

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tekanan Darah

Tekanan darah adalah tekanan dari darah yang dipompa oleh jantung terhadap dinding arteri.⁷ Tekanan ini terus menerus akan berada dalam pembuluh darah dan memungkinkan darah mengalir secara konstan. Gaya yang ditimbulkan oleh darah terhadap dinding pembuluh bergantung pada volume darah yang terkandung dalam pembuluh dan distensibilitas dinding pembuluh (seberapa mudah pembuluh darah tersebut diregangkan). Jika volume darah yang masuk ke arteri sama dengan volume darah yang keluar dari arteri selama periode yang sama maka tekanan darah arteri akan konstan.⁸

Kenyataannya, sewaktu sistol ventrikel satu isi sekuncup darah masuk ke arteri dari ventrikel, sementara hanya sekitar sepertiga dari jumlah tersebut yang meninggalkan arteri untuk masuk ke arteriol. Selama diastole, tidak ada darah yang masuk ke dalam arteri, sementara darah terus keluar dari arteri, didorong oleh *recoil elastic*.⁸ Tekanan darah penting karena merupakan kekuatan pendorong bagi darah agar dapat beredar ke seluruh bagian tubuh. Tekanan darah biasanya digambarkan sebagai rasio tekanan sistolik terhadap tekanan diastolik.⁹

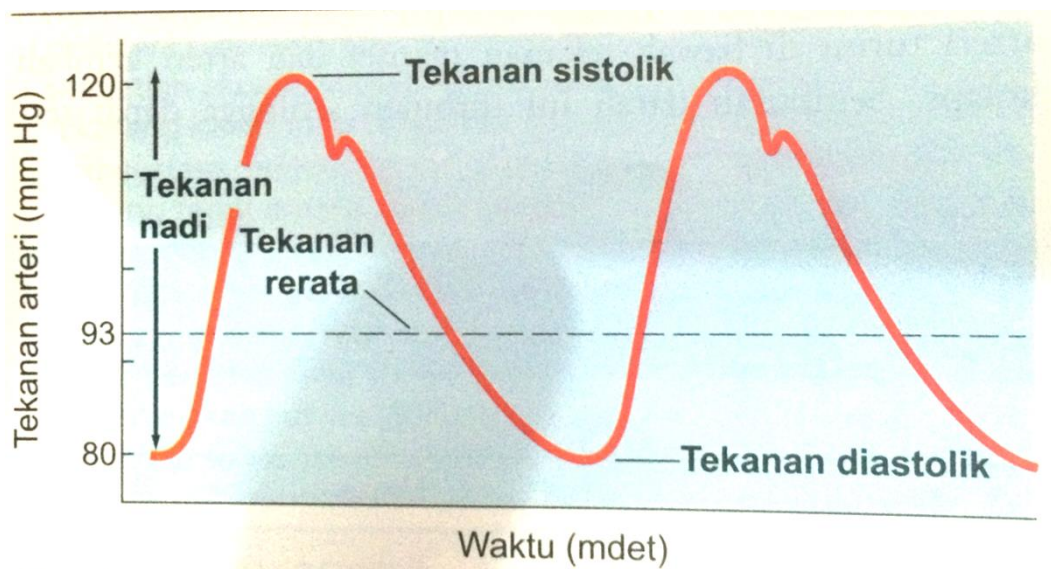
2.1.1 Tekanan Darah Sistolik

Tekanan maksimal yang ditimbulkan pada arteri sewaktu darah disemprotkan ke dalam pembuluh selama periode sistol dengan rerata adalah 120 mmHg.⁸

2.1.2 Tekanan Darah Diastolik

Tekanan minimal di dalam arteri ketika darah mengalir keluar menuju ke pembuluh yang lebih kecil di hilir selama periode diastol dengan rerata adalah 80 mmHg.⁸

Meskipun tekanan ventrikel turun ke 0 mmHg sewaktu diastole namun tekanan arteri tidak turun hingga 0 mmHg karena terjadi kontraksi jantung berikutnya dan mengisi kembali arteri sebelum semua darah keluar dari sistem arteri.⁸



Gambar 1. Tekanan Darah Arteri⁸

2.1.3 Penggolongan Tekanan Darah

Tekanan darah dapat digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

1) Tekanan Darah Rendah (Hipotensi)

Hipotensi merupakan penurunan tekanan darah sistol lebih dari 20-30% dibandingkan dengan pengukuran dasar atau tekanan darah sistol <100 mmHg.⁸ Sehingga setiap organ dari badan tidak mendapat aliran darah yang cukup dan menyebabkan timbulnya gejala hipotensi.

2) Tekanan Darah Normal (Normotensi)

Menurut Smeltzer & Bare (2002) ukuran tekanan darah normal orang dewasa berkisar 120/80 mmHg. Tekanan darah dalam kehidupan bervariasi secara alami, seperti pada bayi dan anak-anak secara normal memiliki tekanan darah yang jauh lebih rendah dibanding dengan orang dewasa.

3) Tekanan Darah Tinggi (Hipertensi)

Tekanan darah tinggi persisten dimana tekanan sistolik di atas 140 mmHg dan tekanan diastolik di atas 90 mmHg.¹⁰ Menurut WHO, penyakit hipertensi merupakan peningkatan tekanan sistolik lebih besar atau sama dengan 160 mmHg dan atau tekanan diastolik sama atau lebih besar 95 mmHg.

JNC 6 Category		JNC 7 Category	
	SBP/DBP		
Optimal	< 120/80	→	Normal
Normal	120–129/80–84	→	Prehypertension
Borderline	130–139/85–89	→	
Hypertension	≥ 140/90	→	Hypertension
Stage 1	140–159/90–99	→	Stage 1
Stage 2	160–179/100–109	→	Stage 2
Stage 3	≥ 180/110	→	

Sources: The sixth report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Arch Intern Med* 1997;157:2413–46.

The seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *JAMA* 2003;289:2560–2571.

