

# Sistem Tonjur untuk Membantu Menentukan Pasangan Main Angklung ke Pemain dengan Memanfaatkan MusicXML

Hafid Inggiantowi / 13507094  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
if17094@students.if.itb.ac.id

**Abstrak**—Angklung merupakan alat musik bambu tradisional yang kini populer di Indonesia. Angklung tidak dapat dimainkan sendiri sehingga membutuhkan kerja sama tim. Dalam suatu partitur yang dimainkan, suatu nada dalam satu angklung pasti akan bentrok dengan suatu nada dalam satu angklung yang lainnya. Akibat daripada hal tersebut, maka sulit menentukan distribusi pasangan main angklung yang tidak bentrok ke pemain. Dalam mengatasi permasalahan ini, terdapat suatu metode yang biasa disebut dengan tonjur. Dengan melakukannya secara manual, metode ini memiliki kelemahan dalam masalah ketelitian manusia serta memakan banyak waktu.

Berkaitan dengan hal tersebut, Tugas Akhir ini mencoba menyelesaikan permasalahan tersebut dengan mengimplementasikan sistem MusicXMLTonjur yang dapat membuat proses tonjur manual tersebut menjadi otomatis. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan masukan MusicXML dalam merepresentasikan partitur lagu angklung yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Algoritma tonjur MusicXML yang baru dan proses pembuatan pasangan main juga dirancang dalam Tugas Akhir ini. Perangkat lunak MusicXMLTonjur dikembangkan dengan bahasa Java. Kakas yang dimanfaatkan adalah Netbeans IDE 7.0 sebagai IDE untuk membangun antarmuka serta Musescore 1.0 sebagai perangkat lunak penulis musik.

Tujuan pengerjaan Tugas Akhir telah tercapai yaitu sistem tonjur berhasil dikembangkan dan dapat membuat proses tonjur yang biasa dilakukan secara manual oleh manusia menjadi otomatis. Dengan demikian, sistem dapat membantu pelatih angklung dalam menentukan distribusi pasangan main angklung yang tidak bentrok ke pemain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MusicXML merupakan pendekatan yang mendukung dalam memodelkan partitur angklung.

Sistem telah teruji fungsionalitasnya berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap berkas partitur angklung. Pasangan main angklung yang dihasilkan dapat dipastikan tidak akan bentrok ketika dimainkan.

**Kata Kunci**—angklung, bentrok, tonjur, MusicXML, MusicXMLTonjur.

## I. PENDAHULUAN

Angklung adalah alat musik bambu tradisional yang kini populer di Indonesia. Angklung berasal dari Jawa Barat dan dipelopori oleh Bapak Daeng Soetigna. Alat

musik ini dapat menghasilkan suara yang sangat merdu. Tidak kalah dengan alat musik lainnya, angklung dapat menjadi sebuah orkestra. Semua pemain angklung akan membentuk barisan dan dipimpin oleh seorang *conductor* (AWI, 2010).

Angklung merupakan alat musik yang tidak dapat dimainkan sendiri. Angklung harus dimainkan bersamanya sehingga membutuhkan kerja sama antar pemainnya. Hal ini disebabkan satu angklung hanya merepresentasikan satu nada saja. Padahal, dalam memainkan sebuah lagu, ada banyak nada yang harus dimainkan sehingga akan diperlukan banyak angklung (AWI, 2010 ; Han, XX).

Lagu biasa dituliskan dalam sebuah partitur dalam bentuk deretan nada-nada. Dalam suatu partitur yang dimainkan, suatu nada dalam satu angklung pasti akan bentrok dengan suatu nada dalam satu angklung yang lainnya, dengan kata lain harus dibunyikan bersamaan atau dimainkan berurutan secara bersambungan. Akibat daripada hal tersebut, maka sulit menentukan distribusi pasangan main angklung yang tidak bentrok ke pemain. Jika pemain memegang lebih dari satu angklung, maka harus diusahakan bahwa angklung yang dipegang di tangan pemain tidak saling bentrok ketika dimainkan sehingga dapat dimainkan bergantian seiring berjalannya lagu.

Untuk mengatasi permasalahan ini, sebelum melakukan latihan angklung, biasa dilakukan suatu metode yang dinamakan tonjur. Tonjur merupakan suatu cara menghitung kebentrokan antar nada dalam suatu lagu dengan melihat partitur (Latihan Dasar Musik, 2009). Dengan melihat suatu partitur yang dimainkan, not angka yang dimainkan saling bentrok dalam praktiknya dicatat dalam sebuah tabel. Hal yang dilakukan selain mencatat kebentrokan antar nada antara lain seperti menghitung jumlah main daripada tiap nada angklung yang dimainkan. Dalam keperluan mendistribusikan angklung ke pemain, masih banyak juga berbagai informasi lain yang dibutuhkan yang dapat menjadi pertimbangan dalam mendistribusikan pasangan main angklung. Kebutuhan informasi tersebut antara lain seperti mengetahui di mana saja posisi kebentrokan daripada dua angklung, mengetahui posisi di mana saja suatu angklung dimainkan,

mengetahui nada dasar yang digunakan, dan sebagainya. Dengan melakukannya secara manual, keseluruhan metode ini memiliki kelemahan dalam masalah ketelitian manusia. Hal ini juga memakan banyak waktu, karena partitur harus dilihat dengan teliti untuk mendapatkan informasi-informasi tersebut.

