

Pengaruh Penambahan NaOH Pada Cairan Pengembang Yang Telah Terpakai Terhadap Durasi Waktu Pengembangan Film Radiografi

(The Effect of NaOH Addition to Used Developer Solution on the Duration of Radiographic Film Processing Time)

Swasthi Prasetyarini¹, Khansa Khairunnisa², Supriyadi¹, Teguh Bagus Isma Purwanto¹

¹ Departemen Radiologi/ Laboratorium Radiologi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember, Indonesia

² Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Indonesia

Abstrak

Film processing dalam radiografi dilakukan melalui dua metode, yaitu digital dan manual (kimiawi). Pemrosesan kimiawi masih banyak digunakan di fasilitas layanan kesehatan di Indonesia karena tingginya biaya serta keterbatasan sumber daya yang diperlukan untuk sistem digital. Cairan pengembang, yang digunakan pada tahap awal pemrosesan film, berfungsi mengubah gambar laten menjadi gambar diagnostik yang terlihat. Hidrokuinon, sebagai komponen utama dalam pemrosesan film manual, memerlukan larutan bersifat basa agar dapat bekerja secara efektif, yang dijaga oleh aktivator seperti natrium hidroksida (NaOH). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan NaOH pada cairan pengembang yang telah digunakan dapat mempercepat waktu pengembangan film. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan desain posttest-only control group. Sebanyak 40 sampel dibagi ke dalam empat kelompok: Kelompok 1 (0–30 kali penggunaan, kontrol negatif), Kelompok 2 (31–45 kali penggunaan, kontrol positif), Kelompok 3 (46–65 kali penggunaan), dan Kelompok 4 (66–85 kali penggunaan). Waktu pengembangan diukur menggunakan stopwatch di Laboratorium Radiologi Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember. Data dianalisis menggunakan uji One-Way ANOVA dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan dalam rata-rata waktu pengembangan, yaitu Kelompok 1 (15,82 detik), Kelompok 2 (18,51 detik), Kelompok 3 (3,50 detik), dan Kelompok 4 (6,98 detik) ($p = 0,000$). Berdasarkan hasil penelitian, kelompok yang diberi perlakuan dengan NaOH menunjukkan waktu pengembangan yang lebih singkat. Pengurangan waktu ini disebabkan oleh peningkatan pH serta aktivitas hidrokuinon yang lebih optimal. Dengan demikian, penambahan NaOH meningkatkan efisiensi cairan pengembang dengan mempercepat waktu pengembangan film. Faktor-faktor seperti frekuensi penggunaan cairan, degradasi hidrokuinon, perubahan pH, dan kejenuhan larutan berperan penting dalam mempengaruhi aktivitas serta efektivitas cairan pengembang.

Kata kunci: Aktivitas Hidrokuinon, Cairan pengembang, *Film Processing*, NaOH, Waktu pengembangan,

Abstract

Film processing in radiography involves two methods digital and manual (chemical). Chemical processing is still widely used in Indonesian healthcare facilities due to the high cost and limited resources required for digital systems. The developer solution, used in the initial stage of film processing, converts latent images into visible diagnostic images. Hydroquinone, a key component in manual film processing, requires a basic solution to function effectively, maintained by activators such as NaOH. This study aimed to investigate whether adding NaOH to used developer solutions reduces film developing time. This experimental laboratory study employed a posttest-only control group design, involving 40 samples divided into four groups: Group 1 (0–30 usages, negative control), Group 2 (31–45 usages, positive control), Group 3 (46–65 usages), and Group 4 (66–85 usages). Developing time was measured using a stopwatch at the Radiology Laboratory of the Faculty of Dentistry, Universitas Jember. Data were analyzed using One-Way ANOVA with a significance level of $p < 0,05$. The results showed significant differences in average developing times: Group 1 (15.82 s), Group 2 (18.51 s), Group 3 (3.50 s), and Group 4 (6.98 s) ($p = 0,000$). Based on the findings of the study, the groups treated with NaOH exhibited shorter developing times. The reduction in time was attributed to the increased pH and enhanced activity of hydroquinone. In conclusion, NaOH addition improves the efficiency of developer solutions by reducing developing time. Factors such as solution usage, hydroquinone degradation, pH changes, and supersaturation significantly influence the activity and effectiveness of developer solutions.

