

## 2. TEORI PENUNJANG

### 2.1 Teori Dasar Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang terdiri atas partikel-partikel yang berosilasi searah dengan gerak gelombang tersebut, membentuk daerah bertekanan tinggi dan rendah (rapatan dan renggangan). Partikel yang saling berdesakan akan menghasilkan gelombang bertekanan tinggi, sedangkan molekul yang merenggang akan menghasilkan gelombang bertekanan rendah.

Gelombang bunyi dapat merambat melalui medium zat padat, zat cair, dan gas, tetapi tidak bisa melalui vakum, karena di tempat vakum tidak ada partikel zat yang akan mentransmisikan getaran. Kemampuan gelombang bunyi untuk menempuh jarak tertentu dalam satu waktu disebut kecepatan bunyi. Kecepatan bunyi di udara bervariasi, bergantung temperatur udara dan kerapatannya. Apabila temperatur udara meningkat, maka kecepatan bunyi akan bertambah. Semakin tinggi kerapatan udara, maka bunyi semakin cepat merambat. Kecepatan bunyi dalam zat cair lebih besar daripada cepat rambat bunyi di udara. Sementara itu, kecepatan bunyi pada zat padat lebih besar daripada cepat rambat bunyi dalam zat cair dan udara.

Gelombang bunyi dibatasi oleh jangkauan frekuensi yang dapat merangsang telinga dan otak manusia indra pendengaran. Jangkauan ini adalah 20 Hz sampai 20.000 Hz di mana telinga manusia normal mampu mendengar suatu bunyi. Jangkauan frekuensi ini disebut audiosonik. Sebuah gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di bawah 20 Hz dinamakan gelombang infrasonik, sedangkan bunyi yang memiliki frekuensi di atas 20.000 Hz disebut ultrasonik.

#### 2.1.1 Sifat Bunyi

Pada umumnya, bunyi memiliki tiga sifat, yaitu tinggi rendah bunyi, kuat lemah bunyi, dan warna bunyi.

Tinggi rendah bunyi adalah kondisi gelombang bunyi yang diterima oleh telinga manusia berdasarkan frekuensi (jumlah getaran per detik). Tinggi suara (*pitch*) menunjukkan sifat bunyi yang mencirikan ketinggian atau kerendahannya

terhadap seorang pengamat / pendengar. Sifat ini berhubungan dengan frekuensi, namun tidak sama. Kekerasan bunyi juga mempengaruhi titi nada. Hingga 1.000 Hz, meningkatnya kekerasan mengakibatkan turunnya titi nada.

