

Penerapan Teknologi DNA dalam Identifikasi Forensik

Kartika Ratna Pertiwi

Staf Pengajar pada Jurdik Biologi FMIPA UNY

Email: doktertiwi@gmail.com

Pendahuluan

Kata “forensik” berarti “berhubungan dengan ruang sidang”. Forensik merupakan aplikasi dari disiplin ilmu kedokteran maupun ilmu-ilmu lain yang terkait dalam suatu penyelidikan untuk memperoleh data-data dalam mengungkap kasus kriminal baik itu data *post mortem* berdasar pemeriksaan mayat maupun data dari pemeriksaan kasus hidup seperti perkosaan, pelecehan seksual dan/ atau kekerasan dalam rumah tangga. Ilmu forensik merupakan terapan berbagai ranah keilmuan (multi disiplin) yang penting untuk menentukan identitas korban maupun pelaku, tanda, sebab dan cara kematian, serta perkiraan waktu kematian. Produk yang dihasilkan merupakan bukti autentik dalam suatu proses peradilan hukum demi menegakkan kebenaran. Produk tersebut dapat berupa laporan tertulis atau dalam bentuk pengakuan lisan para ahli yang akan diberikan di pengadilan pada tindak kriminal. Kasus non kriminal, aplikasi forensik sangat diperlukan terutama untuk mengungkap identitas korban musibah masal seperti bencana alam, jatuhnya pesawat, tenggelamnya kapal, kecelakaan kereta dan kebakaran (Kartika Ratna Pertiwi dan Evy Yulianti, 2011).

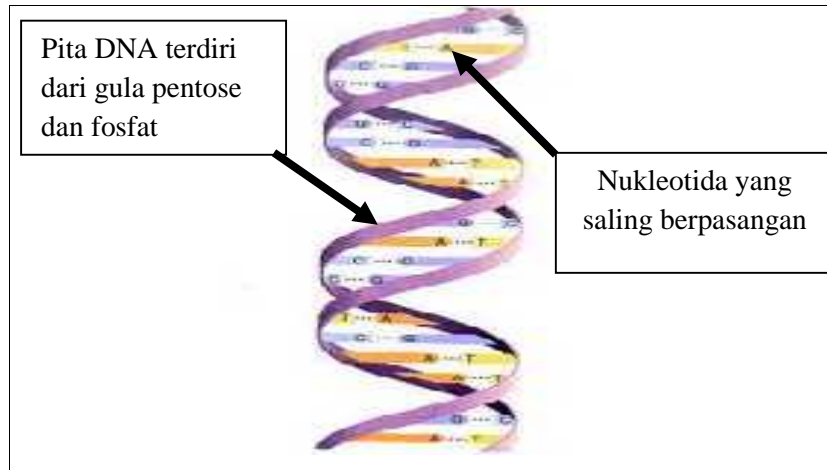
Seringkali kita mendengar kabar temuan mayat tanpa identitas dan hanya berselang kurang dari sebulan bahkan kurang dari seminggu pihak kepolisian sudah mampu mengungkap identitasnya yang akan mengarahkan penyelidikan pada sebab, waktu, serta perkiraan cara kematian. Paling penting dapat digunakan sebagai petunjuk untuk mencari pelakunya jika itu merupakan suatu tindak kriminal. Semakin pesatnya perkembangan teknologi memungkinkan polisi mampu memecahkan suatu kasus lebih cepat, ini dikarenakan penerapan teknologi DNA atau *deoxyribonucleic acid* merupakan asam nukleat yang menyusun informasi genetis pada makhluk hidup. DNA terdapat sebagai rantai ganda (*double helix*) yang sangat panjang, mengandung potongan-potongan gen sebagai satuan terkecil pengendali sifat dan ciri morfologi seperti warna kulit, jenis rambut, bentuk jari dan sifat-sifat khusus pada manusia (Kartika Ratna Pertiwi dan Paramita Cahyaningrum, 2012).

