

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

1. Pengertian Air

Air adalah kebutuhan dasar bagi semua makhluk hidup. Selain itu, manusia memerlukan air tidak hanya sebagai sumber bahan tetapi juga sebagai sumber sarana produksi untuk pertanian, bahan industri, dan sebagai sumber tenaga listrik. Air yang terdapat di bumi ini penting tidak hanya bagi manusia tetapi juga bagi alam untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Dalam sistem sungai, selain memenuhi kebutuhan hidup, air berfungsi untuk mempertahankan stabilitas sungai melalui kemampuannya membawa dan mengendapkan sedimen, serta menjaga kualitas lingkungan dan sebagainya.

Secara keseluruhan, mutu air menentukan kualitas atau kondisi air yang terkait dengan kegiatan atau kebutuhan tertentu. Idealnya, air bersih memiliki ciri-ciri seperti jernih, tidak bewarna, tidak berasa, tidak berbau, dan bebas dari kuman yang dapat membahayakan kesehatan. Oleh karena itu, kualitas air dapat berbeda antara satu keperluan dan keperluan lainnya, misalnya kualitas air untuk irigasi berbeda dari kualitas air untuk minum. kualitas air harus memenuhi standart kesehatan yang mencangkup kriteria Mikrobiologi, Fisika, Kimia, dan Radioaktif.(Desti & Ula, 2021).

2. Jenis Jenis Air

Menurut (Simanjuntak et al., 2021) air dapat di klasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti Air Atmosfir, air permukaan, air tanah dan mata air.

a. Air Atmosfir

Air atmosfer adalah air yang berasal dari udara, seperti hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Kualitasnya dapat dipengaruhi oleh pencemaran udara seperti debu dan limbah industri.

b. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi, seperti air sungai dan rawa/danau. Air ini perlu diolah terlebih dahulu sebelum digunakan karena sering mengandung zat organik dan kotoran.

c. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah. Terdiri dari air tanah dangkal (hasil resapan) dan air tanah dalam (terletak di bawah lapisan kedap air).

d. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar secara alami ke permukaan. Kualitasnya relatif baik dan tidak terlalu dipengaruhi musim, contohnya mata air rembesan di daerah perbukitan.

3. Peran Air Bagi Kehidupan

a. Manfaat Air Bagi Manusia

Air berfungsi untuk membantu pencernaan, mengatur metabolisme, mengangkut zat makanan, menjaga keseimbangan tubuh, dan mencegah dehidrasi.

b. Manfaat Air Bagi Hewan

Air diperlukan untuk saluran pencernaan, mengatur suhu tubuh, dan metabolisme. Bagi hewan air, air juga menjadi habitat utama untuk hidup.

c. Manfaat Air Bagi Tumbuhan

Air penting untuk pertumbuhan, menjaga kesegaran, dan mencegah kekeringan. Kekurangan air dapat menyebabkan tumbuhan layu hingga mati (Simanjuntak et al., 2021).

4. Penyebab Tercemarnya Air

Pencemaran air merupakan suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan, dan air tanah akibat aktivitas manusia. Dalam PP No 20/1990 tentang pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air di didefinisikan sebagai: “Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke

dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas dari air tersebut turun hingga batas tertentu yang menyebabkan air tidak berguna lagi sesuai dengan peruntukannya.

Penyebab pencemaran air dapat berupa masuknya makhluk hidup, energy, zat ataupun komponen lain sehingga kualitas air menurun dan tercemar. Secara umum pencemaran air dibedakan menjadi 2, yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung.

- a. Sumber langsung meliputi efluen yang keluar industri, TPA, sampah rumah tangga, dan sebagainya.
- b. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan.

Pada dasarnya, sumber pencemaran air berasal dari sumber, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian. Tanah dan air mengandung sisa dari aktivitas pertanian seperti pupuk dan peptisida.

Selain itu pencemaran air dapat disebabkan dari erbagai hal yang memiliki karakteristik yang berbeda, seperti:

- a. Sampah organik seperti air comberan (sewage) menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air yang menerimanya yang mengarah pada berkurangnya oksigen yang dapat berdampak parah terhadap seluruh ekosistem.
- b. Industri membuang berbagai macam polutan ke dalam air limbahnya seperti logam berat, toksin organik, minyak, nutrient dan padatan,
- c. Air limbah tersebut memiliki efek termal, terutama yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik, yang dapat juga mengurangi oksigen dalam air. Seperti limbah pabrik yang mengalir ke sungai (Desti & Ula, 2021).