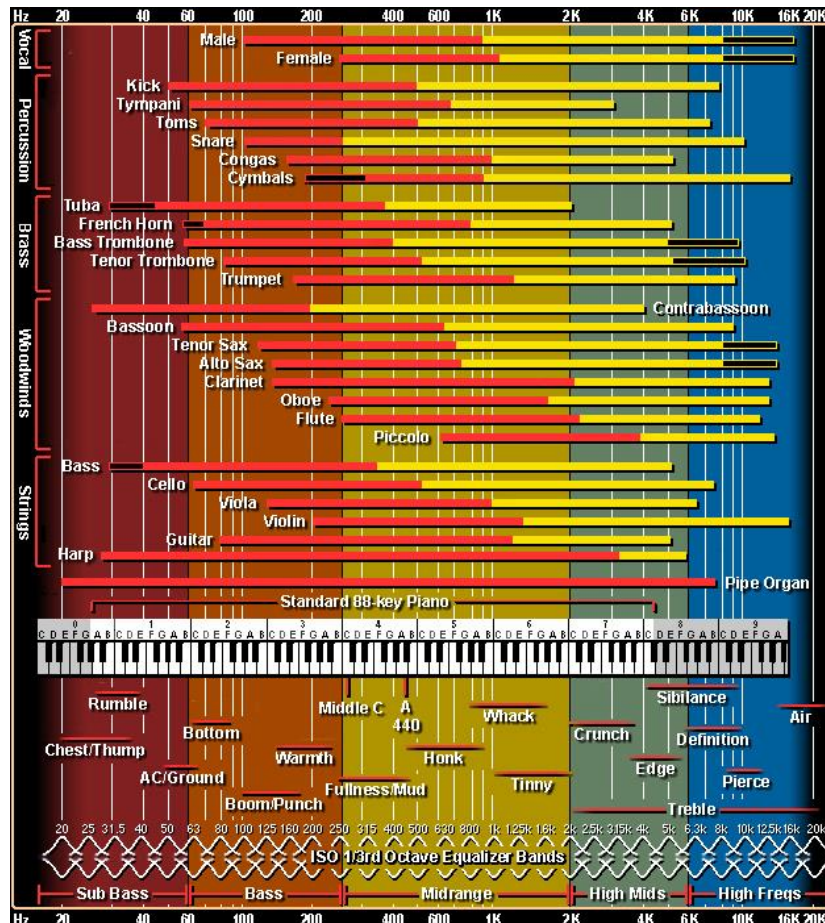
Kuat lemah atau intensitas bunyi adalah kondisi gelombang bunyi yang diterima oleh telinga manusia berdasarkan amplitudo dari gelombang tersebut. Amplitudo adalah simpangan maksimum, yaitu simpangan terjauh gelombang dari titik setimbangnya. Intensitas menunjukkan sejauh mana bunyi dapat terdengar. Jika intensitasnya kecil, bunyi akan melemah dan tidak dapat terdengar. Namun, apabila intensitasnya besar, bunyi menjadi semakin kuat, sehingga berbahaya bagi alat pendengaran. Untuk mengetahui hubungan antara amplitudo dan kuat nada, dapat diketahui dengan melakukan percobaan menggunakan garputala. Garputala dipukulkan ke meja dengan dua pukulan yang berbeda, akan dihasilkan yaitu pukulan yang keras menghasilkan bunyi yang lebih kuat. Hal ini menunjukkan bahwa amplitudo getaran yang terjadi lebih besar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kuat lemahnya nada atau bunyi bergantung pada besar kecilnya amplitudo. Semakin besar amplitudo getaran, maka semakin kuat pula bunyi yang dihasilkan.

Warna bunyi adalah bunyi yang diterima oleh alat pendengaran berdasarkan sumber getarannya. Sumber getaran yang berbeda akan menghasilkan bentuk gelombang bunyi yang berbeda pula. Hal ini menyebabkan nada yang sama dari dua sumber getaran yang berbeda pada telinga manusia.

### **2.1.2 Sumber Bunyi**

Setiap bunyi dihasilkan oleh suatu benda yang bergetar. Benda yang bergetar disebut sumber bunyi. Piano, biola, dan instrumen yang dipergunakan dalam suatu orkes musik merupakan beberapa contoh benda-benda yang bertindak sebagai sumber bunyi. Bunyi yang dihasilkan bergantung pada mekanisme yang dipergunakan untuk membangkitkan bunyi. Getaran yang timbul dalam musik dihasilkan oleh gesekan, petikan, atau dengan meniupkan udara ke dalam instrumen tersebut. Biola, gitar, dan piano menggunakan senar yang bergetar untuk menghasilkan bunyi. Sementara itu, terompet, seruling, dan *flute* menggunakan

kolom udara yang bergetar. Berikut ini adalah rentang frekuensi yang dapat dihasilkan oleh beberapa instrumen musik.



Gambar 2.1. Frekuensi Alat Musik

Sumber :

[http://www.independentrecording.net/irn/resources/freqchart/main\\_display.htm](http://www.independentrecording.net/irn/resources/freqchart/main_display.htm)

### 2.1.3 Taraf Intensitas Bunyi

Taraf intensitas bunyi bisa diartikan dengan tingkat kebisingan suatu bunyi pada pendengaran manusia. Bunyi yang mempunyai taraf intensitas yang tinggi akan memekakkan telinga seperti bunyi ledakan bom atau pesawat terbang. Namun ada juga bunyi yang sangat pelan sampai sampai tidak terdengar.

