



PENGARUH ASUPAN ZAT BESI DAN POLUSI LINGKUNGAN TERHADAP KADAR STRES OKSIDATIF PADA IBU HAMIL: *LITERATURE REVIEW*

Novi Fitriani*, Rostika Flora, Anita Rahmiwati, Nur Alam Fajar, Yuanita Windusari, Novrika Sari

Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya, Jl.

Masjid Al Gazali, Bukit Lama, Ilir Barat I, Palembang, Sumatera Selatan 30128, Indonesia

*fitrianiнови@gmail.com

ABSTRAK

Stres oksidatif terjadi jika kadar anti oksidan tidak dapat menetralkan produksi radikal bebas yang berlebihan dalam tubuh. Dalam kehamilan, stres oksidatif yang terus meningkat dapat menyebabkan munculnya komplikasi bagi ibu dan janin. Faktor yang dapat mempengaruhi kondisi stress oksidatif adalah kekurangan dan kelebihan zat besi serta adanya paparan polusi lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh asupan zat besi dan polusi lingkungan terhadap kadar stres oksidatif pada ibu hamil. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review menggunakan alur Preferred Reporting Items for Systematic Reviews (PRISMA) dengan mengumpulkan artikel dari database Google Scholar, PubMed dan Scint Direct dengan kata kunci "oxidative stress", "pregnancy", "iron intake", "iron deficiency" "air pollution", "environment pollution". Dari hasil analisis dipilih 8 artikel yang sesuai kriteria. Kesimpulannya adalah kekurangan maupun kelebihan zat besi dapat berpengaruh terhadap produksi radikal bebas dan stres oksidatif pada ibu hamil.

Kata kunci: asupan zat besi; definisi zat besi; kehamilan; stres oksidatif

THE EFFECT OF IRON INTAKE AND ENVIRONMENTAL POLLUTION ON OXIDATIVE STRESS LEVELS IN PREGNANT WOMEN: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Oxidative stress occurs if anti-oxidant levels cannot neutralize excessive free radical production in the body. In pregnancy, increasing oxidative stress can cause complications for the mother and the fetus. Factors that can influence oxidative stress conditions are iron deficiency and excess, as well as exposure to environmental pollution. The aim of this research is to analyze the effects of iron intake and environmental pollution on stress levels. oxidative stress in pregnant women. The method used is a systematic literature review using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews (PRISMA) flow by collecting articles from the Google Scholar, PubMed, and Scint Direct databases with the keywords "oxidative stress", "pregnancy", "iron intake", "iron deficiency" "air pollution" and "environment pollution". From the results of the analysis, eight articles were selected that met the criteria. The conclusion is that iron deficiency or excess can affect the production of free radicals and oxidative stress in pregnant women.

Keywords: definition of iron; iron intake; oxidative stress; pregnancy

PENDAHULUAN

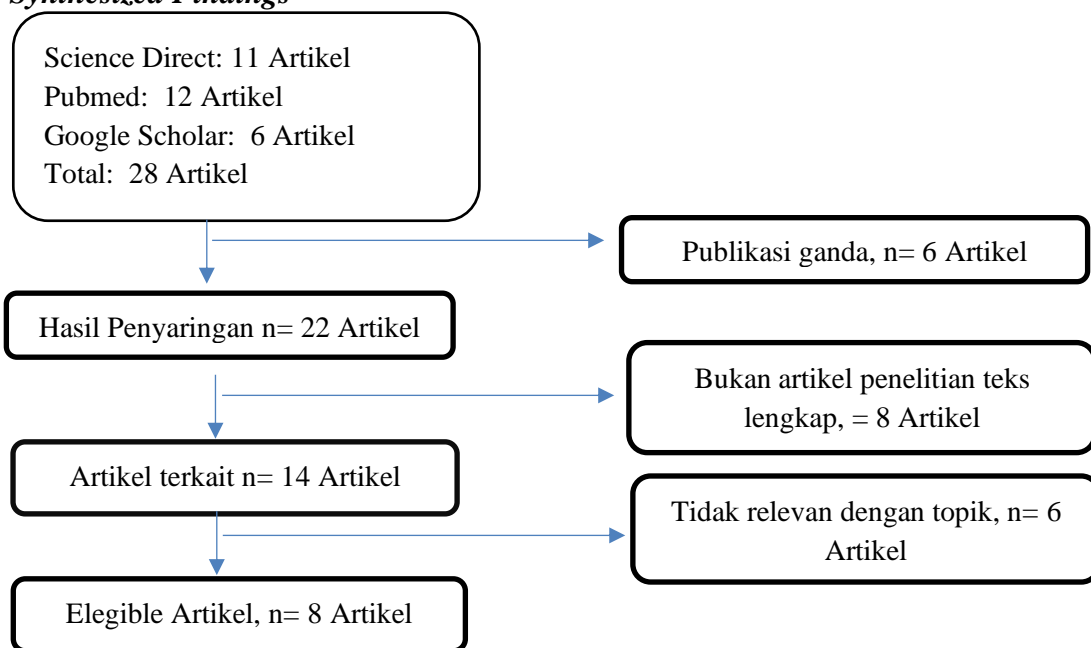
Spesies oksigen reaktif (ROS) dan spesies nitrogen reaktif (RNS) adalah contoh radikal bebas yang diproduksi melebihi apa yang dapat dikeluarkan oleh sistem antioksidan tubuh dari tubuh. Kondisi ini dikenal sebagai stres oksidatif (Hussain *et al.*, 2021). ROS dan RNS memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai molekul pensinyalan dalam proses biologis sel, termasuk pembelahan sel, proliferasi, dan kematian. Selain itu, ROS dapat mendukung mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi (Sies, 2015). Karena mitokondria plasenta meningkatkan fosforilasi oksidatif untuk memenuhi tuntutan pertumbuhan janin, stres oksidatif dapat terjadi pada plasenta dan membran janin selama kehamilan (Sultana *et al.*, 2023).

