

## BAB II

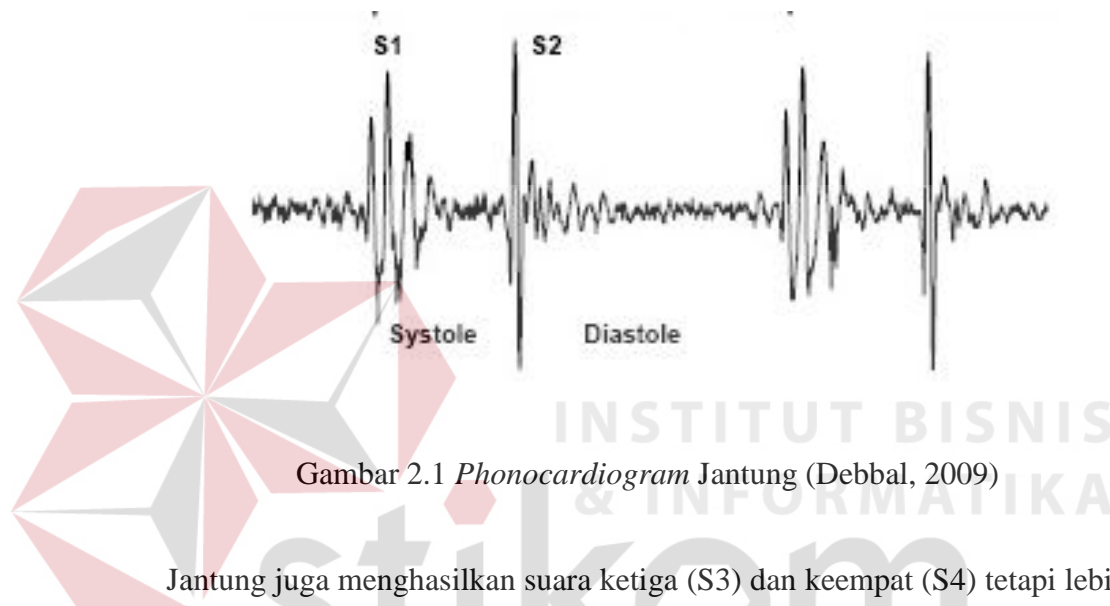
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 *Phonocardiogram*

*Phonocardiogram* adalah teknik dalam penelusuran suara jantung dan pencatatan getaran akustik jantung melalui suatu transduser mikrofon yang akan direkam dan ditampilkan pada osiloskop. Suatu mikrofon yang dirancang khusus ditempatkan pada dinding dada sehingga getaran yang dihasilkan oleh jantung dapat diterima, diperkuat, serta direkam (Amrullah, 2012). Suara-suara ini mengindikasikan laju dan ritme jantung dalam memompa darah. Suara ini juga memberikan informasi tentang efektifitas pemompaan jantung dan aktifitas katup-katup jantung. Suara jantung dapat digunakan lebih efisien dengan dokter ketika mereka ditampilkan secara visual (Debbal, 2009). Dengan adanya hasil PCG dari pasien, ahli medis dapat mendengar kembali, melihat perekaman secara visual, serta dapat menganalisis dan mengolah data tersebut sesuai dengan kebutuhan.

Dalam keadaan normal suara jantung menghasilkan dua suara yang berbeda yang sering dinyatakan dengan lub-dub atau disebut suara jantung pertama (S1) dan suara jantung kedua (S2). Suara lub atau suara jantung pertama (S1) muncul akibat dua penyebab yaitu : penutupan katub atrioventrikular (katub mitral dan trikuspidalis) dan kontraksi otot-otot jantung. Sedangkan suara dub atau suara jantung kedua (S2) disebabkan dari penutupan katub semilunaris (katub aorta dan pulmonal). Suara jantung pertama memiliki waktu yang sedikit lebih lama dibandingkan dengan suara jantung kedua (Nurlaili, 2011). Diantara suara

jantung pertama dan suara jantung kedua terdapat dua interval yaitu sistole dan diastole. Sistole adalah tekanan darah yang dialirkan dari jantung ke arteri dan nadi, sedangkan diastole merupakan tekanan darah balik dari arteri dan nadi ke jantung. Sistole ialah interval antara suara jantung S1 dan S2, sedangkan diastole interval antara suara jantung S2 dan S1. Secara jelas dapat dilihat pada gambar 2.1

