

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Polutan udara merupakan salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan kejadian dan eksaserbasi penyakit alergi, termasuk asma. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa paparan terhadap partikel polutan dapat memperburuk gejala asma dan alergi dengan meningkatkan respons imun yang dimediasi oleh Immunoglobulin E (Ig E) (Guarnieri & Balmes, 2019).

Imunoglobulin E (Ig E) adalah antibodi yang berperan penting dalam respons imun terhadap alergen dan patogen, serta berhubungan erat dengan berbagai kondisi alergi seperti asma, rhinitis alergi, dan dermatitis atopik. Alergi dapat bermanifestasi di berbagai organ, seperti kulit, saluran pencernaan, dan saluran pernapasan, serta mencakup berbagai penyakit seperti rinitis dan konjungtivitis alergi, asma bronkial, sindrom alergi oral, alergi makanan, urtikaria, dan eksim atopik, tetapi juga syok anafilaksis (Wollenberg et al, 2021).

Peningkatan kadar Immunoglobulin E (Ig E) dalam serum seringkali dikaitkan dengan reaktivitas alergi dan kondisi klinis yang dapat mengganggu kualitas hidup individu yang terkena dampaknya. Pada populasi dewasa, prevalensi alergi meningkat secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir, dan faktor lingkungan diyakini

memainkan peran kunci dalam fenomena ini (Ansotegui et al., 2020).

Seiring dengan peningkatan industrialisasi dan urbanisasi, insiden penyakit alergi juga mengalami peningkatan signifikan di seluruh dunia. *World Allergy Organization* (WAO) melaporkan bahwa lebih dari 300 juta orang menderita asma dan sekitar 250 juta orang mengalami berbagai penyakit alergi seperti rinitis alergi dan dermatitis atopik. Proyeksi WAO memperkirakan jumlah penderita asma akan mencapai 400 juta pada tahun 2025 dengan angka kematian yang masih cukup tinggi (Pawankar et al., 2020). Di Indonesia, survei kesehatan nasional terbaru menunjukkan prevalensi asma sekitar 2,4% yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan gaya hidup (Kementerian Kesehatan RI, 2018).

Selain faktor lingkungan, kejadian alergi juga dipengaruhi oleh faktor genetik, usia, jenis kelamin, dan pola konsumsi makanan. Kadar IgE serum sangat penting untuk diukur terutama pada kelompok remaja dan dewasa muda, karena kelompok ini memiliki kejadian alergi tertinggi dan kadar IgE yang cenderung mencapai puncaknya (Lee et al., 2021).

Dewasa muda memiliki pola paparan lingkungan yang bervariasi serta aktivitas sosial dan fisik yang tinggi, sehingga memungkinkan interaksi yang kompleks antara faktor lingkungan dengan respons imun yang memicu peningkatan kadar IgE serum. Studi terbaru mengonfirmasi bahwa perubahan kadar IgE pada kelompok ini berhubungan dengan tingkat paparan alergen dan polutan udara (Kim et

al., 2022).

Selain itu, sistem imun pada dewasa masih cukup responsif dan stabil dibandingkan dengan usia lanjut, sehingga pengukuran kadar IgE pada kelompok ini memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai hubungan antara faktor lingkungan dan keluhan klinis alergi (Zhou, 2023).

Penelitian menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti polusi udara, paparan alergen domestik (misalnya tungau debu, serbuk sari, jamur), dan kebiasaan merokok merupakan kontributor utama terhadap peningkatan kadar Ig E serum. Paparan jangka panjang terhadap polusi udara, khususnya particulate matter (PM 2.5) atau partikel udara berukuran lebih kecil atau sama dengan 2.5 μm (mikrometer), telah terbukti meningkatkan risiko asma dan gangguan pernapasan lainnya, yang semuanya berkaitan dengan peningkatan kadar IgE. Selain itu, lingkungan rumah yang lembab dan kurang ventilasi dapat meningkatkan konsentrasi alergen dalam ruangan, yang pada gilirannya dapat memicu reaksi imun berlebihan pada individu sensitif (Rouadi, P.W. et al, 2020).

Keluhan klinis yang terkait dengan peningkatan kadar Ig E umumnya melibatkan gangguan pernapasan, dermatologis, dan gastrointestinal (Calvani, M.,et all, 2018). Gejala seperti sesak napas, batuk kronis, ruam kulit, dan gangguan pencernaan seringkali dikaitkan dengan kondisi alergi yang dimediasi oleh IgE (Palmo, E. et all, 2019)

Beberapa studi menunjukkan bahwa pasien dengan keluhan tersebut cenderung memiliki kadar Ig E serum yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi umum (Polina et al, 2019).

Paparan lingkungan mempengaruhi sensitivitas individu terhadap alergen dan dapat memodulasi produksi IgE. Pada orang dewasa, paparan lingkungan yang terus-menerus terhadap alergen dapat mengubah pola respon imun dan meningkatkan kadar IgE (Strachan, 2022).

Dengan mengidentifikasi hubungan antara faktor lingkungan, keluhan klinis, dan kadar Ig E serum pada populasi dewasa menjadi penting mengingat tingginya beban penyakit alergi dalam masyarakat. Data yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kadar Ig E dapat membantu dalam pengembangan strategi pencegahan dan manajemen penyakit alergi yang lebih efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dengan menganalisis secara rinci hubungan antara eksposur lingkungan, gejala klinis, dan kadar IgE serum pada populasi dewasa.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang hubungan faktor lingkungan dan keluhan klinis dengan kadar IgE serum pada populasi dewasa.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, dirumuskan masalah penelitian ini

yaitu : “Apakah terdapat hubungan faktor lingkungan dan keluhan klinis dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda ?”

1.3 HIPOTESIS PENELITIAN

- Ada hubungan faktor lingkungan dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda
- Ada hubungan keluhan klinis dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda

1.4 TUJUAN PENELITIAN

1. Tujuan Umum penelitian ini diketahuinya hubungan antara faktor lingkungan dan keluhan klinis dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda di Makassar
2. Tujuan Khusus
 - a. Diketahuinya rata-rata kadar Ig E serum pada populasi dewasa
 - b. Diketahuinya hubungan faktor lingkungan dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda
 - c. Diketahuinya hubungan keluhan klinis dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda

1.5 MANFAAT PENELITIAN

1. Di bidang penelitian
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang hubungan antara faktor lingkungan dan keluhan klinis dengan kadar Ig E serum pada populasi dewasa muda
2. Untuk Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai media untuk melatih cara berfikir dan membuat suatu penelitian berdasarkan metodologi yang baik dan benar dalam proses pendidikan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Immunoglobulin E

a. Definisi

Molekul imunoglobulin E (IgE) adalah salah satu dari lima imunoglobulin dalam sistem imun humoral yang pertama kali diidentifikasi pada tahun 1967 oleh Ishizaka. Struktur keseluruhan IgE mirip dengan kelas antibodi lainnya yang terdiri dari heterotetramer dari dua rantai berat dan dua rantai ringan dengan daerah variabel dan konstan, tetapi berbeda dengan urutan daerah konstan rantai berat ϵ . Berbeda dengan imunoglobulin G (IgG), yang mengandung tiga rantai berat, IgE mengandung empat domain konstan rantai berat (C ϵ 1–C ϵ 4). Kadar plasma IgE dibandingkan dengan kelas imunoglobulin lainnya adalah yang terendah. Pada individu nonalergi, kadar plasma Ig E 10.000 hingga 50.000 kali lebih rendah daripada kadar plasma IgG (IgE, 50–300 ng/mL dibandingkan Ig G, 10 mg/mL). Setengah dari molekul Ig E berada di jaringan (mukosa pernapasan, saluran pencernaan, dan kulit) yang terikat pada sel, khususnya sel mast, yang menjelaskan peran pentingnya dalam reaksi hipersensitivitas langsung dan peradangan alergi (Polle and Rosenwasser, 2005).