Komputer dapat membantu menyelesaikan persoalan yang sulit diselesaikan oleh manusia. Oleh karena itu, diharapkan dengan bantuan suatu perangkat lunak, tonjur yang dilakukan secara manual ini dapat diotomatisasi dengan membuat sistem yang dapat melakukan proses tonjur secara otomatis. Dengan demikian, pelatih dapat mendistribusikan angklung-angklung ke pemain berdasarkan daftar pasangan main angklung tidak bentrok yang dihasilkan perangkat lunak tersebut secara otomatis. Pemain pun tidak perlu pusing harus memikirkan bentrok tidaknya angklung-angklung yang dipegang dalam memainkan lagu tersebut. Hal ini akan mendukung latihan angklung yang efektif dan efisien.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Angklung

Angklung merupakan alat musik tradisional yang terbuat dari bambu, terdiri dari dua tabung atau lebih yang dihubungkan dengan badan pipa bambu. Angklung dapat dimainkan dengan bermacam cara, tidak hanya sekedar digetarkan. Terdapat teknik-teknik untuk memainkan alat musik angklung dengan baik, antara lain yaitu (Supardiman, 2004) :

1. Menggetarkan angklung, atau dikrulung  
Angklung dibunyikan dengan digetarkan (dikrulung) secara panjang sesuai nilai nada yang dimainkan.
2. Membunyikan putus-putus, dipukul, atau dicentok  
Angklung tidak dibunyikan dengan cara digetarkan, tetapi dengan cara dipukul ujung tabung dasar horizontalnya dengan telapak tangan kanan untuk menghasilkan centok (seperti suara pukulan).
3. Menengkep  
Angklung dibunyikan dengan digetarkan secara panjang sesuai nilai nada yang dimainkan, namun tidak seperti biasanya, tabung yang kecil ditutup oleh salah satu jari atau tengkepan (semacam penahan tabung kecil) sehingga tabung kecil tersebut tidak berbunyi dan hanya tabung yang besar saja yang berbunyi.

Seperti yang disampaikan oleh Bapak Daeng Soetigna, dianjurkan oleh beliau untuk membunyikan nada angklung secara bersambungan, khususnya saat angklung harus dimainkan dengan cara digetarkan atau dikrulung. Hal ini dilakukan dengan teknik sebagai berikut. Bila ada dua nada yang dimainkan secara berurutan, maka agar terdengar bersambungan, nada yang dibunyikan pertama dibunyikan sedikit lebih panjang dari nilai nadanya, sehingga saat nada kedua dimainkan, nada pertama masih

berbunyi sedikit sehingga alunan nadanya terdengar bersambungan dan tidak putus (Supardiman, 2004) .

Hal inilah yang mendasari bahwa pasangan angklung yang dipegang oleh seorang pemain sebaiknya telah meminimalkan jumlah bentrok angklung-angklung tersebut saat digunakan untuk memainkan sebuah lagu. Pasangan angklung yang dipegang tersebut harus dapat dimainkan secara bergantian dengan enak oleh pemain. Pemain tidak boleh memaksakan untuk memainkan angklung yang bentrok setelah memainkan suatu nada angklung sehingga alunan nada pada lagu tidak akan terdengar putus.

### B. Penomoran Angklung

Angklung merupakan alat musik kolektif dan tidak dapat dimainkan sendiri. Setiap angklung memiliki ukuran yang berbeda-beda dan akan merepresentasikan satu nada. Untuk memudahkan dalam melatih, Bapak Daeng Soetigna menamai angklung-angklung tersebut dengan nomor. Untuk nada yang sangat rendah, Bapak Daeng Soetigna menamainya sesuai nada mutlaknya dengan pertimbangan sulit dan tidak enak jika menggunakan nomor negatif, kecuali untuk nada Fis dinamai dengan nol (Supardiman, 2004). Kenaikan satu nomor pada angklung berarti interval nilai nada yang direpresentasikan angklung tersebut naik setengah, dan sebaliknya jika turun satu nomor, maka turun setengah.

Pada perkembangannya saat ini, untuk memperluas jangkanya nada yang dapat dipakai, dibuat juga angklung dengan nomor-nomor rendah. Angklung ini disebut dengan angklung gajah, seperti C gajah, yang merepresentasikan nada C sangat rendah dengan oktaf 2 (satu oktaf di bawah nada angklung nomor C). Dewasa ini angklung bermula dari nomor C gajah sampai dengan nomor 31 (Supardiman, 2004).

### C. Tonjur Angklung

Tonjur merupakan suatu cara menghitung bermainnya angklung dalam suatu lagu yang dikenalkan oleh para petinggi angklung (Latihan Dasar Musik, 2009). Tonjur umumnya dicatat dalam tabel berbentuk setengah segitiga, dan menyimpan informasi kebentrokan antar nada pada suatu lagu, dalam hal ini yaitu antar angklung yang dimainkan. Jika bentrok, maka kotak antara dua nada dihitamkan.