Secara fisika, taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur ( $I$ ) dengan intensitas ambang pendengaran ( $I_0$ ). Intensitas ambang pendengaran ( $I_0$ ) yaitu intensitas bunyi terkecil yang masih

mampu didengar oleh telinga, Besarnya ambang pendengaran berkisar pada 10 -12 W/m<sup>2</sup>. Satuan dari taraf intensitas bunyi adalah desiBel (dB).

Sedangkan jika terdapat sebanyak  $n$  buah sumber bunyi yang identik (mempunyai intensitas bunyi sama), besar taraf intensitas totalnya dirumuskan dengan persamaan:

$$TI_n = TI_1 + 10 \log n \quad (2.1)$$

Keterangan :

$TI_n$  = Taraf Intensitas  $n$  buah sumber bunyi (dB)

$TI_1$  = Taraf intensitas 1 buah sumber bunyi (dB)

$N$  = Jumlah Sumber Bunyi

#### 2.1.4 Resonansi

Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda akibat benda lain yang bergetar karena keduanya memiliki frekuensi yang sama atau memiliki frekuensi yang merupakan bilangan bulat dari frekuensi salah satu benda bergetar. Resonansi bunyi pada kolom udara dimanfaatkan untuk menghasilkan bunyi pada alat musik.



Gambar 2.2. Contoh Dua Garputala yang Beresonansi

Sumber :

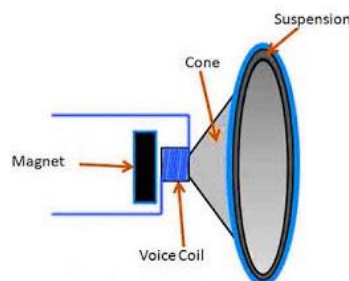
[http://fisikon.com/kelas3/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85&Itemid=136](http://fisikon.com/kelas3/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=136)

## 2.2 Loudspeaker

*Loudspeaker, speaker* atau sistem *speaker* merupakan sebuah perangkat yang mengubah sinyal listrik ke bentuk getaran suara. *Speaker* adalah mesin pengubah terakhir atau kebalikan dari mikrofon. *Speaker* membawa sinyal elektrik dan mengubahnya kembali menjadi vibrasi-vibrasi fisik untuk menghasilkan gelombang-gelombang suara.

*Speaker* umumnya dibedakan ke dalam dua kategori, yaitu *speaker* pasif dan *speaker* aktif. *Speaker* pasif merupakan *speaker* yang tidak memiliki *amplifier* (penguat suara) di dalamnya. Sehingga, *speaker* pasif memerlukan *amplifier* untuk dapat menghasilkan suara. Sedangkan, *speaker* aktif merupakan *speaker* yang memiliki *amplifier* (penguat suara) di dalamnya. *Speaker* aktif hanya memerlukan kabel listrik tambahan untuk menghidupkan *amplifier* yang ada di dalamnya.

Untuk menerjemahkan sinyal listrik menjadi suara yang dapat didengar, *speaker* memiliki komponen elektromagnetik yang terdiri dari kumparan yang disebut dengan *voice coil* untuk membangkitkan medan magnet dan berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menggerakkan *cone speaker* maju dan mundur. *Voice coil* adalah bagian yang bergerak sedangkan magnet permanen adalah bagian *speaker* yang tetap pada posisinya. Sinyal listrik yang melewati *voice coil* akan menyebabkan arah medan magnet berubah secara cepat sehingga terjadi gerakan “tarik” dan “tolak” dengan magnet permanen. Dengan demikian, terjadilah getaran yang maju dan mundur pada *cone speaker*. Hal tersebut menggetarkan udara di depan *speaker*, membentuk gelombang suara.



Gambar 2.3. Komponen Umum *Speaker*

Sumber : <https://www.audioengine.co.id/bagaimana-cara-kerja-speaker/>

*Cone* adalah komponen utama *speaker* yang bergerak. Pada prinsipnya, semakin besar *cone* semakin besar pula permukaan yang dapat menggerakkan udara sehingga suara yang dihasilkan *speaker* juga akan semakin besar.