Pola makan yang buruk, alkoholisme, merokok, peradangan di dalam tubuh, paparan bahan kimia berbahaya dan polusi di lingkungan, dan pilihan gaya hidup tidak sehat lainnya semuanya dapat menyebabkan stres oksidatif (Imam *et al.*, 2017); (Rajendran *et al.*, 2022). Ketika datang ke metabolisme zat besi, memiliki terlalu banyak atau terlalu sedikit zat besi juga dapat menyebabkan stres oksidatif karena sejumlah proses tubuh yang berbeda (Imam *et al.*, 2017). Melalui proses tertentu terutama reaksi Fenton, kelebihan zat besi dapat menyebabkan stres oksidatif dan pembentukan ROS. Kekurangan zat besi, di sisi lain, dapat menyebabkan hipoksia, atau sel-sel tubuh tidak mendapatkan cukup oksigen. Hal ini dapat menyebabkan perubahan pro-oksidan, seperti metabolisme sel, yang dapat mengakibatkan terciptanya ROS dan stres oksidatif (Imam *et al.*, 2017).

Stres oksidatif juga dapat ditingkatkan oleh pencemaran lingkungan, termasuk polusi udara, dalam tubuh, terutama di plasenta selama kehamilan. Melalui sejumlah cara, polusi udara dapat meningkatkan stres oksidatif dalam tubuh manusia. Spesies oksigen reaktif (ROS) dibuat ketika polusi udara yang mengandung partikel halus (PM2.5), karbon hitam (BC), ozon, nitrogen oksida, dan logam transisi dihirup. ROS dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada mitokondria dan membahayakan jaringan tubuh lainnya, termasuk DNA mitokondria (Saenen *et al.*, 2016); (Grevendonk *et al.*, 2016). Ketidaksesuaian antara produksi antioksidan dan radikal bebas tubuh dapat membahayakan sel dan jaringan serta berperan dalam munculnya sejumlah penyakit (Hussain *et al.*, 2021). Peningkatan stres oksidatif selama kehamilan, di sisi lain, dapat membahayakan sel-sel plasenta dan pembuluh darah, yang dapat mengganggu akses janin ke darah dan nutrisi, serta asam deoksiribonukleat, lipid, dan protein. Efek ini dapat berdampak pada pertumbuhan janin dan kesehatan ibu selama kehamilan. Selain itu, stres oksidatif berkontribusi terhadap sejumlah masalah reproduksi seperti persalinan dini, pembatasan pertumbuhan janin, preeklampsia, infertilitas, dan keguguran. (Duhig, Chappell and Shennan, 2016); (Moore *et al.*, 2019). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji bagaimana pencemaran lingkungan dan konsumsi zat besi mempengaruhi tingkat stres oksidatif ibu hamil.

METODE

Synthesized Findings



Gambar 1. Prisma Flow Diagram

Menggunakan alur Item Pelaporan Pilihan untuk Tinjauan Sistematis (PRISMA), tinjauan literatur sistematis adalah metodologi yang digunakan. Artikel dikumpulkan dari database Google Scholar, PubMed, dan ScientDirect menggunakan kata kunci "stres oksidatif," "kehamilan," "asupan zat besi," "kekurangan zat besi," "polusi udara," dan "pencemaran lingkungan." Sembilan artikel yang memenuhi persyaratan dipilih dari hasil analisis. Penelitian yang dianalisis adalah penelitian tentang pencemaran lingkungan, konsumsi zat besi, dan stres oksidatif pada kehamilan. Publikasi gratis, teks lengkap, akses terbuka serta karya atau penelitian unik yang diterbitkan oleh jurnal internasional antara tahun 2014 dan 2023 memenuhi persyaratan inklusi. Ada dua puluh delapan artikel yang ditemukan di hasil pencarian pertama. Sembilan item kemudian dipilih sekali lagi dari total ini dan ditemukan sesuai dengan persyaratan inklusi.

