

# Aplikasi Markov Chain Untuk Memprediksi Tekanan Darah

Fery Andika Kurniawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Quality Engineer, PT PHC Indonesia, MM2100 Blok O1, Bekasi, Indonesia  
feryandika1one@gmail.com

## Abstrak

Tekanan darah merupakan salah satu parameter kesehatan yang penting dalam hidup manusia. Suatu kondisi akan ditemui suatu penyakit karena tekanan darah yang tidak normal yaitu tekanan darah dibawah normal atau yang biasa disebut darah rendah dan tekanan darah diatas normal atau darah tinggi. Konsentrasi pembahasan penyakit terjadi pada penyakit darah tinggi. Banyak kasus terutama darah tinggi dapat menyebabkan penyakit komplikasi yang parah bahkan dapat membawa kematian pada penderita. Tekanan darah sangat dipengaruhi oleh pola hidup manusia dari mulai pola makan, pola kerja dan istirahat sehingga akan terjadi variasi tekanan darah. Untuk itu sangat penting untuk menjaga agar tekanan darah selalu pada kondisi normal dengan selalu memonitor tekanan darah dan memperhatikan pola hidup dan kebiasaan yang mengarah pada usaha menjaga tekanan darah yang normal. Dalam penelitian ini diusulkan suatu konsep sistem informasi prediksi tekanan darah berdasarkan kondisi tekanan darah seseorang pada saat sekarang untuk memprediksi kemungkinan perubahan apakah tetap normal atau berubah tidak normal. Prediksi tekanan darah dilakukan dengan memanfaatkan perhitungan rantai Markov (*Markov Chain*) Sedangkan untuk mengklasifikasikan tingkat hijau (aman), kuning (perhatian) dan merah (bahaya) digunakan pemilihan dengan melihat tingkat probabilitas terbesar berdasarkan hasil probabilitas yang dihasilkan dari perhitungan rantai Markov. Pada sistem dilakukan pencatatan aktifitas pola hidup atau kebiasaan yang dilakukan selama masa pantau pengambilan data (state). Sehingga sistem akan memberikan informasi bahwa aktifitas yang telah dilakukan dan yang dicatat tersebut diprediksi akan mengakibatkan tekanan darah akan tetap pada kondisi normal, perhatian atau bahaya Informasi yang didapatkan pada sistem ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengontrol tekanan darah dengan pola hidup yang sehat.

**Keywords:** Tekanan darah, Markov Chain, Konsep informasi prediksi

Received Juni 2018

Accepted for Publication August 2018

DOI: 10.22441/incomtech.v8i2.4087

## 1. PENDAHULUAN

Tekanan darah merupakan salah satu parameter kesehatan yang sangat penting dalam hidup manusia. Tekanan darah normal manusia berkisar antara 90 – 119 mmHg untuk tekanan systolic dan 60 – 79 mmHg untuk diastolic [1]. Secara detail klasifikasi tekanan darah menurut JNC\* VII , 2003 yang dijadikan referensi oleh kementerian kesehatan adalah sesuai tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi tekanan darah

Klasifikasi Tekanan Darah	Sistol (mmHg)	Diastol (mmHg)
Normal	< 120	< 80
Pre-hipertensi	120 - 139	80 - 89
Hipertensi <i>stage</i> 1	140 - 159	90 – 99
Hipertensi <i>stage</i> 2	$\geq$ 160	$\geq$ 100

Terdapat dua kondisi gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh tekanan darah yang tidak normal yaitu tekanan darah rendah apabila tekanan darah seseorang dibawah tekanan normal dan tekanan darah tinggi atau hipertensi apabila tekanan darah melebihi tekanan darah normal. Penyakit tekanan darah adalah bahaya yang mengancam terutama darah tinggi atau hipertensi. Berdasarkan data riset kesehatan dasar kementerian kesehatan riskesdas 2013 prevalensi hipertensi mencapai 25,8% dari seluruh jumlah penduduk indonesia yaitu sebesar 65 juta jiwa dan diperkirakan terus meningkat [1].

Pada saat ini cara orang dalam mengontrol tekanan darah adalah dengan hanya mengukurnya dan mengambil kesimpulan kondisi tekanan darahnya pada saat itu. Metode ini hanya untuk mengetahui informasi kondisi kesehatan tekanan darah seseorang sesaat pada waktu itu. Sebenarnya ada kondisi yang juga harus dilihat yang mungkin bisa dijadikan referensi sehingga tekanan darah seseorang akan mempunyai besar tertentu pada saat ini, yaitu aktifitas apa yang dilakukannya beberapa waktu sebelumnya. Karena aktifitas yang dilakukan seseorang mempengaruhi kondisi tekanan darahnya. Perilaku kesehatan dan gaya hidup yang baik, manajemen tekanan darah sangat penting untuk pencegahan stroke karena hipertensi [2]. Penelitian lain mengungkapkan ada hubungan antara perilaku olah raga dan stress dengan tingkat hipertensi terutama bagi lansia [3]. Terkait dengan informasi perilaku, gaya hidup dari penderita hipertensi ada data yang dapat di olah untuk dijadikan referensi untuk tindakan ke depan. Untuk melengkapi informasi tindakan ke depan tentunya diperlukan adanya suatu informasi mengenai prediksi data dimasa mendatang. Integrasi data –data ini akan menjadi penunjang untuk membentuk sebuah sistem informasi terpadu yang bila diolah menjadi informasi yang lebih bermanfaat.

Rantai Markov atau *Markov chain* adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi suatu parameter atau variabel dimasa mendatang, dengan mempelajari parameter-parameter atau variable masa sekarang. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait aplikasi *Markov chain* untuk memprediksi tekanan darah dan beberapa aplikasi prediksi lainnya. Pada penelitian [4], digunakan *Hidden Markov Chain* untuk memprediksi penyakit dari aktivitas vital tubuh termasuk tekanan darah. HMM model di training dengan 1000 data pasien, system, disimpulkan dapat diaplikasikan tetapi dirasa memerlukan insfrastuktur

yang kompleks. Penelitian [5] menggunakan model Markov chain yang lebih sederhana digunakan untuk memprediksi tekanan darah berdasarkan sistol data. Penelitian dilakukan untuk melihat prediksi tekanan darah terkait dengan tekanan pekerjaan. Pada penelitian [4], sistem mempunyai hasil yang lebih baik dalam memprediksi tetapi sistem mempunyai kompleksitas yang tinggi. Penelitian [5] lebih sederhana tetapi hasilnya hanya digunakan untuk memprediksi suatu kondisi tertentu saja. Pada penelitian kali ini diusulkan suatu konsep yang lebih sederhana dengan menggunakan *Markov chain* untuk memprediksi tekanan darah dan pencatatan aktifitas utama dari penderita atau obyek. Disamping nilai prediksi yang akan didapat dari prediksi *Markov chain*, dengan ditambah adanya informasi terkait aktifitas utama dari obyek, maka akan dapat diberikan informasi lanjut sebagai referensi untuk tindakan atau rekomendasi yang dilakukan pada waktu-waktu berikutnya.