Hal yang dilakukan selain mencatat kebentrokan antar nada antara lain seperti menghitung jumlah main daripada tiap nada angklung yang dimainkan. Hal ini dilakukan untuk keperluan mendistribusikan angklung ke pemain. Bentrok dapat didefinisikan merupakan suatu kejadian di mana dua atau lebih angklung harus dimainkan bersamaan, dimainkan berurutan secara bersambungan, atau terdapat suatu nada angklung yang tidak memungkinkan dikejar untuk dimainkan oleh pemain setelah memainkan suatu nada angklung. Bentrok ini biasa didefinisikan dalam perbedaan satu atau dua ketuk.

Tonjur biasa dilakukan dengan melihat langsung secara visual pada partitur antar nada-nada apa saja yang bentrok. Misalkan, jika penonjur melihat potongan

partitur *Speak Softly Love* pada Gambar 1, maka secara visual dapat dicatat bahwa nada yang bentrok dengan nada 3 (mi) saat dimainkan di awal (digambarkan dengan lingkaran penuh) adalah nada 3, 2, 1, 7, 6, 3, 1, dan 6 (digambarkan lingkaran putus-putus) untuk kebentrokan yang berbeda sebesar not setengah atau dua ketuk. Nada-nada yang bentrok dengan nada 3 adalah nada yang dilihat penonjur berdekatan dengan nada tersebut dalam satu baris, maupun nada yang dimainkan bersamaan dan cukup berdekatan dalam baris yang berbeda dengan baris nada 3 dimainkan tersebut. Informasi inilah yang kemudian dicatat satu per satu pada suatu tabel tonjur.

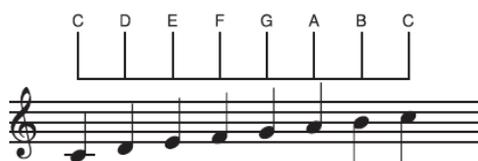
Speak Softly Love	
Parla Piu Piano (Ost. The Godfather)	
Do = E (No. 10)	
3	21   76   71   2   6   3   .   3   21   76   71   3   2
3	3   .   4   .   13   17   8   6   6   .   6   .
3	1   .   2   .   3   .   .   3   .   4   .
3	6   .   6   .   6   .   .   1   .   2   .
3	6   .   7   .

Gambar 1 Potongan Partitur *Speak Softly Love*

Informasi umum lain yang disimpan pada tabel tonjur antara lain seperti jumlah main setiap angklung pada lagu, judul lagu, nama pencipta lagu, nama *arranger*, nada dasar yang digunakan, siapa yang mengerjakan tonjur, serta tanggal mengerjakan tonjur. Contoh tabel tonjur dapat dilihat pada Lampiran A. Tabel tonjur ini dikerjakan dari partitur angklung yang dapat dilihat pada Lampiran B. Tonjur manual yang dilakukan manusia biasanya hanyalah sampai dengan tahap membuat pasangan main dua angklung. Dengan melihat tabel tonjur pada Lampiran A, pasangan main antara dua angklung yang dihasilkan dapat dilihat pada Lampiran C.

#### D. Notasi Not Musik

Terdapat dua notasi umum yang biasa digunakan di dunia saat ini. Notasi tersebut antara lain adalah not angka dan not balok. Masing-masing notasi musik tersebut memiliki cara penulisannya masing-masing. Notasi musik yang digunakan saat ini secara umum merepresentasikan tiga hal, yaitu : *pitch* dari nada, nilai waktu, dan ekspresi (Adiyanto, 1998). Gambar 2 dan 3 menunjukkan masing-masing notasi musik tersebut.



Gambar 2 Not Balok

1 2 3 4 5 6 7 1

Do Re Mi Fa Sol La Si/Ti Do

1 2 4 5 7

Di Ri Fi Sel Tu

Gambar 3 Not Angka

#### E. MusicXML

MusicXML merupakan format standar musik dunia yang sering dipakai saat ini. Format penulisan musik ini akan digunakan sebagai format masukan untuk merepresentasikan partitur musik angklung. Format ini dipilih atas pertimbangan keuniversalnya. MusicXML merupakan format yang dibangun sebagai format standar musik dunia, mengingat tidak adanya format standar untuk merepresentasikan partitur musik dan notasi musik. MusicXML merupakan format musik yang merepresentasikan notasi musik berupa notasi not balok. MusicXML ini bersifat *internet-friendly* sehingga memungkinkan pecinta musik mudah mendapatkan musik secara *online* (Recordare, 2010).