HASIL

Tabel 1
Analisis Artikel

Penulis/ tahun	Tujuan	Studi	Metode	Hasil Penelitian
Aly <i>et al</i> (2016)	Untuk mengetahui pengaruh suplementasi zat besi oral pada ibu hamil dengan defisiensi zat besi terhadap stress oksidatif dan korelasinya dengan penanda inflamasi sistemik perifer	Penilaian terhadap pengaruh suplementasi zat besi oral dengan pengukuran parameter hematologi, rasio neutrofil, limfosit, rasio trombosit, serum malandialdehid(MDA), kapasitas antioksidan total (TAC), zat besi dan feritin	Penelitian kasus kontrol dengan sampel 30 ibu hamil anemia dan 50 ibu hamil anemia pada minggu kehamilan 20-36 minggu	Ibu hamil anemia memiliki kadar MDA lebih tinggi dibandingkan ibu hamil normal. Suplemen besi efektif menurunkan kadar MDA pada ibu hamil anemia
Rajendran <i>et al</i> (2022)	Untuk menilai perbedaan efek suplementasi zat besi terhadap parameter hematologi, stress oksidatif dan inflamasi pada ibu hamil nonanemia dan anemia	Sample darah dianalisis untuk mengukur kadar malondialdehid (MDA), status antioksidan total (TAS) dan protein C-reaktif sensitivitas tinggi (hsCRP)	Penelitian dengan desain <i>cross sectional</i> dengan sample 40 ibu hamil anemia dan 40 ibu hamil non anemia	Rasio MDA, status antioksidan total (TAS) dan protein C-reaktif sensitivitas dan profil hematologi sensitivitas tinggi (hsCRP) secara signifikan lebih tinggi pada ibu hamil anemia
Bozka <i>et al</i> (2021)	Untuk mengevaluasi perubahan fungsi jantung dengan ekokardiografi dan stress oksidatif pada ibu hamil anemia defisiensi besi	Pengumpulan data demografu, pemeriksaan sampel darah kadar tiol/disulfide (TDH), kadar albumin dan parameter ekokardiografi	Penelitian prospektif terhadap 34 ibu hamil anemia defisiensi besi, 33 ibu hamil non anemia dan kelompok kontrol 33 ibu non-anemia dan tidak hamil	Anemia kehamilan dapat memicu stress oksidatif dan peningkatan stress oksidatif dapat menyebabkan perubahan fungsi jantung
Lympe <i>et al</i> (2015)	Untuk menilai kapasitas antioksidan total (TAC) dan dampak suplemen besi dan asam folat terhadap stress oksidatif	Pemeriksaan sample darah untuk mengetahui hemeglobin dan kadar stress oksidatif	Penelitian eksperimen dengan sample 50 ibu hamil trimester pertama dan trimester tiga (kelompok	Nilai serum TAC pada semua ibu hamil trimester satu lebih rendah dibandingkan kelompok control. Nilai serum TAC pada ibu hamil trimester satulebih rendah dibandingkan kelompok control. Pemberian suplemen

Penulis/ tahun	Tujuan	Studi	Metode	Hasil Penelitian
			studi) dan 25 wanita tidak hamil (Kelompok kontrol)	besi yang berlebihan dapat menimbulkan peningkatan stress oksidatif
Rak et al (2021)	untuk mengevaluasi hubungan antara stres oksidatif saat kelahiran dengan konsentrasi zat besi 3'nitrotyrosine (3'NT) dan tembaga dalam serum ibu, mengevaluasi perbedaan dalam konsentrasi zat besi dan tembaga antara ibu yang mengalami stres oksidatif dan yang tidak	Mengukur konsentrasi zat besi dan tembaga dalam serum ibu hamil dan konsentrasi 3'nitrotyrosine (3'NT) sebagai penanda stres oksidatif dalam darah tali pusat bayi baru lahir. Data dianalisis menggunakan uji statistik untuk mengevaluasi hubungan antara konsentrasi zat besi dan tembaga dengan konsentrasi 3'NT.	Penelitian ekperimen terhadap 57 ibu hamil dan 57 nenoatus	Terdapat korelasi antara tingkat stress oksidatif pada bayi yang baru lahir dan konsentrasi besi pada serum ibu. Konsentrasi besi pada serum darah ibu yang melebihi 400µ/dL akan meningkatkan stress oksidatif pada bayi
Saenen et al (2016)	Untuk mengetahui hubungan antara paparan polusi udara selama kehamilan dan stres oksidatif pada plasenta, serta dampak kesehatan yang mungkin terjadi pada janin dan bayi baru lahir	Penilaian kadar stres oksidatif dengan mengukur kadar 3-nitrotyrosine (3-NTp) pada plasenta sebagai biomarker stres oksidatif.	Peneltian kohort dengan data kelahiran di Belgia yang dilakukan antara tahun 2010-2013	Polusi udara dapat meningkatkan stres oksidatif dalam tubuh, termasuk pada plasenta selama kehamilan. Partikel halus (PM2.5), karbon hitam (BC), ozon, nitrogen oksida, dan logam transisi dapat menghasilkan spesies oksigen reaktif yang menyebabkan stres oksidatif
Greven donk et al (2016)	Untuk mengevaluasi hubungan antara paparan polusi udara partikulat selama kehamilan dengan kerusakan DNA oksidatif mitokondria pada ibu dan bayi baru lahir	Dilakukan pengambilan sampel darah dari ibu hamil dan darah tali pusat bayi baru lahir untuk mengukur tingkat 8-kerusakan DNA OHdG dan kandungan mtDNA dalam darah ibu dan tali pusat.	Peneltian kohort prospektif, dengsn sampel pasangan ibu-bayi baru lahir yang terdaftar dalam kohort kelahiran ENVIRONAGE di Belgia	Tingkat paparan materi partikulat (PM10) selama kehamilan berhubungan dengan kadar 8-hidroksi-2y-deoksiguanosin(8-OHdG) mitokondria dalam darah ibu. Semakin tinggi paparan PM10 selama hamil maka ditemukan juga semakin tinggi kadar 8-OHdG dalam darah ibu dan tali pusat.
Ismanto (2019)	Untuk mengetahui hubungan antara kadar timbal dan kadar malondialdehid dalam darah ibu hamil di Kabupaten Brebes	Pemeriksaan kadar timbal dalam darah dilakukan menggunakan metode AAS (Atomic Absorbtion Spectrofotometry), pemeriksaan kadar Malondialdehid menggunakan metode TCA (Trichloroacetic acid) dan wawancara terhadap responden menggunakan kuesioner terstruktur	Penelitian analitik observasional dengan rancangan studi cross sectional.	Kadar timbal dalam darah pada ibu hamil di lokasi penelitian rata-rata 42,67 µg/dL, berkisar 3,6-108,6 µg/dL, sedangkan kadar malondialdehid ibu hamil rata-rata 377,30 ng/ml, berkisar antara 0,61-1579,60 ng/ml. Kadar timbal dalam darah pada penelitian ini tergolong tinggi karena melebihi nilai ambang batas 5 µg/dL. Dalam penelitian ini, kadar timbal dan kadar malondialdehid dalam darah pada ibu hamil tidak saling berhubungan.

