

## **Sex Determinasi pada Manusia dan Karakteristik Sex yang Terikat**

**Arum Dwi Anjani, Devy Lestari Nurul Aulia**

Program Studi Kebidanan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Batam  
Correspondence: arum.dwianjani05@univbatam.ac.id, dv.aulia87@univbatam.ac.id

**Abstrak.** Tujuan penelitian ini adalah untuk memperdalam informasi mengenai determinasi sex, khususnya determinasi sex pada manusia. Metode penelitian yang digunakan yakni dengan metode *literature review* dengan memanfaatkan beberapa macam sumber baik jurnal nasional maupun internasional yang berkaitan dengan hasil penelitian yang relevan tentang “determinasi sex”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penentuan jenis kelamin pada manusia sepenuhnya bergantung pada kombinasi kromosom seks, tanpa pengaruh faktor lingkungan atau epigenetik.

**Kata Kunci:** determinasi seks, kromosom seks, sistem XY, genetika seks, jenis kelamin manusia

**Abstract.** In this study, the purpose of this study was to deepen information about sex determination, especially sex determination in humans. The research method used is the literature review method by utilizing several sources, both national and international journals related to relevant research results on "Sex determination". The results of the study showed that the sex determination system in humans depends entirely on the combination of sex chromosomes, without the influence of environmental or epigenetic factors.

**Keywords:** sex determination, sex chromosomes, XY system, genetics of sex, human sex

### **PENDAHULUAN**

Sejak awal, semua makhluk hidup memiliki jenis kelamin yang bervariasi yang ditentukan oleh mekanisme genetik. Manusia umumnya tertarik dengan seks dan bagaimana fenomena penentuan jenis kelamin dapat terjadi. Sifat dasar genetik penentuan seks sangatlah beragam di seluruh kehidupan. Pada tumbuhan dan hewan, umumnya kebanyakan individu jadi khusus dalam menghasilkannya satu macam jenis gamet. Tidaklah cuma memiliki jenis gonad yang berbeda-beda, tetapi mereka juga memiliki fisiologis, morfologis, serta juga memiliki karakteristik seks sekunder yang beragam pula. Wujud yang menghasilkannya ovum dikenalnya dengan istilah Betina, sedangkan bentuk yang menghasilkannya serbuk sari ataupun sperma disebut dengan sebutan jantan. Dikarenakan dalam berbagai macam tahapan seksual tidaklah memerlukan gamet, istilah "gender" digunakan secara lebih umum untuk menggambarkan jantan atau pria sebagai pendonor materi genetik dan betina atau wanita sebagai penerima materi genetik.

Proses determinasi seks merupakan langkah penentuan jenis kelamin suatu organisme yang akan disesuaikan dengan kromosom seks atau gonosom yang diwariskan secara bebas dari gamet induk kepada keturunannya melalui tahap meiosis. Jadi, pada

proses meiosis, gamet parental mewariskan gonosom secara bebas kepada keturunannya. Proses penentuan jenis kelamin sangatlah dipengaruhi oleh adanya kromosom sex atau gonosom. Proses penentuan jenis kelamin dianggap sebagai momen yang paling menentukan dalam hidup makhluk hidup, yakni ketika seseorang akan mewarisi kromosom X atau kromosom Y dari ayahnya. Serangkaian perubahan morfologi, regulasi genetik, dan mekanisme molekuler lainnya terbentuk oleh peristiwa ini.

Determinasi seks kerap kali disertai dengan diferensiasi seks dan dimorfisme kromosom yang cukup konsisten, yang menunjukkan bahwasanya perbedaan kromosom sangatlah erat kekerkaitannya pada perbedaan dari jenis kelamin. Kromosom yang tidaklah sama terhadap kedua jenis kelamin dikenalnya dengan istilah kromosom seks. Penggunaan istilah “heterosomes” juga umum digunakan teruntuk membedakannya dari autosom maupun kromosom yang secara morfologis identik kepada kedua jenis kelamin tersebut. Tiap-tiap dari organisme yang melakukannya perkembangbiakan dengan cara generatif mempunyai jenis kelamin yang cukup beragam sebagai alat reproduksinya. Jenis kelamin terbagi menjadi 2 jenis, yakni betina serta jantan. Penentuan akan jenis kelamin ditentukannya

oleh kromosom kelamin yang sudah diturunkannya oleh kedua parental.