Keywords: Developer solution, Developing time, Film Processing, Hydroquinone Activity, NaOH

Korespondensi (Correspondence): Swasthi Prasetyarini. Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Tegalboto, Jember, Indonesia. Email: Nininwasthi@gmail.com

Kualitas radiograf yang baik dipengaruhi oleh proses pencucian film atau film processing. Film processing merupakan proses yang mengubah gambar laten yang tidak terlihat menjadi gambar radiografi permanen yang dapat dilihat^{1,2}. Teknik film processing terbagi menjadi dua, yaitu secara kimiawi dan digital, di mana film processing kimiawi dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Film processing manual dilakukan oleh operator tanpa bantuan mesin, sedangkan automatic film processing menggunakan mesin untuk mencuci film secara otomatis³.

Meskipun perangkat pencitraan radiografi modern telah digunakan, fasilitas kesehatan di daerah masih banyak yang

menggunakan film processing manual karena keterbatasan biaya dan sumber daya manusia^{4,5,6}. Baik film processing manual maupun otomatis tetap memerlukan bahan kimia seperti cairan pengembang dan fixer⁷. Di Laboratorium Radiologi RSGM Universitas Jember, film processing manual masih digunakan sebagai sarana pendidikan bagi mahasiswa sarjana maupun profesi kedokteran gigi.

Cairan pengembang berperan dalam mengubah kristal perak halida (AgBr) menjadi perak metalik hitam atau abu-abu setelah terkena sinar X, sehingga membentuk gambaran radiografi. Aktivitas cairan pengembang sangat dipengaruhi oleh suhu, pH larutan, dan waktu proses. Cairan pengembang memiliki sifat basa

dengan pH berkisar antara 10 hingga 11,5, dan hanya akan aktif jika pH-nya tidak kurang dari 10⁸. Cairan pengembang sangat berpengaruh terhadap gambaran nyata yang dihasilkan untuk menegakkan diagnosa⁹.

Cairan pengembang memiliki beberapa komponen kimia yang semuanya terlarut di dalam air dan salah satunya adalah aktivator yang juga berperan sebagai akselerator dengan mempercepat proses pengembangan film atau *developing* dikarenakan memiliki sifat alkali^{10,11}.

Cairan pengembang dapat melemah akibat teroksidasi, penguapan, atau kontaminasi dari ion bromida yang berpindah dari emulsi film ke larutan. Jika cairan pengembang melemah, waktu pengembangan menjadi lebih lama dan kualitas gambar yang dihasilkan menurun. Hidrokuinon, sebagai agen pengembang utama, kehilangan efektivitasnya jika pH turun di bawah 9, yang dapat menyebabkan hasil radiografi menjadi tidak diagnostik⁸. Jumlah *film processing* yang semakin banyak akan menyebabkan cairan menjadi lemah diikuti oleh pH yang menurun atau menjadi asam¹¹.

Cairan pengembang tidak akan memiliki kemampuan dalam mereduksi ion perak menjadi perak metalik jika pH berada didekat atau dibawah 7. Cairan pengembang yang melemah juga akan menyebabkan waktu reaksi pembangkitan yang lebih lama dan panjang⁹. Penurunan densitas dan bertambah panjangnya waktu pengembangan film dapat terjadi karena pengaruh pH terhadap aktivitas hidrokuinon. Hidrokuinon adalah salah satu senyawa yang berperan sebagai agen pengembang. Hidrokuinon hampir tidak aktif dan kemampuannya akan menurun apabila pH cairan kurang dari 9¹², sehingga cairan pengembang menjadi tidak selektif dalam membedakan antara butiran perak halida (AgBr) yang terekspos sinar x dan yang tidak, sehingga pembentukan bayangan laten tidak bisa terjadi atau tidak sempurna dan menghasilkan radiografi *nondiagnostic*^{13,11}. Cairan developer umumnya dapat digunakan untuk 30 kali *film processing* film intra oral dan 5 film panoramik dalam 1 harinya¹⁰.