PEMBAHASAN

Pengaruh Asupan Zat Besi terhadap Kadar Stres Oksidatif

Aly *et al* (2016) melakukan studi kasus kontrol pada ibu yang anemia dan mereka yang tidak, dengan usia kehamilan 20-36 minggu. Tujuan penelitian ini adalah untuk memastikan dampak pemberian zat besi oral pada stres oksidatif dan hubungannya dengan penanda respon inflamasi sistemik perifer pada wanita hamil yang kekurangan zat besi. 50 wanita hamil anemia dalam kelompok kasus dibagi menjadi dua kelompok: 25 ibu menerima 200 mg besi hidroksida IPC (Iron Polymaltose Complex) dan 25 wanita hamil menerima 100 mg besi sulfat dua kali sehari. Setelah enam minggu menjalani terapi zat besi, kadar hemoglobin, serum besi, dan feritin rata-rata meningkat sementara MDA, indikator stres oksidatif, menurun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suplemen IPC besi sulfat dan besi hidroksida adalah pengobatan yang efektif untuk anemia karena keduanya meningkatkan parameter hematologi, MDA yang lebih rendah dan indikator inflamasi perifer, dan meningkatkan kadar TAC untuk menjaga keseimbangan oksidatif. Menurut temuan penelitian, wanita hamil dengan kekurangan zat besi juga memiliki kadar MDA yang lebih besar daripada wanita hamil biasa (Aly *et al.*, 2016). Temuan yang sama dilaporkan dalam penelitian oleh Bozkaya *et al* (2021) anemia pada ibu hamil dapat menghasilkan stres oksidatif karena defisit zat besi yang disebabkan anemia dapat berdampak pada sintesis enzim antioksidan. Penelitian ini mengamati tiol, yang merupakan senyawa organik dengan gugus sulfhidril (-SH) yang berfungsi sebagai antioksidan utama tubuh, serta IMA (Ischemia Modified Albumin), bentuk albumin yang dimodifikasi yang berkembang ketika tubuh mengalami iskemia, atau kekurangan oksigen mencapai jaringan tubuh tertentu. Temuan pemeriksaan menunjukkan bahwa kadar tiol turun sementara kadar IMA meningkat dalam sampel 34 wanita hamil anemia. Membandingkan kadar tiol dan IMA dari 33 wanita hamil tanpa anemia dengan kelompok kontrol dari 33 ibu yang tidak anemia atau hamil, tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan (Bozkaya *et al.*, 2021).

Tubuh ibu hamil mengalami sejumlah perubahan fisiologis yang berkaitan dengan metabolisme zat besi. Karena zat besi diperlukan untuk pertumbuhan janin dan sintesis hemoglobin, kebutuhan zat besi meningkat selama kehamilan. Peningkatan kebutuhan zat besi dapat menyebabkan defisit zat besi, yang pada gilirannya dapat menyebabkan enzim antioksidan yang melindungi sel dari kerusakan akibat ROS menjadi kurang aktif. Penurunan sintesis hemoglobin juga dapat terjadi akibat defisit zat besi, yang dapat mengganggu kapasitas sel darah merah untuk membawa oksigen dan meningkatkan generasi spesies oksigen reaktif. Kekurangan zat besi jangka panjang dapat membahayakan sel-sel tubuh dan jaringan dengan menyebabkan stres oksidatif persisten. Untuk menghindari stres oksidatif dan kerusakan sel, sangat penting untuk mendeteksi dan mengobati kekurangan zat besi sesegera mungkin (Sangkhae *et al.*, 2020); (Rajendran *et al.*, 2022). Kadar hematologi dan MDA dinilai sebelum pemberian terapi berdasarkan penelitian oleh Rajendrana *et al* (2022) pada ibu hamil non-anemia yang menerima suplemen zat besi 60 mg/hari dan ibu hamil anemia yang menerima 120 mg/hari pada usia kehamilan 12 minggu. Pada usia kehamilan 28 minggu, ditemukan bahwa rasio malondialdehida (MDA) dan antioksidan total (TAS) (MDA / TAS) secara signifikan lebih tinggi pada wanita hamil anemia sebelum menerima suplemen zat besi. Profil hematologi dan kadar feritin meningkat secara signifikan ketika wanita hamil dengan anemia diberikan suplemen zat besi. Sementara itu, tingkat rasio MDA / TAS meningkat secara signifikan pada wanita hamil non-anemia yang mengonsumsi suplemen zat besi; namun demikian, profil hematologi dan kadar feritin serum tetap tidak berubah (Rajendran *et al.*, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Rak *et al* (2021) menghasilkan hasil yang serupa, menunjukkan bahwa konsentrasi Fe serum darah wanita hamil melebihi 400 µg/dL, yang sangat berlebihan, dapat meningkatkan stres oksidatif pada wanita hamil dan janin. Dalam darah tali pusat neonatus bayi baru lahir, ibu dengan konsentrasi zat besi serum tinggi ditemukan memiliki jumlah