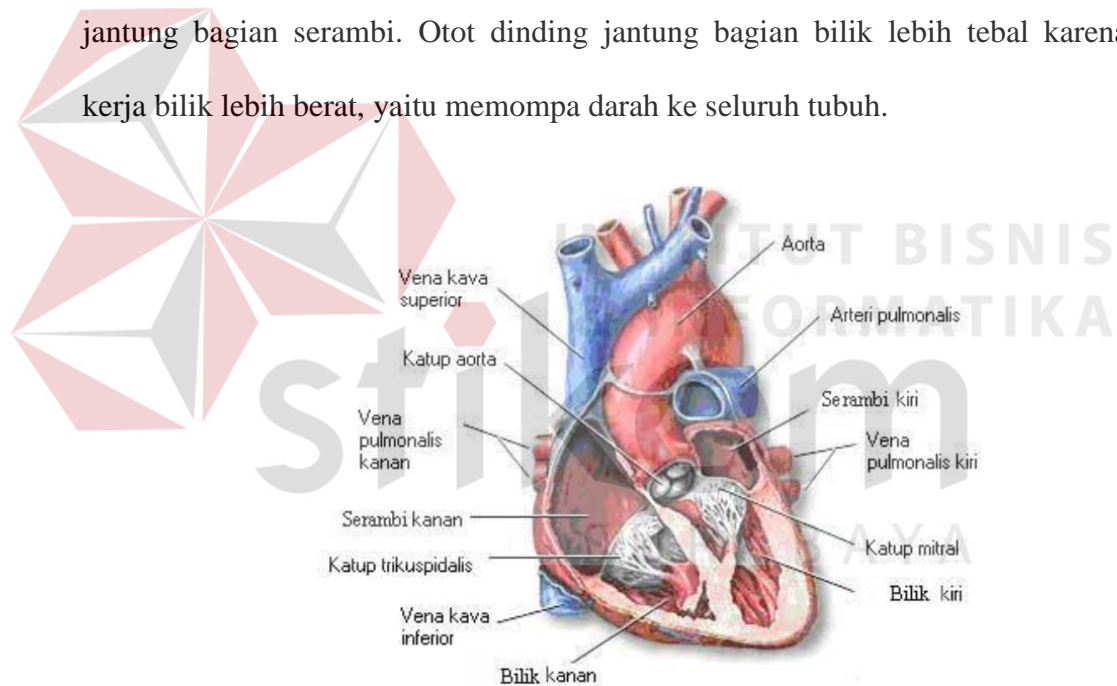


Gambar 2.1 *Phonocardiogram* Jantung (Debbal, 2009)

Jantung juga menghasilkan suara ketiga (S3) dan keempat (S4) tetapi lebih rendah dalam intensitas dan normalnya tidak dapat didengar. Jantung yang tidak normal akan menimbulkan suara tambahan yang disebut dengan *murmur* (Anggraeni & Rizal, 2007). Suara ketiga (S3) bernada rendah dan dalam keadaan normal terdengar  $\pm 0,015$  sampai  $0,017$  detik setelah bunyi jantung II, terjadi akibat getaran cepat dari aliran darah saat pengisian cepat dari ventrikel. Dapat terdengar pada anak sampai dewasa muda. Sedangkan suara keempat (S4) disebabkan kontraksi atrium yang mengalirkan darah ke ventrikel yang kompliansnya menurun. Suara keempat (S4) kadang terdengar pada dewasa muda  $0,08$  detik sebelum bunyi jantung I dengan intensitas rendah.

