang disebut dengan *Dark Room* (Kamar Gelap) (Rahman, 2009).

Berdasarkan hasil penelitian Zusagka et al., (2014), nilai pH berpengaruh terhadap densitas dari hasil citra radiografi. Jika ambang batas nilai pH ini kurang atau lebih dari batas ambang optimalnya, hasil pencitraan dari film radiografi tidak akan jelas atau bahkan tidak kelihatan sama sekali. pH *developer* bersifat basa, dan rentang pH yang diatas 7 atau 7 sampai 14. Rentang pH cairan *developer* adalah 10 – 11,5 sedangkan pH pada pengembang (*developer*) untuk sinar- X film adalah sekitar 10,5 tapi bisa lebih tinggi dalam larutan.

Jenis-Jenis *Developer*

1. Menurut penggunaannya, *developer* terbagi menjadi tiga yaitu :

- a) *Developer* untuk *manual processing* (prosesnya manual menggunakan tangan manusia).
- b) *Developer* untuk *automatic processing* (prosesnya menggunakan mesin prosesing).
- c) *Developer* untuk *rapid processing* (digunakan untuk ruang operasi). (Rahman, 2009).

2. Menurut sifat zatnya, *developer* dibagi menjadi dua yaitu :

- a) *Powder*
Bentuknya bubuk, yang dalam kemasannya terbagi menjadi dua pak. Pak yang sedikit isinya adalah *reducing agent* sedangkan pak yang isinya banyak adalah bahan- bahan lain dari *developer*. *Developer* yang berbentuk *powder* ini biasanya digunakan untuk *manual processing* (Rahman, 2009).

Cara membuat larutan *developer* dari bahan yang berbentuk *powder* ini adalah *reducing agent* dilarutkan dalam air yang bersuhu kira-kira 50⁰ C sebanyak 0,75 bagian tangki. Setelah *reducing agent* tadi telah larut semua (dengan cara mengaduk larutan tadi) maka tambahkan bahan-bahan lain kemudian larutkan lagi. Setelah semua bahan telah larut, tambahkan air hingga larutan menjadi penuh satu bagian tangka (Rahman, 2009).

- b) *Liquid*
Bentuknya cairan, yang dalam kemasannya terbagi menjadi tiga pak untuk merk tertentu biasanya disebut larutan A, B dan C. Larutan tersebut masing-masing adalah *reducing agent*, *starter* yaitu KBr dan asam asetat (asam asetat berfungsi sebagai *buffer* yaitu menjaga keseimbangan asam-basa atau ketetapan pH), lalu bahan-bahan lain dari *developer* (Rahman, 2009).

Larutan yang berbentuk *liquid* ini sangat cocok untuk digunakan pada *automatic processing* karena tidak akan ada sisa-sisa dari *developer* yang bisa ikut menempel pada film saat pembangkitan terjadi (Rahman, 2009).

Waktu pembangkitan adalah waktu yang diperlukan bagi film untuk menghasilkan kontras dan densitas yang baik. Jika semua faktor-faktor pendukung dari proses

pembangkitan ini dibuat standar, maka waktu pembangkitan yang standar adalah 4 menit (Rahman, 2009). Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pembangkitan ini adalah :

Eksposi yang tinggi pada film akan membuat banyak dari AgBr yang terkena eksposi, akibatnya dinding pertahanan AgBr menjadi banyak yang terbuka. Karena banyak yang terbuka, maka elektron dari *developer* banyak yang masuk sehingga akan semakin banyak pula ion perak yang direduksi menjadi perak metalik. Akibat kejadian ini, maka proses pembangkitan menjadi sangat singkat (Rahman, 2009).

a) Suhu *developer*

Suhu *developer* berpengaruh terhadap waktu pembangkitan. Suhu disini berperan sebagai katalisator yang bisa mempercepat sebuah reaksi kimia. Gerakan elektron dari *developer* yang akan mereduksi ion perak menjadi perak metalik akan menjadi cepat akibat kenaikan suhu pada *developer* (Rahman, 2009).

b) Kuat/lemahnya *developer*

Developer yang baru tentu akan sangat cepat reaksinya dalam mereduksi ion perak menjadi perak metalik sebaliknya *developer* yang sudah lama digunakan akan sangat lama reaksinya (Rahman, 2009).