Sistem determinasi seks yang biasa ditemukannya kepada mamalia, termasuknya juga manusia, berbagai macam jenis serangga, serta juga tumbuhan berumah dua, dikenalnya sebagai sistem XY. Sistem tersebut menunjukkan bahwa betina mempunyai kromosom seks XX, dan jantan mempunyai kromosom seks XY. Berdasarkan informasi mengenai determinasi dan untuk memperdalam informasi tersebut, maka diperlukan dilakukannya pengkajian yang mendalam mengenai determinasi sex, khususnya determinasi sex pada manusia. Penelitian yang dilakukan menggunakan metodologi penelitian literature review.

## METODE

Penelitian ini mempergunakan metode *literature review*. Literature review ialah serangkaian daripada kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka serta juga informasi yang dilakukan dengan cara melakukan penggalan terhadap ilmu pengetahuan maupun ilmu dari berbagai macam sumber seperti halnya karya tulis, buku, diktat catatan kuliah dan juga berbagai macam sumber yang lain yang terdapat korelasi maupun hubungannya pada objek penelitian. Sumber data yang ada pada penelitian dengan metode literature review ini, memanfaatkan berbagai macam sumber baik itu jurnal nasional ataupun internasional dengan melaluinya jurnal Scientific dari Radiation Oncology Journal, Google Scholar, Elsevier, serta PubMed yang memiliki keterkaitan tentang hasil dari penelitian yang relevan mengenai "Determinasi sex"

## HASIL

Genetika merupakan cabang ilmu pengetahuan biologi yang menjelaskannya suatu persamaan serta juga perbedaan dari sifat yang diturunkannya oleh makhluk hidup (Effendi, 2020). Selain daripada demikian, genetika juga meneliti tentang bagaimana caranya materi genetika diwariskan dari induk pada turunannya, lalu bagaimana mekanisme materi genetika diturunkan, serta kegunaan maupun fungsi maupun juga peran daripada materi genetika. J.G. Mendel (1822-1864) dalam Piprek (2020) menyebutkan Mendel adalah seorang yang untuk pertama kalinya mengetengahkan 1 mekanisme pewarisan sifat menurun dengan melaluinya eksperimen yang ada di bidang genetika.

Didasarkan dari jasanya perihal melakukan suatu studi genetika dengan melakukannya tindakan persilangan terhadap kacang polong. Mendel dikenal dengan titel Bapak Genetika (Piprek, 2020). Mendel sukses dalam membuktikannya yakni pemindahan sifat ialah pola yang bisa untuk diperkirakan. Dasar pemikiran Mendel inilah yang jadi dasar hibridisasi perihal mendapatkan berbagai macam sifat yang diinginkannya. Didasarkan dari penelitian yang telah dilakukan Mendel, maka peranannya dalam memperkenalkan konsep-konsep dasar genetika seperti hukum pewarisan sifat, memunculkan pertanyaan dan informasi penting mengenai bagaimana konsep ini dapat diterapkan pada fenomena biologis yang lebih kompleks, seperti determinasi seks yang ada pada makhluk hidup, khususnya determinasi seks yang ada pada manusia.

Determinasi seks adalah suatu tahapan dalam proses penentuan jenis kelamin pada suatu makhluk hidup yang didasari gonosom yang diwarisi secara bebas dari gamet induk ke keturunannya sebagai bagian dari meiosis (Nur, 2023). Penentuan akan jenis kelamin sangatlah dipengaruhi oleh adanya keberadaan kromosom seks. Kromosom seks ialah kromosom yang memiliki peranan perihal menentukannya jenis kelamin dari sebuah organisme. Kromosom ialah struktur seperti benang panjang yang ditemukannya di dalam inti sel manusia serta juga organisme lain (Effendi, 2020). Ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sifat-sifat keturunan dan berisi informasi genetik dalam bentuk DNA (asam deoksiribonukleat). Struktur kromosom terdirinya dari berbagai macam bagian. Tiap-tiap kromosom memiliki 2 lengan pendek yang disebutnya sebagai lengan p serta satu lengan panjang yang disebutnya sebagai lengan q. Kedua lengan tersebut dihubungkannya oleh bagian tipis yang disebutnya sebagai sentromer. Kromosom-kromosom ini bersatu selama pembuahan dan pembelahan sel untuk menghasilkan individu yang benar-benar baru. Setiap kromosom terdiri dari untaian DNA yang melilit protein (Indriawati, et al, 2020).