## 2.2 Karakteristik Suara Jantung

Suara jantung dihasilkan oleh gerakan-gerakan mekanis yang terjadi selama jantung berdetak. Suara ini terjadi karena gerakan dinding jantung, menutupnya dinding dari aliran darah. Jantung terdiri atas empat ruang, yaitu serambi kiri, serambi kanan, bilik kiri, dan bilik kanan, dapat dilihat pada gambar 2.2. Sebagai alat pemompa darah, jantung mempunyai otot-otot yang kuat. Dinding jantung bagian bilik mempunyai otot yang lebih tebal dari pada dinding jantung bagian serambi. Otot dinding jantung bagian bilik lebih tebal karena kerja bilik lebih berat, yaitu memompa darah ke seluruh tubuh.



Gambar 2.2 Bagian Jantung (Amrullah, 2012)

Diantara serambi dan bilik terdapat semacam pintu turun yang disebut katup jantung. Katup jantung yang sehat dapat menutup rapat sekali sehingga darah dari bilik tidak bercampur dengan darah dari serambi. Katup-katup itu membuka dan menutup seiring dengan denyutan jantung.

Pembuluh darah adalah saluran yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya darah dari seluruh tubuh menuju ke jantung atau sebaliknya. Berdasarkan arah aliran darah pembuluh darah dibedakan menjadi dua macam, yaitu pembuluh nadi (*arteri*) dan pembuluh balik (*vena*).

### 2.3 Noise

*Noise* dapat didefinisikan sebagai sinyal yang tidak diinginkan yang muncul pada komunikasi, pengukuran, persepsi atau pemrosesan dari sebuah sinyal yang mengandung informasi. *Noise* muncul dalam berbagai tingkatan dalam hampir semua lingkungan, termasuk di dalamnya adalah sinyal suara.

Secara umum, *noise* dapat menyebabkan kesalahan atau bahkan merusak proses komunikasi maka dari itu, pemrosesan *noise* adalah bagian penting dan integral dari telekomunikasi modern dan sistem pemrosesan sinyal. Keberhasilan dari sebuah metode pemrosesan *noise* bergantung pada kemampuannya untuk mengkarakterisasi dan memodelkan proses *noise*, dan menggunakan karakteristik *noise* secara menguntungkan untuk membedakan sinyal dengan *noise*.

#### 2.3.1 White Noise

Salah satu model *noise* yang paling populer adalah *white noise*. Menurut Chan dan Shen (2005, p150) *white noise* adalah sinyal stokastik stasioner  $n(t)$  dengan nilai rata-rata nol yang power spectral *density* (distribusi energi sinyal per unit waktu dalam domain frekuensi)- nya  $S_{nn}(\omega)$  adalah sebuah konstanta  $\sigma^2$

pada seluruh spektrum :  $\omega \in \mathbf{R}$ . Secara lebih umum, sinyal demikian disebut *bandlimited white noise* jika  $S_{nn}(\omega)$  adalah konstan pada beberapa pita spektrum, dan bernilai 0 jika di luar pita spektrum tersebut.

Untuk *white noise diskrit*  $v(k)$ ,  $\omega \in \mathbf{Z}$ , adalah *white noise*, yang rangkaian autokorelasinya didefinisikan sebagai berikut.

$$R(m) = R_{nn}(m) = E[n(k)n(k+m)], m \in \mathbf{Z} \quad (2.1)$$

Pada fungsi power spectral density  $S_{nn}(\omega) \equiv \sigma^2$ , maka besarnya  $R(m) = \sigma^2 \delta(m)$ , dengan rangkaian delta Dirac  $\delta(m)$ . Hal ini berarti untuk setiap hambatan  $m$  bukan nol,  $n(k)$  dan  $n(k+m)$  sebagai 2 variabel acak selalu tidak berkorelasi. Hal ini terjadi secara otomatis jika keduanya independen (karena rata-ratanya dianggap nol).

### 2.3.2 Gaussian Noise

*Noise Gaussian* merupakan model *noise* yang mengikuti distribusi normal standar dengan rata-rata nol dan standar deviasi 1. Efek dari noise ini adalah munculnya titik-titik berwarna yang jumlahnya sama dengan persentase noise.

