

PENDEKATAN KLASIFIKASI CTG BERBASIS FISILOGI PADA JANIN: PARADIGMA BARU DALAM INTERPRETASI CARDIOTOCOGRAPHY

Oleh :

Rully Ayu Nirmalasari

Disampaikan pada acara mini seminar

“Decoding the Fetal Heart : Clinical decision-making Based on CTG”

Bagian Obstetri & Ginekologi - Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

Agustus 2025

PENDEKATAN KLASIFIKASI CTG BERBASIS FISILOGI PADA JANIN: PARADIGMA BARU DALAM INTERPRETASI CARDIOTOCOGRAPHY

Pendahuluan

Cardiotocography (CTG) adalah alat utama untuk memantau kesejahteraan janin selama kehamilan dan persalinan. Sistem klasifikasi konvensional (Kategori I, II, III; Normal, Suspect, Pathologis) terbatas karena mengandalkan pengelompokan tanpa mempertimbangkan fisiologi janin secara mendalam. Pedoman internasional terbaru merekomendasikan klasifikasi berdasarkan respons fisiologis janin terhadap stres hipoksik, termasuk pola ZigZag, indikasi inflamasi, dan insufisiensi utero-placental (RUPI-L), memberikan pendekatan berbasis patofisiologi yang lebih akurat.(1–3) Penelitian menunjukkan adanya pengaruh positif dari cara pendekatan ini terhadap penurunan operasi caesar darurat dan peningkatan outcome perinatal.(1)

Cardiotocography

Cardiotocography (CTG) bertujuan merekam detak jantung janin (FHR) dan kontraksi uterus (UC) secara simultan, dan digunakan secara luas untuk mendeteksi risiko hipoksia janin secara non-invasif baik pada masa ante- maupun intra-partum.(2–4) Klasifikasi konvensional membagi hasil pemantauan ini atas dasar kondisi *baseline* detak jantung janin, variabilitas, serta adanya akselerasi, dan atau deselerasi.(5) Namun demikian, pendekatan konvensional ini rentan terhadap variabilitas interpretasi antar pemeriksa dan tidak mempertimbangkan respon fisiologis janin. Kondisi ini dapat menyebabkan kesalahan diagnosis. Sebaliknya, pendekatan berbasis fisiologi janin lebih ditekankan untuk mempertimbangkan respons kompensasi janin terhadap hipoksia, sehingga memungkinkan klasifikasi lebih tepat dan dinamis.(3,6,7)

Monitoring intra-partum

Selama fase persalinan (*intrapartum*), pemantauan janin menjadi sangat krusial untuk mendeteksi dan mencegah hipoksia. Ada berbagai modalitas yang dapat digunakan untuk pemantauan ini. Berikut adalah berbagai cara monitoring beserta interpretasinya.

- **Electronic Fetal Monitoring (EFM)/CTG:** Monitoring detak jantung janin selama fase intra-partum dapat dilakukan secara elektronik dengan pemantauan kontinu. Pemeriksaan ini dapat mendeteksi adanya pola deselerasi detak jantung janin, variabilitas yang berkurang, dan kejadian bradikardia. Namun demikian, adanya perubahan detak jantung ini tidak cukup baik dalam memprediksi adanya kondisi hipoksia metabolik dan ensefalopati iskemik pada janin. Kondisi ini mungkin

