

INTISARI

Latar belakang: Deteksi adanya gangguan fungsi ginjal pada pasien *critical ill* untuk mencegah kejadian cedera ginjal akut. Pada praktek klinis serum kreatinin digunakan dalam memantau fungsi ginjal, namun banyak kekurangannya. Parameter yang lain dalam evaluasi fungsi ginjal adalah estimasi Laju filtrasi glomerulus (eLFG) dengan menggunakan formula *Cockcroft-Gault* (CG) dan formula *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD).

Tujuan Penelitian: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi nilai estimasi LFG yang dihitung dengan metode *Cockcroft-Gault* (CG) dan *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD) dalam menilai fungsi ginjal pada pasien pasien rawat *intensive*.

Metode Penelitian: Penelitian potong lintang dengan subjek pasien yang masuk di rawat *intensive* (ICU) RSUP Dr Sardjito Yogyakarta yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Sampel darah diambil untuk pemeriksaan kreatinin serum pada saat admisi di rawat *intensive*. Perhitungan estimasi LFG menggunakan metode *Cockcroft-Gault* (CG) dan *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD). Analisis data karakteristik subjek secara deskriptif, disajikan dengan tabel dan grafik. Uji beda rerata antara metode CG dan MDRD dengan uji *t-test* tidak berpasangan. Uji korelasi *Spearman* untuk menilai kekuatan hubungan antara metode CG dan MDRD.

Hasil: Subjek penelitian berjumlah 77 orang dan sebagian besar subjek adalah laki-laki (51,9%). Median usia 48 tahun dengan rentang 18-92 tahun. Nilai median formula CG dan MDRD berturut-turut 84,7 ml/min (38,5 – 408,1 ml/min) dan 101,7 ml/min/1,73m² (36,6 – 459,7 ml/min/1,73m²). Uji beda rerata metode CG dan MDRD didapat hasil $p=0,0507$. Uji korelasi *Spearman* didapatkan $r=0,697(p<0,0001)$ hal ini menunjukkan kedua metode berkorelasi positif kuat.

Simpulan: eLFG berdasarkan metode *Cockcroft-Gault* (CG) tidak berbeda dan berbanding lurus (berkorelasi positif, dengan kekuatan korelasi kuat) dengan metode *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD).

Kata kunci: Laju filtrasi glomerulus, estimasi Laju filtrasi glomerulus, perhitungan *Cockcroft-Gault* (CG) dan MDRD

ABSTRACT

Background: Detection of renal disfunction in critically ill patients is to prevent Acute Kidney Injury (AKI). Clinical practice, creatinine serum used to monitoring the renal function, but it's a lot of limitation. Another parameter to evaluate renal function are estimation of Glomerular Filtration Rate (eGFR) with the Cockcroft-Gaultt (CG) equation and *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD) equation.

Objective: The aim of this research was to determine the correlation of the estimated GFR based on Cockcroft Gault (CG) equation and Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) equation in assessing kidney function in intensive care patients.

Method: This is cross sectional study with patient subjects who were admitted to the intensive care unit (ICU) of RSUP Dr. Sardjito. Blood samples were taken for serum creatinine examination at the time of admission in intensive care. Equation of eGFR uses the Cockcroft-Gault (CG) and Modification of Diet in Renal Disease (MDRD). Data analysis of subject characteristics descriptively, presented with tables and graphs. The mean difference test between the CG and MDRD methods with an unpaired t-test. Spearmann's correlation test to assesing the strength of the relationship between CG and MDRD methods.

Result: The research subjects were 77 people and most of the subjects were male (51.9%). Median age was 48 years withranging from 18 to 92 years. The median values of the CG and MDRD formulas were respectly 84.7 ml/min (38.5-408.1 ml/min) and 101.7 ml/min/1,73m² (36.6-459.7 ml/min/1,73m²). The mean of difference test for CG and MDRD methods was p=0.0507. The Spearmann's correlation test was r=0.697 (p<0.0001) this shows that both methods are strongly positive correlated.