3-nitrotyrosine (3NT) yang tinggi, ciri khas OS, (Rak *et al.*, 2021) Penelitian ini merekrut 57 wanita hamil dan janinnya..

Penelitian Lymperaki *et al* (2015) yang bertujuan untuk menilai kapasitas antioksidan (TAC) dan dampak suplemen terhadap stres oksidatif selama kehamilan melibatkan 50 wanita yang terbagi menjadi 25 wanita hamil (usia kehamilan 12 minggu dan 28 minggu) dan 25 wanita sehat tidak hamil. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kadar antioksidan meningkat secara signifikan pada ibu hamil trimester tiga dibandingkan pada trimester pertama. Hal ini disebabkan karena adanya respon tubuh terhadap peningkatan stres oksidatif selama kehamilan dan adanya asupan zat besi dari suplementasi besi oral yang didapatkan ibu sejak awal kehamilan (Lymperaki *et al.*, 2015). Dalam kondisi fisiologis, besi (Fe) terlibat dalam produksi spesies oksigen dan nitrogen reaktif (ROS/RNS) sebagai bagian dari kelompok logam transisi. Asupan zat besi yang berlebihan dapat meningkatkan stres oksidatif dengan mendorong reaksi Fenton dan produksi ROS/RNS yang sangat reaktif. Oleh karena itu sangat diperlukan pemeriksaan awal kadar Hemoglobin dan Feritin serum sebelum pemberian terapi zat besi agar dapat mengatasi kondisi anemia dan untuk menghindari kelebihan zat besi yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan jaringan yang disebabkan oleh stres oksidatif. (Lymperaki *et al.*, 2015); (Imam *et al.*, 2017); (Rak *et al.*, 2021).

Pengaruh Polusi Lingkungan terhadap Kadar Stres Oksidatif

Penelitian Saenen *et al* (2016) bertujuan untuk mengetahui hubungan antara paparan polusi udara selama kehamilan dan stres oksidatif pada plasenta, serta dampak kesehatan yang mungkin terjadi pada janin dan bayi baru lahir terhadap sampel plasenta dari 641 ibu hamil di Belgia dengan mengukur kadar 3-nitrotyrosine (3-NTP) sebagai biomarker stres oksidatif pada plasenta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan polusi udara selama kehamilan dapat menyebabkan peningkatan stres oksidatif pada plasenta selama kehamilan. Partikel halus (PM_{2.5}), karbon hitam (BC), ozon, nitrogen oksida, dan logam transisi yang terdapat dalam polusi udara dapat menghasilkan spesies oksigen reaktif yang dapat merusak sel dan jaringan tubuh (Saenen *et al.*, 2016). Penelitian ini sejalan dengan penelitian Martens *et al* (2018) yang menyebutkan bahwa paparan polusi udara saat kehamilan dapat menyebabkan aliran darah pada tali pusat bayi dan telomer plasenta yang merupakan struktur nucleoprotein sebagai pelindung kromosom memendek. Hal ini terjadi akibat polusi udara partikulat yang menghasilkan ROS secara langsung melalui reaksi Fenton yang terjadi pada permukaan partikel atau secara tidak langsung melalui perubahan fungsi mitokondria dan nikotinamida adenin dinukleotida fosfat-oksidasase atau melalui aktivasi sel inflamasi. Spesies oksigen reaktif dapat menyebabkan kerusakan DNA, sehingga menyebabkan peningkatan pemendekan telomer (Martens *et al.*, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Rumah Sakit East-Limburg di Genk, Belgia dimana sampel penelitian ini terdiri dari 293 sampel darah tali pusat yang dikumpulkan segera setelah melahirkan dan 224 sampel darah ibu dikumpulkan 24-48 jam setelah melahirkan, dapat disimpulkan bahwa kerusakan DNA oksidatif mitokondria pada bayi baru lahir dan ibu berhubungan dengan paparan polusi udara partikulat selama kehamilan. Partikel-partikel polutan dalam udara dapat memicu reaksi oksidatif dalam tubuh, yang menghasilkan radikal bebas dan spesies oksigen reaktif (ROS). ROS dapat merusak sel dan jaringan dalam tubuh, termasuk DNA mitokondria, yang dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada mitokondria. Oleh karena itu, paparan polusi udara partikulat dapat meningkatkan stres oksidatif sistemik pada tingkat mitokondria, baik pada ibu maupun janin (Grevendonk *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ismanto (2019) menunjukkan bahwa rata-rata kadar timbal dalam darah ibu hamil di Kabupaten Brebes sudah berada di atas ambang batas aman (>5