Hipersensitivitas langsung atau hipersensitivitas tipe I adalah jenis reaksi patologis yang disebabkan oleh pelepasan mediator dari sel mast. Reaksi ini paling sering bergantung pada produksi antibodi imunoglobulin E (IgE) terhadap antigen lingkungan dan pengikatan IgE ke sel mast di berbagai jaringan. Hipersensitivitas langsung adalah reaksi yang dimediasi antibodi IgE dan sel mast terhadap antigen tertentu yang menyebabkan kebocoran vaskular cepat dan sekresi mukosa, sering diikuti oleh peradangan. Gangguan di mana hipersensitivitas langsung yang dimediasi IgE menonjol juga disebut alergi atau atopi, dan individu dengan

kecenderungan untuk mengembangkan reaksi ini dikatakan atopik. Hipersensitivitas langsung dapat memengaruhi berbagai jaringan dan dapat memiliki tingkat keparahan yang berbeda-beda pada individu yang berbeda. Jenis alergi yang umum termasuk demam serbuk sari, alergi makanan, asma bronkial, dan anafilaksis. Alergi merupakan gangguan sistem imun yang paling sering terjadi, diperkirakan mempengaruhi 10% hingga 20% orang, dan kejadian penyakit alergi terus meningkat di negara-negara industri (Abbas dkk, 2015)

b. Epidemiologi

Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh *World Allergic Organization* (WAO) yang melibatkan 30 negara/wilayah, sekitar 250 juta (22%) dari 1,2 miliar orang di wilayah tersebut menderita penyakit alergi seperti rinitis alergi, eksim, alergi makanan, dan alergi obat (Warner et al. 2018). Insidensi tahunan *hyper Ig E* sindrom diperkirakan sekitar 1 : 1.000.000. Meskipun awalnya dideskripsikan pada subjek perempuan, kedua jenis kelamin terpengaruh, tanpa faktor etnis. Karakter keluarga jarang dideskripsikan (Dia YY dkk., 2017).

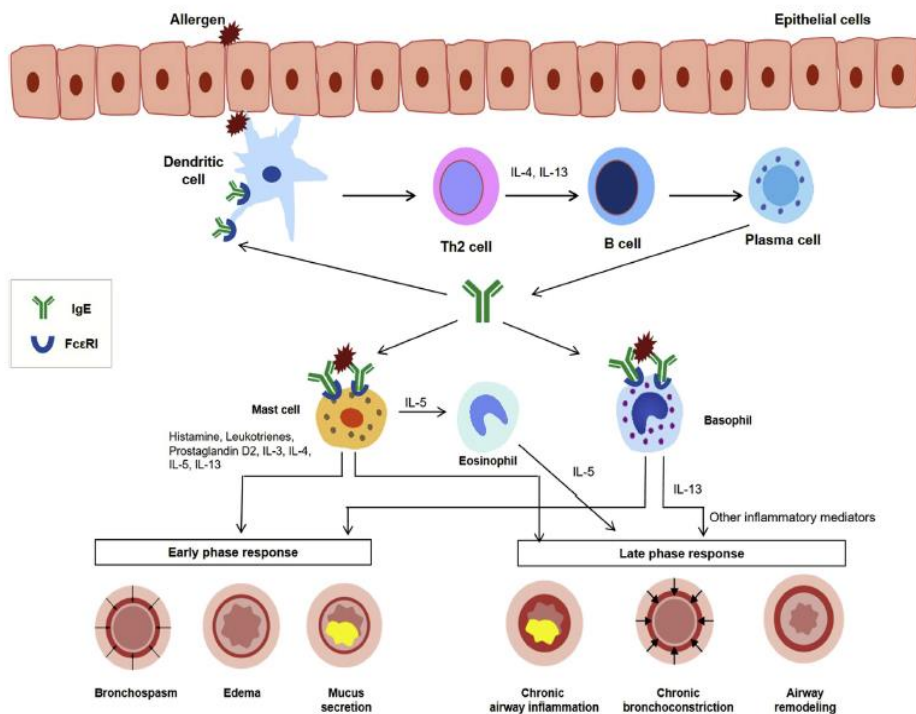
c. Mekanisme Kerja Immunoglobulin E

Imunoglobulin E (IgE) berperan penting dalam patogenesis penyakit alergi tetapi sedikit yang diketahui tentang faktor lingkungan yang terkait dengan kadar IgE yang lebih tinggi. Studi tentang faktor risiko peningkatan IgE pada tahun-tahun awal kehidupan sangatlah penting, yang menggambarkan dampak kumulatif lingkungan terhadap sistem kekebalan tubuh yang sedang berkembang. Hipotesis bahwa IgE penting dalam patogenesis asma baru-baru ini didukung oleh pengembangan intervensi yang dirancang untuk mengurangi serum IgE dalam pengobatan asma pada anak-anak (Hernandez dkk, 2021).

Penelitian telah menunjukkan bahwa IgE memainkan peran mendasar dalam

pemicuan, perkembangan, dan kronisitas respons inflamasi dalam penyakit alergi. IgE hanya merupakan sebagian kecil dari total antibodi dalam serum manusia dan memiliki waktu paruh terpendek dalam serum (sekitar 2 hari). Pada paparan alergen awal, sel dendritik penyaji antigen mensensitisasi *naive* T sel terhadap alergen dan mengarahkan perkembangannya menjadi sel T-helper-2 (Th2). Hal ini menginduksi produksi sitokin inflamasi *interleukin 4* (IL-4) dan *interleukin 13* (IL-13) yang meningkatkan ekspresi *high affinity receptor for immunoglobulin* (FcεRII) dan memicu sel B untuk memproduksi IgE spesifik alergen (Humbert dkk, 2019).

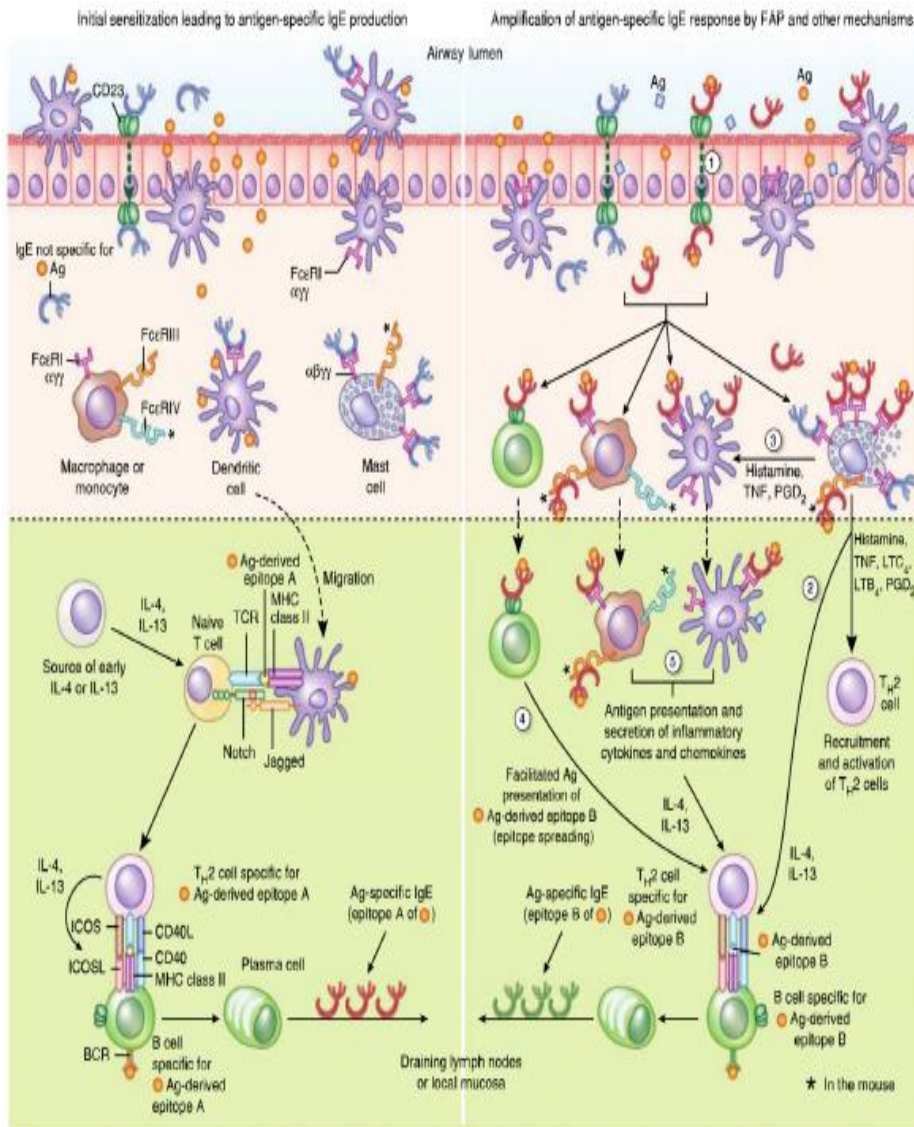
Berikut mekanisme proses imunologi yang dimediasi oleh Ig E ditunjukkan pada **Gambar 1**. (Humbert dkk, 2019).