Dengan rumus :

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (2.2)$$

Noise gaussian dapat dibangkitkan dengan cara membangkitkan bilangan acak [0,1] dengan distribusi gaussian. Kemudian untuk titik-titik yang terkena

noise, nilai fungsi citra ditambahkan dengan nilai noise yang ada, atau dirumuskan dengan:

$$y(i, j) = x(i, j) + p \cdot a \quad (2.3)$$

dimana:  $a$  = nilai bilangan acak berdistribusi gaussian

$p$  = prosentase noise

$y(i,j)$  = nilai citra terkena noise.

$x(i,j)$  = nilai citra sebelum terkena noise.

Untuk membangkitkan bilangan acak berdistribusi gaussian, tidak dapat langsung menggunakan fungsi `rnd`, tetapi diperlukan suatu metode yang digunakan untuk mengubah distribusi bilangan acak ke dalam fungsi  $f$  tertentu. Pada penelitian ini digunakan metode rejection untuk memudahkan dalam alur pembuatan programnya. Metode rejection dikembangkan dengan cara membangkitkan dua bilangan acak  $(x,y)$  dan ditolak bila  $y > f(x)$ .

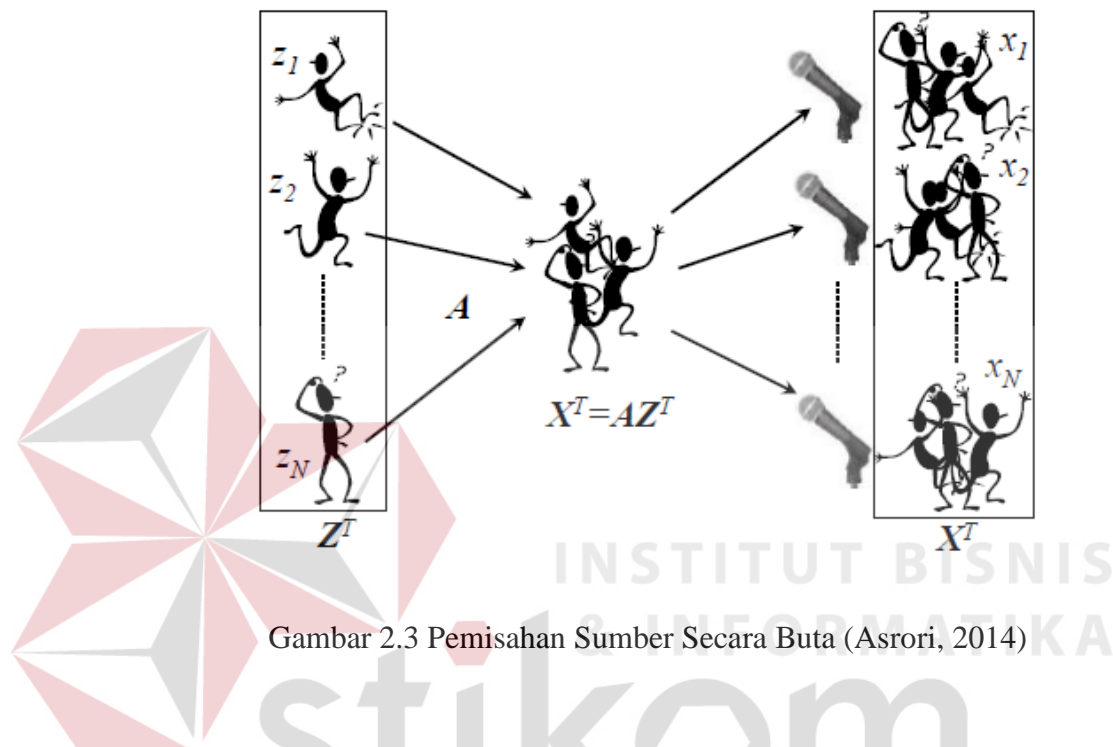
## 2.4 Pemrosesan Sinyal Suara Jantung

Dalam menganalisis sinyal diperlukan beberapa proses, antara lain: proses normalisasi, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Ekstraksi ciri atau pengambilan penciri dapat dilakukan pada domain waktu dan domain frekuensi. Berikut ini penjelasan beberapa teknik pengolahan sinyal.