Gambar 2. Klasifikasi Tekanan Darah menurut JNC 7 (*The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure*)¹¹

2.1.4 Faktor-faktor yang mempengaruhi Nilai Tekanan Darah

Terdapat beberapa hal yang dapat menyebabkan perubahan nilai tekanan darah:

1) Umur

Bayi yang baru lahir memiliki tekanan sistolik rata-rata 73 mmHg. Tekanan sistolik dan diastolik meningkat bertahap sesuai dengan usia hingga dewasa. Pada orang lanjut usia, arteri mengalami penebalan sehingga lebih keras dan kurang fleksibel terhadap darah. Hal ini mengakibatkan peningkatan terhadap tekanan sistolik dan diastolik. Tekanan diastolik meningkat karena dinding pembuluh darah tidak lagi retraksi secara fleksibel pada penurunan tekanan darah.¹²

2) Perubahan Sikap (*Posture*)

Efek posisi tubuh yang berbeda-beda dapat mengubah hasil pengukuran tekanan darah. Tekanan darah cenderung turun pada posisi berdiri bila dibandingkan dengan posisi saat duduk.^{7,13}

3) Kondisi Kesehatan

a) Kelebihan berat badan dan obesitas

Kegemukan atau obesitas adalah persentase abnormalitas lemak yang dinyatakan dalam indeks massa tubuh (IMT) yaitu perbandingan antara berat badan dengan tinggi badan kuadrat dalam meter. Menurut WHO, seseorang dikatakan kelebihan berat badan jika $IMT \geq 25$ dan dikatakan obesitas apabila ≥ 30 . Berat badan dan IMT berkorelasi langsung dengan tekanan darah terutama tekanan darah sistolik bilamana 5 kg dari berat badan yang berlebih hilang maka akan menurunkan 2-10 poin tekanan darah sistolik. Obesitas pada masa anak-anak maupun dewasa merupakan salah satu faktor predisposisi terjadinya hipertensi.²

b) Penyakit Kardiovaskular

Menurut *American Heart Association* (2013) penyakit jantung dan pembuluh darah menyebabkan distribusi aliran darah menjadi tidak adekuat. Pada penyakit kardiovaskular dapat terjadi arterosklerosis, aritmia, gagal jantung, dan kelainan katup jantung. Hal ini mengakibatkan terganggunya fungsi jantung dan pembuluh darah sehingga menyebabkan perubahan tekanan darah.

4) Olahraga

Perubahan kardiovaskular bisa terjadi pada orang yang melakukan *exercise dynamic* seperti berlari. Terjadinya peningkatan denyut jantung dan curah jantung yang banyak, demikian juga tekanan darah terutama sistolik dan tekanan nadi. Perubahan terjadi akibat peningkatan kebutuhan metabolisme otot skelet sehingga diperlukan aliran darah yang cukup ke otot skelet.

5) Merokok dan Alkohol

Zat-zat kimia beracun seperti nikotin dan karbon monoksida yang terkandung dalam rokok yang dihisap dan masuk ke dalam aliran darah dapat merusak lapisan endotel pembuluh darah arteri dan mengakibatkan proses aterosklerosis dan juga menyebabkan tekanan darah menjadi tinggi.

¹³ Konsumsi alkohol secara berlebihan dalam jumlah banyak juga dapat meningkatkan tekanan darah dan menjadi predisposisi terjadinya hipertensi.

6) Kondisi Psikis

Menurut Lawson et al (2007), kondisi psikis seseorang dapat mempengaruhi tekanan darah, misalnya kondisi yang mengalami stres atau tekanan. Respon tubuh terhadap stres disebut alarm yaitu reaksi pertahanan atau respon perlawanan. Kondisi ini ditandai dengan adanya peningkatan tekanan darah, denyut jantung, laju pernapasan, dan ketegangan otot. Stres akan membuat tubuh lebih banyak menghasilkan adrenalin, hal ini membuat jantung bekerja lebih cepat dan kuat.

7) Jenis Kelamin

Setelah pubertas, pria cenderung memiliki tekanan darah lebih tinggi dari wanita, namun pada wanita setelah menopause, cenderung memiliki tekanan darah yang lebih tinggi daripada pria pada usia tersebut.¹⁴

2.2 Pengukuran Tekanan Darah

2.2.1 Dasar Pengukuran Tekanan Darah

Kecepatan aliran (velocity) suatu cairan dalam pembuluh akan bergantung kepada isi aliran (flow) dan luas penampang pembuluh (area). Dalam hal ini, kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan linier yang mempunyai rumus:

$$V = Q/A$$

V adalah kecepatan, Q adalah aliran, dan A adalah luas penampang. Dapat diketahui bahwa perubahan pada luas penampang, misalnya penyempitan pembuluh, akan sangat mempengaruhi kecepatan aliran.¹⁵

Apabila dikaji lebih jauh, kecepatan aliran berpengaruh pada tekanan sisi (lateral pressure) pembuluh. Tekanan dalam pipa merupakan jumlah tekanan sisi ditambah energi kinetik. Energi ini dapat dihitung berdasarkan viskositas cairan dan kecepatan aliran ($1/2 PV^2$ dengan P adalah viskositas cairan dan V adalah kecepatan aliran). Kecepatan aliran yang berubah akan mempengaruhi energi kinetik dan perubahan pada energi ini akan mempengaruhi tekanan sisi pembuluh. Hal ini dikemukakan karena pada hakikatnya yang diukur pada pengukuran tekanan darah secara tidak langsung adalah tekanan sisi pembuluh darah.¹⁵

2.2.2 Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengukuran

Menurut Singgih (1989), beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengukuran tekanan darah agar hasil pengukuran lebih akurat, yaitu:¹⁶

1) Ruang Pemeriksaan

Suhu ruang, ketenangan dan kenyamanan pada ruang periksa yang nyaman harus diperhatikan. Suhu ruang yang terlalu dingin dapat meningkatkan tekanan darah. Suhu ruangan yang baik adalah suhu ruangan normal yaitu berkisar 20-25 derajat celcius.

2) Alat Pengukur Tekanan Darah

Alat yang sebaiknya digunakan adalah tensimeter yang sudah melewati proses pengujian kondisi dan sudah dikalibrasi. Gunakan manset dengan lebar yang dapat mencakup 2/3 panjang lengan atas serta panjang yang dapat mencakup 2/3 lingkaran lengan. Penggunaan manset yang lebih kecil akan menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada yang sebenarnya.