Gambar 1. Mekanisme imunologi pada penyakit alergi yang dimediasi Ig E (Humbert dkk, 2019).

Berikut mekanisme sensitisasi alergen dan produksi Ig E ditunjukkan pada

Gambar 2. (Galli dan Tsai, 2013).



Gambar 2. Mekanisme sensitisasi alergen dan produksi Ig E (Galli dan Tsai, 2013).

Sensitisasi alergen awal menghasilkan produksi Ig E spesifik antigen. Pada individu yang belum terpapar alergen lingkungan baru disebut sebagai antigen (Ag), satu-satunya Ig E yang ada tidak memiliki spesifisitas untuk antigen baru. Ig E

tersebut dapat terikat pada bentuk $\alpha\beta\gamma$ dari Fc ϵ RI pada sel mast atau pada bentuk $\alpha\gamma\gamma$ dari Fc ϵ RI pada permukaan makrofag, monosit atau sel dendritik atau pada CD23 pada sel epitel saluran napas atau sel lain. Antigen baru ditangkap oleh sel dendritik atau makrofag di lumen saluran napas atau di epitel mukosa saluran napas atau mendapatkan akses ke sel dendritik submukosa melalui epitel yang terganggu atau, untuk beberapa antigen dengan aktivitas protease intrinsik, dengan mengganggu sambungan ketat sel epitel (Galli dan Tsai, 2013).

Sel dendritik yang diaktifkan oleh antigen menjadi dewasa dan bermigrasi ke kelenjar getah bening regional atau ke lokasi di mukosa lokal, tempat mereka menyajikan epitop antigen yang telah diproses ke sel T yang sesuai; dengan adanya IL-4 atau IL-13, yang dapat berasal dari berbagai sumber seluler potensial, hal ini mendorong sel T tersebut untuk menjadi sel TH2 yang terdiferensiasi dan aktif. IL-4 dan IL-13 yang dapat berasal dari sel TH2, basofil, sel mast, dan atau sumber lain, juga mengaktifkan gen rantai berat imunoglobulin *class-switch recombination* (CSR) untuk produksi IgE spesifik antigen, yang disebut di sini sebagai Ig E spesifik antigen (epitop A) dalam sel B. Respons IgE spesifik antigen diperkuat oleh *facilitated antigen presentation* (FAP) dan mekanisme lain. Ig E spesifik antigen dapat mengikat berbagai jenis sel melalui berbagai reseptor IgE. Agregasi Ig E yang diinduksi antigen yang terikat pada Fc ϵ RI menstimulasi degranulasi sel mast dan pelepasan mediator seperti histamin, *prostaglandin D2* (PGD2), dan *tumour necrosis factor* (TNF), yang mendorong perekrutan sel TH2, migrasi, pematangan, dan aktivasi sel dendritik, serta penyajian antigen (Galli dan Tsai, 2013).

Kompleks Ig E dan antigen-Ig E dapat melintasi epitel melalui transistosis yang dimediasi oleh *cluster of differentiation23* (CD23) pada sel epitel saluran napas, yang memungkinkan mereka untuk mengikat dan mengaktifkan Fc ϵ RI pada sel mast

dan sel dendritik. Proses ini berkontribusi pada pelestarian peradangan alergi dan, berpotensi, melalui promosi sekresi IL-4 dan atau IL-13 oleh sel mast dan efek sel mast yang diaktifkan pada sel dendritik, hingga CSR IgE lokal tambahan dan produksi IgE dalam sel B, baik untuk epitop tambahan dari antigen asli atau antigen baru yang terikat oleh sel dendritik. Presentasi antigen yang dimediasi oleh pengikatan kompleks antigen-IgE ke CD23 pada sel B, diikuti oleh presentasi antigen oleh sel B ini ke sel T yang sesuai, disebut FAP. Suatu proses yang dapat mengakibatkan penyebaran epitop dengan produksi IgE yang mengenali epitop baru dari antigen asli (misalnya, epitop B) atau ke epitop antigen baru, jika beberapa antibodi IgE terhadap antigen tersebut sudah ada dan eksaserbasi gangguan alergi berikutnya. Trimer FcεRI αγγ pada sel penyaji antigen lainnya (misalnya, sel dendritik, monosit, dan makrofag) memungkinkan sel-sel ini untuk mengikat dan menginternalisasi IgE yang terikat pada antigen kompleks; epitop yang berasal dari antigen tersebut, termasuk yang terdiri dari epitop yang belum memiliki respons IgE spesifik, kemudian disajikan kepada sel T yang sesuai, yang, dengan adanya IL-4 dan/atau IL-13, dapat menjadi sel TH2 yang pada gilirannya mendorong produksi IgE terhadap epitop baru ini oleh sel B (Galli dan Tsai, 2013).

2.2 Keluhan Klinis Yang membuat Immunoglobulin E Meningkat

1. Alergi Makanan

Alergi makanan adalah reaksi sistem imun yang terjadi setelah paparan terhadap makanan tertentu. Makanan didefinisikan sebagai substansi yang dikonsumsi oleh manusia baik yang sudah diproses, semi proses ataupun mentah. Alergen makanan didefinisikan sebagai komponen spesifik dari makanan atau bahan makanan (secara tipikal merupakan protein, namun bisa juga dalam bentuk haptan) yang dikenali oleh sel imun

yang kemudian menimbulkan reaksi imunologik yang diperantarai oleh sel mast dan IgE (Hendra, 2020).

2. Rinitis Alergi

Rinitis alergi sebagai suatu gangguan hidung yang disebabkan oleh reaksi peradangan mukosa hidung diperantarai oleh imunoglobulin E (Ig E), setelah terjadi paparan alergen (reaksi hipersensitivitas tipe I). Rinitis alergi seperti penyakit alergi yang lain terjadi akibat dominasi T helper 2 (Th-2) dibandingkan T helper 1 (Th-1) sehingga produksi IgE meningkat. IgE berperan penting dalam proses inflamasi yang diinduksi alergen dengan berikatan dengan reseptor afinitas tinggi (Fc ϵ RI) di sel mast atau basofil sehingga terjadi pelepasan mediator-mediator inflamasi. Diferensiasi sel B ke dalam IgE yang disekresi ke dalam plasma paling tidak melalui 2 signal yang berbeda, pertama diperantarai IL-4 dan IL-13 dan yang kedua dikirim melalui interaksi *cluster of differentiation 40 ligand* (CD40L) pada permukaan sel T dengan CD40 sebuah kostimulator pada permukaan membrane sel B (Husni dkk, 2020).

3. Asma

Asma merupakan paling umum dan ditandai dengan sensitisasi Ig E terhadap alergen di udara dan gejala asma khas berikutnya setelah terpapar. Suatu bentuk peradangan saluran napas tipe 2 (T2) mendasari asma. Pengukuran kadar Ig E total dan tingkat sensitisasi terhadap alergen lingkungan, baik melalui pengukuran Ig E spesifik dalam serum dan atau dengan melakukan uji kulit secara *in vivo*, telah digunakan untuk mengidentifikasi pasien dengan asma (Papapostolou dan Makris, 2022).