Conclusion: Estimated of GFR based on Cockcroft-Gault (CG) methods is not different and is directly proportional (positively correlated, with strongly correlation) with the Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) methods.

Keywords: Glomerulus filtration rate, estimation GFR, CG and MDRD equation.

BAB I.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Deteksi dini adanya disfungsi ginjal dan monitoring terapi dapat mencegah kejadian cedera ginjal akut pada pasien di ruang rawat *intensive* (ICU) memerlukan kebutuhan banyak terapi penggantian cairan. Pasien dengan *critical ill* banyak mendapatkan antibiotik atau obat-obatan yang memerlukan penyesuaian dosis untuk fungsi ginjal, adanya *insufisiensi* ginjal yang tidak terdeteksi menyebabkan pemberian dosis yang tidak tepat dan peningkatan risiko perburukan, meningkatkan morbiditas, mortalitas, meningkatkan lama rawat serta pembiayaan (Hoste *et al.*, 2005).

Fungsi ginjal melibatkan juga regulasi tubular dan endokrin, akan tetapi filtrasi glomerulus merupakan parameter yang paling sering digunakan untuk menentukan fungsi ginjal. Laju filtrasi glomerulus (LFG) merupakan parameter yang bersifat dinamis yang berubah sesuai dengan kebutuhan tubuh dan dipengaruhi oleh perubahan hemodinamik, diet dan obat-obatan (Macedo & Mehta, 2013).

Laju filtrasi glomerulus (LFG) merupakan indikator yang terbaik dalam menilai fungsi ginjal dan merupakan penanda penting penyakit ginjal. Penurunan LFG adalah salah satu komplikasi penting pada pasien dengan *critically ill* dan berhubungan dengan peningkatan morbiditas dan mortalitas pada populasi pasien di ruang rawat *intensive* atau *Intensive Care Unit* (ICU). Deteksi gangguan LFG adalah sangat penting pada pasien di unit rawat *intensive* dalam upaya untuk 1).

Mendiagnosa cedera ginjal akut, 2). Mencegah gangguan fungsi ginjal lebih lanjut, dan 3). Penyesuaian dosis beberapa obat yang dikeluarkan melalui ginjal (Delanaye *et al.*, 2014).

Laju filtrasi glomerulus merupakan alat penting untuk mengevaluasi fungsi ginjal, untuk mendeteksi kerusakan, untuk mengevaluasi pemberian dosis obat yang di klirens oleh ginjal dan untuk mengevaluasi keadaan ginjal pada pasien post transplantasi dan mengevaluasi sebelum menggunakan kontras radiografi yang berpotensi toksik. Pengaplikasian secara klinis dalam penilaian fungsi ginjal dibutuhkan keakuratan, murah dan mudah diterapkan, untuk itu dalam upaya tersebut ditemukan metode terbaik untuk menghitung estimasi laju filtrasi glomerulus dengan berbagai formula (Caldararu *et al.*, 2011).

Pengukuran LFG secara langsung merupakan baku emas untuk penilaian fungsi ginjal, dengan substansi eksogen seperti inulin, agen kontras non-radioaktif (*iothalamate* atau *iohexol*) atau senyawa radioisotope (*chromium-51-labelled ethylenediaminetetra-acetic acid*, *technetium 99m-diethylenetriaminepenta-acetic acid*) yang tidak dipergunakan secara rutin di setting ICU untuk alasan praktikabilitasnya (Hoste *et al.*, 2005). Penggunaan penanda eksogen rumit, mahal, dan sulit dilakukan dalam praktek klinis rutin (Stevens L *et al.*, 2006), sedangkan penanda endogen seperti kreatinin, urea dan cystatin C. Penanda endogen tersebut yang paling sering digunakan pada setting unit rawat *intensive* (Lipcsey *et al.*, 2011).