$\mu\text{g/dL}$). Hal ini dikarenakan sebagian besar ibu hamil di wilayah tersebut berprofesi sebagai petani atau buruh tani yang beresiko terkena paparan timbal melalui kontak langsung/ terhirup pertisida selama bekerja dan sebagai nelayan yang mendapat paparan dari air laut yang tercemar timbal. Penelitian yang dilaksanakan di 6 wilayah kerja Puskesmas di Brebes District, yaitu Puskesmas Wanasari, Puskesmas Kluwut, Puskesmas Bulakamba, Puskesmas Tanjung, Puskesmas Kecipir, dan Puskesmas Losari menyimpulkan bahwa tidak ada hubungan bermakna antara kadar timbal dengan kadar malondialdehid (MDA) pada ibu hamil yang diteliti. Walaupun demikian ibu hamil yang terus menerus mendapat paparan timbal yang menjadi polusi udara dan air laut akan meningkatkan stres oksidatif yang menimbulkan banyak dampak buruk bagi kesehatan (Ismanto, 2019).

Salah satu pencemaran pada lingkungan air, udara, dan tanah adalah logam berat. Beberapa logam berat yang berbahaya antara lain merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), arsen (As), Besi (Fe) dan kadmium (Cd). Logam berat masuk ke dalam tubuh melalui beberapa jalur, diantaranya melalui makanan yang dikonsumsi baik, polusi udara yang berasal dari asap kendaraan bermotor dan asap pabrik, kosmetik, dan lain-lain. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia bereaksi dengan gugus "S" (sulfhidril) pada enzim. Enzim yang telah terkontaminasi oleh logam berat tersebut menjadi tidak aktif. Hal ini mengakibatkan metabolisme tubuh akan terganggu (Irnidayanti and Indrayanti, 2020). Tingkat keparahan polutan udara dan emisi yang berada di lingkungan sangat ditentukan oleh aktivitas industri, transportasi jalan, pembakaran sampah di udara terbuka, sumber biogenik, debu dan sumber rumah tangga dalam ruangan (Kementerian Kesehatan, 2021). Paparan polusi udara secara terus menerus memiliki dampak terhadap Kesehatan baik secara jangka pendek maupun jangka Panjang salah satunya melalui mekanisme peningkatan stres oksidatif (Sudaryanto *et al.*, 2020)

Manajemen Pelayanan Kesehatan terkait kondisi Stres Oksidatif pada Ibu Hamil

Pemeriksaan kadar stres oksidatif belum menjadi pemeriksaan rutin yang dilakukan pada ibu hamil di Indonesia. Berdasarkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi peningkatan stres oksidatif pada ibu hamil, pelayanan kesehatan dapat melakukan beberapa upaya pencegahan dan penanganan komplikasi yang dapat ditimbulkan oleh kondisi stres oksidatif tersebut.

1. Skrining awal anemia pada ibu hamil

Berdasarkan beberapa penelitian menyebutkan bahwa kondisi anemia defisiensi besi dapat meningkatkan stres oksidatif yang sangat berperan terhadap munculnya komplikasi kehamilan. Asuhan antenatal merupakan salah satu Upaya Kesehatan yang bertujuan untuk mencapai kehamilan yang sehat artinya tercapai peningkatan kesehatan ibu dan bayi baru lahir. Pencapaian kesehatan ibu dan bayi yang optimal tidak terlepas dari pemantauan atau skrining terhadap keadaan ibu. Salah satu skrining yang merupakan bagian dari antenatal care adalah pemeriksaan hemoglobin pada ibu hamil yang dilakukan minimal 2x selama kehamilan yaitu pada trimester pertama dan trimester ketiga (Purba and Haslin, 2022). Seorang ibu hamil mengalami anemia jika kadar hemoglobin kurang dari 11,0 g/dl dan kadar serum ferritin < 20 $\mu\text{g/l}$ (Lin *et al.*, 2018) (Lisisina and Rachmiyani, 2020). Jika ditemukan ibu hamil dengan kondisi anemia maka dapat segera diberikan penanganan selanjutnya sehingga komplikasi yang mungkin terjadi dapat dicegah.

2. Pemberian Konseling, Informasi dan Edukasi oleh tenaga Kesehatan

Petugas pemberi layanan memberikan KIE agar ibu hamil dapat melakukan pemeriksaan antenatal care secara rutin, mengkonsumsi beraneka ragam makanan dengan menu seimbang terutama makanan dengan tinggi antioksidan, konsumsi multivitamin dan tablet ta,bah darah yang diberikan dan sebisa mungkin menghindari paparan polusi lingkungan.