## 2. PEMODELAN RANTAI MARKOV (MARKOV CHAIN)

*Markov chain* adalah sebuah metode terdiri dari beberapa jumlah keadaan (*state*) yang antara keadaan (*state*) satu dengan lainnya saling bebas. *Markov chain* dapat digunakan untuk memodelkan sebuah sistem dinamis. Dinamis artinya berubah, sehingga sistem dinamis adalah kondisi didalam sistem yang berubah keadaannya terhadap waktu. Markov model adalah sebuah stokastik proses dengan kondisi yang dinamis dimana perkembangan kedepan hanya tergantung pada kondisi sekarang. Dengan kata lain dapat dijelaskan bahwa didalam *Markov process* setiap perbedaan peristiwa yang terjadi independen terhadap masa lalu. Ketika masuk dalam proses stokastik berarti setiap perpindahan keadaan (*state*) adalah probabilitas. Pada setiap keadaan (*state*) kemungkinan akan terjadi perubahan dari keadaan sekarang menjadi keadaan lain atau akan tetap pada kondisi sekarang tergantung pada distribusi propabilitas yang ada. Kondisi perubahan keadaan ini disebut transisi dan probabilitas terkait dengan perubahan dinamakan probabilitas transisi. Dapat dikatakan bahwa semua keadaan yang di ambil saat ini dapat mempengaruhi perubahan keadaan dimasa depan. Perumusan model Markov dilakukan dengan mendefinisikan terlebih dahulu hubungan mutual eksklusif keadaan (*state*) sistem. Keadaan sistem saat  $t=0$  disebut keadaan inisial ( $P_0$ ), dan keadaan akhir (*final*) atau equilibrium adalah ( $P_1$ ). Suatu himpunan perhitungan Markov menggambarkan probabilitas transisi dari keadaan inisial ke keadaan akhir. Untuk mendapatkan perumusan rantai Markov dari suatu peristiwa, terdapat persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi. Beberapa persyaratan tersebut adalah :

1. Dalam satu rangkaian keadaan awal sampai keadaan akhir, jumlah probabilitasnya sama dengan 1.
2. Jika terdapat beberapa partisipan dalam sistem, maka Probabilitas-probabilitas tersebut berlaku pula untuk semuanya. Artinya semua partisipan yang mempunyai rangkaian keadaan awal sampai akhir, jumlah probabilitasnya sama dengan 1.
3. Transisi untuk setiap probabilitan konstan sepanjang waktu.
4. Keadaan (*state*) merupakan keadaan yang independen sepanjang waktu.

Pada sistem *Markov chain* waktu diskret, merupakan suatu barisan *variabel random* yang dinamakan keadaan atau state  $\{X(n), n = 1, 2, 3, \dots\}$  mengikuti sifat Markov yang memenuhi syarat bahwa keadaan atau kondisi yang akan datang tergantung pada keadaan atau kondisi sekarang dan tidak tergantung pada keadaan-keadaan masa yang telah lampau.

Agar lebih mudah sifat markov dapat didefinisikan sebagai berikut :

Adalah sebuah proses stokastik waktu diskret  $\{X(n), n = 0, 1, 2, \dots, n\}$  memiliki sifat Markov bila :

$$\begin{aligned} P(X(n+1) = j | X(n) = i, X(n-1) = i_{n-1}, \dots, X(0) = i_0) \\ = P(X(n+1) = j | X(n) = i), \forall n \end{aligned} \quad (1)$$

Definisi ini secara spesifik menunjukkan bahwa, dengan mengacu pada keadaan saat ini  $X(n)$ , didapatkan distribusi probabilitas untuk keadaan yang akan datang  $X(n+1)$ , dan independent atau tidak tergantung dari keadaan sebelumnya  $\{X(m), m < n\}$ . Dapat dikatakan bahwa keadaan saat ini akan memberikan informasi yang cukup untuk memprediksi keadaan yang akan datang.

Sistem Markov dapat digambarkan secara diagram transisi keadaan yang menunjukkan semua keadaan dan probabilitas transisinya. Markov model dapat didefinisikan sebagai :

$$M = (S, P) \quad (2)$$

$S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_N)$

$P = a_{ij} ; i, j = 1, 2, \dots, N$

Dimana :

M : Markov model

S : Ruang keadaan yang memiliki sifat Markov

P : Matrik probabilitas transisi sebuah matrik probabilitas model yang tergantung pada keadaan saat ini sebagai awal keadaan

## 2.1. Perilaku Perpindahan Discrete Time Markov Chain

Jika terdapat probabilitas  $P$  dan kondisi titik awal  $\pi(0)$ , maka nilai  $\pi(k)$  bisa didapatkan melalui rumus :

$\pi(k) = \pi(k-1) \cdot P$ , kondisi serupa  $\pi(k-1) = \pi(k-2) \cdot P$ , maka

$$\pi(k) = (\pi(k-2) \cdot P) \cdot P = (\pi(k-2)) \cdot P^2$$

karena terjadi pengulangan seperti di atas, maka bisa dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\pi(k) = \pi(0) \cdot P^k \quad (3)$$

## 2.2. Distribusi Stabil (Steady State distribution)

*Markov chain* merupakan sebuah model yang banyak dan populer digunakan dalam melakukan perhitungan distribusi stabil. Distribusi stabil adalah suatu keadaan yang dimiliki suatu sistem untuk suatu jangka waktu yang panjang. Untuk perhitungan distribusi stabil (*steady state distribution*)  $\pi$  pada model

Markov chain yang dispesifikasikan dengan  $(S, P)$ , sebagai perhitungan solusi dari *Markov chain* bisa dilihat pada gambar 1. Dapat dibuktikan bahwa dalam *Markov chain* waktu diskret, *Discrete Time Markov Chain* (DTMC) yang diterapkan pada  $S$  ruang keadaan yang hingga, didapati satu dan hanya satu distribusi stabil. Sifat seperti ini, disebut *irreducible* pada *Markov chain*.