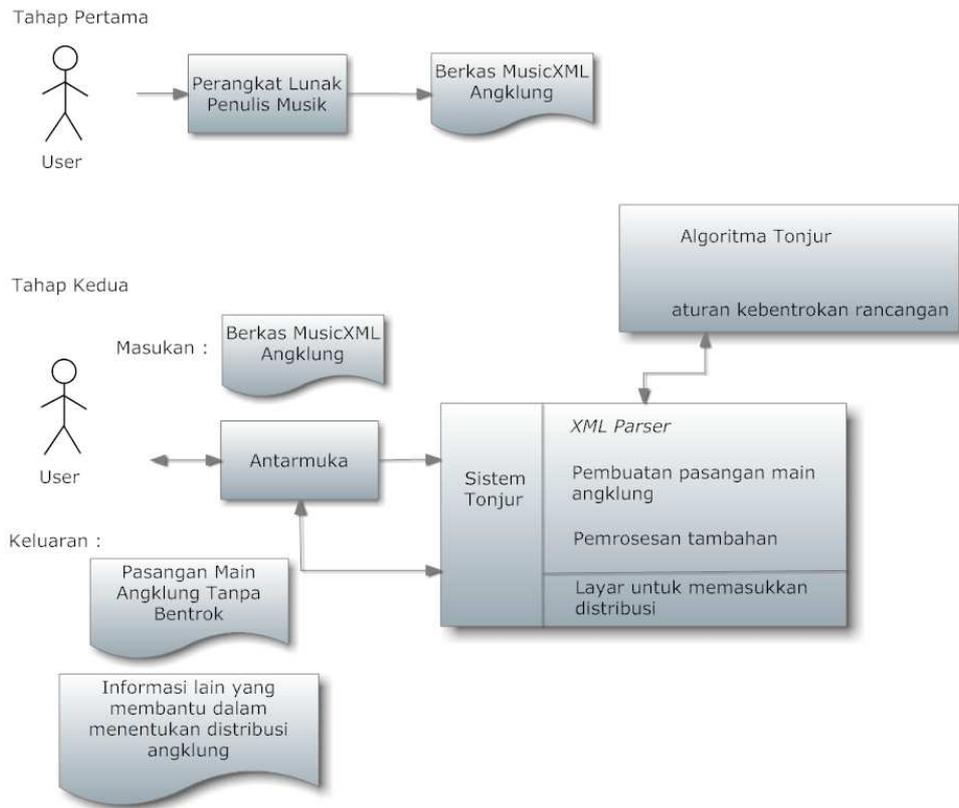
### III. ANALISIS PENYELESAIAN MASALAH

Konsep solusi yang ditawarkan dalam menyelesaikan masalah Tugas Akhir ini adalah mengembangkan suatu aplikasi tonjur angklung. Aplikasi tonjur angklung akan dapat melakukan pemrosesan perhitungan kebentrokan angklung yang diperlukan.

Secara garis besar, proses umum yang akan dilakukan oleh sistem tonjur angklung adalah menerima masukan partitur angklung dalam notasi not balok berupa berkas MusicXML yang merupakan berkas aransemen untuk permainan angklung, kemudian masukan tersebut akan diproses dan digunakan dalam melakukan perhitungan-perhitungan yang diperlukan dalam menghasilkan tonjur, yaitu kebentrokan antar angklung ketika digunakan dalam memainkan lagu partitur angklung tersebut. Hasil keluaran daripada sistem tonjur angklung yang utama adalah daftar pasangan main angklung yang tidak bentrok. Dengan demikian, informasi tersebut dapat digunakan untuk membantu menentukan distribusi angklung yang sesuai untuk pemain.

Keluaran umum lainnya yang dapat diberikan oleh sistem antara lain seperti informasi posisi bar terjadi bentrok, jumlah angklung yang dimainkan, angklung apa saja yang dimainkan, dan sebagainya. Pengguna kemudian dapat membuat distribusi angklung dengan memanfaatkan hasil daripada keluaran sistem. Gambaran sistem yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 4.

Berkas MusicXML yang dimanfaatkan adalah aransemen not balok yang merupakan konversi dari not angka yang biasa digunakan dalam menulis partitur angklung. Oleh karena demikian, berkas ini harus dibuat berdasarkan aransemen yang dikhususkan untuk permainan angklung. Pengguna harus memahami konversi not angka ke not balok dengan sendirinya dan menulis



Gambar 4 Rancangan arsitektur sistem tonjur

partitur berupa not balok pada perangkat lunak penulis musik secara manual. Setelah selesai menuliskan aransemen partitur, partitur harus disimpan ke dalam format MusicXML, dan kemudian digunakan untuk sistem yang akan dikembangkan ini sebagai masukan.

Notasi not balok memiliki cara penulisan yang jelas berbeda dengan not angka. Dalam menuliskan partitur not balok angklung berdasarkan not angka, hal-hal penting yang perlu diperhatikan antara lain seperti perbedaan penulisan nada dan tanda istirahat berdasarkan nilai waktu, perbedaan penulisan nada berdasarkan nada dasar, di mana not balok umumnya menggunakan tanda kunci.

Gambar 5 mengilustrasikan proses konversi not angka ke notasi not balok.

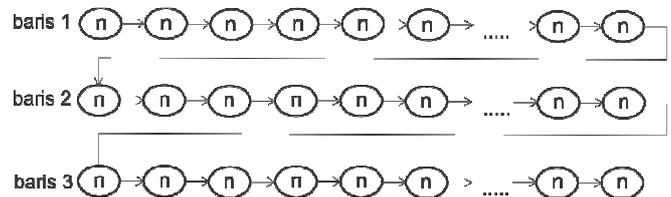
Do = C (No. 6)

7				2			
3	4	5	6	7	1	2	3
5	.	3	.	5̣6	1̣2	5	6

Gambar 5 Ilustrasi konversi not angka ke not balok

MusicXML mendefinisikan partitur yang diaransemen dalam deretan not-not beserta informasi daripada not tersebut, seperti durasi, oktaf, dan sebagainya yang dituliskan dalam bahasa XML. Informasi lain yang juga terkandung di dalamnya antara lain seperti nama instrumen yang digunakan, penulis partitur, kunci yang digunakan, dan sebagainya. Untuk sistem ini, beberapa nilai elemen pada *tag* dalam MusicXML akan dimanfaatkan.