*Suspension* yang terdapat dalam *speaker* berfungsi untuk menarik *cone* ke posisi semula setelah bergerak maju dan mundur. *Suspension* juga berfungsi sebagai pemegang *cone* dan *voice coil*. Kekakuan (*rigidity*), komposisi dan desain *suspension* sangat mempengaruhi kualitas suara *speaker* itu sendiri.

Berikut ini adalah jenis-jenis *speaker* berdasarkan rentang frekuensi :

- *Tweeter* : jenis *loudspeaker* yang dibuat khusus untuk reproduksi suara berfrekuensi tinggi (nada *treble* 2kHz – 20kHz). *Loudspeaker* jenis ini tidak membutuhkan ruang resonansi belakang (*box / enclosure*).
- *Midrange* : jenis *loudspeaker* yang dibuat khusus untuk mereproduksi sinyal audio pada frekuensi menengah (nada *middle* 300Hz – 5kHz).
- *Woofers* : jenis *loudspeaker* yang dibuat khusus untuk mereproduksi sinyal audio dengan frekuensi rendah (nada *bass* 40Hz – 1kHz). *Loudspeaker* jenis ini membutuhkan ruang resonansi belakang yang cukup (20Hz – 200Hz).
- *Subwoofer* : yaitu *speaker* yang menghasilkan Frekuensi sangat rendah yaitu sekitar 20Hz – 200Hz.

### 2.3 Komponen Subwoofer



Gambar 2.4. Komponen *Subwoofer*

Sumber : <http://www.xtremeaudio1.com/about.html>

- *Surround* :Terbuat dari karet yang berfungsi untuk menarik *cone* kembali ke posisi semula.
- *Conus / Cone* : Selaput yang bergerak maju / mundur sehingga menghasilkan suara, umumnya terbuat dari kertas atau plastik.
- *Dust cap* : Penutup untuk menjaga *coil* agar tidak terkena kotoran dari luar.
- *Spider* : Suspensi untuk menggerakkan coil agar dapat bergerak maju dan mundur, sesuai aliran listrik yang dialirkan.
- *Voice Coil* : Sebuah kumparan yang berada di dalam *subwoofer* untuk menerima sinyal listrik dan membangkitkan medan magnet.
- *Magnet* : Bersifat permanen / tidak bergerak, berinteraksi dengan *voice coil* untuk membangkitkan medan magnet.

### 2.4 Macam-Macam *Subwoofer*

#### 2.4.1 *Subwoofer Single voice coil* :

*Subwoofer* yang hanya memiliki satu buah *voice coil* atau kumparan untuk menggerakkan *cone*. Satu *voice coil* memiliki 1 buah terminal positif dan terminal negatif. Umumnya impedansi dari *coil* tersebut adalah 2 Ohm atau 4 Ohm.



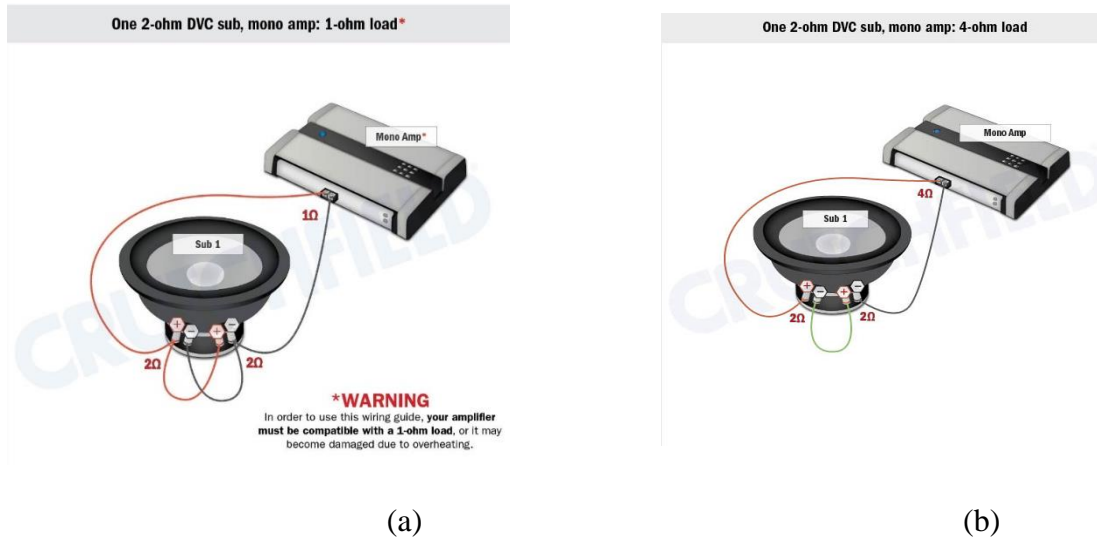
Gambar 2.5. *Subwoofer Single Voice Coil*