Pasang surut merupakan salah satu faktor hidrodinamika yang sangat berpengaruh terhadap perubahan kualitas air sungai. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya pergerakan massa air dari laut menuju sungai pada saat pasang, dan sebaliknya pada saat surut, sehingga terjadi perubahan fisik dan kimia pada air sungai. Beberapa studi menunjukkan bahwa saat air pasang, intrusi air laut membawa zat terlarut ke badan sungai sehingga

meningkatkan salinitas dan Total Dissolved Solids (TDS), sedangkan pada saat surut penurunan volume air menyebabkan konsentrasi polutan meningkat akibat berkurangnya daya pengenceran aliran sungai. Parameter kualitas air seperti pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan total koliform juga dilaporkan mengalami fluktuasi yang signifikan selama siklus pasang surut. Kondisi ini menunjukkan bahwa pasang surut tidak hanya mengubah tinggi permukaan air, tetapi juga memiliki peran langsung dalam meningkatkan tingkat pencemaran terutama pada sungai yang telah terpapar limbah domestik, pertanian, maupun industri.

Dengan demikian, dinamika pasang surut merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam analisis kualitas air sungai karena mampu mempercepat proses pencemaran maupun memperluas distribusi polutan di badan air (Sofarini et al., 2024).

5. Syarat Air Bersih Dan Air Minum

Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktivitas mereka sehari-hari dan memenuhi persyaratan untuk pengairan sawah, untuk *treatment* air minum dan untuk *treatment* air sanitasi. Persyaratan ditinjau dari persyaratan kandungan kimia, fisik dan biologis. Menurut Permenkes No.492/2010 Air Minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan yang dapat langsung diminum (Simanjuntak et al., 2021). Syarat kesehatan yang dimaksud meliputi :

- a. Parameter Fisik : Air tidak keruh, bewarna, ber-pH netral 6,7-7,5, tidak berasa atau rasanya tawar, tidak mengandung TDS.
- b. Parameter Kimia : terdiri dari pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Nitrat, Nitrit, Sulfat, Kesadahan, dan logam terlarut, Parameter Biologi : terdiri dari Total *Coliform* dan *Eschericia coli* (Kementrian Kesehatan, 2020).

B. Ginjal

1. Pengertian dan Fungsi Ginjal

Ginjal adalah organ sepasang yang berada di belakang rongga perut di samping tulang belakang. Setiap ginjal terdiri dari bagian korteks dan medula, yang mengandung nefron sebagai unit fungsional untuk menyaring darah. Ginjal juga memiliki saluran pengumpul yang mengalirkan urine ke ureter. Secara fungsi, ginjal berperan penting dalam membuang sisa metabolisme seperti ureum, mengatur keseimbangan cairan, elektrolit, dan asam-basa, mengontrol tekanan darah, serta menghasilkan hormon seperti eritropoietin dan kalsitriol (Garza & Leslie, 2025).

Ginjal merupakan organ utama yang berperan dalam mengekskresikan zat sisa metabolisme dan berbagai senyawa toksik yang masuk ke dalam tubuh. Konsumsi air yang terkontaminasi logam berat, residu pestisida, nitrat, maupun bahan pencemar lainnya dalam jangka panjang dapat meningkatkan beban kerja ginjal. Paparan tersebut dapat menyebabkan stres oksidatif, inflamasi, dan kerusakan nefron sehingga fungsi filtrasi ginjal menurun. Apabila kerusakan berlangsung terus-menerus, kemampuan ginjal dalam mengekskresikan ureum dapat terganggu sehingga kadar ureum dalam darah meningkat.

Penelitian (Vlahos et al., 2021) mendukung konsep tersebut. Dalam penelitian kohort prospektif yang dilakukan di Sri Lanka, individu yang mengonsumsi air sumur memiliki nilai *estimated glomerular filtration rate* (eGFR) yang lebih rendah dibandingkan individu yang menggunakan sumber air lain. Selain itu, sebagian besar sampel air sumur mengandung senyawa agrokimia dengan konsentrasi melebihi pedoman kualitas air minum. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa paparan jangka panjang terhadap sumber air yang terkontaminasi berhubungan dengan penurunan fungsi ginjal dan berpotensi meningkatkan risiko penyakit ginjal kronis.

Menurut (Ramesh et al., 2015) gangguan fungsi ginjal dapat menyebabkan perubahan profil hormon reproduksi, seperti penurunan kadar estradiol dan gangguan sekresi Gonadotropin Releasing Hormone. Kondisi

ini menunjukkan bahwa fungsi ginjal berperan dalam menjaga keseimbangan hormon reproduksi wanita.