Penilaian fungsi ginjal dilakukan dengan penentuan kreatinin serum, dimana parameter tersebut tidak mencerminkan fungsi ginjal yang sama pada

semua pasien karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin, ras, luas permukaan tubuh, jenis makanan dan penggunaan obat-obatan tertentu sehingga diperlukan klirens kreatinin yang lebih mencerminkan laju filtrasi glomerulus lebih akurat dan dapat dideteksi lebih awal jika terdapat perburukan fungsi ginjal sebelum didapatkan peningkatan serum kreatinin. Formula untuk mengukur klirens kreatinin yaitu dengan menggunakan urin tampung 24 jam, kreatinin serum, usia, jenis kelamin dan berat badan (Jabary *et al.*, 2006).

Rata-rata nilai normal dari laju filtrasi glomerulus pada laki-laki dan wanita berkisar 130 mL/min/1,73 m² dan 120 mL/min/1,73 m² dan secara bertahap akan mengalami penurunan sebesar 1 mL/min/1,73 m² tiap tahunnya setelah usia 40 tahun (Levey *et al.*, 2006). Pada orang dewasa, formula yang sering digunakan adalah dari *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD) dan formula *Cockcroft-Gault* (Caldararu *et al.*, 2011).

Beberapa penelitian membandingkan estimasi LFG antara metode CG dan MDRD dengan berbagai populasi subjek, Hoste *et al* (2005) menyebutkan pada penelitiannya bahwa kadar kreatinin serum tidak cukup *sensitive* dalam mendeteksi disfungsi ginjal tahap awal dan dengan perhitungan eLFG baik dengan metode CG maupun MDRD cukup spesifik untuk penilaian fungsi ginjal pada populasi 28 subjek di ICU dengan kadar kreatinin serum <1,5 mg/dl (Hoste *et al.*, 2005). Penelitian lain melaporkan pada 366 subjek dengan usia >70 tahun yang mendapatkan terapi LMWH didapatkan mean CG lebih rendah dibandingkan dengan MDRD, sedangkan konkordansi kedua metode sangat lemah ($\kappa = 0,17$) dan sebanyak berdasarkan metode CG sebanyak 21,8% subjek dengan gangguan

fungsi ginjal yang parah dibandingkan berdasarkan metode MDRD sebanyak 1,3% mengalami gangguan fungsi yang parah (Gouin-thibault *et al.*, 2007).

Yunika (2014) melaporkan bahwa korelasi antara CG dan MDRD mempunyai korelasi yang baik dengan CCT ($r=0,609$ dengan $p=0,0$ dan $r\ 0,601$ dengan $p=0,0$) sehingga metode perhitungan eLFG dengan CG maupun MDRD dapat menjadi alternatif untuk pemeriksaan LFG dibandingkan dengan pemeriksaan klirens kreatinin yang rumit dan memakan waktu (Yunika, 2015).

Perhitungan yang digunakan untuk memperkirakan LFG pada subjek CKD seringkali diaplikasikan dengan perhitungan CG dan MDRD. Beberapa penelitian telah mencoba meningkatkan eLFG pada pasien dengan *critical ill* dan dengan fungsi ginjal yang stabil (Macedo *et al.*, 2010).

Pasien–pasien kritis yang masuk di ruang *intensive* (ICU) seringkali mengalami fluktuasi hemodinamik di ginjal yang begitu cepat dan hal ini dapat dilakukan pemantauan LFG untuk menilai fungsi ginjalnya agar tidak jatuh kedalam kondisi cedera ginjal yang akut atau *Acute Kidney Injury* (AKI). Penilaian fungsi ginjal yang akurat diperlukan untuk mengoptimalkan pemberian obat karena *overdosis* dan *underdosis* obat terbukti dapat memparah pasien dengan sakit kritis