DNA dan Informasi Genetis

Dahulu kala, para peneliti menyatakan bahwa materi genetik berada di dalam struktur yang disebut **kromosom** dalam inti sel (*nukleus*). Pada tahun 1927, Griffith dan Avery mengungkapkan bahwa bakteri memiliki suatu senyawa mengekspresikan sifat-sifat yang berbeda tetapi belum mengetahui dengan jelas penyebabnya. Penelitian lebih lanjut oleh Avery, MacLeod, dan McCarthy pada tahun 1944 menunjukkan bahwa perbedaan ekspresi sifat tersebut karena struktur seperti tangga, terdiri dari dua pita yang berlawanan arah, yang akhirnya dikenal dengan DNA. Penemuan struktur DNA oleh James Watson dan Francis Crick pada tahun 1953 merupakan temuan penting dalam perkembangan genetika di dunia. Model struktur DNA hasil analisis Watson dan Crick mampu menjelaskan bagaimana DNA membawa informasi genetis sebagai cetak biru (*blueprint*) yang dapat dicopy dan diperbanyak saat sel membelah sehingga sel-sel baru juga mengandung informasi genetis yang sama. Inilah mengapa sifat dan ciri fisik seseorang berasal dari pewarisan orang tua dan nantinya akan diturunkan ke anak cucunya.

Terjadinya pewarisan sifat dari kedua orang tua, ayah dan ibu ke anak turunannya adalah akibat terjadinya peleburan kromosom dari sel sperma dan sel telur. Masing-masing sel kelamin memiliki 22 autosom dan satu gonosom yaitu X atau Y. Peleburan dua set sel kelamin sekaligus menyatukan kromosom pada sel sperma dan sel telur. Sel telur yang telah dibuahi, bakal calon anak atau zigot, mengandung dua set gen dalam kromosom dengan demikian untuk setiap pasangan kromosom yang bersesuaian, kita mewarisi satu kromosom dari ayah dan satu kromosom dari ibu. Ini menjelaskan mengapa ada sifat dan karakter tubuh kita yang mirip ayah dan di sisi lain ada sifat dan karakter tubuh kita yang mirip ibu (Griffiths dkk., 1996).

Sepanjang pita DNA berisi struktur yang terdiri dari gula pentosa (deoksiribosa), gugus fosfat dan basa nitrogen, bersusun membentuk rantai panjang dan berpasangan secara teratur seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur *double helix* DNA berbentuk dua pita berlawanan arah seperti spiral.

Sumber gambar: tutorvista.com

Semua kandungan DNA yang ada pada sel dinamakan **genom**. Genom manusia terdiri dari genom inti sel (nukleus) dan genom mitokondria. Genom mitokondria (ekstranuklear), mengandung lebih banyak kromosom, sehingga jika pada kromosom inti, masing-masing hanya terdiri dari 2 *copy*, maka kromosom mitokondria tersusun dari ribuan *copy*. Penyakit yang disebabkan oleh mutasi pada gen di dalam mitokondria biasanya diwariskan dari ibu ke anak karena mitokondria seorang manusia adalah hasil pewarisan dari ibu. Hal ini disebabkan mitokondria lebih banyak ditemukan di dalam sel telur daripada sperma. Setelah fertilisasi mitokondria dari spermatozoa juga akan mati sehingga hanya meninggalkan mitokondria dari sel telur (Griffiths dkk., 1996).

DNA dalam Barang Bukti Forensik

Seorang penjahat tanpa disadari pasti akan meninggalkan sesuatu (jejak), sehingga ketika polisi dipanggil ke tempat kejadian serius, tempat kejadian perkara (TKP) segera ditutup dengan pita kuning *police line* untuk mencegah pencemaran bukti-bukti penting. Ahli forensik harus bergegas ke tempat kejadian sebelum bukti penting yang mungkin membantu mengungkap kejadian hilang/dirusak. Barang bukti forensik yang ditemukan harus diambil sampelnya untuk diperiksa di laboratorium demi mendapatkan data pelengkap dan pendukung. Salah satu pemeriksaan yang penting dan hasilnya bisa didapat dengan cepat adalah tes sidik DNA. Tes sidik DNA dalam kasus

forensik utamanya dilakukan untuk tujuan identifikasi korban walaupun sekarang tes sidik DNA juga bisa dilakukan untuk melacak pelaku kejahatan.

Pelacakan identitas forensik akan dilakukan dengan mencocokkan antara DNA korban dengan terduga keluarga korban. Hampir semua sampel biologis tubuh dapat digunakan untuk sampel tes sidik DNA, tetapi yang sering digunakan adalah darah, rambut, usapan mulut pada pipi bagian dalam (*buccal swab*), dan kuku. Untuk kasus-kasus forensik, sperma, daging, tulang, kulit, air liur atau sampel biologis apa saja yang ditemukan di tempat kejadian perkara (TKP) dapat dijadikan sampel tes sidik DNA (Lutfig and Richey, 2000).