Selain itu, ginjal berperan dalam metabolisme hormon estrogen dan progesteron. Gangguan fungsi ginjal dapat menyebabkan ketidakseimbangan hormon tersebut, yang berdampak pada terganggunya ovulasi, siklus menstruasi, serta penurunan fertilitas. Penelitian lain juga menyebutkan bahwa hormon estrogen memiliki hubungan timbal balik dengan fungsi ginjal, di mana perubahan kadar hormon dapat memengaruhi keseimbangan fisiologis tubuh (Juan Jesus Carrero et al., 2018).

Maka fungsi ginjal memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan hormonal dan kesehatan reproduksi wanita. Gangguan fungsi ginjal dapat menyebabkan ketidakseimbangan hormon, gangguan siklus menstruasi, serta meningkatkan risiko gangguan fertilitas dan komplikasi kehamilan.

2. Faktor yang Dapat Merusak Ginjal

Menurut (Hasanah et al., 2023) ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan rusaknya fungsi ginjal antara lain :

a. Usia

Usia merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fungsi ginjal. Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan fisiologis pada ginjal berupa berkurangnya jumlah nefron fungsional, penurunan laju filtrasi glomerulus (*Glomerular Filtration Rate/GFR*), serta menurunnya kemampuan tubulus dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit. Penurunan fungsi tersebut menyebabkan ginjal lebih rentan mengalami kerusakan apabila terpapar faktor risiko seperti hipertensi, diabetes melitus, maupun paparan zat nefrotoksik dari lingkungan (Stevens et al., 2024)

Menurut (BKKBN, 2023), dewasa awal (24–30 tahun), dewasa menengah (31–40 tahun), dan dewasa akhir (41–47 tahun) Kelompok usia yang lebih tua memiliki kecenderungan mengalami penurunan fungsi ginjal lebih cepat akibat proses penuaan fisiologis sehingga lebih rentan

terhadap gangguan fungsi ginjal dibandingkan kelompok usia yang lebih muda.

b. Genetika

Faktor genetik berperan dalam terjadinya penyakit ginjal seperti nefropati diabetik dan glomerulonefritis kronis. Riwayat keluarga meningkatkan risiko gagal ginjal kronik, termasuk pada penyakit ginjal polikistik yang diturunkan secara autosomal dominan.

c. Diabetes

Diabetes melitus merupakan penyebab utama gagal ginjal kronik melalui komplikasi nefropati diabetik. Kerusakan ginjal terjadi akibat proses seperti pembentukan AGEs, jalur poliol, glukotoksisitas, dan aktivasi protein kinase C.

d. Hipertensi

Hipertensi merupakan faktor risiko utama penyakit jantung, penyakit jantung kongestif, stroke, kehilangan penglihatan dan penyakit ginjal. Secara klinis, pasien dengan riwayat faktor risiko hipertensi mempunyai kemungkinan 3,2 kali lipat lebih besar untuk menderita gagal ginjal kronis dibandingkan pasien tanpa riwayat faktor risiko hipertensi.

e. Merokok

Kebiasaan merokok dapat meningkatkan risiko penyakit ginjal kronik. Nikotin memicu peningkatan tekanan darah, vasokonstriksi, dan penurunan aliran darah ginjal sehingga mengganggu fungsi filtrasi.

f. Pola Hidup

Pola hidup merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kesehatan ginjal, salah satunya adalah kebiasaan mengonsumsi air minum yang berasal dari sumber yang tidak memenuhi persyaratan kesehatan. Menurut Kementerian Kesehatan RI, air minum yang aman harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, mikrobiologi, dan radioaktivitas sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi masyarakat (Kementerian Kesehatan, 2023).

Konsumsi air sungai yang tercemar secara terus-menerus dapat menyebabkan paparan kronis terhadap berbagai zat nefrotoksik, seperti

logam berat, nitrat, pestisida, maupun senyawa kimia lainnya. Paparan tersebut dapat menimbulkan stres oksidatif, inflamasi, dan kerusakan nefron yang berlangsung secara perlahan sehingga akhirnya menurunkan fungsi filtrasi ginjal. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa gangguan ginjal akibat paparan lingkungan umumnya tidak terjadi dalam waktu singkat, tetapi setelah paparan berlangsung selama 10–30 tahun, bergantung pada konsentrasi zat pencemar, jumlah air yang dikonsumsi setiap hari, usia, status gizi, serta penyakit penyerta (Uthayarajan et al., 2025).