Gambar 1. Analisa Markov chain

Salah satu cara untuk mendapatkan nilai distribusi stabil adalah dengan cara pemangkatan dari matrik probabilitas  $P$ . Pada contoh perubahan dua kondisi yang berbeda ( $a, d$ ) maka model Markov untuk mencari nilai distribusi stabil.

$$S = \{S, R\}, \quad P = \begin{bmatrix} a & (1-a) \\ 1-d & d \end{bmatrix}, \text{ maka}$$

$$P^2 = P \cdot P = \begin{bmatrix} a & (1-a) \\ 1-d & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & (1-a) \\ 1-d & d \end{bmatrix} \quad (4)$$

Pemangkatan matrik  $P$  menjadi  $P^4, P^8, P^{16}$  dan pemangkatan lebih besar lagi dilakukan sehingga setiap baris dari matrik berkonvergensi sehingga menjadi vektor baris yang merupakan distribusi stabil (*steady state distribution*).

### 3. SISTEM INFORMASI PREDIKSI TEKANAN DARAH

#### 3.1. Komponen Sistem Informasi dan Cara Kerja

Penderita tekanan darah tinggi diharuskan untuk selalu melakukan kontrol terhadap tekanan darahnya dan selalu melakukan konsultasi ke dokter atau petugas klinik atau rumah sakit. Dengan mengetahui keadaan tekanan darah pada saat itu, dokter atau petugas klinik memberikan informasi kondisi kesehatan pada saat itu serta mungkin akan memberikan saran-saran mengenai apa yang harus dilakukan oleh pasien kedepannya. Terdapat beberapa kondisi yang kurang optimal dalam usaha melakukan kontrol pada metode tersebut di atas terutama pada informasi yang harus diketahui dan diingat oleh pasien sendiri, karena pada kasus darah tinggi atau hipertensi, pengetahuan informasi kesehatan memberikan kesadaran pada pasien untuk menjaga kesehatannya dan kesadaran pasien sendirilah yang memberikan porsi terbesar untuk kesembuhan terhadap penyakit ini.

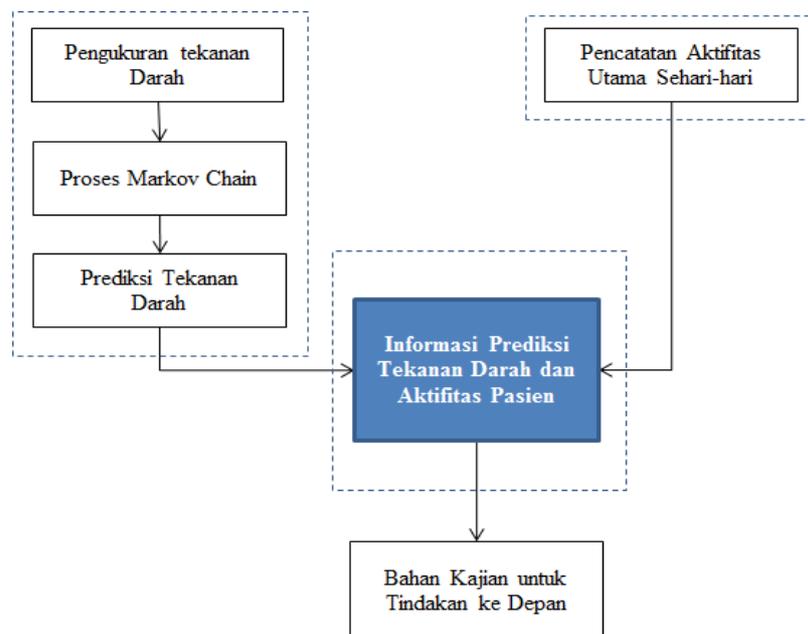
Kelemahan pada kondisi metode di atas diantaranya :

1. Tidak ada sistem yang mencatat aktifitas utama pasien selama dilakukan kontrol tekanan darah yang dapat digunakan sebagai referensi analisa kesehatan pasiennya.

2. Tidak dilakukan analisa terhadap hasil kontrol tekanan darah
3. Tidak dapat atau tidak dilakukan prediksi kemungkinan apakah kondisi tekanan darah akan berubah menjadi normal, tetap atau memburuk.
4. Secara data informasi, tidak dilakukan korelasi atau analisa perkiraan terhadap informasi aktifitas pasien pada perkembangan kesehatan tekanan darahnya.

Mengacu pada kelemahan yang disampaikan pada kondisi di atas, maka dalam usaha untuk mengoptimalkan aktifitas kontrol tekanan darah pada penderita hipertensi agar mencapai kesembuhan atau tekanan darah kembali normal dan tetap terus menjaganya, perlu dilakukan usaha yang bersifat pengolahan data dan informasi dengan menggunakan teknologi informasi. Dalam hal ini diusulkan adanya proses lanjut berupa penyimpanan data dan pengolahan data untuk digunakan dalam prediksi dan terakhir adalah informasi berupa saran untuk penderita sendiri. Tentunya sistem informasi ini ditujukan untuk informasi penderita untuk menjaga kesehatannya. Sistem informasi ini dapat dibuat pada suatu instansi sebagai data pasien dan memberikan informasi prediksi serta anjuran kedepannya, atau dibuat dalam bentuk aplikasi kecil dengan tujuan agar lebih sederhana dan dipergunakan sendiri oleh penderita agar dapat memantau sendiri tingkat kesehatan tekanan darahnya.

Secara diagram, sistem informasi prediksi tekanan darah ini diberikan sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram sistem informasi prediksi tekanan darah

Pada diagram sistem informasi prediksi tekanan darah di atas, dilakukan tiga aktifitas utama yaitu analisa prediksi tekanan darah, pencatatan aktifitas pasien pada durasi waktu tertentu dan analisa kesimpulan dari prediksi tekanan darah terhadap catatan aktifitas pasien. Secara lebih mudah sistem ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Pasien mengukur tekanan darah dan diambil selama waktu

tertentu. Selama pengukuran dan pencatatan data tekanan darah tersebut dilakukan pula pencatatan data mengenai aktifitas utama penderita tersebut. Aktifitas utama yang dicatat adalah aktifitas yang berpengaruh pada tekanan darah terutama aktifitas kerja, diet dan waktu istirahat. Data ini disimpan dalam satu log data yang terdiri dari data tanggal, hasil pengukuran tekanan darah dan aktifitas pada hari tersebut. Data ini akan digunakan sebagai referensi ketika data prediksi tekanan darah telah didapatkan. Data ini terus diambil selama waktu tertentu sehingga data yang digunakan untuk memprediksi tekanan darah dirasa cukup. Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan menggunakan data selama satu bulan (basis bulan) dan data selama satu minggu (basis minggu) sebagai data untuk prediksi pada metode Markov *chain*.