3. Pemberian suplement besi dan asam folat

Salah satu bentuk penanganan anemia yaitu dengan pemberian tablet zat besi. Program pemberian Tablet Tambah Darah (TTD) pada ibu hamil dimulai pada tahun 1990 dengan tujuan mencegah dan mengobati anemia defisiensi besi. Sebagai bentuk pencegahan anemia, seorang ibu hamil dapat diberikan minimal 90 (sembilan puluh) tablet tambah darah selama kehamilan. Komposisi Tablet Tambah Darah sesuai program pemerintah mengandung kandungan zat besi 60 mg besi elemental dan 400 mcg asam folat. Selain itu tablet zat besi juga diperlukan untuk memenuhi asupan zat besi, guna mempersiapkan proses kehamilan dan persalinan yang sehat (Kemenkes RI, 2020). Dosis dan durasi pemberian tablet besi harus disesuaikan dengan kebutuhan ibu hamil dan kondisi kesehatannya. Selain itu, konsumsi makanan yang kaya zat besi seperti daging merah, hati, ikan, kacang-kacangan, sayuran hijau, dan buah-buahan juga dapat membantu memenuhi kebutuhan zat besi selama kehamilan (Sangkhae *et al.*, 2020).

4. Pemberian multivitamin yang berperan sebagai antioksidan

Tubuh manusia dapat menetralkan radikal bebas bila jumlahnya tidak berlebihan dengan mekanisme pertahanan antioksidan endogen. Bila antioksidan endogen tidak mencukupi, tubuh membutuhkan antioksidan dari luar. Mekanisme pertahanan tubuh dari radikal bebas adalah berupa antioksidan di tingkat sel, membran, dan ekstra sel. Antioksidan bersifat sangat mudah dioksidasi, sehingga radikal bebas akan mengoksidasi antioksidan dan melindungi molekul lain dalam sel dari kerusakan akibat oksidasi oleh radikal bebas atau oksigen reaktif (Werdhasari, 2014). Beberapa zat mikro seperti vitamin C, vitamin E, beta-karoten, dan selenium dapat membantu melindungi sel dari kerusakan akibat stres oksidatif. Selain itu, senyawa antioksidan seperti glutathione, katalase, dan superoksida dismutase juga dapat membantu menetralkan ROS dan mencegah stres oksidatif. (Sies, 2015). Vitamin C dan vitamin E merupakan jenis vitamin yang termasuk dalam kategori antioksidan nonenzimatik yang paling efektif dalam membantu melindungi sel dari kerusakan akibat spesies oksigen reaktif (ROS). Vitamin E diketahui dapat memicu apoptosis sel kanker dan menghambat pembentukan radikal bebas. Sementara itu, vitamin C dapat membantu meregenerasi vitamin E yang telah teroksidasi dan juga dapat membantu mengurangi radikal bebas dalam sel (Birben *et al.*, 2012).

5. Pencegahan paparan polusi udara dan asap rokok

Tindakan pencegahan paparan polusi udara secara langsung pada kehamilan diperlukan agar dapat meminimalkan dampak buruk bagi ibu dan janin. Beberapa upaya yang dilakukan ibu hamil untuk mencegah paparan polusi udara seperti tetap di rumah, menggunakan AC, menutup pintu dan jendela, menggunakan kipas angin, menutup ventilasi menggunakan kain, serta penggunaan masker saat sedang berada diluar rumah (Cahyani, Dewi and Elita, 2022). Petugas Kesehatan seyogyanya dapat memberikan KIE tentang pencegahan polusi lingkungan kepada ibu hamil. Selain itu Puskesmas selaku Unit pelayanan dibawah pemerintah kabupaten kota dapat menerapkan kebijakan Kawasan tanpa rokok di dalam lingkungan Puskesmas sendiri dan fasilitas umum di wilayah kerjanya.