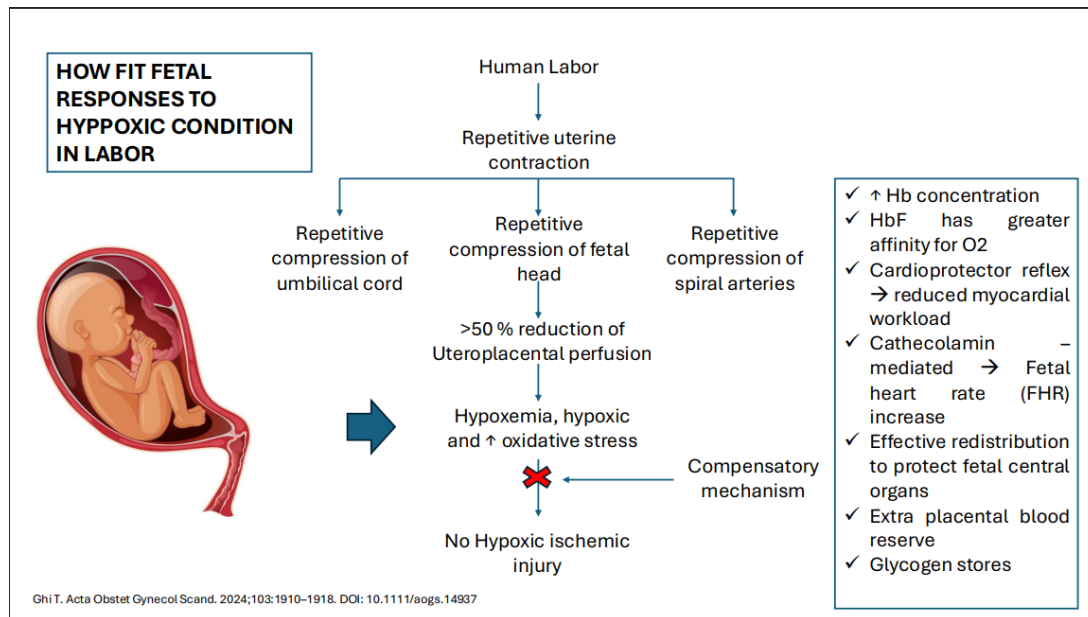
disebabkan karena sensitivitas bradikardia pada kasus ensefalopati hipoksik iskemik (HIE : *hypoxic ischemic encephalopathy*) hanya sekitar 15,4% dengan spesifisitas yang cukup tinggi (bisa mencapai 98,9%).(2,6,8) Pada penelitian ditemukan gambaran detak jantung janin dengan pola yang tidak jelas (indeterminate), disertai adanya bradikardia, dan variabilitas rendah yang menunjukkan adanya peningkatan risiko HIE dengan odds ratio cukup tinggi.(2)

- **Biophysical dan biochemical monitoring tambahan:** Berbagai metode lain seperti ST-analysis, Doppler, *fetal scalp blood sampling* (FBS), dan *fetal pulse oximetry* dapat digunakan, walaupun memiliki tingkat positif palsu yang tinggi dan belum terbukti dapat menurunkan kebutuhan intervensi atau memperbaiki luaran.(6,9–12)
- **Fetal Pulse Oximetry (FPO):** Kombinasi dari FPO dan pemeriksaan CTG dapat digunakan untuk menurunkan kemungkinan intervensi seperti operasi caesar pada kondisi janin yang meragukan, namun secara keseluruhan tampaknya masih belum memberikan dampak untuk outcome neonatal.(6,12)
- **Algoritma prediksi:** Untuk menurunkan angka kejadian intervensi yang berlebihan (seperti seksio sesarea) tanpa mengabaikan kondisi janin dikembangkan suatu model prediktif. Variabel umum yang digunakan mencakup paritas, ratio serebroplasental berdasarkan pemeriksaan ultrasonografi (USG) dan jalannya persalinan. Namun demikian, sampai saat ini belum ada model yang cukup tervalidasi untuk digunakan luas secara klinis.(6,13,14)

