

## **Pemanfaatan Materi Genetik DNA (inti sel) dan Mitokondria Dalam Ilmu Forensik : Sebuah Ulasan Singkat**

### **Utilization of Genetic Material DNA (cell nucleus) and Mitochondria in Forensic Science: A Brief Review**

**\*<sup>1</sup>I Wayan Rosiana, <sup>2</sup>Ni Wayan Deswiniyanti**

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Universitas Dhyana Pura, Bali

\* Email: rosiana@undhira.bali.ac.id

---

#### **ABSTRAK**

Biologi forensik merupakan salah satu penerapan ilmu biologi dalam pemecahan berbagai masalah forensik. Salah satu pemanfaatan tersebut adalah menggunakan materi genetik DNA dalam analisis forensik yang juga dikenal dengan DNA forensik. DNA merupakan materi genetik yang terdapat diseluruh bagian sel makhluk hidup. Secara umum DNA terdapat dalam inti sel, mitokondria ataupun pada kloroplas sel tumbuhan. Dalam penerapannya baik DNA inti maupun mitokondria sudah diterapkan dalam pemecahan berbagai kasus baik bersifat kriminalitas maupun non kriminalitas. Dalam ulasan ini akan membahas mengenai pemanfaatan DNA nukleus (inti) dan DNA mitokondria dalam ilmu forensik.

Kata Kunci : DNA, Forensik, Materi Genetik.

#### **ABSTRACT**

*Forensic biology is one of the applications of biological science in solving various forensic problems. One of these applications is using the genetic material DNA in forensic analysis, which is also known as forensic DNA. DNA is the genetic material found in all parts of a living cell. In general, DNA is present in the cell nucleus, mitochondria, or in the chloroplasts of plant cells. In practice, both nuclear and mitochondrial DNA have been used in solving various cases, both criminal and non-criminal. This review will discuss the utilization of nuclear DNA and mitochondrial DNA in forensic science.*

*Keywords: DNA, Forensic, Genetic Material.*

## PENDAHULUAN

Ilmu forensik merupakan salah satu disiplin ilmu yang menerapkan berbagai cabang ilmu seperti : ilmu kedokteran, biologi, hukum, kimia dan ilmu lain terkait yang dimanfaatkan dalam pemecahan atau pengungkapan berbagai kasus kriminalitas. Setiap tindak kejahatan atau kriminalitas akan menggunakan berbagai data yang meliputi data *post mortem* atau data yang didapat dari kasus hidup seperti kasus pelecehan seksual, pemerkosaan dan pencurian dengan kekerasan. Dalam pemecahan kasus kriminalitas akan berfokus pada upaya menentukan identitas korban atau pelaku, penyebab kematian dan waktu kematian melalui barang bukti dan alat bukti yang ditemukan di tempat kejadian perkara sebagai bukti autentik dalam proses peradilan hukum (Sandwinata, 2018).

Selain kasus kriminalitas, kasus lain yang tergolong non kriminalitas juga memanfaatkan ilmu forensik dalam pemecahan kasus tersebut. Salah satu cabang dari ilmu forensik tersebut adalah DNA forensik. DNA forensik merupakan pemanfaatan teknologi DNA dalam memecahkan berbagai kasus kejahatan yang menelan korban ataupun dalam membantu pemecahan identifikasi korban akibat bencana alam, kecelakaan transportasi dan pemecahan masalah paternitas. Pesatnya perkembangan ilmu biologi molekuler menyebabkan teknologi DNA semakin banyak digunakan dalam identifikasi karena memiliki akurasi yang tepat dalam pembuktian (Rianti, 2018).

DNA merupakan materi genetik yang ada pada seluruh makhluk hidup. DNA terdapat dalam inti sel dan organel seperti kloroplas ataupun mitokondria. DNA yang ada pada inti sel pada umumnya dikenal dengan DNA ekstrak kromosomal sedangkan yang ada diluar inti sel seperti pada mitokondria dikenal dengan mt DNA. DNA merupakan materi genetik yang akan diwariskan dari generasi ke generasi dan bersifat autentik pada setiap individu sehingga DNA juga dikenal dengan sidik jari DNA atau DNA *finger print* (Sandwinata, 2018 ; Yuwono, 2005).