Penelitian (Starlaine Mascarenhas et al., 2017) menunjukkan bahwa individu yang mengalami penyakit ginjal kronis akibat paparan silika dan timbal dalam air minum memiliki kadar ureum serum, kreatinin, dan asam urat yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa paparan zat pencemar dalam air minum dapat berkontribusi terhadap penurunan fungsi ginjal melalui efek nefrotoksik.

Temuan tersebut didukung oleh penelitian (Nurul Fahimah et al., 2024) yang melaporkan bahwa beberapa sumber air yang digunakan masyarakat Indonesia mengandung logam berat seperti arsenik, kadmium, merkuri, dan timbal pada kadar yang melebihi baku mutu. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko gangguan kesehatan, terutama pada organ ginjal sebagai organ utama yang berperan dalam proses ekskresi zat toksik. Oleh karena itu, penggunaan sumber air yang memenuhi persyaratan kualitas sangat penting untuk mengurangi risiko gangguan fungsi ginjal akibat paparan bahan pencemar lingkungan.

C. Ureum

1. Pengertian Ureum

Ureum adalah hasil akhir metabolisme protein. Berasal dari asam amino yang telah di pindah amoniannya di dalam hati dan mencapai ginjal, dan di ekskresikan rata-rata 30 gram sehari. Kadar ureum darah yang normal adalah 10,0-50,0 mg/dl , tetapi hal ini tergantung dari jumlah normal protein

yang di makan dan fungsi hati dalam pembentukan ureum (Heriansyah et al., 2019)

Salah satu cara menegakkan diagnosis gagal ginjal dengan menilai kadar ureum dan kreatinin serum, karena kedua senyawa ini hanya dapat diekskresikan oleh ginjal. Kreatinin adalah hasil perombakan keratin, semacam senyawa berisi nitrogen yang terutama ada dalam otot. Banyaknya kadar kreatinin yang diproduksi dan disekresikan berbanding sejajar dengan massa otot.

2. Metabolisme Ureum

Siklus urea adalah cara tubuh mengubah amonia toksik menjadi urea. Amonia berasal dari katabolisme protein, baik akibat diet tinggi protein, deaminasi, maupun selama periode kelaparan berkepanjangan. Amonia juga diproduksi secara alami oleh flora usus. Di otot dan jaringan perifer, glutamat adalah asam amino yang menerima amonia bebas, yang menghasilkan pembentukan glutamin. Glutamin kemudian diekspor dari otot dan jaringan perifer dan dimanfaatkan oleh hati. Glutaminase memecah glutamin menjadi glutamat dan amonia. Glutamat juga menghasilkan urea tambahan melalui enzim glutamat dehidrogenase. Dari sini, amonia awalnya dimasukkan ke dalam mitokondria hepatosit dan akhirnya menghasilkan urea. Urea kemudian meninggalkan sitoplasma hepatosit dan akhirnya diekskresikan dalam urin (Barmore et al., 2025). Siklus urea disebut juga dengan siklus ornithine adalah reaksi pengubahan amonia (NH_3) menjadi urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Keseimbangan nitrogen dalam keadaan mantap akan diekresikan ureum kira kira 25 mg per hari.

Reaksi kimia ini terjadi di hati dan sedikit terjadi di ginjal hati menjadi pusat pengubahan amonia menjadi urea terkait fungsi hati sebagai tempat menetralkan racun. Urea bersifat racun sehingga dapat membahayakan tubuh apabila menumpuk di dalam tubuh. Meningkatnya ureum dalam darah dapat menandakan adanya masalah pada organ ginjal.

3. Faktor yang Dapat Mempengaruhi Ureum Dalam Darah

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar ureum dalam darah, yaitu :

- a. Diet rendah protein, malnutrisi atau puasa produksi ureum menurun maka kadar Blood Urea Nitrogen (BUN) rendah.
- b. Diabetes militus juga dapat mempengaruhi nilai ureum meningkat dalam darah.

4. Jenis dan Metode Pemeriksaan Ureum

Nitrogen urea darah (BUN) adalah tes yang umum dilakukan untuk mengukur kadar urea dalam darah dan dapat menilai seberapa baik fungsi ginjal. ureum normal umumnya adalah 10,0 hingga 50,0 mg/dL (Barmore et al., 2025).