Keadaan Developer

Aktifitas *developer* akan menurun seiring dengan penggunaannya. Penurunan aktifitas *developer* tersebut terjadi karena proses-proses di bawah ini :

1. Sebagian *developer* akan terserap oleh emulsi dan terbawa oleh permukaan film, waktu film diangkat dari *developer*. Secara fisik jumlah *developer* akan berkurang.
2. *Developing Agent* akan mengalami perubahan baik secara aksi reduksi terhadap perak bromida ataupun karena terjadi kontak dengan udara, dengan demikian terjadi penurunan jumlah *developing agent* yang aktif secara bertahap. Apabila semua *developing agent* telah terpakai berarti larutan *developer* sudah lemah atau bahkan tidak dapat digunakan lagi.
3. Hasil oksidasi *developing agent* yang terbentuk dengan sendirinya akan bertambah banyak sehingga menghalangi aksi *developing agent* yang masih aktif.
4. Ion-ion bromida yang bertambah banyak

akan menahan terjadinya proses pembangkitan.

5. Ion bromida dan hidrogen akan membentuk asam bromida sehingga menetralkan alkali yang terdapat dalam *developer*. Oleh karena itu dapat menurunkan nilai pH dari *developer* dan ini berarti akan mengurangi keaktifan dari *developer* itu sendiri.
6. Sodium sulphite dalam *developer* (*preservative*) cenderung membentuk sulphonate. Oleh karenanya jumlah sodium sulphite akan semakin berkurang sehingga *developing agent* akan lebih mudah teroksidasi. Jika *developing agent* sudah teroksidasi, maka aksi dari *developer* akan melemah (Rahman, 2009).

Untuk menghambat proses pelemahan ini maka dilakukan pemeliharaan keaktifan cairan yang disebut dengan replenishment. Yang dilakukan pada replenishment (Rahman, 2009) adalah :

1. Karena *developing agent* banyak yang dipakai, maka replenisher harus mempunyai konsentrasi *developing agent* yang lebih tinggi, terutama hydroquinon. Bahan jenis ini harus lebih banyak daripada metol atau phenidon (dua kali lebih banyak).
2. Karena pada *developer* banyak terjadi pelepasan bromida yang bersifat menahan proses pembangkitan, maka pada cairan *replenisher* tidak diberikan bahan *restrainer* lagi (KBr).
3. Karena pH *developer* menurun selama pemakaian, maka *replenisher* harus mempunyai alkali yang lebih banyak. Untuk itu biasanya digunakan NaOH.
4. Jumlah *preservative* dalam *developer* banyak terpakai, oleh karenanya *replenisher* memerlukan tambahan sodium sulphite untuk menghindari terjadinya oksidasi.
5. Bahan yang berfungsi sebagai *buffer* (untuk menjaga ketetapan pH) (Rahman, 2009).

Film dalam radiografi secara umum mempunyai fungsi sebagai pencatat bayangan sehingga gambaran yang kita inginkan bisa dapat melihat melalui film. Bahan film radiografi yang paling utama adalah emulsi. Emulsi film radiografi tersebut dari senyawa yang berwarna perak bromide atau dengan rumus senyawa kimia adalah AgBr (Rahman, 2009).

Istilah pH berasal dari "p" lambang matematika dari negatif logaritma, dan "H" lambang kimia

untuk unsur hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion hidrogen. Yang dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Fanny Astria, Mery Subito, 2014):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

pH dibentuk dari informasi kuantitatif yang dinyatakan oleh tingkat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion Hidrogen. Jika konsentrasi $[\text{H}^+]$ lebih besar daripada $[\text{OH}^-]$, maka material tersebut bersifat asam, yaitu nilai pH kurang dari 7. Jika konsentrasi $[\text{OH}^-]$ lebih besar daripada $[\text{H}^+]$, maka material tersebut bersifat basa, yaitu dengan nilai pH lebih dari 7 (Fanny Astria, Mery Subito, 2014).

pH-Meter adalah peralatan laboratorium yang digunakan untuk menentukan pH atau tingkat keasaman suatu sistem larutan. Tingkat keasaman dari suatu zat ditentukan berdasarkan keberadaan jumlah ion hidrogen dalam larutan. Keuntungan dari penggunaan pH- meter dalam penentuan tingkat keasaman suatu senyawa adalah pemakaiannya bisa berulang-ulang serta nilai pH yang terukur relatif cukup akurat.