Identifikasi Forensik dengan Tes Sidik DNA

Pemeriksaan identifikasi forensik merupakan pemeriksaan yang pertama kali dilakukan, terutama pada kasus tindak kejahatan yang korbannya tidak dikenal walaupun identifikasi juga bisa dilakukan pada kasus non kriminal seperti kecelakaan, korban bencana alam dan perang, serta kasus paternitas (menentukan orang tua). Secara biologis, pemeriksaan identifikasi korban bisa dilakukan dengan odontologi (gigi-geligi), anthropologi (ciri tubuh), golongan darah serta sidik DNA. Sidik DNA merupakan gambaran pola potongan DNA dari setiap individu. Seperti halnya sidik jari (*fingerprint*) yang telah lama digunakan oleh detektif dan laboratorium kepolisian sejak tahun 1930 (Kartika Ratna Pertiwi dan Evy Yulianti, 2011).

Pada tahun 1980, Alec Jeffreys dengan teknologi DNA berhasil mendemonstrasikan bahwa DNA memiliki bagian-bagian pengulangan (*sekuen*) yang bervariasi. Hal ini dinamakan polimorfisme, yang dapat digunakan sebagai sarana identifikasi spesifik (individual) dari seseorang. Perbedaan sidik DNA setiap orang atau individu layaknya sidik jari, sidik DNA ini juga bisa dibaca. Tidak seperti sidik jari pada ujung jari seseorang yang dapat diubah dengan operasi, sidik DNA tidak dapat dirubah oleh siapapun dan dengan alat apapun. Bahkan, sidik DNA mempunyai kesamaan pada setiap sel, jaringan dan organ pada setiap individu. Oleh karena itu sidik DNA menjadi suatu metode identifikasi yang sangat akurat (Lutfig and Richey, 2000).

Hanya sekitar 3 juta basa DNA yang berbeda antara satu orang dengan orang lain. Para ahli menggunakan daerah yang berbeda ini untuk menghasilkan profil DNA dari

seseorang individu, menggunakan sampel dari darah, tulang, rambut atau jaringan tubuh yang lain. Pada kasus kriminal, biasanya melibatkan sampel dari barang bukti dan tersangka, mengekstrak DNANYa, dan menganalisisnya untuk melihat suatu daerah khusus pada DNA (*marker*). Para ilmuwan telah menemukan *marker* di dalam sampel DNA dengan mendesain sepotong kecil DNA (*probe*) yang masing-masing akan mencari dan berikatan dengan *sekuen* DNA pasangan/komplementernya pada sampel DNA. Satu seri *probe* akan berikatan dengan DNA sampel dan menghasilkan pola yang berbeda antara satu individu dengan individu yang lain. Para ahli forensik membandingkan profil DNA ini untuk menentukan apakah sampel dari tersangka cocok dengan sampel pada bukti. *Marker* sendiri biasanya tidak bersifat khusus untuk setiap individu, jika dua sampel DNA mirip pada empat atau lima daerah, sampel tersebut mungkin berasal dari individu yang sama. Jika profil sampel tidak sama, berarti seseorang tersebut bukan pemilik DNA yang ditemukan pada lokasi kriminalitas. Jika pola yang ditemukan sama, tersangka tersebut kemungkinan memiliki DNA pada sampel bukti (Marks dkk, 1996).