### 3.2. Analisa Markov Chain

Dalam melakukan prediksi tekanan darah dengan menggunakan Markov chain, terdapat beberapa langkah-langkah yang akan dilakukan didalam perhitungannya. Dimulai dari pengukuran tekanan darah, pengkategorian apakah hasil pengukurannya masuk dalam kategori normal, prehipertensi, hipertensi 1 atau hipertensi 2, menghitung probabilitas perubahan keadaan (*state*), membuat matrik probabilitas transisi (*transition probability matrix*) dan terakhir adalah menghitung distribusi stabil (*steady state of distribution*). Setelah didapatkan nilai distribusi pada tiap tiap perubahan, selanjutnya dilakukan pengklasifikasian kondisi pasien apakah akan membaik atau memburuk berdasarkan nilai probabilitas perubahan keadaan. Berikut ini adalah diagram alir proses analisa data tekanan darah dapat dilihat pada gambar 3.

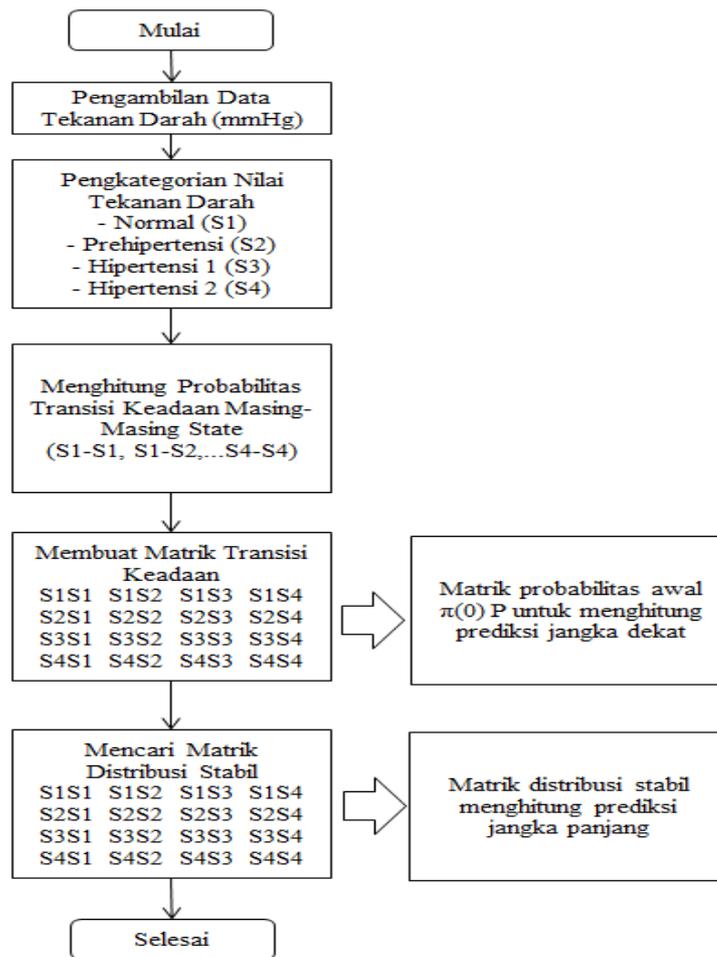
Berdasarkan gambar 3, pembahasan selanjutnya adalah dibuat langkah langkah perhitungan analisa prediksi tekanan darah yang mengikuti tahapan-tahapan yang akan dibahas pada bagian berikut.

Dalam melakukan analisa prediksi tekanan darah pada penelitian ini digunakan sampel data seorang penderita hipertensi. Sampel data ini dicoba untuk digunakan pada analisa prediksi dengan metoda *Markov chain*. Untuk percobaan analisa pada penelitian ini akan diambil data selama 30 hari untuk basis bulan dan 7 hari untuk basis minggu serta yang dijadikan acuan adalah data sistol.

#### 1. Prediksi dengan basis bulan

##### a). Pengukuran / pengambilan data tekanan darah

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, di dalam *diskrit time Markov chain*, aturan mengenai transisi antara keadaan-keadaan di wujudkan dengan probabilitas transisi. Sebagai contoh, pada sistem cuaca dilakukan pengamatan per-hari, untuk memudahkan pengamatannya, sehingga pengamatan per-hari ini adalah sebuah DTMC. Demikian pula untuk mengamati tekanan darah dilakukan spesifikasi probabilitas transisi. Data – data yang digunakan merupakan data tekanan darah seorang penderita hipertensi yang melakukan pemeriksaan setiap hari selama satu bulan.



Gambar 3. Proses analisa Markov chain

Berikut ini adalah sampel data penderita hipertensi yang dipergunakan tersedia pada tabel 2.

Tabel 2. Data tekanan darah sistol penderita hipertensi

Hari ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekanan darah	110	125	118	148	167	170	155	164	134	118
Hari ke-	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tekanan darah	116	164	170	166	127	132	117	115	113	118
Hari ke-	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tekanan darah	123	125	118	125	127	138	167	164	168	166

b). Pengkategorian keadaan (*state*)

Data tekanan darah selanjutnya dikategorikan sesuai tingkatannya menurut JNC\* VII , 2003 yang dijadikan referensi oleh kementerian kesehatan, sehingga didapatkan hasil sesuai tabel 3 berikut.

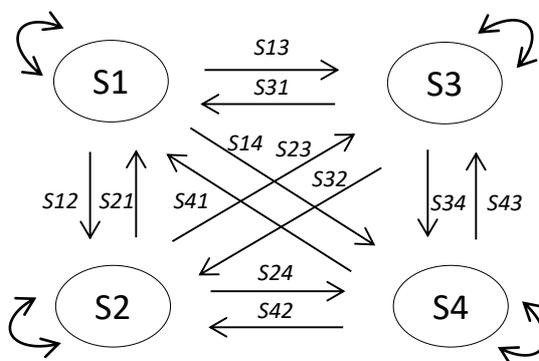
Tabel 3. Kategori tekanan darah

Hari ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekanan darah	110	125	118	148	167	170	155	164	134	118
Kategori	S1	S2	S1	S3	S4	S4	S3	S4	S2	S1
Hari ke-	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tekanan darah	116	164	170	166	127	132	117	115	113	118
Kategori	S1	S4	S4	S4	S2	S1	S1	S1	S1	S1
Hari ke-	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tekanan darah	123	125	118	125	127	138	167	164	168	166
Kategori	S2	S2	S1	S2	S2	S2	S4	S4	S4	S4