Instrument yang digunakan dalam pH-meter dapat bersifat analog maupun digital. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik, maka diperlukan perawatan dan kalibrasi pH-meter. Pada penggunaan pH-meter, kalibrasi alat harus diperhatikan sebelum dilakukan pengukuran. Prinsip utama pH-meter adalah pengukuran arus listrik yang tercatat pada sensor pH akibat suasana ionik dilarutkan. Stabilitas sensor harus selalu dijaga dan caranya adalah dengan kalibrasi alat. Kalibrasi terhadap pH-meter dilakukan dengan larutan buffer standart dengan pH4, pH7, dan pH9.

Stopwatch merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur interval waktu suatu kejadian dari mulai dihidupkan hingga dihentikan. Pada umumnya stopwatch digunakan untuk mereka yang terbiasa menggunakan kecepatan pada suatu pekerjaannya. Setiap stopwatch terdiri dari 4 (empat) elemen yaitu sumber daya, time base, counter dan sebuah layar penunjukkan atau display. Pada umumnya stopwatch analog memiliki ketelitian 0,1 s atau 0,2 s, sedangkan stopwatch digital memiliki ketelitian hingga 0,01 s (Abdullah, 2016).

Metode

Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimen, penelitian dilakukan dengan cara pengujian pada pH developer yang ada di Instalasi

Radiologi RSUD Pesawaran pada bulan April hingga Mei tahun 2020.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran pH larutan developer terhadap lamanya waktu proses pembangkitan film adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai pH developer terhadap lamanya waktu proses pembangkitan

| Hari ke | Nilai pH Developer | Waktu Proses Pembangkitan (s) |
|---------|--------------------|-------------------------------|
| 1 | 10,7 | 17 |
| 2 | 10,6 | 20 |
| 3 | 10,5 | 22 |
| 4 | 10,4 | 24 |
| 5 | 10,3 | 27 |
| 6 | 10,3 | 28 |
| 7 | 10,3 | 28 |
| 8 | 10,3 | 29 |
| 9 | 10,2 | 33 |
| 10 | 10,1 | 36 |

Tabel 1 diatas menunjukkan hasil pengukuran nilai pH developer terhadap waktu proses pembangkitan film dengan hasil pada hari pertama pengukuran didapati pH developer sebesar 10,7 dengan waktu proses pembangkitan 17 detik/sekon, hari kedua nilai pH developer sebesar 10,6 dengan waktu pembangkitan yaitu 20 detik/sekon, hari ketiga nilai pH developer sebesar 10,5 dengan waktu pembangkitan yaitu 22 detik/sekon, hari keempat nilai pH developer sebesar 10,4 dengan waktu pembangkitan yaitu 24 detik/sekon, hari kelima nilai pH developer sebesar 10,3 dengan waktu pembangkitan yaitu 27 detik/sekon, hari keenam dan ketujuh nilai pH developer sebesar 10,3 dengan waktu pembangkitan sama yaitu 28 detik/sekon, hari ke delapan nilai pH developer sebesar 10,3 dengan waktu pembangkitan yaitu 29 detik/sekon, hari ke sembilan nilai pH developer sebesar 10,2 dengan waktu pembangkitan 33 detik/sekon, hari ke sepuluh nilai pH developer sebesar 10,1 dengan waktu pembangkitan yaitu 36 detik/sekon. Berikut ini adalah tabel hasil penghitungan menggunakan aplikasi sistem SPSS :

Frekuensi

Tabel 2. Nilai Frekuensi Statistik.
Statistics

| | | Nilai pH | Waktu | Hari |
|---|---------|----------|-------|------|
| N | Valid | 10 | 10 | 10 |
| | Missing | 0 | 0 | 0 |