Partitur angklung dapat dimodelkan ke dalam sebuah senarai (*list*). Elemen senarai merupakan nada-nada yang membangun partitur tersebut. Oleh karena itu, model partitur ini secara sederhana diperlihatkan oleh Gambar 6.



Gambar 6 Model partitur dalam senarai

Elemen *n* merupakan elemen yang terdiri dari dua kemungkinan pembacaan, yaitu nada / not ataupun tanda istirahat. Elemen *n* dimodelkan merupakan elemen nada dalam posisi satu durasi (elemen *tag duration* dari nada bernilai 1). Secara garis besar, dalam algoritma tonjur angklung yang dirancang untuk mencatat kebentrokkan antar nada, dirancang dua proses berikut :

1. Proses membaca kebentrok nada secara maju ke depan.
2. Proses membaca kebentrok nada secara atas bawah serta miring (paralel).

Proses pembacaan kebentrok maju pada algoritma tonjur membaca satu per satu nada pada tiap bar di partitur, kemudian mencatat nada berikutnya yang berbeda sebesar jeda durasi yang diinginkan pengguna setiap satu nada berdurasi tertentu. Sedangkan untuk proses pembacaan kebentrok paralel, nada yang secara paralel (pada partitur, posisinya berada di atas ataupun di bawah maupun menyerong / di kemiringan) dimainkan bersamaan dengan nada tersebut dan nada-nada setelahnya sebesar jeda durasi yang diinginkan pengguna setiap satu nada berdurasi tertentu juga dicatat sebagai angklung yang bentrok untuk permainan tersebut.

Proses ini secara independen berjalan berbeda. Proses ini berjalan secara sekuensial karena satu per satu nada harus dicatat kebentrokannya dengan nada yang lain. Dengan demikian, kedua proses algoritma inilah yang dapat digunakan untuk mencatat semua kebentrok dua angklung yang terjadi dalam permainan angklung. Kebentrok yang dibaca tersebut sama-sama dicatat dengan mengisi tabel kebentrok antar nada yang merupakan matriks. Tabel kebentrok antar nada diinisialisasi berukuran 50 x 50 yang berisikan nilai kebentrok nada.

Durasi jeda pemain dapat mengejar memainkan nada berikutnya yang dapat digunakan dalam menghitung kebentrok ini adalah perbedaan durasi nada sebesar dua ketuk, bernilai not setengah (*half*) ataupun sebesar satu ketuk, bernilai not seperempat (*quarter*).

Kemudian, algoritma yang memetakan nada yang dibaca ke dalam nomor angklung bersangkutan juga harus dilibatkan dalam hal ini.

Dari matriks kebentrok antar nada yang dihasilkan oleh algoritma tonjur, dapat dibuat pasangan main antara dua angklung. Contoh daftar pasangan main dua angklung dapat dilihat pada Lampiran C. Adapun pembuatan pasangan main lebih dari dua angklung diperlukan karena pada umumnya pemain angklung dapat memainkan angklung lebih dari dua angklung di tangannya.

Oleh karena itu, selanjutnya, dalam membuat pasangan main angklung tanpa bentrok lebih dari dua angklung, proses yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan operasi irisan dari kedua himpunan.

Contoh model daripada hasil irisan kedua himpunan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

$$G \cap C\# = \{0, 1, 7, 20, 22\} \quad (1)$$

Persamaan ini menyatakan bahwa pasangan main angklung ketiga yang dapat dimainkan bersamaan dengan G dan Cis adalah 0 | 1 | 7 | 20 | 22.

Untuk mendapatkan pasangan main angklung yang lebih banyak lagi, iterasi proses pembuatan pasangan main angklung ini dapat dilakukan secara rekursif sampai antar himpunan tersebut tidak memiliki elemen yang sama, sehingga hasil daripada irisan adalah himpunan kosong

{ }.

Dengan proses ini, akan ada banyak kemungkinan pasangan main angklung yang bisa dihasilkan yang merupakan permutasi. Oleh karena itu, dalam proses sekuensial pembuatan pasangan main angklung diterapkan teknik heuristik untuk menghilangkan permutasi sehingga semua pasangan main angklung yang dihasilkan merupakan kombinasi.

Pemrosesan tambahan lainnya dapat dilakukan bersamaan dengan proses algoritma tonjur utama yang dilakukan oleh sistem ini. Hasil daripada pemrosesan tambahan ini dapat membantu pengguna dalam menganalisis partitur angklung yang akan ditonjur. Dengan demikian, pengguna dapat menggunakan informasi ini sebagai pertimbangan dalam menentukan distribusi angklung ke pemain.

Beberapa pemrosesan tambahan yang dapat dilakukan oleh sistem selain menghitung tonjur serta membuat pasangan main adalah sebagai berikut :

1. Pencatatan posisi bar terjadinya kebentrok antara dua angklung
2. Pencatatan angklung apa saja yang dimainkan serta jumlah durasi mainnya
3. Pencatatan nada dasar dan birama apa saja yang digunakan dalam lagu
4. Pencatatan posisi main angklung di mana saja dimainkan pada lagu.