Penentuan kategori tekanan darah ini ditujukan untuk mengetahui tingkat tekanan darah hasil pengukuran terhadap derajat kesehatan pasien. Sebagai contoh tekanan darah pada hari pertama H1 sebesar 110 mmHg masuk dalam kategori normal, sedangkan hari ke-dua sebesar 125 mmHg masuk dalam kategori Pre-hipertensi, demikian seterusnya. Data ini digunakan untuk mengetahui perubahan tingkat keadaan (*state*) pada masa pemantauan.

c). Menghitung probabilitas keadaan

Perubahan keadaan adalah suatu kondisi yang terjadi pada suatu keadaan terhadap kondisi sebelumnya, apakah dia tetap atau berubah menuju kondisi lain. Pada penelitian ini dengan mengacu pada data yang ada, kondisi perubahan ini dapat diilustrasikan di gambar 4.



Gambar 4. Diagram kondisi

Tabel 4. Jumlah perubahan untuk masing-masing keadaan

		Keadaan yang dituju			
		S1	S2	S3	S4
Keadaan asal	S1	5	3	1	1
	S2	4	3	0	1
	S3	0	0	0	2
	S4	0	2	1	7

Dengan melihat tabel perubahan keadaan maka dapat dihitung jumlah total

yang menunjukkan perubahan dari masing masing keadaan S1, S2, S3 dan S4 dengan nilai sebesar :

$$S1 = 10$$

$$S2 = 8$$

$$S3 = 2$$

$$S4 = 10$$

Untuk menghitung probabilitas perubahan keadaan dilakukan dengan menghitung rasio atau perbandingan jumlah perpindahan suatu keadaan ke keadaan lain terhadap jumlah total dari keadaan (*state*) awal, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Probabilitas keadaan} = \frac{\text{Jumlah perpindahan keadaan}}{\text{Jumlah total keadaan awal}} \quad (4)$$

Sehingga hasil dari perhitungan untuk masing masing perubahan keadaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Probabilitas perubahan keadaan awal

		Keadaan yang dituju			
		S1	S2	S3	S4
Keadaan asal	S1	0.5	0.3	0.1	0.1
	S2	0.5	0.4	0	0.1
	S3	0	0	0	1
	S4	0	0.2	0.1	0.7

d). Membuat matrik transisi keadaan

Berdasarkan tabel probabilitas transisi keadaan maka dibuatkan matrik transisi perubahan keadaan yang merupakan matrik vektor inisial dari probabilitas tekanan darah. Matrik ini selanjutnya digunakan untuk mendapatkan prediksi probabilitas pada bulan ke-n kedepan, matrik tersebut adalah :

$$\{S1,S2,S3,S4\} = (s1 \ s2 \ s3 \ s4) P$$

$$P = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.7 \end{bmatrix}$$

e). Menentukan matrik distribusi stabil (*steady state distribution*)

Untuk menentukan matrik distribusi stabil (*steady state distribution*) pada penelitian ini digunakan metode pemangkatan matrik probabilitas transisi P. Tujuan dari pemangkatan ini adalah untuk mendapatkan nilai elemen pada satu kolom akan berkonvergensi menuju nilai yang sama dengan cara memangkatkan matrik probabilitas transisi dengan pangkat yang membesar.

$$P^2 = P \cdot P = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4000 & 0.2825 & 0.0600 & 0.2575 \\ 0.4375 & 0.3156 & 0.0625 & 0.1844 \\ 0.0000 & 0.2000 & 0.1000 & 0.7000 \\ 0.1000 & 0.2150 & 0.0700 & 0.6150 \end{bmatrix}$$

$$P^4 = P^2 \cdot P^2 = \begin{bmatrix} 0.3093 & 0.2695 & 0.0657 & 0.3554 \\ 0.3315 & 0.2754 & 0.0651 & 0.3280 \\ 0.1575 & 0.2336 & 0.0715 & 0.5374 \\ 0.1956 & 0.2423 & 0.0695 & 0.4926 \end{bmatrix}$$

$$P^8 = P^4 \cdot P^4 = \begin{bmatrix} 0.2649 & 0.2591 & 0.0673 & 0.4088 \\ 0.2682 & 0.2599 & 0.0672 & 0.4047 \\ 0.2425 & 0.2537 & 0.0680 & 0.4358 \\ 0.2481 & 0.2550 & 0.0678 & 0.4290 \end{bmatrix}$$

$$P^{16} = P^8 \cdot P^8 = \begin{bmatrix} 0.2574 & 0.2573 & 0.0675 & 0.4178 \\ 0.2575 & 0.2573 & 0.0675 & 0.4177 \\ 0.2569 & 0.2572 & 0.0675 & 0.4183 \\ 0.2570 & 0.2572 & 0.0675 & 0.4182 \end{bmatrix}$$

$$P^{32} = P^{16} \cdot P^{16} = \begin{bmatrix} 0.2572 & 0.2572 & 0.0675 & 0.4180 \\ 0.2572 & 0.2572 & 0.0675 & 0.4180 \\ 0.2572 & 0.2572 & 0.0675 & 0.4180 \\ 0.2572 & 0.2572 & 0.0675 & 0.4180 \end{bmatrix}$$

Terlihat bahwa dengan pemangkatan matrik probabilitas transisi P yang membesar (sampai pangkat 32), nilai elemen pada satu kolom yang sama akan berkonvergensi pada nilai yang sama. Kolom pertama yang merupakan kolom S1 menjadi 0.2572, kolom S2 menjadi 0.2572, kolom S3 menjadi 0.0675 dan kolom S4 menjadi 0.4180. Hal ini berarti probabilitas tekanan darah pada orang yang menjadi sampel pada penelitian ini akan mengalami kondisi normal dengan kemungkinan = 26%, pre-hipertensi = 26%, Hipertensi 1 = 6% dan hipertensi 2 = 42%. Sehingga kemungkinan terbesar berdasarkan prediksi di atas adalah akan mengalami hipertensi 2 yaitu sebesar 42%.

## 2. Prediksi dengan basis minggu

Dengan cara yang sama dilakukan pula analisa dengan menggunakan acuan data awal selama satu minggu terakhir dari data yang sama di atas sehingga tahap-tahap perhitungan Markov prediksi dengan basis minggu dijelaskan sebagai berikut.

### a). Pengukuran / pengambilan data tekanan darah

Data acuan pada minggu terakhir adalah sesuai dengan tabel 6.