Respons janin terhadap kondisi hipoksia

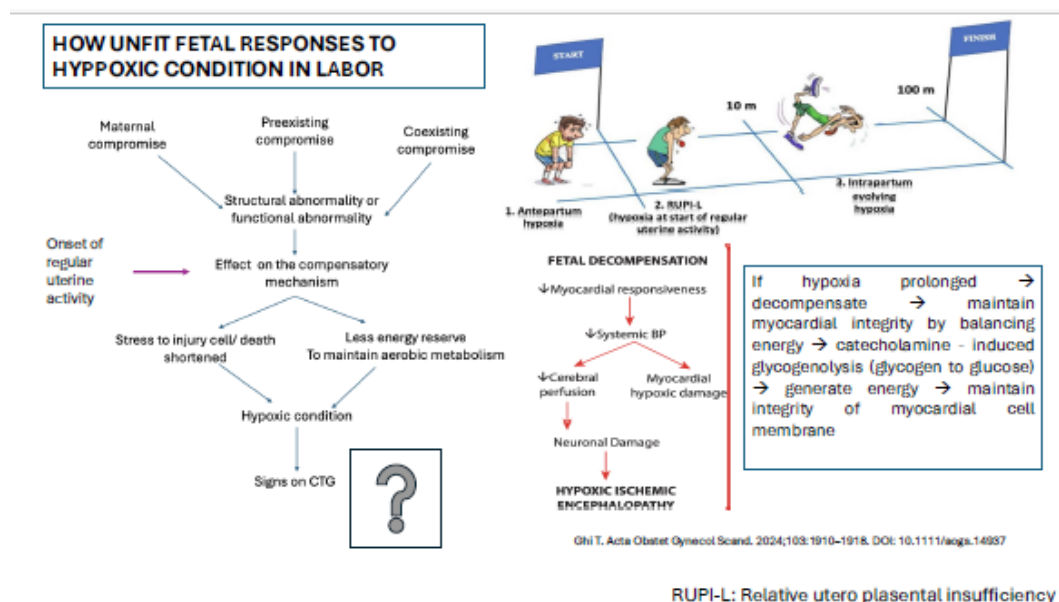
Janin memiliki mekanisme fisiologis untuk menghadapi hipoksia:(14,15)

1. **Kompensasi metabolik:** Saat hipoksia awal, janin beralih ke metabolisme anaerobik untuk mempertahankan homeostasis. Jika hipoksia berlanjut, dekompensasi terjadi, yang bisa menyebabkan kerusakan seluler dan mortalitas.
2. **Distribusi ulang darah:** Janin mengatur aliran darah ke organ vital (otak, jantung), ditandai oleh perubahan FHR dan variabilitas. Jika kegagalan terjadi, risiko cedera neurologis meningkat.
3. **Kerusakan pada otak:** Hipoksia memicu serangkaian reaksi termasuk pelepasan glutamat, penumpukan kalsium, radikal bebas, dan peradangan, memicu cedera otak baik saat maupun setelah hipoksia (*reperfusion injury*). (16)



Gambar 1. Gambar respons janin sehat terhadap kondisi hipoksia dalam kandungan(15)

Janin yang tidak sehat akan memberikan respons yang berbeda jika berada pada kondisi hipoksia. Respons yang terjadi dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini



Gambar 2. Gambar respons janin yang tidak sehat terhadap kondisi hipoksia dalam kandungan(15)

Berbagai upaya dilakukan untuk memperbaiki kondisi intra uterin sehingga dapat meningkatkan luaran. Salah satunya adalah dengan memberikan cairan pada ibu. Namun demikian penelitian menunjukkan bahwa pemberian terapi cairan hanya dapat memperbaiki sirkulasi ibu tetapi tidak bisa diberikan untuk memperbaiki abnormalitas detak jantung janin. Selain itu terpai cairan secara intravena juga hanya diberikan pada kasus-kasus dengan

deselerasi memanjang atau bradikardi janin yang terjadi akibat hipotensi maternal dengan tujuan memperbaiki sirkulasi ibu, atau sebagai bagian dari pengobatan sepsis atau ketoasidosis diabetes yang dialami ibu.(17)

Kesimpulan

Pendekatan klasifikasi CTG berbasis fisiologi memberikan kerangka kerja yang lebih mendalam dan responsif secara klinis dibandingkan klasifikasi konvensional. Dengan mengenali tipe hipoksia dan respon janin, dokter dapat mengambil keputusan klinis yang lebih tepat waktu dan akurat. Studi lanjut diperlukan untuk validasi multinasional dan integrasi algoritmik dalam sistem *monitoring real-time*.