SIMPULAN

Kekurangan atau kelebihan zat besi dapat memberikan efek negatif pada sel, sehingga menimbulkan risiko kesulitan bagi ibu hamil, sehingga penting bagi mereka untuk mendapatkan zat besi yang cukup selama kehamilannya (Ilham *et al.*, 2022). Tubuh manusia mungkin mengalami stres oksidatif akibat polusi udara. Polutan di udara dapat menyebabkan proses oksidatif dalam tubuh yang menghasilkan produksi radikal bebas dan spesies oksigen reaktif (ROS), yang dapat membahayakan jaringan dan sel tubuh, termasuk DNA mitokondria.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly, S. *et al.* (2016) 'Effects of oral iron (ferrous versus ferric) supplementation on oxidative stress and antioxidant status in pregnant women with iron deficiency: controlled trial', *The Egyptian Journal of Haematology*, 41(2), p. 31. Available at: <https://doi.org/10.4103/1110-1067.186392>.
- Birben, E. *et al.* (2012) 'Oxidative stress and antioxidant defense', *World Allergy Organization Journal*, 5(1), pp. 9–19. Available at: <https://doi.org/10.1097/WOX.0b013e3182439613>.
- Bozkaya, V.Ö. *et al.* (2021) 'Anemia in pregnancy: it's effect on oxidative stress and cardiac parameters', *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*, 34(1), pp. 105–111. Available at: <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1813709>.
- Cahyani, S., Dewi, Y.I. and Elita, V. (2022) 'Kebakaran Hutan Dalam Perawatan Kehamilan Di Kota Pekanbaru ', *Indonesia, Jurnal Ners*, 13(1).
- Duhig, K., Chappell, L.C. and Shennan, A.H. (2016) 'Oxidative stress in pregnancy and reproduction', *Obstetric Medicine*, 9(3), pp. 113–116. Available at: <https://doi.org/10.1177/1753495X16648495>.
- Grevendonk, L. *et al.* (2016) 'Mitochondrial oxidative DNA damage and exposure to particulate air pollution in mother-newborn pairs', *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 15(1), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0095-2>.
- Hussain, T. *et al.* (2021) 'The Role of Oxidative Stress and Antioxidant Balance in Pregnancy', *Mediators of Inflammation*, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/9962860>.
- Ilham, M. *et al.* (2022) 'Defisiensi Mikronutrisi (Zat Besi, Magnesium, Zinc, Kalsium, Vitamin D, Asam Folat, Vitamin C, Vitamin E, dan Omega 3) pada Preeklamsia Muhammad', *Indonesian Journal of Obstetrics & Gynecology Science*, pp. 170–183.
- Imam, M.U. *et al.* (2017) 'Antioxidants mediate both iron homeostasis and oxidative stress', *Nutrients*, 9(7), pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu9070671>.
- Irnidayanti, Y. and Indrayanti, R. (2020) 'Peningkatan Pengetahuan Ibu Hamil dan Calon Ibu Tentang Polutan Logam Berat Dalam Rangka Pencegahan Cacat Lahir Di Rawamangun', *BAKTIMAS: Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 2(1), pp. 32–41. Available at: <https://doi.org/10.32672/btm.v2i1.2088>.
- Ismanto, H. (2019) 'Hubungan Kadar Timbal (Pb) dengan Kadar Malondialdehid (MDA) dalam Darah pada Ibu Hamil di Wilayah Pantai Kabupaten Brebes', *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 18(2), pp. 28–34. Available at: <https://doi.org/10.14710/mkmi.18.2.28-34>.
- Kemendes RI (2020) 'Pedoman Pemberian Tablet Tambah Darah (TTD) Bagi Ibu Hamil', *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*, p. 24.
- Lin, L. *et al.* (2018) 'Prevalence, risk factors and associated adverse pregnancy outcomes of anaemia in Chinese pregnant women: A multicentre retrospective study', *BMC Pregnancy and Childbirth*, 18(1), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12884-018-1739-8>.
- Lisisina, N. and Rachmiyani, I. (2020) 'Hubungan antara kebiasaan minum teh dengan anemia

- pada wanita hamil', *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*, 4(2), pp. 65–69. Available at: <https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2021.v4.65-69>.
- Lymperaki, E. *et al.* (2015) 'Impact of iron and folic acid supplementation on oxidative stress during pregnancy', *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 35(8), pp. 803–806. Available at: <https://doi.org/10.3109/01443615.2015.1011102>.
- Martens, D.S. *et al.* (2018) 'Prenatal Air Pollution and Newborns' Predisposition to Accelerated Biological Aging', *Obstetrical and Gynecological Survey*, 73(5), pp. 259–260. Available at: <https://doi.org/10.1097/OGX.0000000000000563>.
- Moore, T.A. *et al.* (2019) 'Oxidative Stress Levels Throughout Pregnancy, at Birth, and in the Neonate', *Biological Research for Nursing*, 21(5), pp. 485–494. Available at: <https://doi.org/10.1177/1099800419858670>.
- Purba, A. and Haslin, S. (2022) 'Skrining Anemia Sebagai Upaya Peningkatan Kesehatan Ibu Hamil Di Praktik Mandiri Bidan Tanjung Delitua', *JUKESHUM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), pp. 63–68. Available at: <https://doi.org/10.51771/jukeshum.v2i1.202>.
- Rajendran, S. *et al.* (2022) 'Differences in the response to iron supplementation on oxidative stress, inflammation, and hematological parameters in nonanemic and anemic pregnant women', *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*, 35(3), pp. 465–471. Available at: <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1722996>.
- Rak, K. *et al.* (2021) 'Oxidative stress at birth is associated with the concentration of iron and copper in maternal serum', *Nutrients*, 13(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/nu13051491>.
- Saenen, N.D. *et al.* (2016) 'Placental Nitrosative Stress and Exposure to Ambient Air Pollution during Gestation: A Population Study', *American Journal of Epidemiology*, 184(6), pp. 442–449. Available at: <https://doi.org/10.1093/aje/kww007>.
- Sangkhae, V. *et al.* (2020) 'Effects of maternal iron status on placental and fetal iron homeostasis', *Journal of Clinical Investigation*, 130(2), pp. 625–640. Available at: <https://doi.org/10.1172/JCI127341>.
- Sies, H. (2015) 'Oxidative stress: A concept in redox biology and medicine', *Redox Biology*, 4, pp. 180–183. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.01.002>.
- Sudaryanto, S. *et al.* (2020) 'Socialization of the Impact of Air Pollution on Health Disorders Comfort and the Environment Kesehatan Kenyamanan Dan Lingkungan', *Session Socialization Of The Impact Of Air Pollution On Health Disorders Comfort And The Environment*, p. 10.
- Sultana, Z. *et al.* (2023) 'Involvement of oxidative stress in placental dysfunction, the pathophysiology of fetal death and pregnancy disorders', *Reproduction*, 1626. Available at: <https://doi.org/10.1530/rep-22-0278>.
- Werdhasari, A. (2014) 'Peran Antioksidan Bagi Kesehatan', *Jurnal Biomedik Medisiana Indonesia*, 3(2), pp. 59–68.