Proses pelemahan cairan pengembang dapat dihambat dengan cara *replenishment* atau pemeliharaan keaktifan cairan, biasanya dilakukan dengan menambahkan kembali cairan pengembang sebanyak 6 ons setiap harinya pada setiap 3,78 L tanki larutan pengembang¹³. Salah satu cara untuk mempertahankan pH adalah dengan menambahkan bahan kimia bersifat alkali seperti natrium hidroksida (NaOH), yang mampu meningkatkan pH larutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan NaOH pada cairan pengembang yang telah melemah dapat mempercepat waktu pengembangan dengan hasil film yang baik.

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian yang digunakan adalah *the posttest only control group design* yaitu dilakukannya perbandingan antara dua

kelompok yaitu kelompok kontrol dengan kelompok yang diberi perlakuan. Kelompok sampel penelitian terbagi menjadi 4 kelompok. Kelompok yang mendapat perlakuan akan ditambahkan NaOH sebanyak 75 gram, kelompok yang diberi perlakuan dimulai dari kelompok setelah dipakai sebanyak 30 - 45 kali sebagai kontrol positif, kelompok cairan pengembang sudah terpakai 46 - 65 kali dan ditambahkan NaOH sebanyak 75 gram dan cairan pengembang sudah terpakai 66 - 85 kali dan ditambahkan NaOH sebanyak 75 gram.

Data hasil penelitian yang didapatkan dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Shapiro Wilk* dan uji homogenitas menggunakan *Levene test*. Jika data terdistribusi normal ($p > 0,05$) maka dilakukan uji parametrik *One Way Anova* untuk mengetahui perbedaan seluruh kelompok sampel.

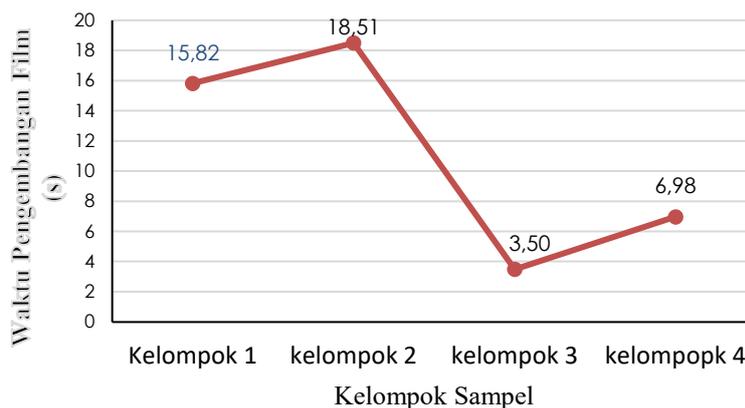
HASIL

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Radiologi RSGM Universitas Jember. *Film processing* dilakukan secara manual dengan menggunakan teknik visual. Pengukuran waktu pengembangan film dilakukan menggunakan *stopwatch* dengan satuan detik untuk memastikan akurasi waktu pengembangan film.

Penelitian ini melibatkan empat kelompok sampel dengan perlakuan perendaman pada cairan pengembang dengan jumlah pemakaian yang berbeda. Kelompok 1 berfungsi sebagai kontrol negatif tanpa penambahan NaOH, dengan jumlah pemakaian 30 kali. Adapun, kelompok 2 sebagai kontrol positif tanpa penambahan NaOH dilakukan dengan cairan pengembang dengan jumlah pemakaian antara 31 hingga 45 kali. Pada kelompok 3, cairan pengembang dengan penambahan 75 gram NaOH digunakan 46 hingga 65 kali, diikuti kelompok 4 dengan penambahan NaOH sebanyak 75 gram yang digunakan antara 66 hingga 85 kali.