Sumber :

[http://www.crutchfield.com/learn/learningcenter/car/subwoofers\\_wiring.html](http://www.crutchfield.com/learn/learningcenter/car/subwoofers_wiring.html)

#### 2.4.2 *Double voice coil :*

*Subwoofer* yang memiliki dua buah *voice coil* untuk menggerakkan *cone*. *Subwoofer DVC* memiliki dua buah input terminal positif dan terminal negatif. Keuntungan menggunakan *DVC* adalah impedansi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Misal, sebuah *subwoofer DVC* dengan impedansi 2 Ohm dapat dirangkai paralel agar dapat menghasilkan impedansi 1 Ohm atau dirangkai seri untuk menghasilkan impedansi sebesar 4 Ohm. Semakin kecil impedansi pada *subwoofer*, semakin besar daya yang dihasilkan oleh *subwoofer*. Karena itu, *subwoofer* membutuhkan penguat / *Amplifier* yang besar, yaitu *amplifier* kelas D. *Amplifier* kelas D menghasilkan daya yang besar dan efisiensi tinggi, sehingga cocok digunakan untuk penggunaan *subwoofer* dengan impedansi rendah.



Gambar 2.6 Subwoofer Double Voice Coil Paralel (a), Seri (b)

Sumber :

[http://www.crutchfield.com/learn/learningcenter/car/subwoofers\\_wiring.html](http://www.crutchfield.com/learn/learningcenter/car/subwoofers_wiring.html)

## 2.5 Spesifikasi Subwoofer

Setiap *subwoofer* memiliki spesifikasi yang berbeda-beda, misalnya besar / diameter, impedansi, atau berapa daya yang dibutuhkan oleh *subwoofer*. Contoh spesifikasi *subwoofer*:



Gambar 2.7. Spesifikasi Subwoofer

Sumber : Buku Manual JBL

- a. *Diameter* : besar diameter dari *subwoofer*.
- b. *Sensitivity* : suara awal yang dihasilkan oleh *subwoofer* yang di ukur dengan tegangan satu watt, dengan jarak satu meter.
- c. *Power handling* : kekuatan daya yang dibutuhkan *subwoofer* yaitu 275 watt *RMS* dan maximum 1100 watt *PEAK*.
- d. *Frequency Response* : *range frequency* yang di hasilkan oleh *subwoofer*.
- e. *Nominal Impedance* adalah Impedansi adalah tahanan *speaker* di tiap kumparan / *voice coil*.
- f. *Voice Coil Diameter* adalah diameter kumparan yang digunakan dalam *subwoofer*.

*RMS* adalah singkatan dari *Root Mean Square*, merupakan daya rata-rata yang dihasilkan dari *output* suatu *amplifier* pada saat menyalurkan listrik ke *loudspeaker* secara murni. *Peak* adalah daya output maksimum yang dihasilkan dari *amplifier*, yang dihasilkan power atau yang bisa di terima *speaker* pada interval waktu yang sangat singkat.