3) Persiapan Pasien

Apabila diperlukan dan keadaan pasien memungkinkan, sebaiknya dipersiapkan dalam keadaan basal karena biasanya hanya diperlukan nilai tekanan darah sewaktu, maka pengaruh kerja jasmani, makan, merokok dihilangkan terlebih dahulu sebelum diukur.

Keadaan basal adalah keadaan pada orang terjaga yang sel-sel tubuhnya dalam tingkat metabolisme minimal.

4) Tempat pengukuran

Pengukuran dilakukan pada lengan kanan dan kiri bila dicurigai terdapat peningkatan tekanan darah. Posisi orang yang diperiksa sebaiknya dalam posisi duduk. Dalam keadaan ini, lengan bawah sedikit fleksi dan lengan atas setinggi jantung. Hindarkan posisi duduk yang menekan perut, terutama pada orang yang gemuk.

5) Pemompaan dan pengempesan manset

Manset seharusnya dipompa dan dikempeskan sebelum mengukur tekanan darah pasien. Hal ini untuk menghindari kesalahan nilai karena rangsang atau reaksi obstruksi sirkulasi darah. Pengempesan yang terlalu cepat akan mengakibatkan nilai diastolik yang lebih rendah daripada yang sebenarnya.

2.2.3. Alat Ukur Tekanan Darah

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tekanan darah adalah tensimeter (*Sphygmomanometer*). Alat tekanan darah yang direkomendasikan setelah uji standar validasi dan kalibrasi adalah teknik oskilometrik untuk jenis yang otomatis dan untuk jenis non-otomatis. Dapat dijumpai tiga jenis tensimeter yang digunakan masyarakat yaitu tensimeter air raksa, digital dan juga tensimeter aneroid. Menurut laporan WHO, yang penting adalah lebar kantong udara dalam manset harus cukup lebar untuk menutupi $2/3$ panjang lengan atas. Panjang manset juga harus cukup panjang untuk menutupi $2/3$ lingkaran lengan atas. Ukuran manset tersebut bertujuan agar tekanan udara dalam manset benar-benar seimbang dengan tekanan isi pembuluh darah yang akan diukur.¹⁵

2.3 Tensimeter

Tensimeter atau disebut *sphygmomanometer* pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Nikolai Korotkov, ahli bedah Rusia yang menggunakannya untuk perangkat pengukuran tekanan darah. Tensimeter pada awalnya menggunakan air raksa sebagai pengisi alat ukur tekanan darah. Pada zaman sekarang, kesadaran masyarakat akan konservasi lingkungan meningkat dan penggunaan alat ukur dari air raksa menjadi perhatian dunia. Sehingga, penggunaan tensimeter air raksa di luar negeri sudah tidak dianjurkan dikarenakan bahaya dari penggunaan air raksa itu sendiri apabila pecah akan terpapar ke kulit dan bahaya bagi saluran pernapasan.^{17,18}

Tensimeter pada umumnya terdiri dari sebuah pompa, sumbat udara yang dapat diputar, kantong karet yang terbungkus kain, dan pembaca tekanan baik berupa jarum yang mirip dengan stopwatch, air raksa atau secara digital.

Tensimeter aneroid menggunakan semacam pegas untuk menggerakkan jarum petunjuknya. Secara umum mempunyai cara kerja yang sama dengan tensimeter air raksa dan juga memerlukan alat tambahan yaitu stetoskop, namun terdapat perbedaan pada hasil pengukuran yang ditampilkan dengan menggunakan jarum. Tensimeter aneroid memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah dibandingkan tensimeter air raksa dan digital.¹⁸ Dalam penggunaannya memerlukan suatu keterampilan khusus sehingga tidak disarankan untuk penggunaan pribadi di rumah. Komponen utama tensimeter aneroid yaitu: pompa/bulb, manset/cuff dan gauge atau jarum penunjuk hasil pengukuran.



Gambar 3. Tensimeter dan Stetoskop Aneroid

Tipe: spectrum aneroid tensimeter

Merk: ABN

Measuring Range: 0-300 mmHg

Pemakaian manset dipasang ‘mengikat’ mengelilingi lengan dan kemudian ditekan dengan tekanan di atas tekanan arteri lengan (arteri brachialis) dan kemudian secara perlahan tekanannya diturunkan. Ukuran manset pada pemasangan tekanan darah perlu mendapatkan perhatian karena dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

Menurut *The Council for High Blood Pressure Research of the Scientific Council of the American Heart Association*, lebar manset harus melebihi diameter dari lengan tempat manset dililit atau diikat.^{19,20} Lebar manset menutupi 2/3 panjang lengan atas sehingga memberikan ruangan yang cukup untuk meletakkan bel stetoskop di daerah fossa kubiti, sedangkan panjang manset sedapat mungkin menutupi seluruh lingkaran lengan.^{20,21}

Pada tensimeter, diperlukan adanya keharusan pengecekan kondisi dan kalibrasi tensimeter secara teratur. Kalibrasi pada tensimeter dilakukan dengan cara membandingkan antara tensimeter uji dan tensimete standar. Kesalahan pada saat kalibrasi tidak boleh melebihi 2 mmHg, untuk kesalahan dapat dicari dengan menghitung deviasi rata-rata (SD) pengukuran pada saat kalibrasi. Kemudian, jika didapat hasil pengukuran yang berbeda, dilakukan kalibrasi dengan mengatur keluaran dari perangkat uji di cocokkan dengan keluaran dari perangkat referensi. Kalibrasi dapat dilakukan oleh fasilitas kesehatan secara rutin maupun oleh pabrik sebagai bagian dari persetujuan garansi atau servis.²²

Tabel 2. Jangka waktu pemeriksaan tensimeter.²²

Tipe	Pengecekan (bulan)	Kalibrasi (bulan)
Merkuri permanen	6	36
Merkuri portable	6	12
Aneroid ruangan	1	6
<i>Aneroid mobile harian</i>	1 / 2	6
Elektronik osilometrik	6	12
Elektronik manual	6	12

2.3.1 Uji Pengecekan Kondisi Tensimeter²²

Berikut ini beberapa uji dari pengecekan tensimeter:

- Pemeriksaan kondisi katup pemasok udara
 - a) Dilakukan dengan mengamati lubang katup
 - b) Selain itu juga memompa dalam keadaan pipa karet dilipat dan katup pengontrol ditutup
 - c) Dikatakan cacat jika: ada kotoran dan katup aus sehingga udara tidak terjebak pada kelep [bocor]
 - d) Laporkan tindakan yang dilakukan pada kolom keterangan jika ada cacat (perbaikan atau diganti baru). Jika dilakukan perbaikan dan dapat memenuhi criteria kebaikannya (tidak cacat maka dinyatakan lolos uji dan ditulis “BAIK”)
- Pemeriksaan kondisi bola pemompa
 - a) Dilakukan dengan mengamati bola pemompa
 - b) Dikatakan cacat jika : ada retak yang menyebabkan udara bocor atau karet busuk hingga lengket saat ditekan
 - c) Laporkan tindakan yang dilakukan jika ada cacat (perbaikan atau diganti baru)
- Pemeriksaan kondisi katup pengontrol
 - a) Dilakukan dengan membuka saringan (filter) pada bola pemompa
 - b) Pemeriksaan juga dilakukan dengan memutar skrup katup dalam keadaan tertutup dan dipompa

- c) Dikatakan cacat jika filter kotor dan katup bocor saat dipompa meskipun dalam keadaan tertutup
 - d) Dilakukan pembersihan filter dan penggantian katup jika cacat
 - e) Laporkan tindakan yang dilakukan jika ada cacat (perbaiki atau diganti baru)
- Pemeriksaan kondisi pipa karet
 - a) Dilakukan dengan mengamati kondisi pipa karet
 - b) Dikatakan cacat jika : retak yang menyebabkan udara bocor, busuk atau panjangnya tidak proporsional sehingga menyulitkan pemeriksaan pada pasien
 - c) Laporkan tindakan yang anda lakukan jika ada cacat tersebut (diganti baru)
- Pemeriksaan manset
 - a) Dilakukan dengan mengamati kondisi manset
 - b) Dikatakan cacat jika retak yang menyebabkan udara bocor, busuk, kain sobek, pengait rusak
 - c) Gelembung karet dikeluarkan dari selubung kain
 - d) Dilakukan pemompaan untuk menggelembungkan gelembung karet
 - e) Dikatakan cacat jika dimensi gelembung tidak rata
 - f) Laporkan tindakan yang anda lakukan jika ada cacat tersebut (diganti baru)
- Pemeriksaan kondisi manometer
 - a) Dilakukan dengan mengamati kondisi pipa manometer

- b) Dikatakan cacat jika air raksa pada kondisi awal tidak pada angka nol, air raksa hitam teroksidasi, atau pipa kaca kotor oleh karat air raksa sehingga sulit membaca ketinggian permukannya
- c) Laporkan tindakan yang anda lakukan jika ada cacat tersebut (diganti baru)
- Pemeriksaan kondisi ventilasi udara
 - a) Dilakukan dengan membuka skrup dengan tang atau obeng
 - b) Mengamati kondisi pipa manometer
 - c) Dikatakan cacat jika ada kotoran, ada air raksa yang terkumpul atau selaput kulit robek
 - d) Laporkan tindakan yang anda lakukan jika ada cacat tersebut (diganti baru)
- Uji Inflasi
 - a) Membelitkan manset pada lengan probandus
 - b) Memompa sphygmomanometer hingga tekanan 200 mmHg, catatlah tekanannya setelah 10 detik
 - c) Dikatakan cacat jika pembacaan turun lebih dari 20mmHg (ke 180 mmHg)
 - d) Perbaikan dilakukan dengan merapatkan sambungan pipa dan mencari serta memperbaiki kebocoran udara
 - e) Laporkan tindakan yang anda lakukan jika ada cacat tersebut (diganti baru)
- Uji Deflasi
 - a) Memompa manset hingga 200mmHg

- b) Membuka katup pengontrol dan mengendalikan kecepatan penurunannya
- c) Dikatakan cacat jika penurunannya tidak dapat dikendalikan pada kecepatan 2 mmHg per detik
- d) Perbaikan dilakukan dengan merapatkan sambungan pipa dan mencari serta memperbaiki kebocoran udara

2.3.2 Tensimeter Air Raksa

Pada awalnya semua alat tensimeter menggunakan air raksa untuk mengukur tekanan darah. Satuan pengukuran tekanan darah pada manusia yaitu mmHg (millimeter hydrargyrum/raksa) yaitu berapa tinggi air raksa yang dapat diangkat oleh tekanan darah. Dalam penggunaannya, dibutuhkan alat tambahan yaitu stetoskop untuk membantu mendengarkan bunyi sistolik dan diastolik. Keunggulan yang dimiliki oleh tensimeter air raksa adalah akurasinya yang tinggi.¹⁸ Namun kelemahan yang dimiliki yaitu ukurannya yang besar sehingga akan sangat merepotkan untuk dibawa kemana-mana dan penggunaan air raksa yang dilarang. Merkuri yang digunakan dalam tensimeter adalah jenis merkuri elemental dimana uap merkuri yang terhirup apabila tensimeter pecah paling sering menyebabkan keracunan, sedangkan merkuri yang tertelan ternyata tidak menyebabkan efek toksik karena absorpsinya yang rendah kecuali jika ada fistula atau penyakit inflamasi gastrointestinal atau jika merkuri tersimpan untuk waktu lama di saluran gastrointestinal. Merkuri yang masuk ke dalam tubuh melalui intravena dapat menyebabkan emboli paru.

Komponen yang terdapat pada tensimeter air raksa adalah manset, bulb atau balon tensi, selang atau tubing dan tabung skala air raksa. Salah satu contoh

tensimeter air raksa yang sering digunakan dan berstandar adalah tensimeter air raksa Riester Nova Presameter. Tensimeter air raksa Riester Nova Presameter merupakan tensimeter buatan Jerman dengan ketahanan dan akurasi yang tinggi. Berikut adalah spesifikasi tensimeter air raksa Riester Nova Presameter:



Gambar 4. Tensimeter Air Raksa Riester Nova Presameter

Spesifikasi:

- Toleransi kesalahan maksimum: +/- 3mmHg
- 99.99% merkuri murni
- Bahan tangan manset dengan dua tabung lateks
- Faceplate-metal dengan mudah membaca skala hingga 300 mmHg
- -Segel khusus terhadap kontaminasi merkuri
- Alat terbuat dari bahan alumunium yang ringan
- Awet dengan garansi seumur hidup sehingga dapat digunakan untuk bertahun-tahun.