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran nilai pH developer terhadap waktu pembangkitan film dengan hasil data valid (sah) nilai pH menyatakan frekuensi 10 dan data missing (tidak sah) nilai pH menyatakan frekuensi 0 (nol). Sedangkan hasil data valid (sah) waktu menyatakan frekuensi sebesar 10 dan data missing (tidak sah) waktu menyatakan frekuensi 0 (nol). Serta hasil data valid (sah) hari menyatakan frekuensi sebesar 10 dan data missing (tidak sah) hari menyatakan frekuensi sebesar 0 (nol).

Correlations (Hubungan)

Tabel 3. Nilai Signifikan Korelasi Antara Nilai pH dan Waktu.

| | | Nilai pH | Waktu |
|----------|---------------------|----------|---------|
| Nilai pH | Pearson Correlation | 1 | -.983** |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 |
| | N | 10 | 10 |
| Waktu | Pearson Correlation | -.983** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | |
| | N | 10 | 10 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan uji korelasi dengan hasil nilai sig adalah 0,000 dan nilai derajat hubungan adalah - 0,983. Berdasarkan ketentuan bahwa nilai signifikansi < 0,05 maka Ho Ditolak dan nilai signifikan > 0,05 maka Ho Diterima. Maka, nilai signifikansi pada hasil perhitungan uji korelasi adalah $0,000 < 0,05$ yaitu dinyatakan Ho Ditolak atau adanya korelasi/hubungan. Maksudnya yaitu terdapat pengaruh nilai pH developer terhadap waktu pembangkitan pada film.

Berdasarkan ketentuan, nilai derajat hubungan -0,983 maka hubungan variabel X (Nilai pH) terhadap variabel Y (Waktu) yaitu memiliki korelasi dengan derajat hubungan korelasi sempurna dan bentuk hubungannya yaitu negatif. Maksud dari hubungan negatif yaitu "semakin tinggi variabel X, maka semakin rendah variabel

Y dan sebaliknya". Jadi, semakin tinggi nilai pH yang terkandung dalam larutan developer maka semakin rendah waktu yang digunakan untuk proses pembangkitan pada sebuah film.

Pengukuran dilakukan menggunakan film yang sudah di eksposi dengan faktor eksposi yang sama yaitu kV 40, mAs 4. Selain itu, pengukuran juga dilakukan pada kondisi larutan developer sudah digunakan selama 15 hari, yang berarti hari pertama pengukuran merupakan hari ke 16 setelah developer diganti.

Hasil pengukuran pada hari pertama didapat pH developer sebesar 10,7 dengan waktu proses pembangkitan 17 detik/sekon, hari kedua nilai pH developer sebesar 10,6 dengan waktu pembangkitan yaitu 20 detik/sekon, hari ketiga nilai pH developer sebesar 10,5 dengan waktu pembangkitan yaitu 22 detik/sekon, hari keempat nilai pH developer sebesar 10,4 dengan waktu pembangkitan yaitu 24 detik/sekon, hari kelima nilai pH developer sebesar 10,3 dengan waktu pembangkitan yaitu 27 detik/sekon, hari keenam dan ketujuh nilai pH developer sebesar 10,3 dengan waktu pembangkitan sama yaitu 28 detik/sekon, hari ke delapan nilai pH developer sebesar 10,3 dengan waktu pembangkitan yaitu 29 detik/sekon, hari ke sembilan nilai pH developer sebesar 10,2 dengan waktu pembangkitan 33 detik/sekon, hari ke sepuluh nilai pH developer sebesar 10,1 dengan waktu pembangkitan yaitu 36 detik/sekon.

Berdasarkan data tersebut, setiap nilai pH larutan developer turun maka waktu yang digunakan untuk pembangkitan pada film akan naik. Total film yang sudah melewati proses pencucian film dari hari pertama penggantian larutan developer hari ke 15 adalah sebanyak 104 film, sedangkan total film yang melewati proses pencucian selama penulis melakukan penelitian adalah sebanyak 143 film.