Pasien-pasien yang dirawat di ruang *intensive* merupakan pasien dengan sakit kritis atau *critical ill*, yang erat kaitannya dengan peningkatan risiko morbiditas dan mortalitas (Geus *et al.*, 2011). Pasien dengan *critical ill* sering mengalami fluktuasi fungsi ginjal yang cepat terutama pada seting cedera ginjal akut dan perubahan Laju filtrasi glomerulus (LFG) kurang tercermin dengan

perubahan kadar kreatinin serum harian (Sunder *et al.*, 2014). Penggunaan perubahan serum kreatinin sebagai pengganti LFG mempunyai keterbatasan nilainya pada pasien *critically ill*. Formula atau perhitungan estimasi LFG yang paling sering digunakan adalah *Cockcroft-Gault* (CG) dan *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD). Formula *Cockcroft-Gault* (CG) dan MDRD cenderung mengoverestimasi nilai LFG, terutama pada orang yang lebih tua, dengan berat badan yang kurang atau orang yang kelebihan berat badan (Macedo & Mehta, 2013).

Penggunaan eLFG untuk menilai fungsi ginjal di ruang rawat *intensive* RSUP Dr Sardjito Yogyakarta paling sering menggunakan perhitungan *Cockcroft-Gault* (CG). Pada perhitungan CG keterbatasannya tidak disesuaikan dengan luas permukaan tubuh sedangkan pada formula MDRD disesuaikan dengan luas permukaan tubuh (Inker, 2011). Penelitian lain menyebutkan bahwa perhitungan CG mempunyai sensitivitas tinggi dalam mengidentifikasi pasien dengan gangguan ginjal akut dan berkorelasi sedang dengan klirens kreatinin (Baptista *et al.*, 2011). Penelitian berikutnya menyebutkan bahwa korelasi antara CG dan MDRD berkorelasi kuat ($r=0,89$ $p<0,0001$) pada subjek dengan terapi LMWH (Melloni *et al.*, 2008). Pada penelitian ini digunakan perhitungan CG dan MDRD dalam menilai fungsi ginjal pada populasi rawat *intensive* apakah bisa saling menggantikan.

B. Perumusan Masalah

1. Penilaian fungsi ginjal dapat dinilai dengan mengetahui laju filtrasi glomerulus akan tetapi dipengaruhi oleh perubahan hemodinamik, diet dan obat-obatan.
2. Laju filtrasi glomerulus tidak dapat diukur secara langsung sehingga dapat digunakan penanda filtrasi eksogen maupun endogen. Penanda filtrasi eksogen merupakan baku emas tetapi sangat rumit, mahal, dan sulit dilakukan dalam praktek klinis rutin sehari-hari. Penanda filtrasi endogen menggunakan parameter kreatinin serum dalam perhitungan estimasi LFG.
3. Penilaian fungsi ginjal dengan parameter kreatinin serum, dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin, ras, luas permukaan tubuh, jenis makanan dan penggunaan obat-obatan tertentu.
4. Klirens kreatinin lebih mencerminkan laju filtrasi glomerulus lebih akurat dan dapat mendeteksi lebih awal jika terdapat perburukan fungsi ginjal sebelum didapatkan peningkatan serum kreatinin. Formula untuk mengukur klirens kreatinin yaitu dengan menggunakan urin tampung 24 jam, kreatinin serum, usia, jenis kelamin dan berat badan.
5. Pasien dengan *critical ill* sering mengalami fluktuasi fungsi ginjal yang cepat terutama pada seting cedera ginjal akut dan perubahan Laju filtrasi glomerulus (LFG) kurang tercermin dengan perubahan kadar kreatinin serum harian.

6. Estimasi Laju filtrasi glomerulus (LFG) dengan menggunakan formula *Cockcroft Gault* (CG) dan MDRD adalah formula yang direkomendasikan, akan tetapi formula tersebut cenderung mengoverestimasi LFG.