### 2.4.1 *Blind Source Separation* (BSS)

*Blind Source Separation* adalah salah satu cara untuk memisahkan secara buta suatu sinyal tercampur (*mixed signal*) menjadi sejumlah sinyal

pembentuknya (Hayati, 2011). Sebagai contoh untuk menggambarkan BSS adalah Gambar 2.3 di bawah ini:



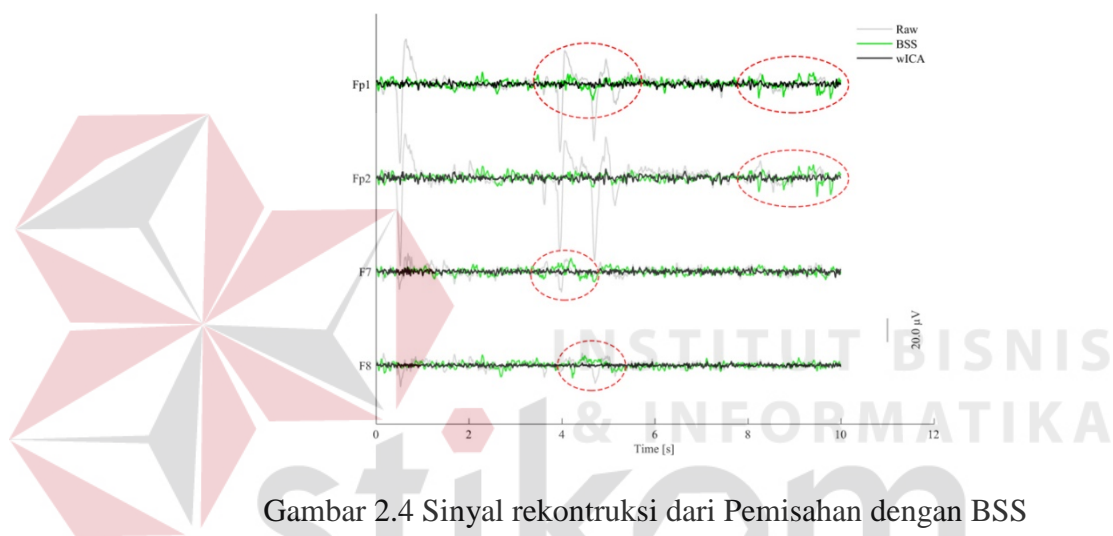
Gambar 2.3 Pemisahan Sumber Secara Buta (Asrori, 2014)

Pada Gambar 3 di atas,  $Z^T$  merupakan sumber dan  $A$  adalah matrik pencampuran sedangkan  $X^T$  adalah sinyal campuran yang tertangkap oleh sensor. BSS merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk memperoleh sumber dari pencampuran secara buta. Karena setiap komponen yang tercampur ini dapat di rekontruksi kembali menjadi sinyal pembentuknya.

Tujuan dari algoritma BSS adalah bagaimana mendapatkan estimasi sumber  $Z^T$  dari output pengukuran sensor  $X^T$ . Secara matematis, jumlahan sinyal akustik di atas dapat diformulasikan:

$$X_i(t) = A * z_n(t) + n(t) \quad (2.4)$$

Dimana  $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_m]$  adalah vector yang mewakili sinyal terukur  $x_i$ .  $\mathbf{z} = [z_1, z_2, \dots, z_n]$  adalah vektor yang mewakili sumber.  $\mathbf{A}$  adalah matriks jumlahan yang menduduki kolom penuh. BSS digunakan untuk menemukan matriks  $\mathbf{A}^{-1}$ , karena  $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{x}$  sama dengan matrik sumber  $\mathbf{z}$  dengan  $\mathbf{x}$  terukur. Sebagai contoh sinyal rekontruksi dan pemisahan dengan BSS dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sinyal rekontruksi dari Pemisahan dengan BSS

Dengan algoritma BSS akan dicari sinyal sumber  $z(t)$ , dimana keduanya telah terjumlah dalam  $\mathbf{x}$ . Sistem Kerja BSS adalah memisahkan sinyal sumber (*source*, komponen independen, dalam hal ini sinyal) secara buta (*blind*), yakni tanpa mengetahui vektor jumlahan  $\mathbf{A}$  ( $\mathbf{A}=[a(a_1)\dots a(a_N)]$ ).