2.3.2.1 Mekanisme Kerja

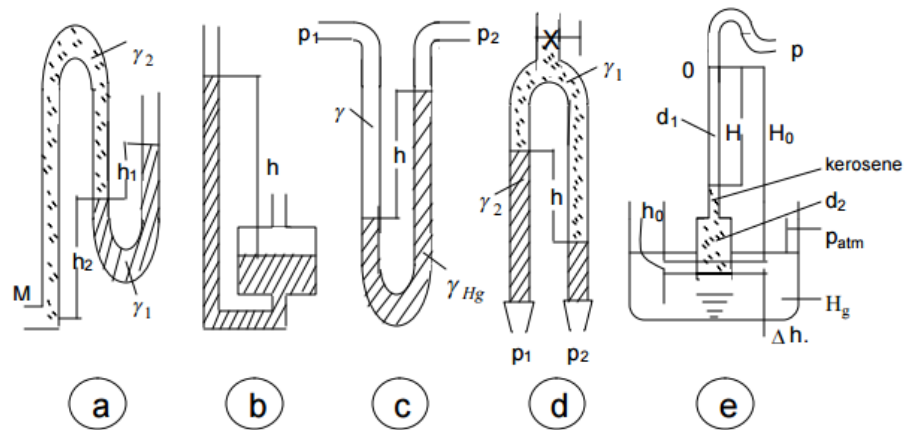
Tensimeter bekerja menggunakan hukum-hukum fisika yang bekerja pada fluida air raksa. Seorang ahli Fisika berkebangsaan Inggris bernama Robert Boyle (1627-1691) melakukan percobaan pemampatan udara. Hasil percobaan menyatakan "*Hasil kali tekanan dan volume gas dalam ruang tertutup selalu tetap, asalkan suhu gas tidak berubah*". Tekanan antara manset dan dalam bejana manometer mempunyai tekanan yang sama besar sesuai dengan hukum Boyle:

$$p \cdot V = \text{konstan}$$

dimana p adalah tekanan (mmHg) dan V adalah volume (m^3).

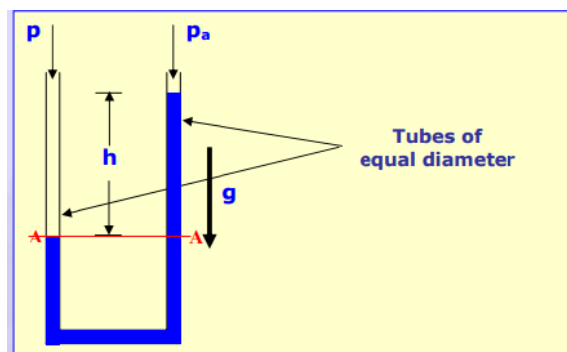
$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Tekanan pada manset sebanding dengan tekanan pada manometer. Manometer adalah alat pengukur tekanan yang menggunakan tinggi kolom (tabung) yang berisi liquid statik untuk menentukan tekanan fluida. Manometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan di dua titik yang berlawanan. Beda tekanan antara 2 titik (lokasi aliran) diukur dengan menggunakan manometer differensial dengan jenis paling sederhana adalah model – U dapat dilihat pada gambar c (Gambar 6).²³ U-Tube manometer merupakan jenis manometer yang paling banyak digunakan.²⁴



Gambar 5. Alat Ukur Manometer

- (a) Manometer pipa – U untuk mengukur tekanan kecil, (b) Manometer pipa– U dengan modifikasi salah satu kaki pipa dibuat sangat lebar, (c) Manometer differensial model pipa-U, (d) Manometer pipa-U terbalik untuk mengukur tekanan air, (e) Manometer jamban yang dipakai untuk mengukur tekanan udara.²³



Gambar 6. U-Tube Manometer²⁴

Sesuai dengan teori yaitu tekanan darah diukur pada saat yang sama dan saat manset diregangkan dan terdengar bunyi Korotkov. Tekanan pada pejana akan diteruskan zat cair air raksa(Hg) ke segala arah dengan sama rata sesuai dengan hukum Pascal. Tensimeter menggunakan manometer pipa U, sehingga mengakibatkan adanya tekanan hidrostatis pada sisi yang lain.²² Berlaku hukum:

$$p_{\text{darah}} \cong p_{\text{manset}} \cong p_{\text{bejana}} \cong \rho_{\text{air raksa}} \cdot g \cdot h_{\text{air raksa}}$$

Pada $\rho_{\text{air raksa}}$ dan g konstan maka:

$$p_{\text{darah}} \cong p_{\text{manset}} \cong p_{\text{bejana}} \cong h_{\text{air raksa}}$$

keterangan:

p_{darah}	= tekanan pada darah
p_{manset}	= tekanan pada manset
p_{bejana}	= tekanan bejana
$\rho_{\text{air raksa}}$	= berat jenis air raksa
$h_{\text{air raksa}}$	= ketinggian air raksa

Sesuai dengan persamaan maka disimpulkan bahwa tekanan darah pada tensimeter sebanding dengan ketinggian air raksa pada manomernya. Didapatkan satuan dari tekanan darah adalah satuan dari ketinggian air raksa yaitu mmHg.²²

2.3.2.2 Uji Kalibrasi Tensimeter Air Raksa

Prosedur kalibrasi tensimeter air raksa sebagai berikut:²²

- 1) Melepas manset tensimeter pada pipa sambungannya
- 2) Menghubungkan pipa manometer tensimeter dengan manometer standar (manometer pipa U) menggunakan sambungan pipa T
- 3) Membelitkan manset pada botol probandus
- 4) Memompa secara perlahan untuk menaikkan air raksa pada tensimeter dan manometer pipa U
- 5) Setiap kenaikan 10 mmHg pada tensimeter dicatat nilai yang terbaca pada manometer pipa U

- 6) Percobaan dilakukan hingga 200 mmHg
- 7) Menghitung deviasi rata-rata
- 8) Dikatakan baik jika deviasi rata-ratanya tidak melebihi 2 mmHg

2.3.2.3 Pengukuran Tensimeter Air Raksa

Komponen suara jantung disebut suara korotkoff yang berasal dari suara vibrasi saat manset dikempiskan. Suara korotkoff sendiri terbagi menjadi 5 fase yaitu :16

1. Fase I : Saat bunyi terdengar, dimana 2 suara terdengar pada waktu bersamaan, disebut sebagai tekanan sistolik.
2. Fase II : Bunyi berdesir akibat aliran darah meningkat, intensitas lebih tinggi dari fase I.
3. Fase III : Bunyi ketukan konstan tapi suara berdesir hilang, lebih lemah dari fase I.
4. Fase IV : Ditandai bunyi yang tiba-tiba meredup/melemah dan meniup.
5. Fase V : Bunyi tidak terdengar sama sekali disebut sebagai tekanan diastolik.