C. Pertanyaan Penelitian

Bagaimana korelasi estimasi Laju filtrasi glomerulus metode *Cockcroft-Gault* (CG) dan *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD) dalam menilai fungsi ginjal pada pasien rawat *Intensive*.

D. Keaslian Penelitian

Tabel 1. Keaslian penelitian

Peneliti/metode	Populasi	Judul	Hasil	Perbedaan dengan penelitian ini
(Camargo <i>et al.</i> , 2020)/Cross sectional	631 pasien yang masuk ICU Brazillian General Hospital Populasi : Brazilian	<i>Estimated glomerular filtration rate and drug dose adjustment in patients in an intensive care unit in Brazil</i>	Median MDRD lebih tinggi dibandingkan dengan CG. Terdapat perbedaan bermakna pada kedua metode dalam indikasi penyesuaian dosis. Terdapat perbedaan lebih besar yang dihasilkan pada CG & MDRD yang diamati pada pasien dengan BB dan usia ekstrim.	Tujuan penelitiannya, populasi
(Matsuo & Yamagishi, 2019)/ <i>Retrospektive study</i>	1028 pasien bedah elektif dengan usia >55 tahun di Japannese Hospital	<i>Age-dependent error in creatinine clearance estimated by Cockcroft–Gault equation for the elderly patients in a Japanese hospital: a cross-</i>	CG signifikan mengunderestimasi pasien usia ≥ 65 tahun.	Metode penelitian, usia subjek penelitian, populasi penelitian.

(Wyzga & Czy, 2016)/ <i>Observasional, Cross Sectional study, cohort</i>	144 pasien ras Kaukasian dengan rata-rata umur 52 tahun yang masuk <i>The Nephrology and Transplantati on Outpatient Clinic of the Child Jesus Teaching Hospital in Warsaw</i>	<i>sectional study Performance of the MDRD, CKD-EPI, and Cockcroft-Gault Formulas in Relation to Nutritional Status in Stable Renal Transplant Recipients</i>	Uji kesesuaian antara MDRD dan CG dengan koefisien sampai dengan 7. Konsistensi hasil berada pada level 93% dan rata-rata perbedaan 8 mL/min/1,73 m ² . Pada nilai eLFG >60 mL/min/1,73 m ² nilai MDRD 11% lebih rendah daripada CKD-Epi dan CG. Pada eLFG <60 mL/min/1,73 m ² MDRD & CKD Epi menunjukkan tidak beda bermakna.	Tujuan penelitian, formula ELFG yang diteliti, populasi subjek penelitian.
(Dinsa <i>et al.</i> , 2017)/Cross ssectional	422 pasien di Renal Clinic SPHMMC Juli-September 2016	<i>Concordance between modification of diet in renal disease, chronic kidney disease epidemiology collaboration and CockcroftGault equations in patients with chronic kidney disease at St. Paul's hospital millennium medical college, Addis Ababa, Ethiopia</i>	Korelasi antara CG dan MDRD ($r = 0,94$ $p = 0,001$). Konkordan antara CG dengan MDRD dan CKD-epi untuk rekomendasi penyesuaian obat 89,6%, kappa = 0,834.	Formula eLFG yang diteliti, populasi subjek penelitian, kriteria inklusi dan eksklusi.

E. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui korelasi estimasi LFG pada pasien di rawat *intensive* berdasarkan formula *Cockcroft-Gault* (CG) dan *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD).

F. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis: Diharapkan mengetahui perhitungan estimasi LFG dengan formula *Cockcroft-Gault* dan MDRD dalam menilai fungsi ginjal pada pasien–pasien di rawat *intensive*.
2. Manfaat praktisi: Diharapkan dapat menilai fungsi ginjal dengan menggunakan estimasi LFG untuk dijadikan monitoring kondisi dan manajemen pasien yang di rawat *intensive*.

BAB II.