Dengan memanfaatkan MusicXML, semua pemrosesan tambahan seperti di atas memungkinkan untuk dilakukan.

#### IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Perangkat lunak MusicXMLTonjur merupakan perangkat lunak yang menerima masukan MusicXML yang merupakan aransemen untuk permainan angklung kemudian mengimplementasikan algoritma tonjur untuk membuat nilai kebentrok antar angklung yang dimainkan. Pada intinya, MusicXMLTonjur merupakan aplikasi yang bertujuan untuk membantu pelatih angklung dalam mendistribusikan pasangan main angklung tanpa bentrok untuk pemain angklung. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu dalam manajemen penampilan angklung yang lebih baik. Penggunaan perangkat lunak ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian antarmuka penerimaan masukan serta bagian antarmuka hasil pemrosesan masukan. Dengan perangkat lunak ini, pengguna juga dapat menerima informasi lain yang merupakan hasil analisis terhadap masukan MusicXML, seperti jumlah angklung yang dimainkan, durasi main salah satu angklung, posisi bar bentrok antara dua angklung, dan sebagainya.

Kebutuhan perangkat lunak dibagi dalam dua bagian yaitu kebutuhan fungsional dan nonfungsional.

##### A. Kebutuhan Fungsional

1. Sistem dapat menerima dan memproses berkas partitur angklung MusicXML kemudian menampilkan hasil pasangan main angklung yang

tidak bentrok berdasarkan MusicXML yang diterima.

2. Sistem dapat menampilkan hasil pasangan main angklung yang pasti bentrok berdasarkan MusicXML yang diterima.
3. Sistem dapat membantu pengguna dalam menentukan distribusi pasangan main angklung ke pemain. Distribusi pasangan main angklung merupakan masukan pengguna.
4. Sistem dapat memberikan informasi angklung yang belum dan sudah diambil dari distribusi pasangan main angklung masukan pengguna.
5. Sistem dapat memberikan informasi jumlah masing-masing angklung yang diambil dan jumlah durasi total dari distribusi pasangan main angklung masukan pengguna.
6. Sistem dapat mengetahui angklung apa saja yang dimainkan berdasarkan hasil dari pembacaan partitur. Sehingga dengan demikian, angklung yang tidak dimainkan tidak perlu ditampilkan.
7. Sistem dapat memberikan jumlah main dari tiap angklung yang dimainkan. Jumlah main diberikan dalam nilai jumlah durasi nada yang dimainkan. Jumlah main juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik.
8. Sistem dapat memberikan posisi di mana saja salah satu angklung dimainkan. Angklung merupakan masukan pengguna.
9. Sistem dapat memberikan informasi nada dasar apa saja dan birama berapa saja yang digunakan dalam pergantian lagu.
10. Sistem dapat memberikan semua posisi terjadinya kebentrokan antara dua angklung yang dimasukkan oleh pengguna

### B. Kebutuhan Nonfungsional

1. Waktu pemrosesan sistem cepat
2. Antarmuka aplikasi menarik dan mudah digunakan

## V. IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK

### A. Rancangan Lingkungan Implementasi

Perangkat lunak MusicXMLTonjur dikembangkan dengan bahasa Java. Implementasi dilakukan dengan menggunakan sebuah perangkat komputer. Perangkat komputer yang digunakan untuk melakukan implementasi memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Processor Intel Core 2 Duo CPU T6400 2.00 GHz
2. RAM 2 GB
3. Harddisk 120 GB

Adapun kakas yang dimanfaatkan dalam membangun perangkat lunak tersebut adalah sebagai berikut :

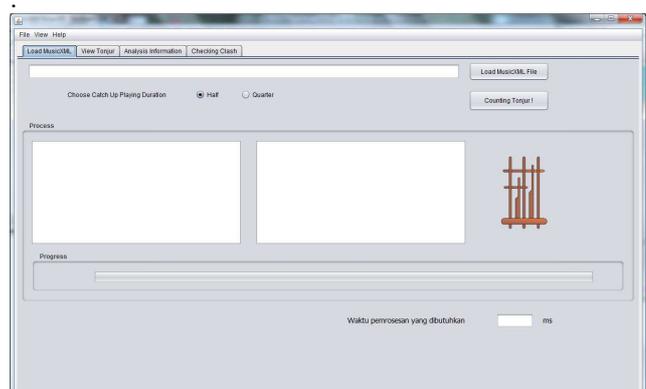
1. Netbeans IDE 7.0
2. Musescore 1.0
3. Pustaka JFreeChart
4. Sistem operasi Windows 7.