Cara pengukuran menggunakan tensimeter air raksa.^{2,25,26}

1. Duduk dengan tenang dan rileks sekitar 5 (lima) menit
2. Jelaskan manfaat rileks tersebut, yaitu agar nilai tekanan darah yang terukur adalah nilai yang stabil
3. Pasang manset pada lengan dengan ukuran yang sesuai, dengan jarak sisi manset paling bawah 2,5 cm dari siku dan rekatkan dengan baik
4. Posisikan tangan di atas meja dengan posisi sama tinggi dengan letak jantung.

5. Bagian yang terpasang manset harus terbebas dari lapisan apapun.
6. Pengukuran dilakukan dengan tangan di atas meja dan telapak tangan terbuka ke atas.
7. Rabalah nadi pada lipatan lengan diletakkan pada arteri brakialis yang dapat diidentifikasi dengan menekan 2 jari diatas fossa cubiti bagian medial, lekukan antara muskulus bicep brachii dengan muskulus brachialis atau tepat di bawah lipatan siku (rongga antekubital), yang merupakan titik dimana arteri brachialis muncul diantara kedua kaput otot biceps dan pompa alat hingga denyutan nadi tidak teraba lalu dipompa lagi hingga tekanan meningkat sampai 30 mmHg di atas nilai tekanan nadi ketika denyutan nadi tidak teraba.
8. Tempelkan steteskop pada perabaan denyut nadi, lepaskan pemompa perlahan-lahan dan dengarkan suara bunyi denyut nadi. Bunyi tersebut dikenal sebagai bunyi Korotkoff yang terjadi bersamaan dengan detak jantung, dan akan terus terdengar dari arteri brachialis sampai tekanan dalam manset turun di bawah tekanan diastolik dan pada titik tersebut bunyi akan menghilang.
9. Catat tekanan darah sistolik yaitu nilai tekanan ketika suatu denyut nadi yang pertama terdengar dan tekanan darah diastolik ketika bunyi keteraturan denyut nadi tidak terdengar
10. Sebaiknya pengukuran dilakukan 2 kali. Pengukuran ke-2 setelah selang waktu 2 (dua) menit.
11. Jika perbedaan hasil pengukuran ke-1 dan ke-2 adalah 10 mmHg atau lebih harus dilakukan pengukuran ke-3.

2.3.3 Tensimeter Digital

Tensimeter digital merupakan alat pengukuran tekanan darah terbaru dan merupakan tensimeter modern yang akurat dan dapat digunakan di rumah. Penggunaan stetoskop sebagai alat bantu pendengar suara sistolik dan diastolik tidak digunakan pada tensimeter digital karena menggunakan sensor sebagai alat pendeteksinya. Pengukur tekanan darah dengan tensimeter digital menggunakan tenaga baterai atau listrik sehingga hasil pengukurannya dapat langsung terlihat dalam monitor yang memunculkan angka tekanan darah sistolik dan diastolik.²⁷

Beberapa keunggulan dari tensimeter digital yaitu aman karena tidak menggunakan bahan beresiko seperti air raksa sehingga dapat digunakan untuk masyarakat umum, praktis karena hasil pengukuran langsung ditampilkan pada layar monitor. Tensimeter digital biasanya juga dilengkapi dengan beragam fitur yang bermanfaat seperti grafik tekanan darah (normal atau tidak normal) dan fitur *irregular heart beat*. Namun, kelemahan yang dapat ditemukan yaitu rendahnya tingkat akurasi. Karena tingkat akurasi tensimeter digital dipengaruhi oleh banyak faktor yang diantaranya bergantung pada kondisi baterai, usia pemakaian dan juga teknologi produk yang berbeda-beda. Beberapa contoh merk tensimeter digital Omron HEM-7111 memiliki daya tahan baterai selama 300 kali pengukuran, tensimeter digital Omron HEM-7203 memiliki daya tahan baterai selama 1.500 kali pengukuran dan tensimeter digital Omron SEM-1 memiliki daya tahan baterai selama 1.500 kali pengukuran.²⁸ Oleh karena itu, diperlukan

adanya perlakuan kalibrasi secara berkala. Salah satu contoh spesifikasi tensimeter digital Omron SEM-1 sebagai berikut:



Gambar 7. Tensimeter Digital

Merk: Tensimeter Omron SEM-1²⁸

Spesifikasi Alat:

- Layar lebar dan mudah dibaca
- Pengoperasian yang mudah dan layar sentuh
- Menggunakan metode oskilometrik sehingga dapat mendeteksi aliran darah pada arteri brakialis.
- Dapat menampilkan rata-rata 3 pengukuran terakhir
- Manset berbentuk fan-shaped yang kuat
- Dalam 20 detik, hasil tekanan darah(sistolik dan diastolik) akan tampil di layar LCD
- Daya tahan baterai untuk 1500 kali pengukuran dengan menggunakan 4 baterai alkaline (AA) dan dilengkapi tanda gambar jika baterai lemah.

2.3.3.1 Mekanisme Kerja

Udara akan dipompa ke manset sekitar 20 mmHg di atas tekanan sistolik rata-rata (sekitar 120 mmHg untuk rata-rata). Setelah itu perlahan-lahan udara akan dilepaskan dari manset dengan mengendorkan knop pada tensimeter sehingga menyebabkan tekanan dalam manset akan menurun. Secara perlahan manset akan mengempes, kita akan mengukur osilasi kecil dalam tekanan udara dari manset lengan. Tekanan sistolik merupakan tekanan di mana denyut nadi mulai terjadi atau bisa dikatakan sebagai batas bawah. Kami akan menggunakan MCU untuk mendeteksi titik di mana osilasi ini terjadi dan kemudian merekam tekanan dalam manset. Kemudian tekanan dalam manset akan menurun lebih lanjut. Tekanan diastolik akan diambil pada titik di mana osilasi mulai menghilang.