Kromosom seks dibagi jadi 2 macam jenis, yakni kromosom autosom serta juga kromosom gonosom. Autosom merupakan kromosom tubuh dan merupakan kromosom yang tidaklah terlibat pada penentuannya jenis kelamin, lalu Gonosom merupakan kromosom seks yang ikut terlibat dan berperan penting pada penentuannya jenis kelamin yang ada pada

mahluk hidup (Bachtrog, 2022). Ada berbagai macam jenis sistem penentuan jenis kelamin yang ada pada organisme. Pertama, terdapat sistem XY (Indriawati, et al, 2020). Betina mempunyai seks berupa XX, lalu kromosom seks jantan berupa XY. Kromosom Y yang dimilikinya oleh jantan menentukannya jenis kelamin. Jika ovum (X) bertemu dengan sperma (X), individu bakal jadi betina. Namun sebaliknya, kalau ovum (X) bertemu dengan sperma (Y), individu bakal jadi jantan. Sistem XY ialah sistem determinasi seks yang umum ditemukannya pada mamalia, manusia, berbagai macam jenis serangga, serta juga jenis tumbuhan yang berumah dua (Akashi, et al, 2024).

Kedua, sistem XO yang terdapat pada beberapa jenis serangga, seperti belalang. Sistem ini hanyalah melibatkan kromosom X yang dimana, betina akan mempunyai kromosom XX, dan jantan hanya terdiri dari kromosom X. Jika sperma X bertemu sel telur X, individu bakal jadi betina. Namun, jika sperma yang kosong bertemu dengan sel telur X, individu bakal jadi jantan (Akashi, et al, 2024). Ketiga, sistem ZW yang umumnya terjadinya kepada hewan burung, beberapa ikan, serta juga serangga. Sistem tersebut melibatkan kromosom Z dan W (Akashi, et al, 2024). Contohnya pada ayam. Pada ayam betina memiliki kromosom ZW, sedangkan ayam jantan memiliki kromosom ZZ. Di saat meiosis, ayam betina menghasilkannya kromosom Z serta W, lalu ayam jantan akan menghasilkannya kromosom Z serta Z. Jika sel sperma Z bertemu sel telur W, individu bakal jadi betina. Lalu kalau sel sperma Z bertemu dengan sel telur Z, maka individu bakal jadi jantan. Keempat adalah sistem haploid. Sistem haplodiploid ini merupakan sistem penentuan jenis kelamin yang ditemukan pada beberapa serangga sosial seperti lebah dan semut. Dalam sistem ini, serangga betina bersifat diploid, atau terdapatnya dua set kromosom, sedangkan serangga jantan bersifat haploid, atau hanya terdapat satu set kromosom (Akashi et al., 2024).

Betina diploid dihasilkan dari pembuahan sperma dan sel telur, sedangkan jantan haploid dihasilkan dari perkembangan sel telur tanpa pembuahan, disebut juga partenogenesis. Jadi, bila sel telur mengalami fertilisasi atau dibuahi akan menjadi betina (2n), tetapi jika tidak mengalami fertilisasi akan menjadi jantan (n). Determinasi seks merupakan penentuan jenis kelamin suatu organisme yang ditentukan oleh kromosom seks atau gonosom.

Pada manusia, proses penentuan jenis kelamin terjadi pada saat proses fertilisasi atau pada saat bertemunya sel sperma dengan sel telur. Determinasi seks pada manusia ditentukan oleh kromosom X dan Y (Ira, 2022). Sistem penentuan jenis kelamin XY pertama kali ditemukan pada tahun 1891 oleh H. Henking, yang dimana pada saat itu ditemukan bahan berbentuk khas di dalam inti sperma pada beberapa jenis serangga (Piprek, 2020). Sistem ini merupakan sistem yang paling umum ditemukan dalam determinasi jenis kelamin pada mahluk hidup. Pada sistem XY terdapat 2 macam gonosom, yakni kromosom X dan kromosom Y. Pada kromosom Y umumnya berukuran lebih kecil dan lebih pendek dari kromosom X.