## 2.6 *Box Subwoofer*

Saat *subwoofer* bergetar, *box subwoofer* juga menghasilkan suara dengan frekuensi tertentu, akibat dari proses resonansi. Resonansi adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena ada benda lain yang bergetar dan memiliki frekuensi yang sama atau kelipatan bilangan bulat dari frekuensi itu. Pada gitar terdapat kotak atau ruang udara tempat udara ikut bergetar apabila senar gitar dipetik. Udara di dalam kotak ini bergerak dengan frekuensi yang sama dengan yang dihasilkan oleh senar gitar. Udara yang mengisi tabung gamelan juga akan ikut bergetar jika lempengan logam pada gamelan tersebut dipukul. Begitu pula fungsi *box subwoofer* pada penggunaan *subwoofer*.

*Subwoofer* berperan untuk menghasilkan bass yang rendah. Performa *subwoofer* sendiri tidak hanya ditentukan oleh kualitasnya, tetapi desain *box* juga memiliki peran yang sangat penting. Penghitungan volume *box* biasanya mengikuti spesifikasi teknis yang sudah ditentukan oleh produsen. *Box subwoofer* terdiri dari berbagai jenis dan model. Dalam memilih *box subwoofer*, desain, dimensi/ukuran,

ataupun model *box subwoofer* biasanya ditentukan oleh perhitungan saat pembuatan dan rancangan para *installer* audio.

### 2.6.1 Bahan untuk Pembuatan *Box Subwoofer*

#### a) Kayu *MDF (Medium Density Fibreboard)*

*MDF* mempunyai ciri-ciri sebagai berikut yaitu : serat halus yang membuatnya mudah dilengkungkan, tekstur padat dan kuat, tampak permukaan halus, lebih murah, daya serap air rendah dan mampu meredam suara. *MDF* sangat fleksibel sehingga mudah dibentuk. Ukuran dan kekuatannya pun konsisten. Namun karena memakai bahan kimia resin, *MDF* lebih berat dari *Plywood* dan kayu partikel. Di pasaran, *MDF* memiliki jenis *finishing* yang sangat bervariasi dari cat kayu, *venner*, *PVC*, *HPL* ataupun *paper laminate*. Warna dan motifnya pun dapat dibuat sangat beragam. *Furniture* yang memakai bahan *MDF* biasa dipakai untuk *furniture* praktis yang diproduksi massal oleh pabrik. Sistem *knock down* digunakan hampir di semua industri *furniture* dengan menggunakan dowel (batang kayu atau plastik kecil) atau *connecting bolt* yang membuat produk dapat dibongkar pasang dengan mudah.



Gambar 2.8. Kayu *MDF*

Sumber : <http://www.biopolish.com/mengenal-mdf-medium-density-fiberboard-476/>

*Medium Density Board (MDF)* dibuat untuk menutupi beberapa kelemahan *plywood* yang permukaannya kurang halus, mudah retak dan pecah pada ukuran lebar yang terlalu kecil dan hasil potongan yang kasar. Bahan *MDF* sangat halus pada permukaan dan ikatan-ikatan antar materialnya sangat kuat. Hanya satu kelemahannya dibandingkan dengan *plywood* adalah hilangnya motif kayu pada

permukaan. *MDF* memiliki ukuran yaitu panjang standar internasional (1220 x 2440mm). *MDF* ini juga memiliki kekurangan yaitu mudah lapuk bila terkena air, Skrup tidak bisa menjangkau bila *MDF* terlalu tebal. Kayu *MDF* ini memiliki ketebalan yang beragam dari 2,5mm – 25mm dan kepadatan berkisar *MDF* 600-800 kg/m<sup>3</sup>.