2.3.3.2 Uji Kalibrasi Tensimeter Digital

Untuk menguji akurasi dari suatu layar elektronis, perangkat yang dibutuhkan adalah :²⁹

- Sebuah manometer referensi yang sesuai dengan standar nasional, dimana manometer elektronik referensi pada umumnya memiliki akurasi sekitar ± 0.1 mmHg sampai dengan ± 1 mmHg berdasarkan standar nasional dan memiliki akurasi yang tinggi dan rentang operasi dari 0 sampai dengan 300 mmHg yang telah tersedia secara komersial.
- 1 tau 2 konektor “Y” atau konektor tee dengan tube pipa dan kelengkapan Luer

- Sebuah pompa Bulb dengan valve/klep atau pompa jarum yang dapat diatur secara manual, kecuali bila tekanan dapat dipilih secara manual.

Suatu prosedur umum untuk beberapa tensimeter digital:

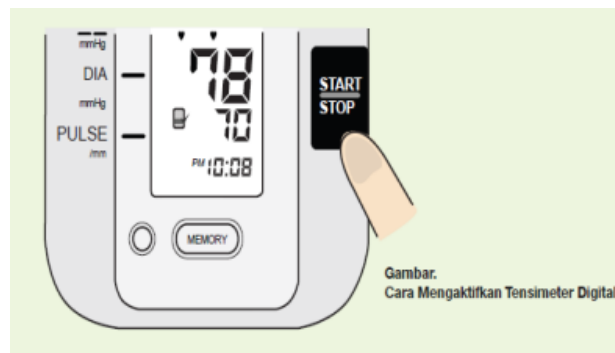
- Penguncian atau penutupan rapat sementara dari lubang pelepas tekanan yang biasanya terdapat pada bagian belakang atau samping dari unit.
- Setelah tensimeter digital dinyalakan dan ditempatkan pada mode auskultasi, Unit diperbolehkan untuk menekan sampai berhenti
- Dengan menggunakan pompa jarum yang dapat diatur, tekanan kemudian ditempatkan pada 300 atau 280 mmHg (± 2 mmHg) menggunakan pembacaan dari manometer referensi
- Pembacaan dari tensimeter digital kemudian direkam atau dicatat.
- Prosedur ini diulang tiap penurunan 20 mmHg setelah dilakukannya pembacaan pada manometer referensi.

Beberapa tensimeter digital tidak dapat diuji atau dikalibrasi oleh pengguna tetapi harus dikirim kembali ke pabrik atau ke suatu pusat servis yang diakui.

2.3.3.3 Pengukuran Tensimeter Digital

Cara pengukuran dengan menggunakan tensimeter digital: ²⁶

1. Tekan tombol “START/STOP” untuk mengaktifkan alat.



Gambar 8. Cara Mengaktifkan Tensimeter Digital

2. Sebelum melakukan pengukuran tekanan darah, responden sebaiknya menghindari kegiatan aktivitas fisik seperti olah raga, merokok, dan makan, minimal 30 menit sebelum pengukuran. Dan juga duduk beristirahat setidaknya 5-15 menit sebelum pengukuran.

3. Hindari melakukan pengukuran dalam kondisi stres. Pengukuran sebaiknya dilakukan dalam ruangan yang tenang dan dalam kondisi tenang dan posisi duduk.

4. Pastikan responden duduk dengan posisi kaki tidak menyilang tetapi kedua telapak kaki datar menyentuh lantai. Letakkan lengan kanan responden di atas meja sehingga manset yang sudah terpasang sejajar dengan jantung responden.

5. Singingkan lengan baju pada lengan bagian kanan responden dan memintanya untuk tetap duduk tanpa banyak gerak, dan tidak berbicara pada saat pengukuran. Apabila responden menggunakan baju berlengan panjang,

singsingkan lengan baju ke atas tetapi pastikan lipatan baju tidak terlalu ketat sehingga tidak menghambat aliran darah di lengan.

6. Biarkan lengan dalam posisi tidak tegang dengan telapak tangan terbuka ke atas. Pastikan tidak ada lekukan pada pipa manset.

7. Jika pengukuran selesai, manset akan mengempis kembali dan hasil pengukuran akan muncul. Alat akan menyimpan hasil pengukuran secara otomatis.

8. Tekan “START/STOP” untuk mematikan alat. Jika Anda lupa untuk mematikan alat, maka alat akan mati dengan sendirinya dalam 5 menit