Jumlah kromosom yang terdapat pada tubuh manusia sangat umum, yaitu dengan jumlah 46 buah atau  $2n$  dengan setiap  $n$  nya memiliki 23 pasang. Kromosom ini tersusun dari 22 pasang autosom atau kromosom tubuh dan satu pasang kromosom pembentuk seks atau gonosom (Dima, et al. 2020). Sehingga, rumus kromosom manusia adalah; untuk pria 46, XY yang terdiri dari 44 + XY kromosom. Dan untuk wanita adalah 46, XX yang terdiri dari 44+XX kromosom. Gonosom wanita terdiri atas dua kromosom X (XX), sedangkan pria memiliki satu kromosom X dan satu kromosom Y (XY). Gen SRY pada kromosom Y memegang peran penting dalam determinasi dan diferensiasi seks pada manusia, khususnya dalam perkembangan embrio menjadi pria berdasarkan konfigurasi kromosom seksnya. Proses perkembangan menjadi pria dimulai ketika gen SRY (*Sex-determining Region Y*) yang terletak pada kromosom Y aktif. Gen ini dapat menghasilkan faktor penentu testis atau *testis determining factor* (TDF). Faktor ini memicu perkembangan korda seks primitif menjadi testis. Testis nantinya akan memproduksi hormon-hormon yang mengatur perkembangan seksual pria dan karakteristik sekundernya (Campbell et al 2020).

Berbeda dengan embrio wanita, perkembangan korda seks primitif akan menuju ke arah ovarium dan berkembang tanpa adanya pengaruh dari faktor-faktor yang ditemukan pada embrio pria, seperti gen SRY (Campbell et al 2020). Korda seks primitif atau *gonadal ridge* merupakan struktur awal yang muncul selama perkembangan embrio dan akan menjadi dasar bagi perkembangan sistem reproduksi. Pada tahap awal perkembangan, korda seks primitif tidak memiliki diferensiasi menjadi gonad (testis

atau ovarium). Selain dari faktor genetik yang ditentukan oleh gonosom, adapun faktor eksternal lainnya yang dapat memberi pengaruh terhadap determinasi jenis kelamin makhluk hidup. Salah satu faktor diantaranya ialah faktor lingkungan atau yang biasa dikenal dengan istilah *Environmental sex determination* (ESD).

*Environmental sex determination* (ESD) merupakan proses determinasi atau penentuan jenis kelamin oleh faktor non-genetik, seperti ketersediaan nutrisi ataupun hal yang dialami dalam periode diskrit setelah pembuahan (Bachtrog, et al, 2022). ESD berpengaruh pada organisme yang tidak memiliki informasi genetik yang menentukan jenis kelamin, seperti organisme yang tidak memiliki kromosom XY atau XX. Berbeda dengan penentuan jenis kelamin oleh faktor genetik, penentuan jenis kelamin lingkungan memperhitungkan faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, ketersediaan nutrisi, kepadatan, salinitas, pH, feromon yang dikeluarkan oleh tanaman atau hewan sekitar, interaksi sosial, dan musim.

Contoh faktor ESD dapat ditemukan pada hewan buaya, kura-kura, dan aligator yang di mana penentuan jenis kelaminnya tergantung pada suhu inkubasi telur yang dibuahi (penentuan jenis kelamin tergantung pada suhu (*Temperature-Dependent Sex Determination*)) (Bachtrog, et al, 2022). Bila suhu pada inkubasi telur yang dibuahi berada pada suhu yang tinggi, nantinya akan menghasilkan telur berjenis kelamin betina, dan bila suhu pada inkubasi telur yang dibuahi pada suhu yang rendah akan menunjukkan telur berjenis kelamin jantan. Contoh faktor ESD lainnya yakni terdapat pada larva cacing sendok hijau laut (*Green spoonworm*). Pada larva cacing sendok hijau laut, yang menjadi syarat penentu jenis kelaminnya adalah pada lokasi dan sosial. Larva cacing sendok hijau laut tidak berdiferensiasi secara seksual, yang dimana bila mendarat di dasar laut yang tidak berpenghuni maka akan berkembang menjadi betina dan tumbuh hingga 15 cm. Sementara bila larva yang bersentuhan dengan cacing betina maka akan berkembang menjadi jantan kecil dengan panjang 1-3 mm yang hidup di dalam betina (Bachtrog, et al, 2022).

Selain faktor *environment* atau lingkungan, faktor eksternal lainnya dalam determinasi jenis kelamin adalah faktor epigenetik. Faktor ini merupakan faktor yang dapat memberikan pengaruh ekspresi genetika makhluk hidup tanpa mengganti susunan basa

DNA (Nur, 2023). Faktor epigenetik dapat mempengaruhi penentuan jenis kelamin pada beberapa spesies ikan, seperti pada ikan guppy dan ikan nila dengan tidak mengubah urutan basa DNA.