Gambar grafik menunjukkan adanya perbedaan rata-rata waktu pengembangan film pada tiap kelompok sampel. Grafik menunjukkan adanya penurunan pada rata-rata waktu pengembangan film seiring dengan semakin banyaknya jumlah *film processing* yang dilakukan serta pada saat dilakukan penambahan NaOH. Rata-rata waktu pengembangan film yang terlama didapatkan pada kelompok 2 yaitu 18,51 detik, sedangkan rata-rata waktu pengembangan film yang paling singkat adalah pada kelompok 3 yaitu 3,50 detik.

Dari data hasil penelitian yang telah didapatkan kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Shapiro Wilk* dan uji homogenitas menggunakan *Levene test*. Hasil analisis normalitas data diperoleh nilai (Sig) 0,102 pada kelompok 1, (Sig) 0,622 pada kelompok 2, (Sig) 0,998 pada kelompok 3 dan (Sig) 0,301 pada kelompok 4 dimana ($p > 0,05$) sehingga semua kelompok sampel terdistribusi normal.



Gambar 1. Rata - rata Waktu Pengembangan Film

Pada uji homogenitas didapatkan nilai signifikansi (Sig) sebesar 0,271 atau ($p > 0,05$), sehingga setiap kelompok data memiliki variansi yang sama atau homogen. Data hasil penelitian telah terdistribusi normal dan memiliki nilai yang homogen maka memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik dalam hal ini menggunakan uji *One Way Anova* untuk mengetahui perbedaan rerata waktu pengembangan film diantara kelompok sampel. Hasil uji *One Way Anova* didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat perbedaan yang bermakna diantara 4 kelompok penelitian atau setiap kelompok sampel memiliki nilai rata-rata waktu pengembangan film yang berbeda secara signifikan. Data hasil Uji *One Way Anova*. Uji statistik selanjutnya adalah Uji *Post Hoc* untuk mengetahui perbedaan waktu pengembangan film antar kelompok penelitian. Hasil Uji *Post Hoc* Pada semua pasang kelompok diperoleh nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), artinya terdapat perbedaan waktu pengembangan film yang signifikan pada setiap pasang kelompok penelitian, hal ini menunjukkan bahwa tiap kelompok sampel memiliki nilai rata-rata waktu pengembangan film yang berbeda secara signifikan.

PEMBAHASAN

Film Processing atau proses pencucian film adalah serangkaian langkah yang bertujuan untuk mengubah gambar laten dan tidak tampak menjadi gambar nyata yang tampak atau menghasilkan gambar permanen yang dapat dilihat menggunakan mata pada kondisi umum. Gambar laten diubah menjadi bayangan tampak melalui beberapa proses perendaman ke dalam cairan kimia yang dibutuhkan baik menggunakan proses manual maupun otomatis yang dilakukan di dalam ruangan gelap¹³.

Terdapat dua jenis *film processing* dalam radiografi yaitu *film processing* digital dan manual atau kimiawi. *Film processing* digital dilakukan dengan menggunakan digital computer sedangkan *film processing* manual masih menggunakan larutan kimia¹². *Film processing* secara manual yang selama prosesnya menggunakan tenaga manusia dan *film*

processing secara otomatis yang selama prosesnya menggunakan tenaga mesin⁷.

Pada penelitian ini *film processing* dilakukan secara manual menggunakan teknik visual. Teknik visual dilakukan dengan merendamkan film dalam waktu tertentu pada larutan pengembang lalu mengangkatnya kembali untuk melihat film dengan menggunakan *safe light* dan proses perendaman diulang hingga tampak adanya gambar dari objek yang akan diamati pada film¹⁴. Fasilitas kesehatan maupun klinik gigi di Indonesia masih banyak yang menggunakan teknik *film processing* manual serta pemakaian mesin digital masih terbatas karena faktor biaya dan sumber daya manusia^{4,5,6}.