Setiap bagian tubuh makhluk hidup bisa dijadikan barang bukti dalam analisis DNA. Dalam kasus tindak kejahatan pelaku kejahatan akan berusaha menghilangkan

barang bukti atau jejak pelaku untuk menutupi aksi kejahatannya. Sering kali di tempat kejadian perkara petugas penegak hukum akan mendapatkan sedikit barang bukti yang nantinya digunakan dalam pemecahan kasus. Barang bukti seperti bercak darah pada tempat kejadian perkara, bercak darah pada alat yang dicurigai dipake untuk kejahatan, bercak sperma, vaginal swab dan pangkal rambut yang dicurigai sebagai milik pelaku bisa dijadikan barang bukti untuk mendapatkan sumber DNA sebagai alat bukti pemecahan kasus. Teknologi DNA forensik terus berkembang dengan ditemukannya metode amplifikasi dengan menggunakan reaksi berantai PCR (*polymerase chain reaction*). Dari sampel yang hanya sedikit melalui ekstraksi DNA dan amplifikasi dengan primer spesifik jumlah DNA target dapat ditingkatkan secara eksponensial (Rianti et al., 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, makalah ini akan mengulas bagaimana pemanfaatan teknologi DNA dalam pemecahan kasus kejahatan dan identifikasi korban non kejahatan melalui analisis DNA pada inti sel dan pada mitokondria.

## Analisis DNA Dalam Pengungkapan Kasus Kriminalitas dan Non Kriminal

Tidak ada tindak kejahatan yang sempurna karena setiap kejahatan pasti akan meninggalkan barang bukti. Setiap tempat kejadian perkara akan segera di pasang garis pembatas agar petugas dapat menganalisis petunjuk atau barang bukti yang dapat digunakan dalam identifikasi. Semua bentuk barang bukti yang bisa dianalisis seperti bercak darah, baik darah segar maupun kering, bercak sperma, pangkal rambut, bagian tubuh korban akan dijadikan sumber DNA dalam analisis untuk menghasilkan data pelengkap, pendukung atau pembanding.

Tes sidik DNA bisa dilakukan dengan cepat di laboratorium. Tes ini dilakukan untuk mengidentifikasi korban dan melacak identitas pelaku kejahatan. Baik identifikasi korban maupun pelacakan pelaku kejahatan akan memerlukan data dari analisis barang bukti dan DNA pembanding dari kerabat terdekat yang dicurigai. Hal ini dikarenakan sifat DNA yang diwariskan dari generasi ke generasi sehingga semakin dekat hubungan biologis seseorang

dengan pembandingan susunan DNA nya akan semakin mirip. Semua sampel dari sel tubuh yang berinti bisa digunakan sebagai sumber identifikasi namun yang sering digunakan dan didapat di tempat kejadian perkara adalah darah, pangkal rambut, buccal swab, dan kuku.

DNA dapat diekstraksi dengan menggunakan berbagai metode. salah satu metode yang umum digunakan adalah ekstraksi DNA menggunakan metode fenol kloroform dari Sambrook dan Russel (2001). Dengan kemajuan teknologi biologi molekuler seperti sekarang ini ekstraksi DNA bisa menggunakan *kit ekstraksi* yang mempercepat proses ekstraksi seperti dengan menggunakan metode *chelex* 5% dari Walsh et al (2013). Pada prinsipnya proses awal ekstraksi DNA adalah pemecahan inti sel agar materi genetik bisa keluar dari inti sel. Fenol berfungsi memisahkan materi genetik DNA dengan protein dan kloroform digunakan dalam proses

presipitasi DNA. DNA hasil ekstraksi kemudian diamplifikasi dengan menggunakan primer spesifik sesuai kepentingan pemecahan kasus.

Dalam pemecahan kasus kriminalitas seperti pembunuhan, autentifikasi korban dan pelaku kejahatan, primer identifikasi DNA yang digunakan berbasis autosom pada bagian intron DNA. Primer ini sering dikenal dengan *simple sequens repeat* atau SSR atau mikrosatelit. Terdapat beberapa lokus mikrosatelit yang biasa digunakan dalam pemecahan kasus forensik seperti pada Tabel 1. berikut. Primer mikrosatelit sejak tahun 1994 dikembangkan menjadi marka genetik identifikasi manusia (Rianti et al., 2018 ; Sorensen et al.,2016)

**Tabel 1. Primer Mikrosatelit Dalam Analisis Forensik**

1

No	Nama Primer	Reverse (5' □ 3')	Forward (5' □ 3')
1	D11S1984	ACACCTGGATCTTGGAC TCA	GGGTGACAGAGCAAAATTCT
2	D2S1338	ACCTAGCATGGTACCTG CAG	CCAGTGGATTTGGAAACAGA
3	D3S1358	ATGAAATCAACAGAGGC TTG	ACTGCAGTCCAATCTGGGT
4	D5S818	TGATTCCAATCATAGCC ACA	GGGTGATTTTCCTCTTTGGT
5	D7S820	CTGAGGTATCAAAAAC T CAGAGG	TGTCATAGTTTAGAACGAACTAACG
6	D8S1179	CGTAGCTATAATTAGTT CATTTTCA	TTTTTGTATTTTCATGTGTACATTCG
7	D13S317	GCCCAAAAAGACAGAC AGAA	ACAGAAGTCTGGGATGTGGA
8	D16S539	ACGTTTGTGTGTGCATC TGT	GATCCCAAGCTCTTCCTCTT
9	D18S51	TTCTTGAGCCCAGAAGG TTA	ATTCTACCAGCAACAACACAAATAAAC
10	D21S11	ATATGTGAGTCAATTCC CCAAG	TGTATTAGTCAATGTTCTCCAGAGAC
11	CSF1PO	CCGGAGGTAAAGGTGTC TTAAAGT	ATTTCCTGTGTCAGACCCTGTT
12	FGA	GGCTGCAGGGCATAACA TTA	ATTCTATGACTTTGCGCTTCAGGA
13	TPOX	ACTGGCACAGAACAGGC ACTTAGG	GGAGGAACTGGGAACCACACAGGTTA