Tabel 6. Data tekanan darah sistol penderita hipertensi pada minggu terakhir

Hari ke-	24	25	26	27	28	29	30
Tekanan darah	125	127	138	167	164	168	166

### b). Pengkategorian keadaan (*state*)

Data tekanan darah selanjutnya dikategorikan sesuai tingkatannya menurut JNC\* VII , 2003 sama seperti metode basis bulan, sehingga didapatkan hasil sesuai tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kategori tekanan darah

Hari ke-	24	25	26	27	28	29	30
Tekanan darah	125	127	138	167	164	168	166
Kategori	S2	S2	S2	S4	S4	S4	S4

c). Menghitung probabilitas keadaan

Penghitungan probabilitas perubahan keadaan yang sama dilakukan untuk prediksi berbasis mingguan digambarkan sebagai berikut.

Tabel 8. Jumlah perubahan untuk masing-masing keadaan

		Keadaan yang dituju			
		S1	S2	S3	S4
Keadaan asal	S1	0	0	0	0
	S2	0	2	0	1
	S3	0	0	0	0
	S4	0	0	0	4

Dengan melihat tabel perubahan keadaan maka dapat dihitung jumlah total yang menunjukkan perubahan dari masing masing keadaan S1, S2, S3 dan S4 dengan nilai sebesar :

$$S1 = 0$$

$$S2 = 3$$

$$S3 = 0$$

$$S4 = 4$$

Untuk menghitung probabilitas perubahan keadaan pada sistem berbasis mingguan juga mengacu pada rumus (4) sehingga didapatkan tabel sebagai berikut :

Tabel 9. Probabilitas perubahan keadaan awal

		Keadaan yang dituju			
		S1	S2	S3	S4
Keadaan asal	S1	0	0	0	0
	S2	0	0.7	0	0.3
	S3	0	0	0	0
	S4	0	0	0	1

## d). Membuat matrik transisi keadaan

Berdasarkan tabel probabilitas transisi keadaan maka dibuatkan matrik transisi perubahan keadaan yang merupakan matrik vektor inisial dari probabilitas tekanan darah

$$\{S1,S2,S3,S4\} = (s1 \ s2 \ s3 \ s4) P$$

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matrik ini selanjutnya digunakan untuk mendapatkan prediksi probabilitas minggu ke-n ke depan.

Langkah selanjutnya langsung seperti langkah ke-e untuk mencari matrik distribusi stabil (*steady state distribution*).

$$P^2 = P \cdot P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.4900 & 0.0000 & 0.5100 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$P^4 = P^2 \cdot P^2 = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2401 & 0.0000 & 0.7599 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$P^8 = P^4 \cdot P^4 = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0576 & 0.0000 & 0.9423 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

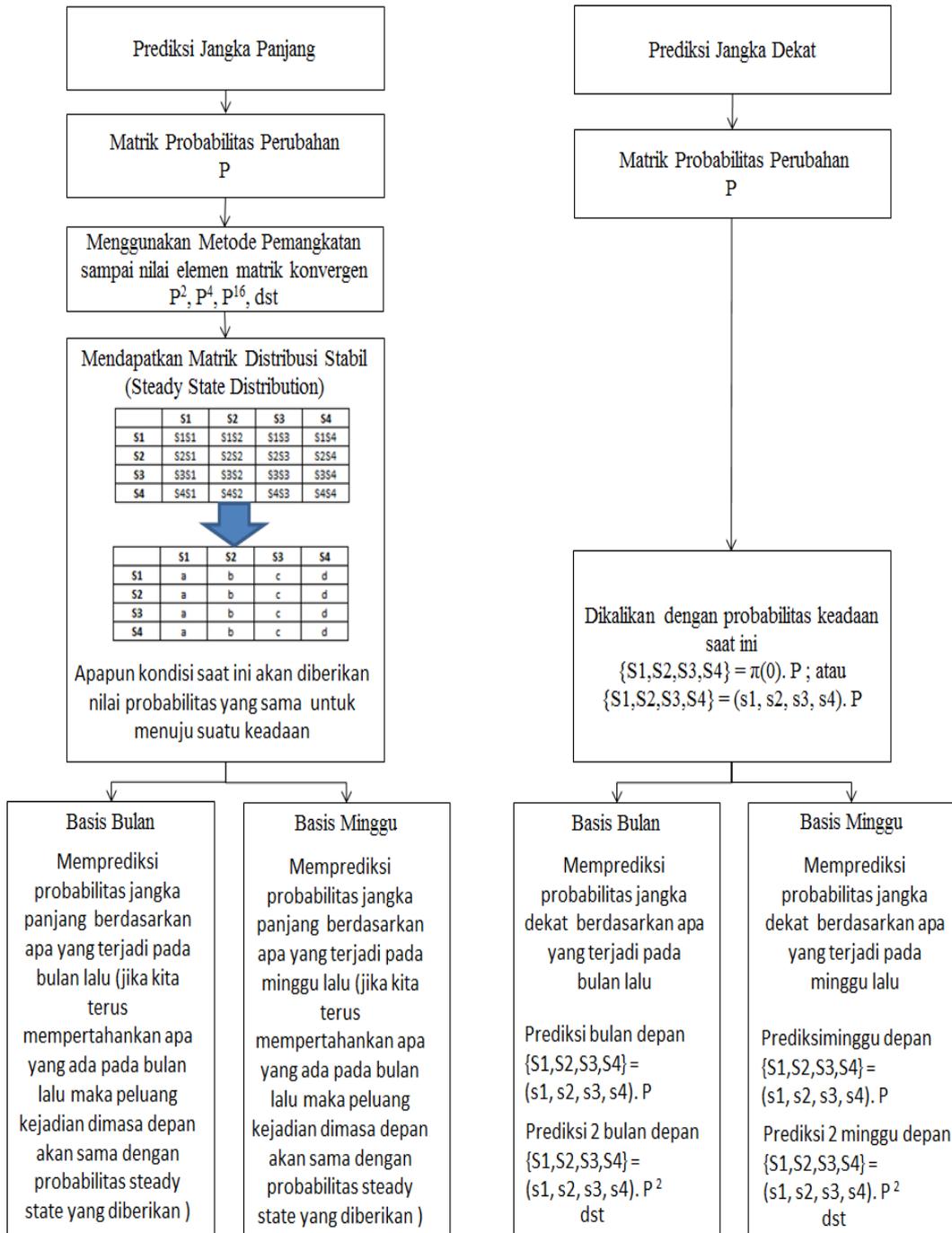
$$P^{16} = P^8 \cdot P^8 = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0033 & 0.0000 & 0.9967 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$P^{32} = P^{16} \cdot P^{16} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0033 & 0.0000 & 1.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perhitungan untuk mendapatkan matrik distribusi stabil (sampai pangkat 32) terlihat bahwa nilai elemen terkonvergensi pada kolom S2 menjadi 0.0033 dan kolom S4 menjadi 1. Hal ini berarti probabilitas tekanan darah jangka panjang pada orang yang menjadi sampel pada penelitian ini dengan basis data awal 1 minggu akan mengalami kondisi normal dengan kemungkinan = 0%, pre-