### b) Kayu Partikel

Kayu partikel adalah salah satu jenis kayu pabrikan. Papan partikel terbuat dari campuran keping kayu (*wood chips*) yang dicampur dengan lem resin sintetis dan dipres atau ditekan menjadi lembaran-lembaran keras dalam ketebalan tertentu. Selain keping kayu, rami juga sering digunakan sebagai bahan baku dan menghasilkan papan yang disebut sebagai *flex board*. *Flex board* mirip dengan papan partikel, namun cenderung lebih ringan dan tidak sekuat papan berdasar kepingan kayu. Saat ini penggunaan bahan partikel sangat banyak. Biasanya digunakan untuk *furniture – furniture* siap rangkai yang tersebar pada toko-toko mebel. Partikel merupakan serbuk-serbuk kayu kasar yang di rekatkan dengan menggunakan lem, kemudian ditekan sehingga berbentuk lembaran. *Furniture* berbahan partikel biasanya menggunakan lapisan tempel; seperti HPL, Decosit, Takonsit. Kepadatan partikel berkisar 160-450 kg/m<sup>3</sup>.



(a)



(b)

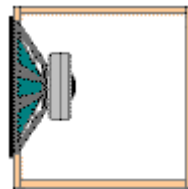
Gambar 2.9. (a) Kayu Partikel, (b) Tekstur Kayu Partikel

Sumber : <http://mr-plywood.com/tag/jual-partikel-board/>

## 2.6.2 Macam-Macam Desain *Box Subwoofer*

### a) *Box Sealed*

Bentuk sealed menggunakan kalkulasi volume untuk membantu mengurangi dan mengontrol perubahan. Biasanya model ini memiliki ruang *box* yang tidak berlubang. Bentuk *box sealed* dipercaya mampu menghasilkan suara *bass* yang halus dan responnya tepat. *Box* yang digunakan kecil, mampu mengeluarkan tenaga yang besar, respon tepat, dan mudah dibuat..

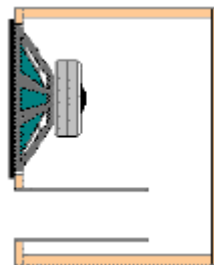


Gambar 2.10. *Box Sealed*

Sumber : <http://www.danmarx.org/audioinnovation/theories.html>

### b) *Box Ported*

Bentuk model *box* seperti ini menggunakan lubang atau *port*, lubang ini berperan untuk menambah *output* frekuensi rendah, udara di dalam *box* dikeluarkan seperti *piston* atau motor, tahap perpindahan udara itu dapat memperbesar frekuensi *subwoofer*. Model *box* ini umum digunakan pada sistem *SQ* atau *SPL*.



Gambar 2.11. *Box Ported*

Sumber : <http://www.danmarx.org/audioinnovation/theories.html>

### 2.6.3 Format Penggunaan Dua *Subwoofer*

Penggunaan dua buah *subwoofer* dalam satu kabinet dapat menambah memiliki beberapa keunggulan dibanding penggunaan satu *subwoofer*. Konfigurasi dasar dari penggunaan dua *subwoofer* yaitu konfigurasi standar, *push/pull*, dan isobarik.

#### a) Konfigurasi Standar

Dua buah *subwoofer* yang diletakkan pada satu *box* yang sama, dengan volume *box* sebesar dua kali dari volume satu *subwoofer*.