Pada ikan guppy, mereka memiliki gen yang disebut gen feminisasi (f) yang dapat mengubah ikan guppy jantan menjadi ikan guppy betina. Gen feminisasi pada ikan guppy (f) dapat diaktifkan dan dinonaktifkan melalui proses metilasi DNA, yaitu dengan penambahan gugus metil (-CH<sub>3</sub>) pada DNA sitosin. Ketika gen f guppy dimetilasi, gen tersebut menjadi tidak aktif dan protein feminisasi tidak lagi diproduksi, sehingga pada guppy jantan tetap berjenis kelamin jantan. Namun, bila gen f tidak termetilasi, ia menjadi aktif dan menghasilkan protein feminisasi, sehingga terjadi transformasi ikan guppy jantan menjadi betina (Nur, 2023). Faktor eksternal determinasi jenis kelamin seperti faktor lingkungan (ESD) dan faktor epigenetik sangat jarang dan bahkan tidak dapat terjadi pada manusia. Determinasi atau penentuan jenis kelamin pada manusia lebih ditentukan secara genetik yakni pada saat pembentukan kromosom seks (gonosom) yang dibawa oleh sperma yang akan membuahi sel telur pada proses fertilisasi (Raven, et al, 2020).

## SIMPULAN

Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa sex determinasi pada manusia dan karakteristik sex yang terikat menunjukkan bahwa sistem determinasi sex pada manusia umumnya dikenal sebagai sistem pembentukan kromosom seks XY. Sistem ini menunjukkan bahwa betina memiliki kromosom seks XX, sedangkan jantan memiliki kromosom seks XY. Bila ovum dengan kromosom X bertemu dengan sperma yang memiliki kromosom X, nantinya dapat menghasilkan kromosom betina dengan kromosom XX, dan bila ovum dengan kromosom X bertemu dengan sperma dengan kromosom Y, akan dapat menghasilkan kromosom jantan dengan kromosom XY. Selain dari faktor genetik yang telah ditentukan oleh kromosom seks itu sendiri, terdapat pula faktor lainnya yang mempengaruhi dari penentuan jenis kelamin pada organisme, yaitu Faktor Lingkungan (*Environmental sex determination*) dan Faktor Epigenetik. Faktor ESD dan epigenetik tidak dapat terjadi pada manusia. Penentuan jenis kelamin pada manusia ditentukan pada saat pembentukan kromosom

seks yang dibawa oleh sperma yang membuahi sel telur.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akashi, H., Hasui, D., Ueda, K., Ishikawa, M., et al. 2024. Understanding the role of environmental temperature on sex determination through comparative studies in reptiles and amphibians. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 341, 48–59.
- Bachtrog, D., Mank, J. E., Peichel, C. L., Kirkpatrick, M., et al. 2021. Sex determination : why so many ways of doing it?. *PLoS biology*, 12(7), e1001899.
- Campbell N. A, Reece J.B, Urry L.A, Cain M.L, Wasserman S.A, Minorsky P.V, Jackson R.B. 2020. *Biologi* Edisi 8 Jilid 1. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Dima, Alfred & Solihin, Dedy & Manalu, W. & Boediono, Arief. 2015. Expression Profile of Sex Determination Gene, Bioreproduction, Phenotype, and Locomotory Performances of Olive Ridley, *Lepidochelys Olivacea* Induced By Different Incubation Temperature. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(1). 143-155
- Effendi, Y. 2020. *Buku Ajar Genetika Dasar*. Magelang: Pustaka Rumah C1nta.
- Ira, P. 2022. Analisis Sitogenetika Pada Pasien Dengan Amenore Primer Di Center For Biomedical Research (Cebior) Semarang. *Skripsi*. Program Pendidikan Sarjana Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Indriawati, I., Volkandari, S. D., & Margawati, E. T. 2020. The Application of UTY and SRY Molecular Markers for Determination of Unknown Sex Samples in Bali Cattle. *Jurnal Ilmu Dasar*, 21(1), 55.
- Nur, A. 2023. *Determinasi Seks: Proses Penentuan Jenis Kelamin pada Makhluk Hidup*. Universitas An Nur Lampung.
- Piprek, R. P. 2020. History of The Research on Sex Determination. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 25(3), 19104–19112.
- Raven et al. 2020. *Biology*, 11th Ed. New York, McGraw-Hill Education.