hipertensi = 0.3%, Hipertensi 1 = 0% dan hipertensi 2 = 100%. Sehingga kemungkinan terbesar berdasarkan prediksi di atas adalah akan mengalami hipertensi 2 yaitu sebesar 100%. Untuk pre-hipertensi dengan kemungkinan 0.3% adalah sangat kecil sekali sehingga dapat diabaikan.

Tahap-tahap perhitungan prediksi Markov chain yang digunakan untuk memprediksi tekanan darah pada sistem monitoring berbasis bulan dan minggu serta memprediksi untuk jangka panjang atau jangka pendek dijelaskan pada diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Ringkasan perhitungan prediksi Markov chain

#### 4. PEMBAHASAN

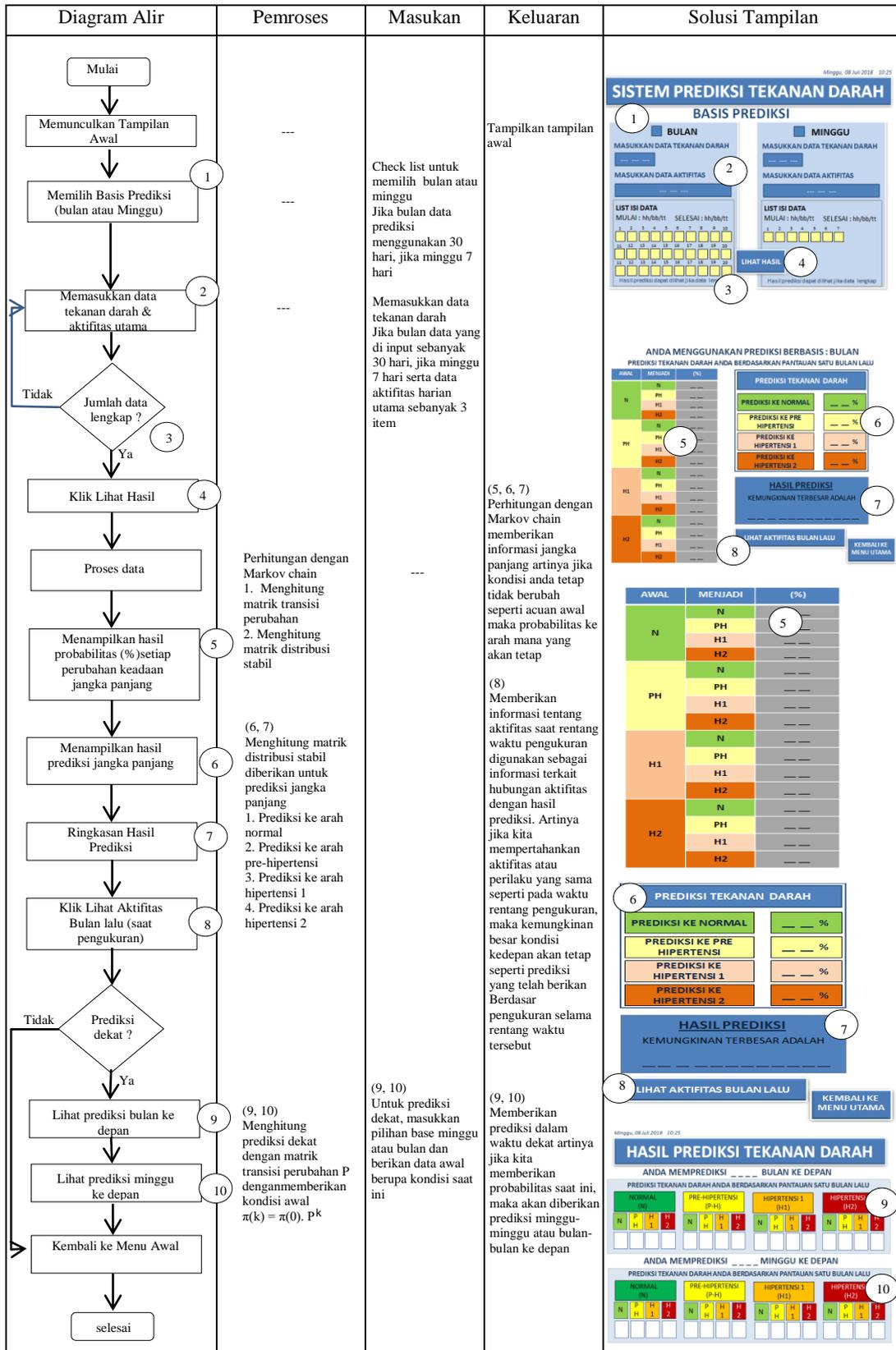
Sistem informasi prediksi tekanan darah yang diusulkan adalah suatu sistem yang memanfaatkan teknologi informasi. Jika pada awalnya data yang ada hanya berupa informasi saja tanpa diolah, dengan teknologi informasi data di simpan dan diolah kembali sehingga menjadi lebih optimal. Penggunaan teknologi informasi pada sistem ini melibatkan sistem penyimpanan data dan pengolahan data agar dapat memprediksikan sesuatu keadaan di masa depan. Untuk menggabungkan atau mengkombinasikan data-data yang sudah di input atau data yang sudah diperoleh.

Bagian utama dari sistem ini adalah pengolahan data untuk memprediksi seberapa besar kemungkinan atau probabilitas yang akan menimpa seseorang dimasa depan terkait dengan tingkat kesehatan tekanan darahnya. Sebagai dasar prediksi dapat digunakan data dengan basis minggu (7 hari) atau data dengan basis bulan 30-31 hari. Jika menggunakan basis data minggu maka sistem akan memberikan informasi berdasarkan perhitungan Markov probabilitas perpindahan keadaan selama satu minggu, jika menggunakan basis data bulan maka sistem akan memberikan informasi berdasarkan perhitungan Markov probabilitas perpindahan tiap-tiap keadaan selama satu bulan.