4. Dermatitis Atopik

Pada dermatitis atopik, alergen hidup (tungau debu rumah) dapat meningkatkan kadar imunoglobulin E (Ig E) sebagai respons terhadap stimulasi antigenik dan terjadi pruritus pada pasien tersebut. Imunoglobulin E (Ig E) memiliki peranan penting dalam pathogenesis penyakit alergi dengan adanya sensitisasi atopik yang menjadi faktor predisposisi perkembangan penyakit dermatitis (Inderiati dkk, 2024).

5. Infeksi Parasit

Imunoglobulin E (Ig E) adalah isotipe imunoglobulin yang hanya ditemukan pada mamalia, yang diperkirakan muncul dari peristiwa duplikasi gen IgY awal. Ig E adalah mekanisme sebagai perlindungan terhadap racun (hipotesis toksin). Seperti yang baru-baru ini dijelaskan, lingkungan pada saat nenek moyang mamalia paling awal berevolusi sekitar 200 juta tahun yang lalu kaya akan racun, parasit, dan sumber alergen lainnya (misalnya, lingkungan atau makanan). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan Ig E memberikan keuntungan evolusioner pada mamalia yang mengarah pada respons imun Ig E di semua mamalia. Oleh karena itu, peningkatan Ig E spesifik dan total merupakan gejala yang sering terjadi pada infeksi parasit, bersama dengan eosinofilia darah tepi dan mastositosis usus. Peningkatan Ig E terjadi pada infeksi endoparasit maupun ectoparasit (atau infestasi), seperti kudis. Peningkatan Ig E spesifik pada parasit tidak hanya ditemukan pada sebagian besar (jika tidak semua) infeksi metazoa tetapi juga pada beberapa infeksi protozoa seperti malaria, toksoplasmosis, leishmaniasis, atau entamoebiasis (Prakash dkk, 2022).

6. Hyper Ig E Syndrome (HIES)

Sindrom hiper-IgE (HIES) pertama kali dijelaskan oleh Davis dan Wedgwood pada tahun 1966, pada dua gadis yang menderita abses stafilokokus, *common cold*, pneumonia, dan eksim yang muncul pada bayi baru lahir, dengan hasil Ig E serum yang meningkat dengan etiologi yang tidak diketahui. Sehingga, abses stafilokokus berulang dan eksim kronis dikaitkan dengan konsentrasi serum Ig E yang sangat tinggi. Kemudian hasil menunjukkan bahwa konsentrasi serum imunoglobulin lain (IgG, IgA, IgM, dan IgD) dan subkelas Ig G normal pada pasien. Manifestasi non-imunologis dari HIES juga meluas ke kelainan rangka dan jaringan ikat, seperti skoliosis, osteoporosis, fraktur setelah trauma ringan, sendi hiper-ekstensi, dan retensi gigi (Minegishi, 2021).

Disebabkan oleh mutasi genetik spesifik pewarisan dominan autosomal pada *signal transducer and activator of transcription 3* (STAT3). STAT3 terlibat dalam mekanisme penyembuhan dan mekanisme imun. Mutasi gen ini akan menyebabkan intensifikasi produksi Ig E oleh limfosit B, hilangnya kapasitas modulasi produksinya oleh *interleukine 6* (IL-6), *interleukine 10* (IL-10), dan IFN-gamma, dan cacat kemotaksis neutrofil. Kurangnya efek anti-inflamasi IL-10 mungkin merupakan penyebab respons inflamasi yang tidak tepat yang diamati pada pasien dengan HIES. IL-6 memainkan peran penting dalam genesis sel Th17, oleh karena itu, kurangnya sitokin ini menyebabkan defisiensi sel Th17 pada HIES. Sel CD4 + Th17 memainkan peran penting dalam pertahanan terhadap infeksi terutama bakteri dan jamur ekstraseluler. (He YY, 2017)(Goel S, 2018)

2.3 Hubungan Faktor Lingkungan dan Keluhan Klinis dengan Kadar IgE Serum

Pada orang dewasa, paparan terus-menerus terhadap alergen dapat mengubah pola respon imun dan meningkatkan kadar IgE yang merupakan tanda alergi:

1. Polusi Udara

Polusi udara jangka panjang atau jangka pendek terkait dengan perkembangan dan prevalensi kondisi alergi yang dimediasi IgE. Sejumlah penelitian telah berupaya menjawab pertanyaan ini. Seperti Studi meta-analisis yang dilakukan Ziou dkk (2023) menemukan bahwa polutan udara berpotensi membahayakan penyakit imun yang dimediasi IgE. Studi lain yang dilakukan di sebuah kota di Rumania, didapatkan kualitas udara yang buruk sebagian besar disebabkan oleh kilang minyak dan lalu lintas, menemukan korelasi yang kuat antara paparan PM1 dan kadar IgE total pada 135 anak berusia 2–10 tahun (Ziau et al, 2023).

2. Tungau/Serangga

Terdapat tiga spesies tungau rumah yang menjadi sumber alergen utama, yaitu *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae*, dan *Glycyphagus destructor*. Secara umum, tungau rumah berbentuk bulat atau oval yang terbagi menjadi empat bagian, yaitu bagian mulut dan sekitarnya (gnatosoma), pasangan kaki I dan II (propodosoma), pasangan kaki ketiga dan keempat (metapodosoma), dan bagian posterior (opistoma). Nimfa dan dewasa dari tungau rumah memiliki empat pasang kaki, yaitu dua pasang kaki depan dan dua pasang kaki belakang, sedangkan larva memiliki tiga pasang kaki dan tidak memiliki alat kelamin. Tinja tungau rumah

merupakan alergen utama, meskipun tubuh tungau itu sendiri, bahkan tungau rumah yang sudah mati juga merupakan alergen potensial. Hal ini karena antigen pada tungau debu yang dapat memicu alergi utama terletak pada saluran pencernaan tungau rumah. Penderita alergi tungau rumah mempunyai antibodi spesifik terhadap alergen golongan I dan golongan II. Oleh karena itu, lebih dari 95% alergen tungau debu rumah berasal dari partikel feses yang mengandung alergen kuat golongan I (der p 1) dan golongan II (der p II). Alergen tersebut dapat menstimulasi fase sensitisasi asma bronkial dengan terjadinya proliferasi T-Helper 2 (Th2) sehingga terjadi aktivasi Immunoglobulin E (IgE) yang akan meningkatkan permeabilitas epitel bronkus dan menyebabkan alergen tersebut ditangkap oleh sel dendritik di jaringan subendotel sehingga meningkatkan terjadinya inflamasi dan edema yang dapat menyebabkan asma (Armunanto dkk, 2021).

3. Suhu

Imunoglobulin merupakan dasar kimia antibodi yang terdapat dalam serum dan cairan eksokrin. Saluran pernapasan bagian atas terpapar lingkungan dan bersentuhan erat dengan dunia luar. Mikroorganisme virus mudah menginvasi mukosa pernapasan. Antigen menstimulasi sistem imun lokal tanpa melibatkan sistem imun sentral setelah memasuki saluran pernapasan. Respon imun dapat berlangsung sendiri, mengeluarkan Ig A dan Ig E. Proporsi IgE yang disekresikan oleh saluran pernapasan jauh lebih tinggi daripada yang ada dalam darah, dan juga merupakan salah satu kelompok sel plasma IgE terbesar dalam tubuh manusia. Sebagian besar IgE yang bersirkulasi diperkirakan berasal dari mukosa dan kemudian meluap melalui sistem limfatik. IgE mukosa pernapasan merupakan antibodi

utama terhadap infeksi parasit seperti cacing, tungau, dan skistosom, yang merupakan garis pertahanan pertama dalam imunitas. Meskipun konsentrasi IgE yang tinggi dapat menyebabkan reaksi alergi, reaksi ini hanya terjadi pada spektrum imun yang paling ekstrem dan tidak sesuai. Di bagian spektrum yang lain, peningkatan konsentrasi IgE dapat meningkatkan resistensi terhadap patogen. Sistem kontrol fisiologis dapat diubah oleh stresor lingkungan yang mengatur peristiwa imun. Daya tahan tubuh terhadap penyakit dapat ditekan atau ditingkatkan oleh perubahan ini. Sebagai salah satu komponen penting dari stres lingkungan, suhu dapat mempengaruhi imunitas humoral yang dimediasi antibodi. Terjadi pertukaran panas yang terus-menerus antara lingkungan dan saluran pernapasan, yang memengaruhi fungsi sel epitel mukosa pernapasan, dan pusat germinal sel merupakan salah satu tempat imunoglobulin diproduksi. Oleh karena itu, imunoglobulin dapat digunakan sebagai biomarker untuk mengevaluasi kesehatan suhu lingkungan, sehingga menjelaskan dampak suhu lingkungan terhadap tubuh manusia (Hudik, 2023).