14	VWA	GCCCTAGTGGATGATAA GAATAATCAGTATGTG	GGACAGATGATAAATACATAGGATGGATGG
15	TH01	GTGATTCCCATTGGCCT GTTC	ATTCCTGTGGGCTGAAAAGCTC

1

Kasus non kriminalitas seperti identifikasi korban kecelakaan pesawat, kapal tenggelam yang menghasilkan mayat tanpa identitas juga dapat menggunakan penanda mikrosatelit autosom. Secara biologis pemeriksaan pertama yang digunakan adalah sidik jari dan odontologi (pola gigi). Metode analisis DNA akan digunakan apabila kedua metode tersebut tidak mampu mengungkap identitas korban atau diperlukan penguat dalam autentifikasi kecocokan identitas yang mengharuskan menggunakan analisis DNA. Kasus paternitas terutama untuk pengungkapan ragu ayah juga merupakan salah satu kasus non kriminalitas yang dapat dibuktikan dengan identifikasi DNA menggunakan marka genetik mikrosatelit. Mikrosatelit adalah marka yang cocok digunakan untuk kasus seperti ini karena bersifat kodominan.

#### Pemanfaatan DNA Mitokondria Untuk Pemecahan Kasus Forensik

DNA mitokondria merupakan materi genetik yang terdapat pada organel sel mitokondria. Materi genetik mitokondria berukuran lebih kecil dibandingkan dengan materi genetik yang ada pada inti sel. DNA mitokondria memiliki bentuk sirkular sedangkan materi genetik dna inti berbentuk seperti tangga terpilin. DNA mitokondria hanya diwariskan dari induk betina atau ibu sedangkan DNA inti merupakan gabungan dari materi genetik kedua induk atau kedua orang tua (Elyasigorji et al., 2023).

DNA mitokondria bisa digunakan dalam autentifikasi spesies dalam pemecahan berbagai kasus kriminalitas pada satwa liar atau *wild life forensic*. Tindakan kriminalitas sangat erat hubungannya dengan pencurian, penjualan dan perburuan satwa liar untuk dikonsumsi. DNA mitokondria sangat baik digunakan sebagai penanda *barcoding* yang dapat digunakan dalam autentifikasi melalui blast DNA pada *database gen bank* seperti pada NCBI (*National Centre for Biotechnology Information*) (Linacre and Shanan, 2011). Dalam pembuktian kasus kriminalitas terhadap satwa liar seperti identifikasi sampel dari

bagian tubuh hewan, pengambilan sampel ebi banyak menggunakan metode *non-invasive sampling*. Analisis DNA dilanjutkan dengan analisis *barcoding* dengan menggunakan penanda genetik pada sel mitokondria yang merupakan metode yang sering digunakan dalam identifikasi spesies dalam kasus *wildlife forensic* (Alacs et al., 2010).

Lokus gen pada DNA mitokondria, sudah banyak diidentifikasi dan digunakan sebagai penanda spesifik dalam identifikasi (Souza et al., 2016; Zhao et al., 2013). Penanda genetik yang baik harus bersifat universal namun memiliki *power of discrimination* yang tinggi yang artinya mampu membedakan tiap spesies secara akurat dan tepat (Kress & Erickson, 2008; Yu et al., 2021). Salah satu penanda yang umum digunakan adalah penanda yang ada pada DNA mitokondria yang dikenal dengan *Cytochrom c oxidase subunit I* (Antil et al., 2023; Kress & Erickson, 2012). Menurut Hubert & Hanner (2015) sekuens urutan nukleotida pada gen CO1 merupakan penanda spesies yang sangat baik dan mampu digunakan dalam identifikasi spesies yang cepat.

Proses autentifikasi kecocokan sangat bergantung dari lokus DNA yang kita gunakan dalam identifikasi. Sebagai gambaran marka genetik pada DNA mitokondria telah banyak dilaporkan lebih efektif dalam proses pemecahan kasus kriminalitas pada satwa liar dibandingkan menggunakan DNA inti. Hal tersebut tidak bisa terlepas dari jumlah sampel yang didapat yang biasanya dalam jumlah kecil dan terdegradasi. DNA mitokondria akan memiliki lebih banyak *copy* dibandingkan dengan satu *copy* DNA dari nukleus sel (Alacs et al., 2010).