Pada analisa penggunaan data dengan berbasis bulan terlihat bahwa probabilitas yang diberikan oleh metode Markov lebih merata pada tiap-tiap perubahan keadaan baik itu normal, pre-hipertensi, hipertensi 1 dan hipertensi 2. Sedangkan pada analisa penggunaan data dengan berbasis minggu, probabilitas yang diberikan oleh metode Markov memberikan hasil yang mempunyai selisih besar antar perubahan keadaan yaitu hanya perubahan ke arah hipertensi 2. Hal ini dikarenakan data yang digunakan pada basis minggu lebih sedikit dibanding dengan basis bulan. Prediksi dengan basis bulan memberikan prediksi untuk jangka yang lebih panjang yaitu bulan-bulan ke depan sedangkan dengan basis data minggu mendapatkan prediksi data yang lebih mengerucut dan digunakan untuk memprediksi dalam jangka waktu yang lebih dekat, yaitu minggu-minggu ke depannya.

Pada perhitungan penggunaan data dengan berbasis bulan, pada kondisi *steady state* terlihat bahwa probabilitas yang diberikan oleh metode Markov berkonvergen sehingga nilai elemennya sama pada semua baris pada kolom matrik probabilitas, hal ini menunjukkan bahwa apapun kondisi awal yang ada akan mempunyai probabilitas yang sama ketika menuju kondisi yang lain baik itu kondisi awalnya normal, pre-hipertensi, hipertensi 1 maupun hipertensi 2. Sehingga probabilitas yang diberikan adalah menuju kondisi normal dengan kemungkinan = 26%, pre-hipertensi = 26%, Hipertensi 1 = 6% dan hipertensi 2 = 42%. Hal inilah yang dijadikan informasi prediksi jangka panjang pada sistem yang digunakan. Demikian juga pada perhitungan penggunaan data dengan basis minggu, pada kondisi *steady state* memberikan prediksi menuju kondisi hipertensi 2 = 100%. Kedua perhitungan yaitu basis bulan dan basis minggu mengarah pada kemungkinan menuju kondisi yang sama, yang mempunyai probabilitas terbesar yaitu hipertensi 2.

Penderita hipertensi dapat menggunakan basis bulan atau basis minggu tergantung tujuan apakah ia akan memprediksi dalam waktu yang dekat atau



Gambar 6. Diagram alir sistem informasi prediksi tekanan darah dan tampilan interaktifnya

memprediksi dalam waktu minggu-minggu ke depan atau memprediksi untuk waktu yang lebih panjang yaitu memprediksi dalam waktu beberapa bulan ke depan. Sehingga kedua basis tersebut dapat digunakan oleh penderita hipertensi untuk memprediksi kesehatan tekanan darahnya. Penderita hipertensi juga dapat menggunakan prediksi jangka panjang, yaitu menggunakan data dari matrik distribusi stabil yang memberikan prediksi ke suatu arah perubahan dengan apapun kondisi awalnya. Jika data distribusi stabil ini di gabungkan dengan data aktifitas utama penderita pada saat dilakukan pengukuran, ini memberikan arti bahwa jika penderita memberikan aktifitas yang sama seperti pada saat pengukuran, maka dalam jangka waktu yang panjang akan mempunyai kemungkinan perubahan kondisi kesehatan yang sama dengan apa yang diprediksikan. Dengan informasi prediksi dan data aktifitas yang dicatat pada log data, akan memberikan referensi yang lebih baik bagi penderita hipertensi dalam mengontrol dan menjaga kesehatan tekanan darahnya.

Pemanfaatan teknologi informasi dapat dilihat pada bagaimana data disimpan dan diolah dan disajikan secara interaktif oleh pengguna. Secara diagram, pembagian peran teknologi informasi pada sistem prediksi tekanan darah yang diusulkan dapat dijadikan solusi alternatif bagi pemeliharaan kesehatan dapat dilihat pada gambar 6.

## 5. KESIMPULAN

Pengetahuan manusia dalam hal memprediksi suatu keadaan sangat diperlukan untuk membantu menentukan langkah-langkah atau tindakan yang akan diambil ke depan agar dapat menghindari suatu resiko buruk yang akan mungkin dapat terjadi. Metode Markov chain adalah metode yang sering digunakan untuk memprediksi suatu parameter dimasa depan dengan menggunakan parameter saat ini. Pada penelitian ini telah diusulkan penggunaan metode Markov chain untuk memprediksi tekanan darah dilengkapi dengan penyimpanan data aktivitas penderita hipertensi sehingga membentuk satu sistem informasi prediksi tekanan darah yang lebih optimal. Disamping memprediksi tekanan darah, data aktifitas penderita hipertensi yang dilakukan bersamaan dengan pengambilan data, dapat dijadikan referensi terkait hasil prediksi yang didapat.

Penggunaan dua basis data yaitu bulan dan minggu dimaksudkan untuk memberikan pilihan kepada pengguna terhadap masa waktu ke depan dari prediksi. Sistem juga dapat digunakan untuk memprediksi dengan masa waktu yang panjang. Secara konsep, sistem ini dapat lakukan pada suatu instansi dalam bentuk data base prediksi tekanan darah untuk pasien atau dapat dibuat suatu aplikasi portabel yang interaktif dengan pengguna untuk menjaga kesehatan tekanan darahnya, terutama bagi pengidap hipertensi.

## REFERENCES

- [1] Pusat Data Informasi Kementrian Kesehatan [On line] 2018 pada <http://www.pusdatin.kemkes.go.id/article/view/15080300001/hipertensi-the-silent-killer.html>
- [2] K Yoshihiro, Prevention of Hypertensionand Cardiovascular Diseases, Journal on Hypertension , 2014; 63; 655-660, 2014

- [3] K. M. Andria, Hubungan Antara Perilaku Olah Raga, Stres dan Pola Makan Dengan Tingkat Hipertensi Pada Lanjut Usia di Sukolilo Surabaya, Jurnal Promkes Unair, Vol. 1, No. 2, Desember 2013: 111-117, 2013.
- [4] A. R. M. Forkan, I. Khalil, A Probabilistic Model for Early Prediction of Abnormal Clinical Events Using Vital Sign Correlation in Home Based Monitoring, Journal on IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication pp 1-9, April 2016
- [5] M. M. kumar, k. Sentharamaikkannan, Markov Model for Acute Hypertension Analysis, Journal on j Com and Math Sci. Vol. 2 (2), 296-302, 2011
- [6] J. A. Gubner, Probability and Random Processes for Electrical and Computer Engineers , Cambride University Press 2006