4. Lingkungan dengan Tingkat Kelembaban Tinggi dan Ventilasi Buruk

Penelitian telah menunjukkan bahwa individu yang tinggal di lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi dan ventilasi buruk cenderung mengalami peningkatan kadar IgE dan reaksi alergi. Hal ini karena lingkungan seperti itu dapat meningkatkan kehadiran alergen di udara, seperti serbuk sari dan partikel debu, yang kemudian dapat dihirup dan menyebabkan reaksi alergi (Chung et al., 2017).

5. Perokok dan Perokok Pasif

Perokok menunjukkan peningkatan jumlah makrofag paru-paru, dan

sel-sel ini kemungkinan direkrut ke paru-paru untuk membersihkan materi partikulat yang terkait dengan asap tembakau. Disfungsi makrofag ini kemungkinan berkontribusi terhadap imunosupresi yang terkait dengan tembakau dan merokok. Data yang dilaporkan hingga saat ini menunjukkan bahwa merokok berhubungan dengan penekanan fungsi sel B dan produksi imunoglobulin (Barbour et al., 1997). Laporan yang lebih baru menunjukkan peningkatan aktivitas sel *natural killer* (NK) yang terkait dengan merokok aktif pada pasien dengan penyakit paru obstruktif kronik. Hubungan yang luar biasa ditemukan antara asap tembakau, seperti yang ditunjukkan oleh kadar nikotin serum dan sensitisasi IgE dengan hubungan potensial yang bergantung pada dosis (Yao et al., 2016) Hal ini mendukung adanya hubungan antara rangsangan alergi dan gangguan pada sistem pertahanan pada perokok, seperti yang dilaporkan oleh Ahmedi et al., (2014) dan Abdulhamid et al., (2015).

2.4 Penelitian – Penelitian Terkait Faktor Lingkungan dan Keluhan Klinis dengan Kadar IgE Serum

1. Penelitian IgE pada polusi udara
 - a. Penelitian ini dilakukan oleh Hua dkk. Urbanisasi yang cepat, pertumbuhan ekonomi, pengongkatan jumlah kendaraan, penggunaan energi bersih, dan proporsi industri primer dan sekunder mengungkapkan berbagai jenis polutan di berbagai wilayah. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa paparan terhadap polutan udara dapat meningkatkan risiko penyakit alergi yang dimediasi oleh Ig E (Hua et all, 2022)
 - b. Penelitian yang diteliti oleh Wang dkk. hubungan antara polusi udara luar, lingkungan rumah, dan prevalensi asma serta rinitis alergi di antara

orang tua muda di China. Studi ini melibatkan survei terhadap 40.279 peserta dari delapan kota, dengan hasil bahwa 1,6% melaporkan asma dan 6,6% melaporkan rinitis alergi. Temuan utama meliputi:

- Polusi udara lalu lintas, terutama tingkat NO₂, dan tinggal di dekat jalan raya yang sibuk merupakan faktor risiko untuk kedua kondisi tersebut.
- Suhu lingkungan yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan asma tetapi penurunan rinitis alergi.
- Faktor rumah seperti kepemilikan hewan peliharaan (kucing dan anjing), keberadaan hama (kecoa, tikus), dan polusi dalam ruangan dari bahan bakar memasak (gas alam, biomassa) serta redekorasi terkait dengan tingkat asma dan rinitis alergi yang lebih tinggi.

Pembersihan yang sering dan menjemur tempat tidur di bawah sinar matahari adalah faktor pelindung.

Studi ini menyoroti dampak urbanisasi dan faktor lingkungan terhadap kesehatan pernapasan di kalangan orang tua muda di China. Selain itu, penggunaan alat pembersih udara dan pelembab udara dapat memperburuk masalah pernapasan. Mengurangi polusi udara luar dan memperbaiki lingkungan dalam ruangan dapat bermanfaat bagi kesehatan pernapasan (Wang, 2021)

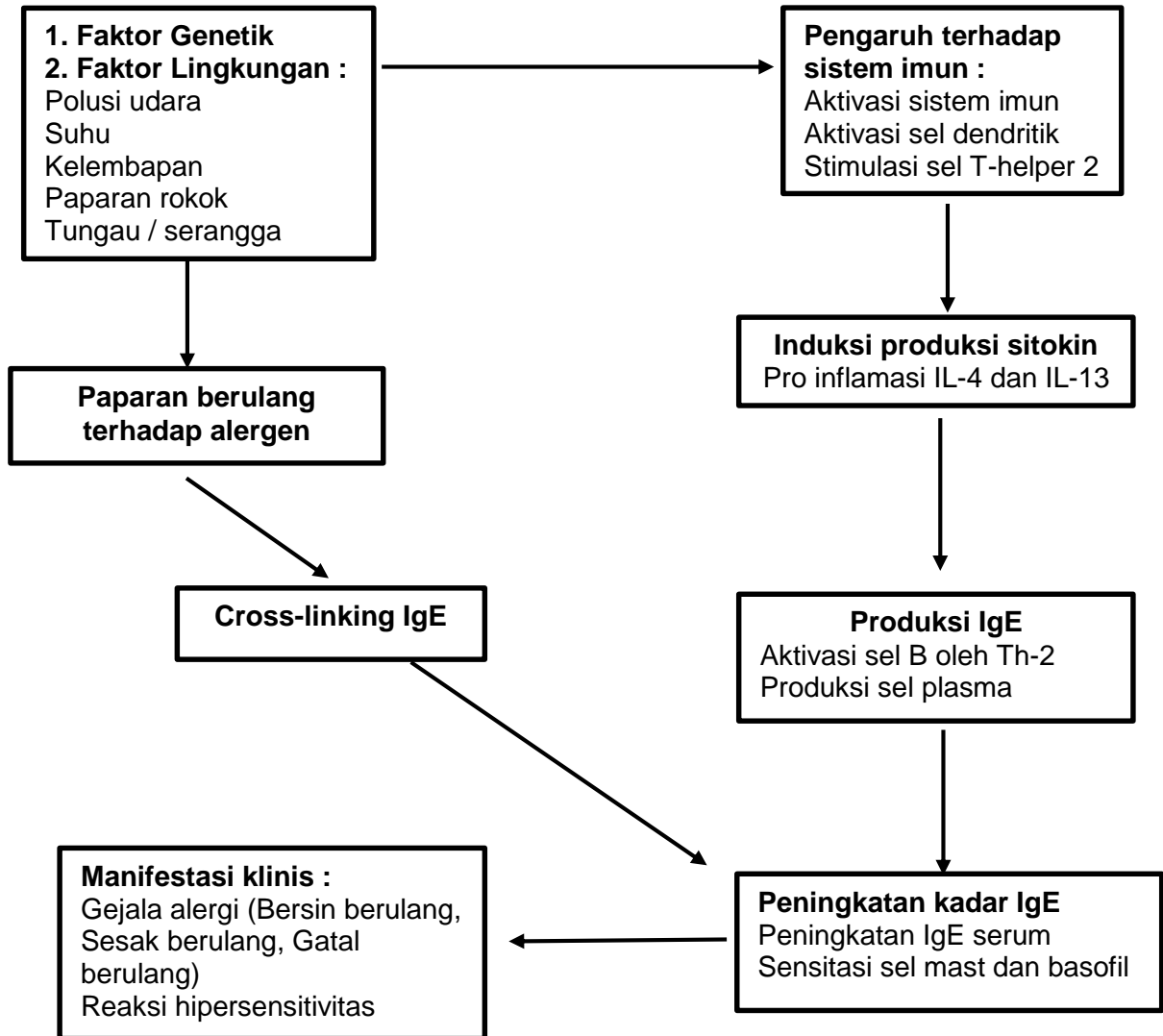
2. Penelitian Ig E dengan Alergi

- a. Penelitian Karolina dkk. Pada penelitian ini mengkaji hubungan antara kadar IgE serum pada anak-anak dengan berbagai penyakit alergi dan manifestasi klinisnya, seperti rinitis alergi, asma, dan dermatitis atopik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar IgE yang lebih tinggi

berkorelasi dengan peningkatan keparahan gejala klinis (Karolina et al.,2022)