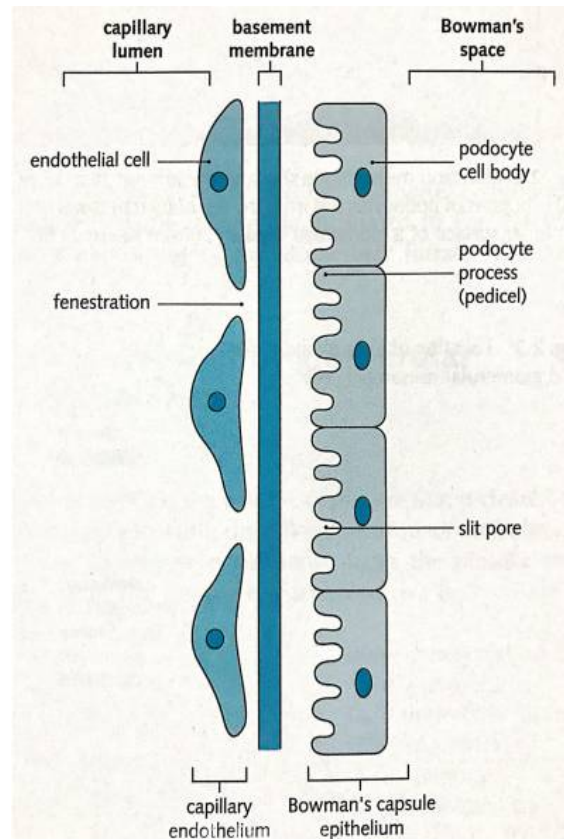
TINJAUAN PUSTAKA

A. Fisiologi Ginjal

Ginjal merupakan organ vital yang berperan sangat penting dalam mempertahankan kestabilan lingkungan dalam tubuh. Ginjal mengatur keseimbangan cairan tubuh, elektrolit dan asam basa dengan cara menyaring darah yang melaluinya, reabsorpsi selektif air, serta mengekskresi kelebihan sebagai kemih. Ginjal juga mengeluarkan sisa metabolisme seperti urea, kreatinin, asam urat dan zat kimia asing lainnya (Linsay M. Biga *et al.*, 2020).

Ginjal secara anatomis terletak di belakang peritoneum pada bagian belakang rongga abdomen, mulai dari vertebra torakalis kedua belas (T12) sampai vertebra lumbalis ketiga (L3). Ginjal mempunyai 400.000-800.000 nefron dan akan berkurang seiring usia. Nefron terdiri dari glomerulus dan tubulus terkait yang menuju pada ductus kolektivus (O'Callagan, 2006).

Struktur dari filter glomerular merupakan sel ginjal terdiri dari bola-bola kapiler yang disebut glomerulus, invaginasi ke nefron, kapsula Bowmann. Dimulai dari sini sinilah tahap awal dari produksi urin berasal. Plasma terfiltrasi melalui dinding kapilar-kapiler glomerular ke dalam kapsula Bowmann. Komposisi ultrafiltrat plasma yang memasuki kapsula Bowmann tergantung pada barrier filtrasi yang terdiri dari tiga lapisan yaitu sel endotel kapiler glomerulus, membrane basalis dan sel epitel kapsula Bowmann (Jones, 2015).



Gambar 1. Struktur membran kapiler glomerulus

Pembentukan urin adalah fungsi ginjal yang paling esensial dalam mempertahankan homeostatis tubuh. Pada orang dewasa sehat, kurang lebih 1200 ml darah, atau 25% *cardiac output*, mengalir ke kedua ginjal. Proses pembentukan urine yang pertama terjadi adalah filtrasi, yaitu penyaringan darah yang mengalir melalui arteria aferen menuju kapiler glomerulus yang dibungkus kapsula bowman untuk menjadi filtrat glomerulus yang berisi zat-zat ekskresi. Kapiler glomerulus tersusun atas sel endotel, membrana basalis dan sel epitel. Kapiler glomeruli ber dinding porous (berlubang-lubang), yang memungkinkan terjadinya filtrasi cairan dalam jumlah besar (± 180 L/hari). Molekul yang