Permasalahan pada BSS adalah mengestimasi matriks jumlahan  $\mathbf{A}$  dan sumber independen  $z(t)$  dengan  $T$  untuk  $\mathbf{x}(t)$ . Meskipun noise dapat diestimasi,  $z(t)$  tidak dapat diperoleh secara eksak. Pendekatan untuk mengatasi masalah BSS ini dapat dilakukan dengan metode *Independent Component Analysis (ICA)*, yaitu dengan analisa bahwa sifat dari masing-masing sinyal bebas sehingga suatu



informasi dari satu sinyal tidak bisa dicari dari sinyal yang lainnya. Pada gambar 2.4 atas sumber  $z(t)$  di estimasikan dengan sinyal  $y(t)$ , yang mana matrik  $\mathbf{W} = \mathbf{A}^{-1}$

#### 2.4.2 *Signal-to-Noise Ratio (SNR)*

Pada penelitian ini, sinyal jantung yang terkontaminasi oleh *Gaussian noise*, yang telah di lakukan BSS pada proses *denoising*, dihitung nilai SNR: (nurlaili,2011)

$$SNR = 10 \log_{10} \left( \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x[n]^2}{\sum_{n=0}^{N-1} (x[n] - x_{dn}[n])^2} \right) \quad (2.5)$$

Dimana  $x[n]$  adalah sinyal asli,  $x_{dn}[n]$  sinyal yang telah *didenoising*. Perbandingan antara inisialisasi SNR dan hasil SNR dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan *denoising*.

#### 2.4.3 *Mean Square Error (MSE)*

MSE merupakan suatu metode untuk mengukur perbedaan antara estimator (sinyal rekonstruksi) dan nilai sebenarnya (sinyal *baseline*) dari kuatitas yang diperkirakan . Secara garis besar dengan menghitung nilai MSE, maka akan diperoleh selisih pergeseran yang diperoleh antara sinyal asli dan sinyal rekonstruksi., yang dapat ditunjukkan pada persamaan di bawah ini (Anda, 2006)

$$MSE = \frac{1}{n} \int_i^t (S - S_n)^2 dt \quad (2.6)$$

dimana,

$MSE = \text{Mean Square Error}$

$n = \text{jumlah sample}$

$S = \text{sinyal asli}$

$S_n = \text{sinyal rekontruksi}$

Secara garis besar teknik yang pemisahan dengan menggunakan *time-domain* ICA (TDICA) dan *frequency-domain* ICA (FDICA) serta pengidentifikasian kerusakan mesin dengan melihat secara kualitatif sinyal dengan frekuensi sesaat.

## 2.5 *Independent Component Analysis*

*Independent Component Analysis (ICA)* adalah sebuah teknik yang paling banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dari *Blind Source Separation (BSS)*. Model umum dari ICA adalah sumber yang dihasilkan melalui transformasi linear dengan adanya noise tambahan. Misalkan terdapat sinyal statistic independen  $N$ ,  $s_i(t)$ ,  $i = 1, \dots, N$ . dengan asumsi bahwa sumber tidak dapat diamati secara langsung dan masing-masing sinyal  $s_i(t)$  adalah sebuah realisasi dari distribusi probabilitas pada waktu  $t$ . Melalui pengamatan pada  $N$  sensor kemudian didapatkan satu set  $N$  sinyal observasi  $x_i(t)$ ,  $i = 1, \dots, N$ . yang merupakan hasil pencampuran dari sumber. Aspek mendasar dari proses pencampuran adalah sensor harus dipisahkan supaya setiap sensor mencatat pencampuran secara berbeda. Dengan begitu proses pencampuran menurut

Ganesh R. Naik and Dinesh K Kumar dapat dimodelkan dengan matriks sebagai berikut