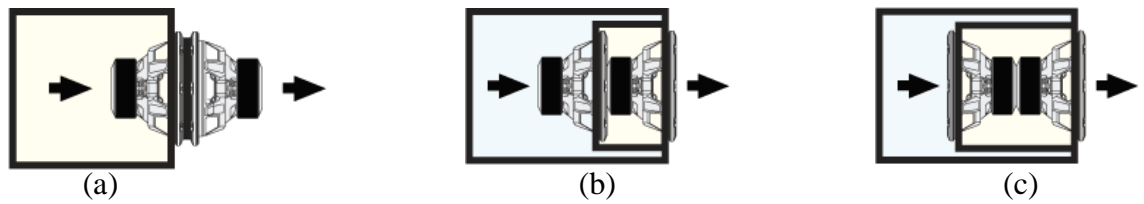


Gambar 2.12. *Box Double Subwoofer* Standar

Sumber : <http://legacyaudio.com/products/view/double-helix-subwoofer/>

#### b) Konfigurasi Isobarik

Penggunaan dua buah *subwoofer* yang menempel pada sebuah *box*, baik *cone-to-cone*, *magnet-to-magnet*, atau *cone-to-magnet*. Pada penggunaan *cone-to-cone* dan *magnet-to-magnet*, salah satu *subwoofer* disusun dengan sistem kabel berlawanan sehingga secara mekanis keduanya bergerak pada satu fasa (gambar 2.13). Disebut isobarik karena tekanan udara di antara kedua *subwoofer* selalu sama ketika *subwoofer* bekerja, sehingga seakan-akan kedua *subwoofer* di *couple* dengan sebuah *as/rod*. Keistimewaan konfigurasi isobarik adalah volume *box* yang digunakan hanya setengah dari penggunaan satu buah *subwoofer* (tidak termasuk volume di antara kedua *subwoofer*, karena itu konfigurasi pada gambar 2.13b dan 2.13c memerlukan volume tambahan).

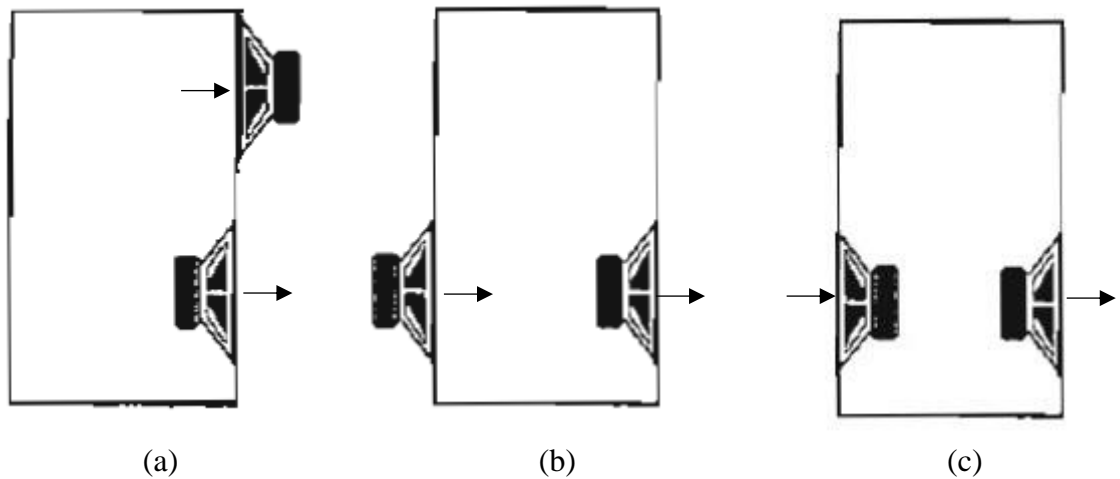


Gambar 2.13. Konfigurasi Isobarik *Cone to Cone* (a), *Cone to Magnet* (b), *Magnet to Magnet* (c)

Sumber : Dickason, Vance. (2006). *Loudspeaker Design Cookbook*, (7<sup>th</sup> edition). Audio Amateur Press.

**c) Konfigurasi *Push/Pull***

Dua buah *subwoofer* disusun dalam sebuah *box*, dan disusun baik *cone-to-cone*, *cone-to-magnet*, dan *magnet to magnet*. Volume *box* pada sistem ini yaitu dua kali lebih besar dari volume *box* untuk penggunaan satu *subwoofer*. Pada konfigurasi *Push-Pull cone to cone* dan *magnet to magnet*, salah satu *subwoofer* fasanya dibalik sehingga salah satu *subwoofer* mendorong dan *subwoofer* lainnya menarik, sehingga kedua *subwoofer* bekerja searah.



Gambar 2.14. Konfigurasi *Push-Pull Cone to Cone* (a), *Cone to Magnet* (b), *Magnet to Magnet* (c)

Sumber : Dickason, Vance. (2006). *Loudspeaker Design Cookbook*, (7<sup>th</sup> edition). Audio Amateur Press