Pemeriksaan ureum pada dasarnya merujuk pada tes tunggal yang mengukur kadar urea nitrogen dalam serum darah. Namun, dalam konteks diagnosis, tes ini seringkali dievaluasi bersama dengan parameter lain:

Jenis Pemeriksaan Ureum

- a. Tes Ureum Darah (BUN - Blood Urea Nitrogen):
 - 1) Mengukur jumlah nitrogen urea dalam darah.
 - 2) Digunakan sebagai indikator utama fungsi ginjal dan status hidrasi.
- b. Rasio BUN (Ureum) Terhadap Kreatinin:
 - 1) Bukan tes terpisah, melainkan perhitungan dari hasil tes BUN dan Kreatinin.
 - 2) Rasio ini sangat membantu dokter untuk membedakan penyebab peningkatan BUN, apakah karena masalah prerenal (seperti dehidrasi atau penurunan aliran darah ke ginjal), renal (kerusakan ginjal intrinsik), atau postrenal (obstruksi saluran kemih).

Di laboratorium klinis, ureum diukur menggunakan metode kimia yang memanfaatkan prinsip kerja enzim. Metode yang paling umum dan akurat adalah metode enzimatik, seringkali diadaptasi untuk digunakan pada alat otomatis (*autoanalyzer*).

Metode Pemeriksaan Ureum

a. Metode Enzimatik (Urease/GLDH)

Ini adalah metode yang paling spesifik dan umum digunakan saat ini, terutama dengan alat fotometri atau spektrofotometri. Prinsip Dasar:

- 1) Urea dalam sampel darah dihidrolisis (dipecah) oleh enzim Urease menjadi amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2).
- 2) Amonia yang terbentuk kemudian bereaksi dengan alpha-ketoglutarat (atau 2-Oxoglutarat) dan NADH (Nikotinamida Adenin Dinukleotida tereduksi), dengan bantuan enzim Glutamat Dehidrogenase (GLDH), menghasilkan L-Glutamat dan NAD^+ .
- 3) Laju penurunan NADH yang diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 340 nm berbanding lurus dengan konsentrasi urea dalam sampel.

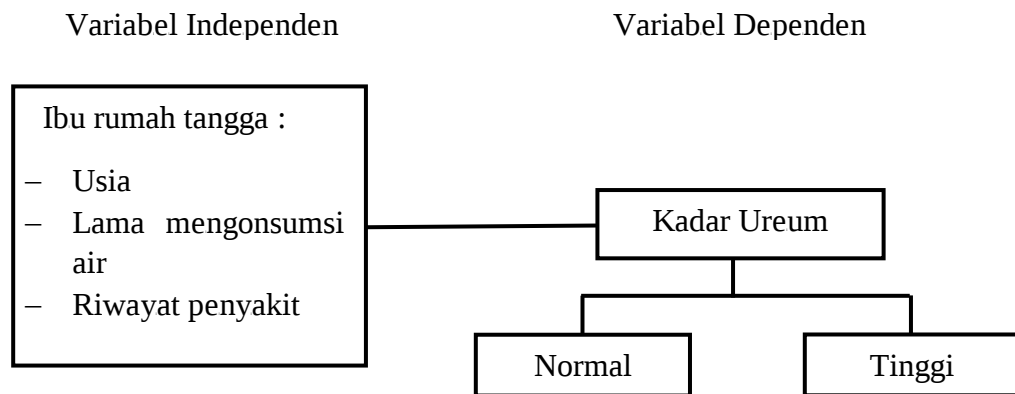
Keuntungan: Lebih spesifik, cepat (metode kinetik), dan akurat.

b. Metode Colorimetri (Warna)

Metode ini, seperti metode Diasetil Monoksim (DAM) atau sejenisnya, kurang umum digunakan saat ini karena kurang spesifik dan lebih rentan terhadap interferensi.

Contoh: Urea dihidrolisis menjadi amonia, yang kemudian bereaksi dengan reagen tertentu (misalnya, reaksi dengan alkalin hipoklorit dan natrium salisilat) untuk menghasilkan warna.

D. Kerangka Konsep



Gambar 1 Kerangka Konsep

F. Definisi Operasional

1. Usia : Umur hidup responden yang dihitung sejak lahir hingga saat penelitian dilakukan.
2. Lama mengonsumsi : Lamanya durasi waktu responden dalam mengonsumsi air sungai sebagai sumber air minum utama sehari-hari.
3. Riwayat penyakit : Kondisi medis kronis atau penyakit degeneratif yang pernah atau sedang diderita responden berdasarkan diagnosis dari tenaga kesehatan.