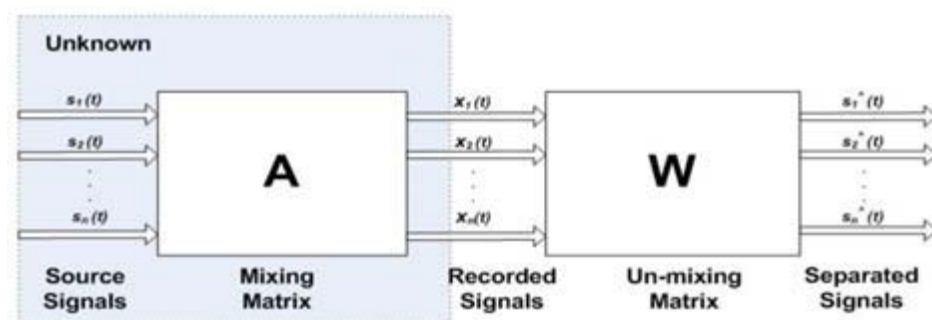
$$x(t) = As(t) \quad (2.7)$$

Pada persamaan di atas, **A** adalah matriks pencampuran (*mixing matrix*) dan  $x(t)$ ,  $s(t)$  adalah dua vektor yang mewakili sinyal yang diamati (*observed signal*) dan sinyal sumber (*source signal*). Secara tidak langsung hal inilah yang dimaksud dengan *blind*, yakni tidak adanya informasi pada *mixing matrix* dan masing-masing sumber. Tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan sinyal asli  $s_i(t)$ , hanya dari sinyal yang diamati  $x_i(t)$ . Selanjutnya untuk memperkirakan sumber dapat diperoleh dengan terlebih dahulu menggunakan *unmixing matrix*  $W$ , dimana  $W = A^{-1}$

Dengan begitu, sinyal sumber hasil pemisahan (*estimated source*),  $\hat{s}(t)$  dapat diperoleh dari persamaan dibawah ini :

$$\hat{s}(t) = W x(t) \quad (2.8)$$

Diagram pada Gambar 2.5 menunjukkan proses *mixing* dan *unmixing* yang juga termasuk dalam *Blind Source Separation*.



Gambar 2.5 Blok diagram *Blind Source Separation* (BSS).

$s(t)$  adalah sumber sinyal.  $x(t)$  adalah sinyal observasi,  $\hat{s}(t)$  adalah sinyal hasil pemisahan,  $A$  adalah *mixing matrix* dan  $W$  adalah *un-mixing matrix*.

Sumber independen  $s(t)$  dicampur dengan matriks  $A$ . Untuk mendapatkan vektor  $\hat{s}(t)$  didapatkan dengan cara memperkirakan *unmixing* matriks  $W$ . Jika perkiraan *unmixing*

matriks tepat, maka sinyal sumber  $s(t)$  bisa diperkirakan. Model ICA digambarkan di atas adalah model sederhana dengan mengabaikan semua komponen *noise* dan setiap *delay* dalam perekaman.

## 2.6 Preprocessing

Sebelum melakukan proses ICA, pertama kali yang harus dilakukan adalah melakukan beberapa proses pendahuluan (*pre-processing*) agar proses ICA dapat berjalan dengan baik. Dua macam *pre-processing* yang dimaksud adalah *centering* dan *whitening*. Sebelum dilakukan proses BSS, dilakukan proses adalah *centering* dan *whitening*. Proses *centering* adalah proses pemusatan data yang membuat nilai sinyal campuran ( $X$ ) menjadi sinyal campuran yang memiliki rerata nol atau *zeromean*. Rumus untuk melakukan *centering* adalah sebagai berikut :

$$X_c = x - m \quad (2.9)$$

$X_c$  adalah sinyal observasi hasil *centering*,  $x$  adalah sinyal observasi, sedangkan  $m$  adalah mean. Berikutnya dari *whitening* didapatkan sebuah vektor baru yang *varians* nya sama dengan satu. Rumus untuk melakukan proses *whitening* adalah sebagai berikut:

$$X_w = Vx \quad (2.10)$$

Dimana  $X_w$  adalah mixing matriks hasil *whitening*,  $V$  adalah *whitening matrix* dengan persamaan

$$V = ED^{-1/2}E^T \quad (2.11)$$

$E$  adalah matriks orthogonal dari eigen vektor  $E\{xx^T\}$  dan  $D$  adalah matriks diagonal dari eigen value.