DNA yang biasa digunakan dalam tes adalah DNA mitokondria dan DNA inti sel. DNA yang paling akurat untuk tes adalah DNA inti sel karena inti sel tidak bisa berubah sedangkan DNA dalam mitokondria dapat berubah karena berasal dari garis keturunan ibu, yang dapat berubah seiring dengan perkawinan keturunannya. Kasus-kasus kriminal, penggunaan kedua tes DNA di atas, bergantung pada barang bukti apa yang ditemukan di Tempat Kejadian Perkara (TKP). Seperti jika ditemukan puntung rokok, maka yang diperiksa adalah DNA inti sel yang terdapat dalam epitel bibir karena ketika rokok dihisap dalam mulut, epitel dalam bibir ada yang tertinggal di puntung rokok. Epitel ini masih mengandung unsur DNA yang dapat dilacak. Misalnya dalam kasus korban ledakan bom, serpihan tubuh para korban yang sulit dikenali diambil sekuens genetiknya. Bentuk sidik DNA berupa garis-garis yang mirip seperti *bar-code* di kemasan makanan atau minuman. Membandingkan kode garis-garis DNA, antara 30 sampai 100 sekuens rantai kode genetika, dengan DNA anggota keluarga terdekatnya, biasanya ayah atau saudara kandungnya, maka identifikasi korban forensik atau kecelakaan yang hancur masih dapat dilacak. Untuk kasus pemerkosaan diperiksa spermanya tetapi yang lebih utama adalah kepala spermatozoanya yang terdapat DNA inti sel di dalamnya. Jika di TKP ditemukan satu helai rambut maka sampel ini dapat diperiksa asal ada akarnya. Namun untuk DNA mitokondria tidak harus ada akar, cukup

potongan rambut karena diketahui bahwa pada ujung rambut terdapat DNA mitokondria sedangkan akar rambut terdapat DNA inti sel (Lutfig and Richey, 2000).

Teknologi DNA memiliki keunggulan mencolok dalam hal potensi diskriminasinya dan sensitifitasnya maka tes sidik DNA menjadi pilihan dalam penyelidikan kasus-kasus forensik dibanding teknologi konvensional seperti serologi dan elektroforesis. Kedua tes ini hanya mampu menganalisis perbedaan ekspresi protein dan membutuhkan sampel dengan jumlah relatif besar. Tes sidik DNA sebaliknya hanya membutuhkan sampel yang relatif sedikit. Metode *Southern Blots* misalnya sudah mampu mendeteksi loki polimorfisme dengan materi DNA sekecil 60 nanogram, sedangkan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) hanya memerlukan DNA sejumlah beberapa nanogram saja. Pada kasus kriminal dengan jumlah sampel barang bukti yang diambil di TKP sangat kecil dan kemungkinan mengalami degradasi maka metode yang cocok dan sensitif adalah PCR (Marks dkk. 1996).

Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)

RFLP adalah salah satu aplikasi analisis DNA asli pada penelitian forensik. Dengan perkembangan dan adanya teknik analisis DNA yang lebih baru dan lebih efisien, RFLP tidak lagi digunakan karena membutuhkan sampel DNA yang relatif banyak. Selain itu sampel yang bisanya diperoleh juga biasanya sudah terdegradasi oleh faktor lingkungan, seperti kotoran atau jamur, tidak dapat digunakan untuk RFLP. RFLP merupakan teknik sidik DNA berdasarkan deteksi fragmen DNA dengan panjang yang bervariasi. Awalnya DNA diisolasi dari sampel yang kemudian dipotong dengan enzim khusus *restriction endonuclease*. Enzim ini memotong DNA pada pola sekuen tertentu yang disebut *restriction endonuclease recognition site* (sisi yang dikenali oleh enzim restriksi). Ada atau tidaknya sisi yang dikenali ini di dalam sampel DNA menghasilkan fragmen DNA dengan panjang yang bervariasi. Selanjutnya potongan fragmen tersebut akan dipisahkan dengan elektroforesis pada gel agarose 0,5%. Fragmen DNA kemudian dipindahkan dan difiksasi pada membran nilon dan dihibridisasi spesifik dengan pelacak (probe) DNA berlabel radioaktif yang akan berikatan dengan sekuen DNA komplementernya pada sampel. Metode ini akhirnya muncullah pita-pita yang unik untuk setiap individu (Marks dkk., 1996).

Keberhasilan metode ini sangat tergantung pada isolasi sejumlah DNA tanpa terdegradasi. Pada persidangan kasus kriminal, hal ini bisa menjadi suatu masalah jika jumlah DNA sangat sedikit dan kualitasnya rendah. Ini terlihat dari hasil pita-pita sidik DNA yang tidak tajam. Jumlah pita sidik DNA yang dapat dianalisis sangat penting karena jika jumlah pita berkurang akibat terdegradasi secara statistik menurunkan taraf kepercayaan. Semakin banyak pita yang cocok akan semakin meyakinkan. Oleh karena itu pada kasus ini dapat digunakan teknik sidik DNA dengan memperkuat (mengamplifikasi) daerah spesifik pada DNA yang disebut mikrosatelit dengan satuan pengulangan yang dinamakan *Simple Tandem Repeat* (STR). Analisis dengan PCR pada daerah STR tersebut dapat mengatasi masalah tersebut. Teknik ini dapat menghasilkan data dalam waktu singkat dan sangat cocok untuk otomatisasi (Yeni Hartati dan Iman Maksum, 2004).