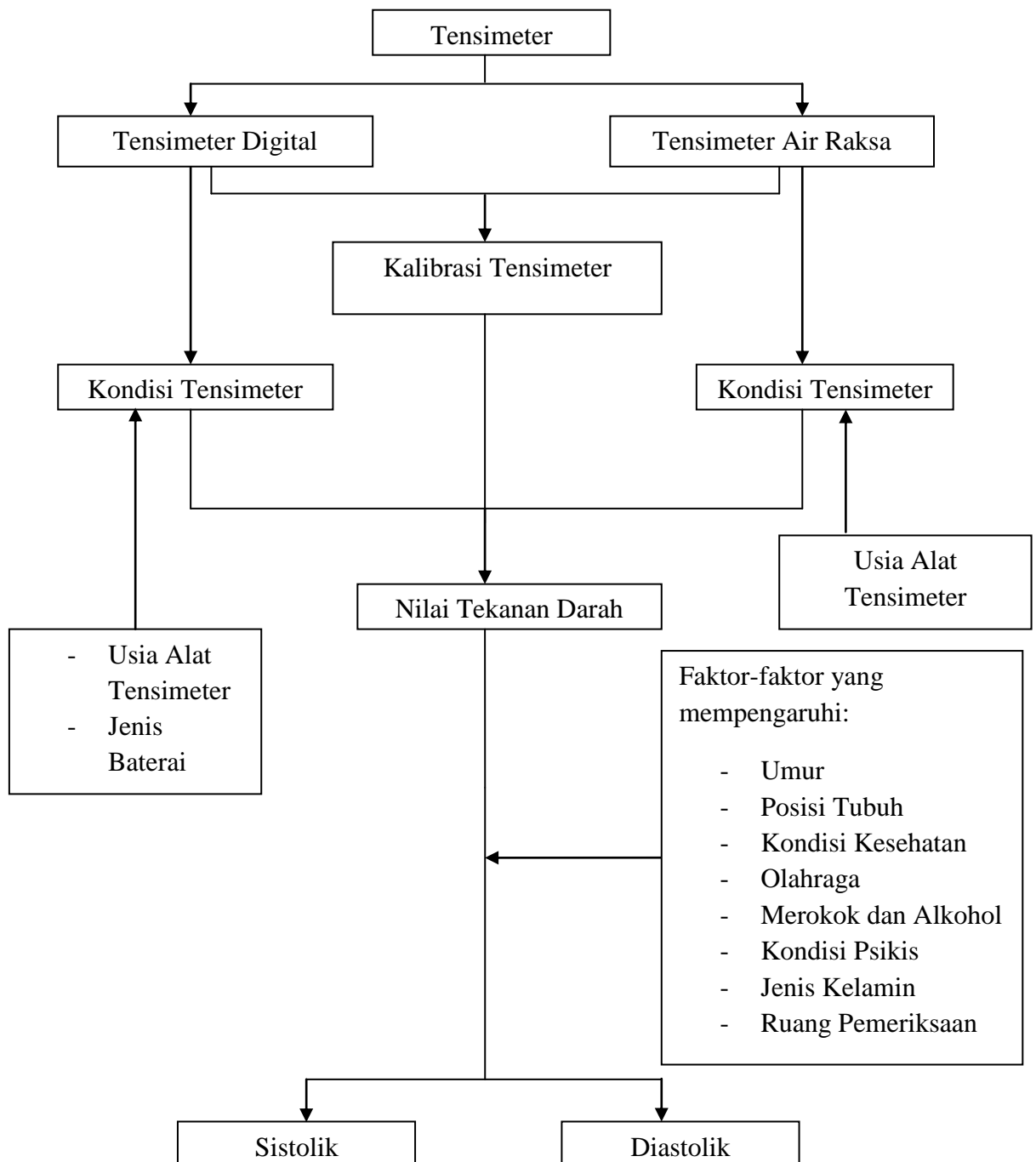
Selain itu, terdapat prosedur standart pengoperasian tensimeter digital, yaitu:

- 1) Pastikan tidak ada udara yang tersisa di dalam bladder pada manset. Kecuali untuk tipe terbaru yang memiliki sistem menguras udara residu pemeriksaan sebelumnya.
- 2) Ukuran manset juga harus sesuai dengan pemasangan yang benar. Walau pun tipe otomatis/digital bila manset yang digunakan tidak tepat, maka hasil pengukurannya pun akan tidak tepat.
- 3) Bila memakai model sphygmomanometer digital wrist (model di pergelangan tangan), gunakanlah pergelangan tangan kiri, kecuali karena ada kondisi yang tidak memungkinkannya. Karena model wrist sangat sensitif sehingga lebih baik menggunakan tangan yang paling dekat dengan jantung. Jangan lupa juga untuk melepaskan jam tangan dan gelang.

- 4) Posisi pemasangan manset harus memperhatikan artery marking yang ada pada manset.
- 5) Sebelum menekan tombol, pastikan tingginya manset sama dengan jantung, sehingga disarankan diperiksa dalam keadaan duduk.
- 6) Tekan tombol pemompa, dan tunggulah sampai alat benar-benar berhenti bekerja. Jangan bergerak, jangan bicara, dan jangan banyak bergoyang saat pemeriksaan; karena tensimeter digital terutama model wrist sangat sensitif, sehingga getaran kecil dapat membuat salah pembacaan.

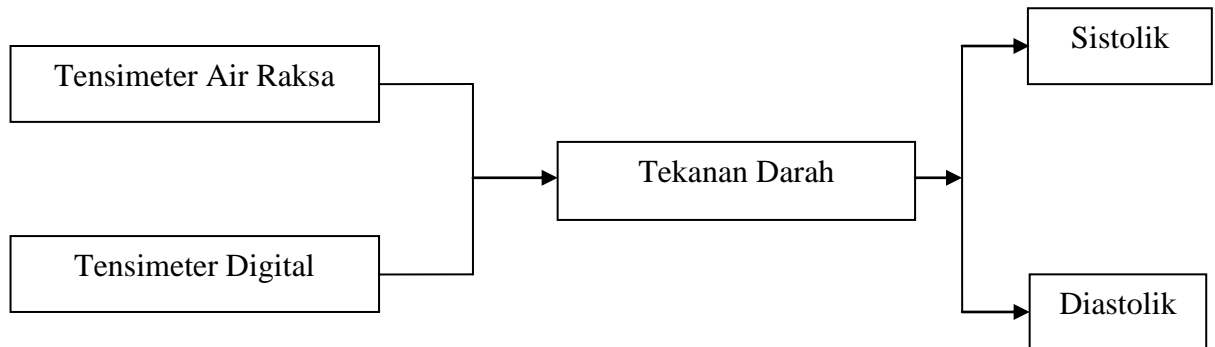
Baca hasilnya pada layar. Bila akan dilakukan pemeriksaan kedua, berilah jarak interval setidaknya 5 menit untuk memberikan sistem peredaran darah kembali normal setelah tertekan saat pengukuran sebelumnya.³⁰

2.4 Kerangka Teori



Gambar 9. Kerangka Teori

2.5 Kerangka Konsep



Gambar 10. Kerangka Konsep

2.6 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka yang telah dikemukakan, maka hipotesis penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

2.6.1 Mayor

Terdapat kesesuaian tipe tensimeter digital dan tensimeter air raksa terhadap pemeriksaan tekanan darah

2.6.2 Minor

- a) Tensimeter digital memiliki kesesuaian dengan tensimeter air raksa dalam mengukur tekanan sistolik
- b) Tensimeter digital memiliki kesesuaian dengan tensimeter air raksa dalam mengukur tekanan diastolik