### B. Batasan Implementasi

Beberapa batasan yang terdapat pada implementasi sistem MusicXMLTonjur adalah :

1. Aplikasi yang dibuat tidak sampai dengan menentukan distribusi pasangan main angklung yang ideal. Pasangan main ideal adalah pasangan main yang dapat terjadi bentrok antar angklungnya saat dimainkannya, namun efisien saat dimainkan dimana pemain tidak akan banyak menganggur dengan memainkan pasangan main tersebut. Penentuan pasangan main angklung hanya sampai dengan semua kombinasi pasangan yang mungkin tanpa bentrok sampai dengan paling banyak 7 angklung (jika memungkinkan dihasilkan sampai dengan 7 pasangan main angklung tanpa bentrok dari hasil pembacaan).
2. Aplikasi yang dibuat hanya dapat menganalisis partitur masukan dengan jenis format MusicXML.
3. Aplikasi yang dibuat hanya terbatas untuk melakukan perhitungan tonjur daripada satu lagu (atau satu partitur masukan). Pasangan main angklung yang dihasilkan juga terbatas hanya untuk memainkan satu lagu tersebut.
4. Tidak memperhitungkan durasi jeda pemain bisa memainkan nada berikutnya dalam perhitungan kebentrokan antar nada jika pemain angklung bermain angklung dengan teknik menengkep. Teknik tengkep juga tidak dapat didefinisikan dalam MusicXML.
5. Tidak menangani partitur MusicXML yang mendefinisikan pengulangan. Jika ada pengulangan suatu bagian lagu tertentu, bagian tersebut harus dituliskan secara berulang pada aransemen, bukan mendefinisikan tanda pengulangan.

### C. Implementasi Antarmuka



Gambar 7 Antarmuka menerima masukan

Hasil implementasi antarmuka daripada sistem MusicXMLTonjur dibagi ke dalam empat bagian, yaitu antarmuka untuk menerima masukan, antarmuka untuk melihat hasil tonjur, antarmuka untuk melihat informasi lain hasil analisis, serta antarmuka untuk memeriksa posisi

kebentrokan. Pada saat sistem pertama kali dijalankan, yang terbuka pertama kali adalah antarmuka menerima masukan. Antarmuka untuk menerima masukan dapat dilihat pada Gambar 7.

## VI. EVALUASI

Evaluasi dilakukan dengan melakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk menguji kinerja perangkat lunak MusicXMLTonjur dalam menghasilkan pasangan main angklung tidak bentrok. Pengujian dilakukan dengan menggunakan berbagai macam berkas aransemen partitur angklung yang telah dituliskan dalam MusicXML. Aransemen tersebut diadaptasi dari partitur notasi not angka aslinya. Terdapat beberapa hal yang merupakan tujuan dari pengujian sistem MusicXMLTonjur yang dikembangkan dalam Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Menguji semua fungsional perangkat lunak. Pengujian fungsional dilakukan untuk memeriksa kesesuaian hasil implementasi sistem yang dikembangkan dengan spesifikasi kebutuhan yang telah didefinisikan.
2. Menguji kinerja sistem MusicXMLTonjur dalam menghasilkan pasangan main angklung.
3. Memeriksa hasil pasangan main angklung yang dihasilkan terhadap partitur apakah bentrok saat dimainkan.

Pengujian dilakukan dengan berbagai rancangan kasus uji. Pengujian terhadap sistem MusicXMLTonjur terdiri dari tiga kasus uji yaitu kasus uji fungsionalitas, kasus uji kinerja sistem tonjur, serta kasus uji implementasi pasangan main angklung terhadap partitur aransemen angklung untuk memeriksa implementasi dimainkannya pasangan main yang dihasilkan sistem di dunia nyata.

Dalam memenuhi tujuan pengujian, langkah pengujian yang dilakukan untuk setiap kasusnya adalah sebagai berikut. Untuk kasus uji fungsionalitas, langkah yang dilakukan adalah menyiapkan berkas partitur sederhana yang dapat digunakan untuk kasus uji fungsionalitas, kemudian menjalankan skenario pengujian berdasarkan skenario kasus uji yang telah disiapkan mengacu pada skenario *use case* yang telah dikembangkan.

Untuk kasus uji kinerja, langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan data uji berupa partitur not angka serta hasil tonjur manual dari partitur angka tersebut yang pernah dilakukan seseorang sebelumnya.
2. Menuliskan partitur not balok MusicXML berdasarkan partitur not angka.
3. Memasukkan berkas MusicXML pada sistem MusicXMLTonjur yang dikembangkan.
4. Mencatat hasil pasangan main dua angklung daripada sistem MusicXMLTonjur.
5. Membuat pasangan main dua angklung dari hasil tonjur manual dengan melihat satu per satu kotak kebentrokan yang kosong (tidak dihitamkan) dan mencatat pasangan main dua angklung untuk tiap nomor angklung.

6. Membandingkan hasil sistem dengan hasil manual.

Untuk kasus uji implementasi pasangan main angklung, langkah yang dilakukan adalah menandai posisi main dari pasangan main angklung pada partitur not angka. Dalam menandai posisi main, fungsi yang dimiliki sistem MusicXMLTonjur untuk memeriksa posisi main dimanfaatkan dalam hal ini.

Data yang digunakan sebagai pengujian adalah berbagai macam berkas partitur musik angklung dalam MusicXML. Untuk kasus uji fungsionalitas, berkas aransemen tersebut antara lain adalah berkas partitur sederhana, yang hanya terdiri dari satu bar dan dua baris serta berkas partitur sederhana yang memiliki modulasi (perubahan nada dasar) serta perubahan birama. Untuk kasus uji kinerja, berkas aransemen tersebut adalah partitur Halo-Halo Bandung, angklung arr. Daeng Soetigna. Beberapa data partitur ini didapat dari daftar partitur yang dimiliki oleh Keluarga Paduan Angklung ITB.