berukuran kecil (air, elektrolit, dan sisa metabolisme tubuh, di antaranya kreatinin dan ureum) akan difiltrasi dari darah, sedangkan molekul berukuran lebih besar (protein dan sel darah) tetap tertahan di dalam darah. Komposisi cairan filtrat yang berada di kapsul Bowman, mirip dengan yang ada di dalam plasma, hanya saja cairan ini tidak mengandung protein dan sel darah (Linsay M. Biga *et al.*, 2020) (O'Callagan, 2006).

B. Laju Filtrasi Glomerulus

Filtrasi glomerulus adalah tahap awal dalam pembentukan urin dan merupakan fungsi fisiologis dasar ginjal. Filtrasi glomerulus merupakan suatu proses pasif yang melibatkan aliran dari pelarut melalui filter. Filter glomerulus hanya memungkinkan zat-zat dengan berat molekul rendah dalam plasma yang dapat melewatinya, membentuk ultrafiltrasi glomerulus. Beberapa zat-zat dapat di reabsorpsi oleh tubuh saat berada di bagian nefron tetapi ada juga bahan yang tidak direabsorpsi dan meninggalkan tubuh dalam bentuk urin.

Pembentukan urin merupakan fungsi ekskresi primer ginjal. Pembentukan urin terdiri dari tiga proses yaitu filtrasi plasma di glomeruli diikuti oleh reabsorpsi dan sekresi komponen selektif oleh tubulus ginjal (Brunzel, 2018). Produksi urin tergantung dari aliran plasma renal (*renal plasma flow*) dan filtrasi glomerulus. Cairan yang difiltrasi dari glomerulus harus melewati tiga lapisan membran glomerulus yaitu dinding kapiler glomerulus, membrana basalis dan lapisan kapsula Bowmann (Linsay M. Biga *et al.*, 2020).

Glomerulus ginjal menyaring darah terutama berdasarkan ukuran partikel untuk menghasilkan filtrat kurang sel atau besar protein. Sebagian besar ion dan molekul dalam filtrat adalah dibutuhkan oleh tubuh dan harus diserap kembali lebih jauh tubulus nefron, menghasilkan pembentukan urin. Molekul yang lebih kecil atau yang bermuatan positif seperti air atau kristaloid akan tersaring. Tujuan utama filtrasi glomerulus adalah terbentuknya filtrat primer di tubulus proksimal (Linsay M. Biga *et al.*, 2020).

Dalam keadaan normal, tekanan hidrostatik dan filtrasi jauh lebih besar terjadi. Ginjal dipersarafi oleh saraf simpatis. Mekanisme autoregulasi berhubungan dengan tekanan darah arteri, karena tekanan tersebut adalah gaya mendorong darah ke kapiler glomerulus, jika tekanan meningkat, maka akan diikuti oleh peningkatan LFG. Apabila LFG meningkat akibat peningkatan tekanan darah arteri, maka LFG akan kembali menjadi normal oleh konstriksi arteriol aferen yang akan menurunkan aliran darah ke glomerulus (Linsay M. Biga *et al.*, 2020).

Laju filtrasi glomerulus (LFG) dipengaruhi oleh tekanan hidrostatik dan tekanan osmotik koloid (onkotik), dan ditentukan oleh gaya *Starling*. Faktor-faktor yang mempengaruhi LFG yaitu pada ujung arteriol kapiler, tekanan hidrostatik lebih besar dari pada tekanan onkotik koloid sebagai akibat resistensi aliran akibat penyempitan pembuluh darah dan cairan dipaksa keluar dari kapiler, ketika cairan keluar dari kapiler melalui dinding yang sangat permeabel, tekanan onkotik meningkat dan gaya tekanan dibalik (sebagian besar terletak di ujung