Cairan Pengembang adalah cairan yang digunakan pada tahap pertama dari pencucian film, cairan pengembang berfungsi untuk mereduksi ion perak dalam kristal perak halida (AgBr) yang telah ter ekspos atau terkena pajanan sinar – X menjadi butiran perak metalik, perubahan butiran-butiran perak halida (AgBr) akan tampak sebagai warna hitam pada film sehingga gambar laten dapat berubah menjadi gambar permanen yang dapat dilihat menggunakan mata dalam kondisi umum³. Salah satu komponen yang terkandung didalam *developing agent* pada *film processing* secara manual adalah hidrokuinon dan memerlukan kondisi larutan basa agar dapat berfungsi secara normal karena hidrokuinon hampir tidak aktif jika pH cairan berada dibawah 9¹⁵. Komponen yang bertanggung jawab terhadap pH dari cairan pengembang adalah aktivator seperti NaOH karena memiliki sifat basa atau bersifat alkali sehingga aktivator akan berpengaruh terhadap kecepatan aktivitas dari cairan pengembang yang nantinya akan menentukan waktu pengembangan film atau *developing time* pada saat *film processing*¹⁰. Hal ini melatarbelakangi peneliti untuk mengamati apakah penambahan NaOH pada cairan pengembang yang telah terpakai dapat menurunkan waktu pengembangan film.

Hasil penelitian menunjukkan adanya penambahan waktu pengembangan film seiring dengan bertambahnya jumlah pemakaian cairan pengembang. Pada kelompok 1 (pengembangan film 0 - 30 kali) didapatkan hasil rata - rata 15,82 detik menjadi 18,1 detik pada

kelompok 2 (pengembangan film 31 - 45 kali). Sebaliknya kelompok 3 dan kelompok 4 yang telah diberikan penambahan NaOH sebanyak 75 gram terjadi penurunan waktu pengembangan film.

Rata – rata waktu pengembangan film pada kelompok 2 lebih panjang jika dibandingkan dengan kelompok 1. Hasil ini sesuai dengan teori yaitu terdapat penurunan kemampuan cairan pengembang untuk mereduksi ion perak dalam kristal perak halida (AgBr) menjadi perak metalik seiring dengan bertambahnya jumlah *film processing* yang dilakukan sehingga reaksi yang dihasilkan oleh cairan pengembang membutuhkan waktu yang lebih lama⁹. Bertambahnya waktu pengembangan film juga disebabkan karena kadar hidroquinon yang menurun seiring dengan bertambahnya jumlah pemakaian cairan pengembang¹⁶.

Pada kelompok 3 dan kelompok 4 didapatkan rata – rata waktu pengembangan film yang lebih singkat jika dibandingkan dengan kelompok 1 dan kelompok 2. Perubahan rata-rata waktu pengembangan film yang menjadi lebih singkat diakibatkan oleh karena adanya penambahan bahan aktivator berupa NaOH sebanyak 75 gram pada setiap kelompok secara berurutan.

NaOH salah satu zat ionik yang dapat terlarut sempurna dalam air menjadi ion Na^+ dan OH^- . Bertambahnya jumlah OH^- pada cairan pengembang akan membuat kondisi cairan pengembang menjadi lebih basa sehingga pH cairan meningkat. Peneliti juga melakukan pengukuran pH sebagai data tambahan menggunakan pH meter yang menunjukkan adanya perubahan pH dari kelompok 1 8.11 dan pada kelompok 2 turun menjadi 6.69, setelah dilakukan penambahan NaOH cairan pengembang mengalami kenaikan pH yaitu pada kelompok 3 menjadi sebesar 8.96 dan pada kelompok 4 menjadi 9.74.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Anggraeni *et al.*, 2023 bahwa semakin tinggi nilai pH yang terkandung dalam larutan pengembang maka semakin rendah waktu yang digunakan untuk proses pembangkitan atau pengembangan film. Setiap nilai pH larutan developer turun maka waktu yang digunakan untuk pembangkitan pada film akan naik atau bertambah.