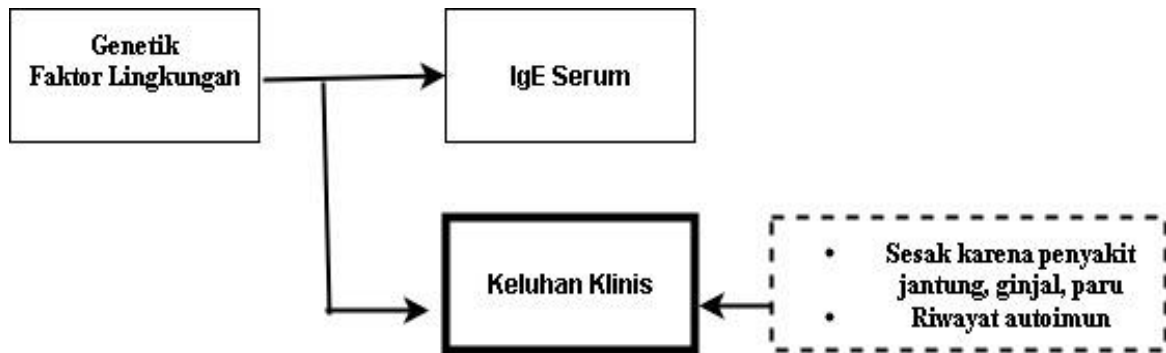
- b. Penelitian Zhang dkk. Jurnal ini membahas berbagai aspek terkait kondisi alergi, termasuk hubungan antara tingkat keparahan asma dan kadar IgE, penyebab urtikaria kronis pada anak-anak, serta dampak polutan udara terhadap gejala alergi. Studi ini menyoroti pentingnya pemantauan rutin alergen udara, seperti tungau debu dan jamur, untuk membimbing individu yang alergi. Ditemukan bahwa pasien dengan kondisi kulit alergi memiliki kadar IgE yang lebih rendah untuk tungau debu dibandingkan dengan mereka yang memiliki alergi pernapasan, dan pasien dengan rinitis alergi menunjukkan kadar sIgE yang lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang memiliki sinusitis alergi. Penelitian ini juga mengungkapkan distribusi usia populasi alergi berdasarkan berbagai alergen, menunjukkan bahwa individu yang lebih muda lebih sering sensitif terhadap alergen yang dapat dimakan seperti telur dan susu, sementara individu yang lebih tua lebih terpengaruh oleh alergen yang terhirup seperti tungau debu dan serbuk sari. Studi ini mendukung konsep "*atopic march*" di mana manifestasi alergi berkembang dari alergi makanan pada masa bayi menjadi alergi pernapasan pada masa remaja. Penelitian ini dilakukan di Kota Weifang, China, dan melibatkan 1.367 pasien dengan berbagai kondisi alergi. Hasilnya menunjukkan bahwa 53,5% pasien positif terhadap alergen tertentu, dengan tungau debu, campuran jamur, dan serbuk sari sebagai yang paling umum. Temuan ini menunjukkan bahwa pengujian serologis IgE dapat membantu dalam diagnosis dini dan pencegahan

2.5 Kerangka Teori

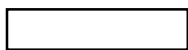


Gambar 3. Kerangka Teori

2.6 Kerangka Konsep



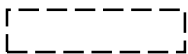
Keterangan :



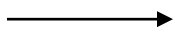
:Variabel Bebas



:Variabel Terikat



:Variabel Perancu



: Hubungan antar variabel

Gambar 4. Kerangka Konsep

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 DESAIN PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah *cross sectional study*.

3.2 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Patologi Klinik Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin (RSUH) untuk pengambilan sampel, dan pemeriksaan kadar Ig E di Laboratorium Patologi Klinik Rumah Sakit Labuang Baji. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan November 2024 hingga Maret 2025.

3.3 POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

1. Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini adalah semua subjek dewasa muda sehat di Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar yang secara sukarela menjadi subjek penelitian.

2. Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah kelompok dewasa muda sehat yang memenuhi kriteria inklusi.

3. Teknik Pengambilan Sampel

Jenis dan cara pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *non-probability sampling* secara *purposive Sampling* yaitu suatu teknik penetapan sampel dengan cara memilih sampel diantara populasi sesuai dengan kehendak peneliti, sehingga sampel dapat mewakili karakteristik populasi yang telah dikenal sebelumnya.

Pada penelitian komparatif, perkiraan besar sampel dihitung menggunakan rumus berikut:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} \times \sigma)^2}{\varepsilon}$$

Keterangan :

n : Jumlah Sampel

$Z_{\alpha/2}$: Nilai distribusi normal dengan keyakinan 95% = 1.96

σ : Standar deviasi 20%

ε : Tingkat kesalahan 5% (error)

$$n = \left(\frac{1,96 \times 0,20}{0,05} \right)^2$$

$$n = 61,5$$

Berdasarkan perhitungan, jumlah minimum mutlak yang diperlukan dalam penelitian ini, peneliti menetapkan jumlah sampel minimal yang digunakan sebanyak 62 sampel.

3.4 KRITERIA INKLUSI DAN EKSKLUSI

1. Kriteria Inklusi

- a. Volunteer laki-laki dan perempuan dewasa muda berumur 18 – 40 tahun.
- b. Bersedia berpartisipasi secara sukarela dan menandatangani lembar *informed consent*.

2. Kriteria Eksklusi

- a. Individu yang memiliki penyakit kronis seperti penyakit diabetes dan hipertensi
- b. Penderita dengan terapi immunomodulator
- c. Penderita penyakit sesak karena jantung dan paru seperti gagal jantung, penyakit paru obstruksi kronik
- d. Sampel hemolisis, ikterik dan / atau lipemik, dan tidak memungkinkan dilakukan pengambilan darah ulang

3.5 DEFINISI OPERASIONAL

- a. Subjek dewasa muda adalah individu/volunteer laki-laki dan perempuan di lingkungan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin berusia 18–40 tahun.
- b. Kriteria sehat pada subjek adalah subjek yang tidak mengalami penyakit kronis seperti diabetes dan hipertensi yang dibuktikan dengan pemeriksaan tekanan darah serta pemeriksaan gula darah puasa (GDP) kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan tes toleransi glukosa oral (TTGO).
- c. Kadar imunoglobulin E (IgE) serum adalah indikator umum dari respons alergi dalam tubuh yang diperiksa pada sampel serum dengan metode ECLIA menggunakan kit *Elecsys IgE II (Roche Diagnostic GmbH, Sandhofer Strasse 116, D-68305 Mannheim Germany)*, diukur dan dinyatakan dalam satuan IU/mL