Gen COI pada DNA mitokondria cukup efektif dalam mengidentifikasi spesies. Walaupun demikian terdapat kelemahan pada *barcoding* ini. DNA mitokondria merupakan materi genetik yang diwariskan secara maternal dari ibu ke anak atau dari induk betina ke anak. Pewarisan maternal seperti ini memunculkan keterbatasan pada mitokondria sebagai marka genetik dalam analisis *wildlife forensic* karena

tidak mampu menunjukkan pola hubungan genetik menyeluruh dari kedua induk atau orang tua (Alacs et al., 2010).

Beberapa kasus menunjukkan keberhasilan penggunaan DNA mitokondria sebagai barcoding dalam pemecahan kasus. Gonçalves et al (2015) menyatakan penyelundupan 57 telur di Bandara Brazil yang berhasil digagalkan dan bisa dijerat hukum setelah telur diidentifikasi dengan teknik barcoding gen CO1 sebagai spesies *Alipiopsitta xanthops*, *Ara ararauna*, *Amazona aestiva*/A. *ochrocephala* yang merupakan kelompok paruh bengkok yang dilindungi di America Latin.

### Kesimpulan

Dari ulasan singkat sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa materi genetik DNA sangat efektif digunakan dalam pemecahan berbagai kasus forensik. DNA inti sangat baik digunakan dalam identifikasi korban kriminalitas ataupun non kriminalitas seperti kecelakaan dan bencana alam sedangkan DNA mitokondria sangat baik digunakan sebagai barcoding dalam pemecahan kasus forensik pada satwa liar atau *wildlife forensic*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alacs, E.A., A.Georges., N.N. FitzSimmons., J.Robertson. 2010. DNA detective : a review of molecular approaches to wildlife forensics. *Forensic Sci Med Pathol*, 6 : 180-194.
- Antil, S., Abraham, J. S., Sripoorna, S., Maurya, S., Dagar, J., Makhija, S., Bhagat, P., Gupta, R., Sood, U., Lal, R., & Toteja, R. 2023. DNA barcoding, an effective tool for species identification: a review. *Molecular Biology Reports*, 50(1), 761–775.
- Elyasigorji, Z., Izadpanah, M., Hadi, F., & Zare, M. 2023. Mitochondrial genes as strong molecular markers for species identification. *The Nucleus*, 66 (1), 81–93.
- Gonçalves, P. F. M., Oliveira-Marques, A. R., Matsumoto, T. E., & Miyaki, C. Y. 2015. DNA Barcoding Identifies Illegal Parrot Trade: Figure 1. *Journal of Heredity*, 106(S1), 560–564.
- Hubert, N., & Hanner, R. 2015. DNA Barcoding, species delineation and taxonomy: a historical perspective. *DNA Barcodes*, 3(1).
- Kress, W. J., & Erickson, D. L. 2008. DNA barcodes: Genes, genomics, and bioinformatics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(8), 2761–2762.
- Kress, W. J., & Erickson, D. L. 2012. *DNA Barcodes: Methods and Protocols* (pp. 3–8).
- Linacre, A & Shanahan, S.T. 2011. An overview to the investigative approach to species testing in wildlife forensic science. *Investigative Genetics*, 2 : 2
- Rianti, P., E. Cristin., P.T.Widodo. 2018. Profil DNA Forensik Pada Barang Bukti Dua Kasus Pembunuhan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 4 (2) : 48-56.
- Sandwinata, M.F.R. 2018. Analisa DNA Dalam Kasus Forensik. *Jurnal Teknosains*, 12 (1) : 1-10.
- Sorensen, A., Berry, C., Bruce D., Gahan.M.E., Hughes-Stamm., S.Mc.Nevin. 2016. Direct-to-PCR tissue preservation for DNA profiling. *Int J legal Med*. 130 : 607-613
- Walsh PS., Metzger, D.A., Higuchi, R. 2013. Biotechniques 30 anniversary gem Chelex 100 as medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques*, 54:506-513.
- Yu, J., Wu, X., Liu, C., Newmaster, S., Ragupathy, S., & Kress, W. J. 2021. Progress in the use of DNA barcodes in the identification and classification of medicinal plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111691.
- Yuwono, T. 2005. *Biologi Molekuler*. Jakarta : Erlangga.

Zhao, Y., Gentekaki, E., Yi, Z., & Lin, X. (2013). Genetic Differentiation of the Mitochondrial Cytochrome Oxidase c Subunit I Gene in Genus *Paramecium* (Protista, Ciliophora). *PLoS ONE*, 8(10)