Analisis *Polymerase chain reaction* (PCR)

Polymerase chain reaction (PCR) digunakan untuk membuat jutaan kopi DNA dari sampel biologis. Amplifikasi DNA dengan menggunakan PCR menyebabkan analisis DNA pada sampel biologis hanya membutuhkan sedikit sampel dan dapat diperoleh dari sampel yang halus seperti rambut. Kemampuan PCR untuk mengamplifikasi sejumlah kecil DNA memungkinkan untuk menganalisa sampel yang sudah terdegradasi sekalipun. Namun, tetap saja harus dicegah kontaminasi dengan materi biologis yang lain selama melakukan identifikasi, koleksi dan menyiapkan sampelnya (Marks dkk., 1996). Tes DNA dilakukan dengan cara mengambil DNA dari kromosom sel tubuh (autosom) yang mengandung area STR (*short tandem repeats*), suatu area ini tidak memberi kode untuk melakukan sesuatu. STR inilah yang bersifat unik karena berbeda pada setiap orang. Perbedaannya terletak pada urutan pasang basa yang dihasilkan dan urutan pengulangan STR. Pola STR ini diwariskan dari orang tua. Aplikasi teknik ini misalnya pada tes DNA untuk paternalitas (pembuktian anak kandung) yaitu tes DNA untuk membuktikan apakah seorang anak benar-benar adalah anak kandung dari sepasang suami dan istri. Cara memeriksa tes DNA dilakukan dengan cara mengambil STR dari anak. Selanjutnya, di laboratorium akan dianalisa urutan untaian STR ini apakah urutannya sama dengan seseorang yang dijadikan pola dari seorang anak. Urutan tidak hanya satu-satunya karena pemeriksaan dilanjutkan dengan melihat nomor kromosom. Misalnya, hasil pemeriksaan seorang anak ditemukan bahwa pada kromosom nomor 3 memiliki urutan kode AGACT

dengan pengulangan 2 kali. Bila ayah atau ibu yang mengaku orang tua kandungnya juga memiliki pengulangan sama pada nomor kromosom yang sama, maka dapat disimpulkan antara 2 orang itu memiliki hubungan keluarga. Seseorang dapat dikatakan memiliki hubungan darah jika memiliki urutan dan pengulangan setidaknya pada 16 STR yang sama dengan keluarga kandungnya, maka kedua orang yang dicek memiliki ikatan saudara kandung atau hubungan darah yang dekat. Jumlah ini cukup kecil dibandingkan dengan keseluruhan ikatan spiral DNA dalam tubuh kita yang berjumlah miliaran. Sementara itu, *Federal Bureau of Investigation* (FBI) menggunakan satu set dari 13 daerah STR khusus untuk CODIS. CODIS merupakan program *software* yang mengoperasikan *database* dari profil DNA local, daerah dan nasional dari tersangka, bukti tindak kriminalitas yang belum selesai kasusnya dan orang hilang. Kemungkinan bahwa dua individu mempunyai 13 loci yang sama pada profil DNANYa adalah sangat jarang (Yeni Hartati dan Maksum, 2004).

Analisis Mitochondrial DNA

Analisis DNA mitokondria (mtDNA) dapat digunakan untuk menentukan DNA di sampel yang tidak dapat dianalisa dengan menggunakan RFLP atau STR. Jika DNA pada inti sel (nukleus) harus diekstrak dari sampel untuk dianalisis dengan menggunakan RFLP, PCR, dan STR; maka tes sidik DNA dapat dilakukan dengan menggunakan ekstrak DNA dari organela sel yang lain, yaitu mitokondria. Contohnya pada sampel biologis yang sudah berumur tua sehingga tidak memiliki materi nukleus, seperti rambut, tulang dan gigi, maka karena sampel tersebut tidak dapat dianalisa dengan STR dan RFLP, sampel tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan mtDNA. Pada investigasi kasus yang sudah sangat lama tidak terselesaikan penggunaan mtDNA sangatlah dibutuhkan (Marks dkk., 1996).