Jadi, total film dari pertama larutan developer diganti sampai film terakhir yang diamati oleh penulis ialah sebanyak 247 film. Berdasarkan jumlah film tersebut, semakin banyak film yang melewati proses pencucian, maka semakin lemah nilai pH larutan developer. Hal tersebut terjadi karena semakin lama hari, semakin banyak film yang melewati proses pencucian dan semakin berkurangnya efektivitas kerja larutan developer dalam melakukan proses pembangkitan pada film.

Analisis perhitungan uji korelasi hasil pengukuran nilai pH developer terhadap waktu pembangkitan pada film adalah nilai sig yaitu 0,000 dan nilai derajat hubungan yaitu - 0,983.

Berdasarkan ketentuan, nilai sig $0,000 < 0,05$ maka H_0 Ditolak atau dinyatakan adanya korelasi/hubungan variabel X (Nilai pH) terhadap variabel Y (Waktu).

Berdasarkan ketentuan, nilai derajat hubungan $-0,983$ maka hubungan variabel X (Nilai pH) terhadap variabel Y (Waktu) yaitu memiliki korelasi dengan derajat hubungan korelasi sempurna dan bentuk hubungannya yaitu negatif. Maksud dari hubungan negatif yaitu “semakin tinggi variabel X, maka semakin rendah variabel Y dan sebaliknya”. Jadi, semakin tinggi nilai pH yang terkandung dalam larutan developer maka semakin rendah waktu yang digunakan untuk proses pembangkitan pada sebuah film.

Simpulan

Hasil analisa pengukuran nilai pH developer terhadap waktu proses pembangkitan film diperoleh nilai signifikan yaitu $0,000$ dan nilai derajat hubungan yaitu $-0,983$. Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH developer terhadap waktu proses pembangkitan pada film dinyatakan H_0 ditolak atau terdapat korelasi antara kedua variabel dan memiliki korelasi dengan derajat hubungan korelasi sempurna dalam bentuk hubungannya yaitu negatif. Hubungan negatif yaitu “semakin tinggi variabel X (nilai pH) maka semakin rendah variabel Y (waktu pembangkitan) dan sebaliknya”.

Pengaruh pH developer terhadap waktu pembangkitan pada film di kamar gelap di Instalasi Radiologi RSUD Pesawaran adalah semakin tinggi nilai pH yang terkandung dalam larutan developer maka semakin rendah waktu yang digunakan untuk proses pembangkitan pada film dan sebaliknya, semakin rendah nilai pH yang terkandung dalam larutan developer maka semakin tinggi waktu yang digunakan untuk proses pembangkitan pada film.

Daftar Pustaka

- Abdullah, M. (2016). *Fisika Dasar 1*. Institut Teknologi Bandung.
- Bushong, S.C. 2013. *Radiologic Science for Technologist Physics, Biology, and Protection* (10th ed.). Washington D.C : The C.V. Mosby Company.
- Abdullah, M. (2016). *Fisika Dasar 1*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Brinkmann, M. (2013, January 4). *Ultimate Stopwatch and Timer for Android*.

- Diambil kembali dari [ghacks.net: https://www.ghacks.net/2013/01/04/ultimate-stopwatch-and-timer-for-android/](https://www.ghacks.net/2013/01/04/ultimate-stopwatch-and-timer-for-android/)
- Fanny Astria, Mery Subito, D. W. N. (2014). Rancang Bangun Alat Ukur Ph Dan Suhu Berbasis Short Message. *Mektrik*, 1(1), 47–55.
- Hidayah, R., Hidayanto, E., & Arifin, Z. (2015). Analisa Pengaruh pH terhadap Perubahan Nilai Densitas Optik (Optical Density) pada Film dengan Variasi Jenis Developer. *Youngster Physics Journal*, 4(1), 73–78.
- Rahman, N. (2009). *Radiofotografi*. Universitas Baiturrahman.
- Zusagka, E., Sutanto, H., & Arifin, Z. (2014). Pengaruh Peningkatan pH Cairan Developer Dengan Penambahan Antara NaOH Dan Na₂CO₃ Terhadap Densitas Citra. *Youngster Physics Journal*, 3(3), 203–208.