Kelompok usia	IU/MI
Dewasa	100

- d. Keluhan klinis adalah gejala atau tanda-tanda klinis yang dirasakan oleh individu dan dapat dikaitkan dengan reaksi alergi atau peningkatan kadar Ig E seperti sesak jika terpapar alergen diukur atau diketahui riwayat alergi dengan kuisioner.
- Pada keluhan gatal berulang atau eksim ruam pada kulit ditanyakan riwayat berupa merah-merah, bentol-bentol, gatal, kumat-kumatan dan timbul ditempat tertentu misalnya daerah tengkuk, lipatan siku, atau lipatan mulut serta faktor pencetusnya
 - Pada keluhan bersin berulang ditanyakan riwayat bersin-bersin, hidung terasa gatal, pilek, hidung meler, hidung mampet(tersumbat), kumat-kumatan khususnya saat musim atau waktu tertentu (contoh pada pagi hari) diluar sakit flu (demam, batuk, pilek)
 - Pada keluhan sesak berulang ditanyakan riwayat mengi(nafas berbunyi mengi) riwayat serangan, frekuensi serangan, riwayat keluarga
- e. Faktor lingkungan adalah faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kesehatan individu, khususnya yang berkaitan dengan alergi dan reaksi imun tubuh yang diketahui dengan kuisioner
- Terpapar asap rokok, durasi paparan asap rokok, jumlah keluarga yang merokok, berapa banyak konsumsi rokok dalam sehari
 - Paparan polusi, seberapa sering terpapar polusi udara di luar ruangan, tinggal di area dengan polusi udara tinggi, dan paparan asap kendaraan ataupun industry
 - Kelembapan, apakah tinggal di daerah dengan kelembaban tinggi, seberapa sering merasa terpapar dengan udara terlalu lembab

- Suhu, riwayat rumah memiliki tempat tinggal pengatur suhu (AC/pemanas), tempat tinggal terlalu panas atau dingin, seberapa sering terpapar suhu ekstrim dilingkungan kerja
- Tungau, seberapa sering membersihkan kasur,bantal, atau perabot rumah yang rentan terhadap tungau, riwayat alergi debu atau tungau
- pemukiman padat penduduk, rumah dengan ventilasi buruk yang diketahui dengan cara melauai kuisisioner faktor lingkungan

3.6 IZIN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan setelah mendapat persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin (FKUH)- Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin (RSUH) - Rumah Sakit Dr. Wahidin Sudirohusodo (RSWS) Makassar dengan nomor *Ethical Clearence* 14/UN4.6.4.5.31/PP36/2025. Setiap tindakan dilakukan atas izin dan sepengetahuan pasien yang dijadikan sampel penelitian melalui lembar *informed consent*, dan dipastikan semua pasien telah diberikan penjelasan secara lisan dan tertulis tentang prosedur penelitian.

3.7 CARA KERJA

1. Alokasi Subjek

Semua subjek yang memenuhi kriteria inklusi yaitu dewasa muda.

2. Prosedur Penelitian

- a. Melakukan penyortiran responden yang menyetujui pengambilan darah setelah peneliti menjelaskan alur penelitian secara keseluruhan. Responden lalu diberikan formulir untuk diisi sesuai identitas dan hal hal lain yang berkaitan dengan penelitian.

- b. Melakukan pengambilan darah vena responden untuk pemeriksaan kadar IgE, dengan menggunakan tabung vakum serum *separator tube* dengan *tabung plain*.
- c. Melakukan sentrifugasi spesimen darah pada kecepatan 3000 rpm selama 5 menit untuk memisahkan komponen *liquid* darah dengan komponen sel darah
- d. Melakukan aliquot serum sebanyak 100 μ L ke dalam cup serum.
- e. Menyimpan serum yang telah di aliquot ke dalam *freezer* terkalibrasi pada suhu -80°C selama 4 bulan

3. Pengambilan darah vena

Prosedur pengambilan darah vena meliputi beberapa tahap yang telah direkomendasikan sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) dalam laboratorium.

1. Siapkan alat-alat yang diperlukan yaitu jarum, kapas alkohol 70%, turniket, plester, tabung vakum.
2. Pasang jarum pada holder, pastikan terpasang erat.
3. Lakukan pendekatan pasien dengan tenang dan ramah, usahakan pasien nyaman mungkin.
4. Identikasi pasien dengan benar sesuai dengan data di lembar permintaan
5. Verifikasi keadaan pasien, misalnya puasa atau konsumsi obat. catat bila pasien minum obat tertentu, tidak puasa dan lain-lain.
6. Pasien meluruskan lengannya, pilih lengan yang banyak melakukan aktifitas. Alasi siku dengan bantal kecil.
7. Pasiendiminta mengepalkan tangan.

8. Pasang tali pembendung (turniket) kir-kira 10 cm di atas lipat siku.
9. Pilih bagian vena median *cubital* atau *cephalic*. Lakukan perabaan (palpasi) unuk memastikan posisi vena, vena teraba seperti sebuah pipa kecil, elastis dan memiliki dinding tebal. Jika vena tidak teraba, lakukan pengurutan dari arah pergelangan ke siku, atau kompres hangat selama 5 menit daerah lengan.
10. Bersihkan kulit pada bagian yang akan diambil dengan kapas alkohol 70% dan biarkan kering. Kulit yang sudah dibersihkan jangan dipegang lagi.
11. Tusuk bagian vena dengan posisi lubang jarum menghadap ke atas. Masukkan tabung ke dalam holder dan dorong sehingga jarum bagian posterior tertancap pada tabung, maka darah akan mengalir. Jika memerlukan beberapa tabung, setelah tabung pertama terisi, cabut dan ganti dengan tabung kedua, begitu seterusnya.
12. Lepas turniket dan minta pasien mebuca kepalan tangannya. Volume darah yang diambil kira- kira 3 kali jumlah serum atau plasma yang diperlukan untuk pemeriksaan.
13. Letakkan kapas di tempat suntikan lalu segera lepaskan /tarik jarum. Tekan kapas beberapa saat lalu plaster selama kira-kira 15 menit. Jangan menarik jarum sebelum turniket dibuka.

a. Preparasi sampel

1. Sampel didiamkan selama 15-30 menit di dalam tabung vakum,biarkan sampai membeku sempurna.
2. Sampel di sentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 5- 10 menit

3. Setelah di sentrifus, pindahkan serum yang telah terpisah dari sel darah dari tabung ke cup sampel menggunakan pipet *disposable* dengan volume 100 µl tiap cup serum
4. Sisa sampel darah pada tabung dibuang pada tempat sampah tertutup dengan kantong kuning.
5. Serum disimpan dalam *freezer* terkalibrasi pada suhu <-20⁰c untuk menjaga stabilitas sampel .

b. Pemeriksaan Ig E serum

Pengukuran kadar Ig E dalam serum menggunakan metode *Chemiluminescence Immunoassay* (ECLIA) menggunakan kit *Elecsys IgE II Roche Diagnostic*

1. Alat dan Bahan

- a. Instrumen cobas e 411 (Roche)
- b. Sampel cup
- c. Sampel disk (wadah sampel)
- d. Mikropipet
- e. Sentrifus
- f. Reagen Kit IgE serum

2. Prinsip Kerja

Kit ini menggunakan Sandwich-CLIA sebagai metode. Pelat CLIA mikro yang disediakan dalam kit ini telah dilapisi sebelumnya dengan antibodi spesifik untuk IgE. Standar atau sampel ditambahkan ke sumur plat ECLIA mikro yang sesuai dan dikombinasikan dengan antibodi spesifik. Kemudian antibodi deteksi biotinilasi yang spesifik untuk IgE dan konjugat *Avidin-*

Horseradish Peroxidase (HRP) ditambahkan ke setiap pelat mikro dengan baik secara berurutan dan diinkubasi. Komponen bebas dicuci. Larutan substrat ditambahkan ke setiap sumur. Hanya sumur yang mengandung IgE, antibodi deteksi biotinilasi dan konjugat Avidin-HRP yang akan tampak berpendar. Nilai unit cahaya relatif (RLU) diukur secara spektrofotometri oleh penganalisis *immunoassay* chemiluminescence. Nilai RLU berhubungan positif dengan kadar IgE. Perhitungan kadar IgE dalam sampel dilakukan dengan membandingkan nilai RLU sampel dengan kurva standar.