Daftar Pustaka

1. Info A, Chandraharan E. Physiological Interpretation of Cardiotocograph: Does the Emerging Scientific Evidence Suggest a Reversal in the “Thunder and Lightning” Phenomenon? *Journal of Clinical & Medical Surgery*. 2023;
2. Larma JD, Silva AM, Holcroft CJ, Thompson RE, Donohue PK, Graham EM. Intrapartum electronic fetal heart rate monitoring and the identification of metabolic acidosis and hypoxic-ischemic encephalopathy. *Am J Obstet Gynecol* [Internet]. 2007 Sep 1 [cited 2025 Sep 9];197(3):301.e1-301.e8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002937807008290>
3. Chandraharan E, Pereira S, Ghi T, Gracia Perez-Bonfils A, Fieni S, Jia YJ, et al. International expert consensus statement on physiological interpretation of cardiotocograph (CTG): First revision (2024). *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* [Internet]. 2024 Nov 1 [cited 2025 Sep 9];302:346–55. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301211524005281>
4. Jalal DN. The Importance of Cardiotocography (CTG). *Journal of Social Studies* [Internet]. 2025;11(2):47–50. Available from: <http://www.jssjournal.com>
5. Zhang W, Tang Z, Shao H, Sun C, He X, Zhang J, et al. Intelligent classification of cardiotocography based on a support vector machine and convolutional neural network: Multiscene research. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*. 2024 May 1;165(2):737–45.
6. Giles-Clark HJ, Skinner SM, Linn MM, Rolnik DL, Mol BW. Prediction models for intrapartum fetal hypoxia: A systematic review. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* [Internet]. 2025 Apr 17 [cited 2025 Sep 9];308:99–111. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301211525001216>
7. Piešová M, Mach M. Impact of perinatal hypoxia on the developing brain. *Physiol Res*. 2020 Apr 1;69(2):199–213.
8. Fergus P, Huang DS, Hamdan H. Prediction of Intrapartum Hypoxia from Cardiotocography Data Using Machine Learning. *Applied Computing in Medicine and Health* [Internet]. 2016 Jan 1 [cited 2025 Sep 9];125–46. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128034682000060>
9. Shcherbakova EA, Istomina NG, Baranov AN, Grijbovski AM. Ultrasound parameters and anamnestic findings as potential predictors of fetal hypoxia among late fetal

growth restriction requiring preterm delivery. *Journal of Obstetrics and Women's Diseases*. 2025;74(1):74–83.

10. Jørgensen JS, Weber T. Fetal scalp blood sampling in labor - A review. Vol. 93, *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd; 2014. p. 548–55.
11. East CE, Leader LR, Sheehan P, Henshall NE, Colditz PB, Lau R. Intrapartum fetal scalp lactate sampling for fetal assessment in the presence of a non-reassuring fetal heart rate trace. Vol. 2015, *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley and Sons Ltd; 2015.
12. East CE, Begg L, Colditz PB, Lau R. Fetal pulse oximetry for fetal assessment in labour. Vol. 2014, *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley and Sons Ltd; 2014.
13. Oladapo OT, Tunçalp, Bonet M, Lawrie TA, Portela A, Downe S, et al. WHO model of intrapartum care for a positive childbirth experience: transforming care of women and babies for improved health and wellbeing. Vol. 125, *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*. Blackwell Publishing Ltd; 2018. p. 918–22.
14. Cömert Z, Şengür A, Budak Ü, Kocamaz AF. Prediction of intrapartum fetal hypoxia considering feature selection algorithms and machine learning models. *Health Inf Sci Syst*. 2019 Dec 1;7(1).
15. Ghi T, Fieni S, Ramirez Zegarra R, Pereira S, Dall'Asta A, Chandraharan E. Relative uteroplacental insufficiency of labor. Vol. 103, *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. John Wiley and Sons Inc; 2024. p. 1910–8.
16. Khanduja S, Kim J, Kang JK, Feng CY, Vogelsong MA, Geocadin RG, et al. Hypoxic-Ischemic Brain Injury in ECMO: Pathophysiology, Neuromonitoring, and Therapeutic Opportunities. Vol. 12, *Cells*. MDPI; 2023.
17. Chandraharan E. Maternal “Oxygen and Fluids Therapy” to Correct Abnormalities in the Cardiotocograph (CTG): Scientific Principles vs Historical (Mal) Practices. *J Adv Med Med Res*. 2020 Jun 4;10–6.