Semua ibu memiliki DNA mitokondria yang sama dengan anak perempuannya karena mitokondria pada masing-masing embrio yang baru berasal dari sel telur ibunya. Sperma ayah hanya berkontribusi memberikan DNA inti sel (nukleus). Membandingkan profil mtDNA dari seseorang yang tidak teridentifikasi dengan profil seseorang yang kemungkinan adalah ibunya merupakan teknik yang penting dalam investigasi orang hilang atau temuan kerangka yang sudah berusia puluhan tahun (Lutfig and Richey, 2000).

DNA mitokondria sangat baik untuk digunakan sebagai alat untuk analisis DNA, karena mempunyai 3 sifat penting, yaitu DNA ini mempunyai *copy number* yang tinggi sekitar 1000-10.000 dan berada di dalam sel yang tidak mempunyai inti seperti sel darah merah atau eritrosit. DNA mitokondria dapat digunakan untuk analisa meskipun jumlah sampel yang ditemukan terbatas, mudah terdegradasi dan pada kondisi yang tidak memungkinkan untuk dilakukan analisa terhadap DNA inti. Kedua, DNA mitokondria manusia diturunkan secara maternal, sehingga setiap individu pada garis keturunan ibu yang sama memiliki tipe DNA mitokondria yang identik. Karakteristik DNA mitokondria ini dapat digunakan untuk penyelidikan kasus orang hilang atau menentukan identitas seseorang dengan membandingkan DNA mitokondria korban terhadap DNA mitokondria saudaranya yang segaris keturunan ibu. Ketiga, DNA mitokondria mempunyai laju polimorfisme yang tinggi dengan laju evolusinya sekitar 5-10 kali lebih cepat dari DNA inti. D-loop merupakan daerah yang mempunyai tingkat polimorfisme tertinggi dalam DNA mitokondria dimana terdapat dua daerah hipervariabel dengan tingkat variasi terbesar antara individu-individu yang tidak mempunyai hubungan kekerabatan. Karena itu, dalam penentuan identitas seseorang atau studi forensik dapat dilakukan hanya dengan menggunakan daerah D-loop DNA mitokondria saja (Yeni Hartati dan Maksum, 2004).

Penutup

Kendati penerapan tes sidik DNA dalam identifikasi forensik terbukti sangat efektif karena menunjukkan sensitifitas dan akurasi yang luar biasa sehingga dapat memberikan sumbangan berharga bagi kepentingan penyidikan kasus-kasus kriminal maupun musibah masal, namun pelaksanaannya memerlukan keahlian, keterampilan dan pengalaman. Hal ini berkaitan dengan prosedur pemeriksaannya yang harus bersih dari kontaminasi karena dapat menurunkan tingkat kepercayaan apabila dipakai sebagai barang bukti forensik pada persidangan.

Daftar Pustaka

- Bregman, A. 1995. *Laboratory Investigation in Cell and Molecular Biology*. John Wiley and Son. USA. P 41
- Griffiths, Miller, Suzuki, Leontin, Gelbart. 1996. *An Introduction To Genetic Analysis*. USA: W. H. Freeman and Company

- Kartika Ratna Pertiwi dan EvyYulianti. 2011. *Pengembangan Modul Pengayaan OSN SMP Materi Forensik*. Laporan Penelitian. FMIPA UNY
- Kartika Ratna Pertiwi dan Paramita Cahyaningrum. 2012. *Hereditas Manusia Buku Satu*. Buku ajar mata kuliah Genetika. Jurdik Biologi FMIPA UNY
- Luftig, M. A. and Richey S. 2000. DNA and Forensic Science. *New England Law Review* .Vol. 35:3
- Marks, D.B., Marks, A.D., Smith, C.M. 1996. *Basic Medical Biochemistry*. Williams & Wilkins. Baltimore
- Yeni W. Hartati, Iman P. Maksum. 2004. *Amplifikasi 0,4 Kb Daerah D-Loop DNA Mitokondria Dari Sel Epitel Rongga Mulut Untuk Keperluan Forensik*. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Padjadjaran. Hasil Penelitian. Tidak dipublikasi