Penurunan pH diakibatkan oleh ion bromida bermuatan negatif (Br^-) yang berpindah dari emulsi film ke dalam cairan dalam bentuk asam hidrobromat (HBr). Asam ini dengan cepat dinetralkan oleh aktivator basa yang ada dalam larutan pengembang. Aktivator seperti NaOH merupakan komponen esensial dalam cairan pengembang yang akan mempengaruhi aktivitas dari agen pengembang. Semakin tinggi pH cairan atau semakin meningkatnya tingkat kebasahan dari cairan maka aktivitas agen pengembang akan meningkat sehingga waktu pengembangan menjadi lebih singkat¹⁵.

Penggunaan aktivator dengan alkali yang tinggi biasanya digunakan apabila membutuhkan hasil film kontras yang normal

namun dibutuhkan dalam waktu yang singkat atau untuk meningkatkan kontras meski dalam waktu yang normal saat cairan pengembang sudah mulai melemah. Aktivator menetralkan asam dengan menaikkan pH namun proses penetralan asam oleh aktivator mengakibatkan pengurangan jumlah aktivator. Penambahan aktivator dilakukan guna menjaga dan memaksimalkan keaktifan dari hidroquinon. Tingginya alkali harus disesuaikan dengan titik dimana *developing agent* seperti hidroquinon dapat menerimanya^{15,10}.

Kelompok 4 memiliki tingkatan pH yang paling tinggi namun memiliki rata – rata waktu pengembangan yang lebih panjang dibandingkan dengan kelompok 3. Peningkatan waktu pengembangan film pada kelompok disebabkan oleh beberapa factor yaitu salah satunya adalah kemungkinan terjadinya supersaturasi yaitu kondisi dimana larutan memiliki konsentrasi zat terlarut yang lebih tinggi dari kelarutan fase padat sehingga menghasilkan potensi untuk pembentukan kristal atau fase metastabil dan terjadi apabila konsentrasi melebihi batas kelarutan^{17,18}.

Supersaturasi pada penelitian ini diakibatkan oleh adanya akumulasi dari ion natrium (Na^+) yang juga akan menyatu dengan ion bromida negatif (Br^-) setelah aktivitas penetralan asam oleh aktivator, sehingga terbentuk endapan natrium bromida dari fase metastabil dan mengganggu reaksi kimia seperti reduksi ion perak halida oleh hidroquinon. Reaksi tersebut menyebabkan hidroquinon tidak dapat berfungsi optimal dan waktu pengembangan menjadi lebih lama¹⁹.

Faktor lain yang menyebabkan peningkatan waktu pengembangan film adalah adanya penurunan kadar hidroquinon pada cairan pengembang. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ardhiatama, 2023 yang melakukan pengukuran kadar hidroquinon menggunakan teknik *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) pada cairan pengembang yang telah digunakan dengan jumlah berbeda didapatkan hasil kadar hidroquinon yang terus menurun secara signifikan setelah penggunaan sebanyak 45 kali dan menjadi lebih rendah pada penggunaan sebanyak 60 kali. Terjadi pelemahan cairan pengembang dan cairan pengembang tidak dapat mereduksi butiran perak halida menjadi perak metalik dengan maksimal, hal ini akan menyebabkan meningkatnya waktu pengembangan film¹⁵.

Penambahan bahan aktivator berupa NaOH pada cairan pengembang dapat mempengaruhi waktu pengembangan film, sehingga durasi rata – rata waktu pengembangan film berbeda pada tiap kelompok. Perbedaan hasil rata – rata waktu pengembangan disebabkan oleh perbedaan tingkatan pH pada cairan pengembang. Nilai pH yang semakin meningkat karena ditambahkan bahan aktivator berupa NaOH akan menyebabkan durasi waktu pengembangan film yang semakin cepat karena mempengaruhi dari aktivitas agen pengembang yaitu hidroquinon