3. Prosedur Menyalakan alat

- a. Pastikan UPS bekerja dengan baik
- b. Tekan power "ON" printer
- c. Buka tutup botol *Pro Cell* dan *Clean Cell*
- d. Lakukan maintenance harian
- e. Hidupkan instrument, naikan power "ON"
- f. Masukkan login dan *password*
- g. Instrument akan melakukan inisialisasi, tunggu sampai *standby*
- h. Keluarkan reagen dari lemari pendingin, biarkan mencapai suhu Kamar selama + 30 menit (keluarkan reagen dari dusnya)
- i. Periksa cairan pencuci (*system water*, *syswash* + *aquabidest*)
- j. Sebelum memasukkan reagen kedalam reagen disk cek

adanya gelembung di reagen (hilangkan jika ada gelembung)

k. Masukkan reagen ke dalam reagen disk dan scan reagen

4. Melakukan pemeriksaan sampel

- a. Pada layar kerja perangkat, menu *Workplace* dipilih, kemudian submenu *Test selection* dibuka, dan pilihan *Routine (N)* dipilih.
- b. Jika pada sistem tersedia posisi *barcode*, maka data ID sampel atau pasien dimasukkan, dan posisi sampel diatur pada rotor *sample disk*.
- c. Jenis tes IgE serum dipilih dari daftar yang tersedia, kemudian tombol *save* diklik untuk menyimpan pengaturan tersebut.
- d. Langkah pertama hingga ketiga diulangi untuk seluruh sampel yang akan dimasukkan ke dalam *system*.
- e. Apabila *barcode LIS* digunakan, maka sampel langsung diletakkan pada *sample disk* tanpa perlu dilakukan penginputan data secara manual.
- f. *Stop barcode* diletakkan pada posisi setelah sampel terakhir. Apabila jumlah sampel lebih dari 30, maka *stop barcode* tidak perlu diletakkan pada *sample disk*.
- g. Setelah semua sampel terpasang dengan benar, tombol *START* ditekan sehingga proses pemeriksaan dapat dimulai.
- h. Sampel dijalankan oleh instrumen selama kurang lebih 60 menit.
- i. Setelah proses selesai, hasil pemeriksaan ditampilkan secara otomatis pada layar monitoring instrumen untuk dapat dibaca

dan dianalisis.

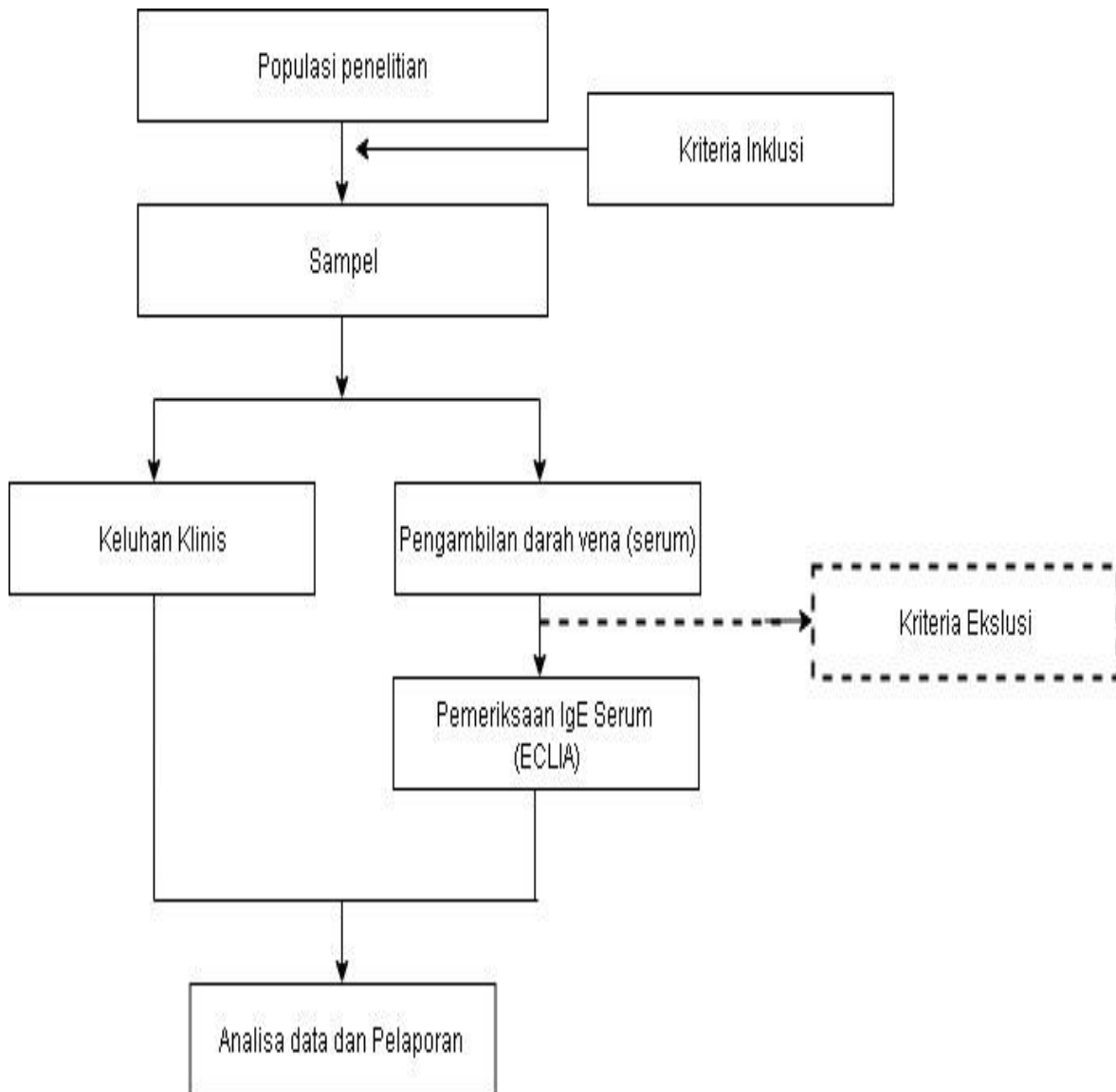
5. Mematikan Instrumen Cobas e 411

- a. Jika status instrument berubah menjadi *standby* secara otomatis setelah hasil sampel terakhir selesai, hal ini berarti instrument sudah melakukan finalisasi maintenance secara otomatis.
- b. Setelah *standby*, keluarkan semua reagen dari reagen disk dan masukkan kelemari pendingin, Klik *Reagen Scan* → *Standby*.
- c. *Log off* → Pilih *shutdown* → Klik *OK*. Tunggu sampai layar monitor menjadi gelap/mati dan lampu monitor juga mati.
- d. Matikan power bagian depan, lanjutkan dengan mematikan power bagian samping kanan

3.8 ANALISIS DATA

Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat *Statistical Package For The Social Sciences* (SPSS) versi 26. Metode statistik yang digunakan adalah perhitungan statistik deskriptif (range, median, mean, standar deviasi dan sebaran data) dan uji statistik. Distribusi data IgE serum dinilai menggunakan uji normalitas *Kolgomorov-Smirnov*. Signifikansi perbedaan kadar IgE serum pada kelompok sampel yang memiliki dan tidak memiliki keluhan klinis dianalisis menggunakan uji t uji Mann-Whitney U dilakukan karena data tidak terdistribusi normal. Signifikansi perbedaan kadar IgE serum pada kelompok sampel yang terpapar dan tidak terpapar faktor lingkungan dianalisis menggunakan uji Mann-Whitney U dilakukan karena tidak terdistribusi normal. Perbedaan kadar IgE berdasarkan jumlah paparan pada kelompok sampel dianalisis menggunakan uji Kruskal-Wallis karena data tidak terdistribusi normal. Untuk menganalisis hubungan secara antara variabel independen (faktor lingkungan dan keluhan klinis) terhadap variabel dependen (kadar IgE serum), dilakukan uji multivariat menggunakan analisis regresi logistik. Hasil uji statistik signifikan jika nilai $p < 0,05$.

3.9 ALUR PENELITIAN



Gambar 5. Alur Penelitian