yang terkandung didalamnya. Kemampuan cairan pengembang juga dipengaruhi oleh kadar hidrokuinon. Semakin bertambahnya jumlah pemakaian cairan pengembang maka kadar hidrokuinon juga akan menurun sehingga aktivitasnya tidak optimal dan tidak dapat mereduksi butiran perak halida menjadi perak metalik dengan maksimal sehingga waktu pengembangan film meningkat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa terjadi pengurangan durasi waktu pengembangan film radiografi setelah dilakukan penambahan bahan aktivator NaOH 75 gram pada cairan pengembang yang telah terpakai 46 – 65 kali dan 66 – 85 kali pengembangan film.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi terhadap proses penelitian di Laboratorium Radiologi Universitas Jember.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sparzinanda E. Pengaruh Faktor Ekspose Terhadap Kualitas Citra. 2017;3(November):14–22.
2. Supriyadi, Pedoman Interpretasi Lesi-lesi di Rongga Mulut, stomatognatic (J. K. G Unej).2015
3. Afani ZA, Rupiasih NN. Pengolahan Film Radiografi Secara Otomatis Menggunakan Automatic X- ray Film Processor Model JP - 3. 2017;18(2):53–7.
4. Putri NPSS, Yunus B. PENGGUNAAN TEKNIK RADIOGRAFI KONVENSIONAL DAN DIGITAL PADA PERAWATAN ENDODONTIK. 2021;13(2):97–105.
5. Swakarma IK, Setiawan R, Wibowo E. Kajian Sistem Radiografi Digital sebagai Pengganti Sistem Computed Radiography yang Mahal. 2013;XVII:40–3
6. Yunus B. Optimalisasi radiografi gigi konvensional untuk membantu pemasangan implan gigi. Dentofasial, , No1, April 2009:11–17. 2009;Vol.8:11–7.
7. Hidayah R, Hidayanto E, Arifin Z. Analisa Pengaruh pH Terhadap perubahan Nilai Densitas Optik (Optical Density) Pada Film Dengan Variasi Jenis Developer. 2015;4(1).
8. Astuti ni kadek ari, Wardani DNK. Pengaruh pH Developer Terhadap Kecepatan Waktu Prosesing Film Periapikal. J B-Dent, , Des 2018 96 - 100, Des 2018 96 - 100. 2018;Vol 5, No.:96–100.
9. Anggraeni L, Candra FA, Ichwan Y, Al P, Bandung I. Jurnal Imejing Diagnostik. 2023;9:18–23.
10. Mallya S, Lam E. White and Pharoah ' s Oral Radiology Principles and Interpretation. In Elsevier Health Sciences; 2019.
11. Zusagka E, Sutanto H, Arifin Z. Pengaruh Peningkatan pH Cairan Developer Dengan Penambahan antara NaOH dan Na2CO3 Terhadap Densitas Citra. 2014;3(3):203–8.
12. Whaites E, Hons BDS, Edin F, Eng F. Essentials of Dental Radiography and Radiology. Sixth Edition. 2021;
13. Iannucci JM, Howerton LJ. Dental Radiography Principles and Techniques. 5th edition. Elsevier Health Sciences; 2017.
14. Niemiec BA, Gawor J, Jekl V. Practical Veterinary Dental Radiography. Vol. 4, Вестник Росздравнадзора. CRC Press.; 2017.
15. Jenkins D. Radiographic Photography and Imaging Processes. 1980.
16. Ardhiatama AG. KADAR HIDROKUINON PADA LARUTAN DEVELOPER RADIOGRAFI BERDASARKAN JUMLAH. 2023;
17. Astuti SI, Lestari P, Aprianingsih T, Sumardani TZ, Cesear G, Sholiah A. Pengaruh suhu terhadap kelarutan dan viskositas pada gula pasir. 2022;11(1):19–21
18. Dalmolen J. Synthesis and application of new chiral amines in Dutch resolution: Family Behaviour in Nucleation Inhibition. [Thesis fully Intern (DIV), Groningen] s.n. 2005;
19. Genkinger S, Putnis A. Crystallisation of sodium sulfate: supersaturation and metastable phases. 2007;329–37.