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan menggunakan partitur sederhana dilakukan untuk memeriksa kesesuaian fungsional yang telah diimplementasikan dengan hasil analisis dan perancangan perangkat lunak. Tabel 1 memperlihatkan daftar kasus uji dan fungsi dasar yang diuji.

Tabel 1 Kasus uji fungsional perangkat lunak MusicXMLTonjur

No	Kasus Uji	Fungsi Dasar Yang Diuji
1.	Memasukkan partitur MusicXML	Menghitung tonjur untuk membuat pasangan main angklung
2.	Memeriksa posisi main	Pencatatan posisi main angklung, pencatatan kebentrokan antara dua angklung
3.	Memasukkan distribusi pasangan main	Add Distribution, Change Distribution, Delete Distribution, menandai angklung yang diambil, menghitung angklung yang diambil, informasi durasi total dari pasangan main angklung yang diambil
4.	Memeriksa birama, nada dasar, angklung yang dimainkan beserta durasinya	Pencatatan semua birama, nada dasar, angklung yang dimainkan beserta durasinya

Adapun hasil pengujian fungsionalitas sistem MusicXMLTonjur menunjukkan bahwa semua fungsi dasar yang diuji coba telah berjalan sesuai dengan harapan.

Kemudian berikut ini adalah pengujian kinerja. dapat dilihat pada Tabel 2, yaitu perbandingan hasil tonjur sistem dengan hasil tonjur manual untuk partitur yang menjadi partitur pengujian adalah partitur Halo-Halo

Bandung, angklung arr. Daeng Soetigna. Hasil tonjur manual dikerjakan oleh Febi Rhiana.

Tabel 2 Hasil pengujian pada partitur Halo-Halo Bandung

Nomor Angklung	Hasil Pasangan Main Sistem (durasi jeda : not seperempat)	Hasil Pasangan Main Sistem (durasi jeda : not setengah)	Hasil Pasangan Main yang dilakukan manusia
G	C#   E   0   1   7   20   22	C#   0   7   20   22	C#   E   0   1   7   20   22
A	C   C#   0   1   5   7   12   13   20   22	C#   0   7   20   22	C   C#   0   1   5   7   13   15   20   22
B	C#   0   7   15   20   22	C#   0   7   20   22	C#   0   1   7   12   15   20   22
C	A   0   1   7   15   18   20   22	0   1   7   20   22	A   0   1   5   7   18   20   22
C#	G   A   B   0   1   5   6   7   8   11   17   18   20   22	G   A   B   0   1   5   7   8   11   17   18   20   22	G   A   B   0   1   5   6   7   8   11   17   18   20   22
D	0   7   11   20   22	7   11   20   22	0   1   7   11   20   22
E	G   7   11   20   22	7   11   20   22	G   6   7   11   20   22
0	G   A   B   C   C#   D   5   6   7   8   10   11   12   15   18   20   22	G   A   B   C   C#   5   6   7   10   11   18   20	G   A   B   C   C#   D   5   6   7   10   11   18   20
1	G   A   C   C#   7   11   20	C   C#   7   11	G   A   B   C   C#   D   7   11   20
5	A   C#   0   11   20   22	C#   0   20   22	A   C   C#   0   11   20   22
6	C#   0   18   20   22	0   20   22	C#   E   0   18   20   22
7	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   11   13   15   17   18   20   22	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   11   15   17   18   20   22	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   11   13   15   17   18   20   22
8	C#   0   22	C#	C#   22
10	0   20   22	0   20   22	0   20   22
11	C#   D   E   0   1   5   7   12   13   15   20   22	C#   D   E   0   1   7   12   15   20   22	C#   D   E   0   1   5   7   13   15   20   22
12	A   0   11	11	B   11
13	A   7   11   20	-	A   7   11   20   22
15	B   C   0   7   11	7   11	A   B   7   11
17	C#   7   20	C#   7	C#   7   20
18	C   C#   0   6   7   20   22	C#   0   7   20   22	C   C#   0   6   7   20   22
18	C   C#   0   6   7   20   22	C#   0   7   20   22	C   C#   0   6   7   20   22
20	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   5   6   7   10   11   13   17   18	G   A   B   C   C#   D   E   0   5   6   7   10   11   18	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   5   6   7   10   11   13   17   18

22	G   A   B   C   C#   D   E   0   5   6   7   8   10   11   18	G   A   B   C   C#   D   E   5   6   7   10   11   18	G   A   B   C   C#   D   E   5   6   7   8   10   11   13   18
----	---	---	--

Untuk kasus uji implementasi pasangan main terhadap berkas aransemen angklung, partitur yang digunakan adalah partitur *Speak Softly Love*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pasangan main angklung tanpa bentrok yang paling banyak dihasilkan untuk partitur *Speak Softly Love* adalah sebanyak 6 angklung. Pasangan main angklung yang dihasilkan tersebut telah merupakan pasangan main angklung yang sudah pasti tidak bentrok jika digunakan untuk dimainkan pada implementasi permainan lagu angklung *Speak Softly Love* di dunia nyata.

Hasil pasangan main angklung dari *Speak Softly Love* :  
Pasangan main 2 angklung :  
Eg 6 , Eg 12 , F#g 1 , F#g 13 , G 9 , G# 5 , G# 17 , A 0 , B D , B 8 , D# 20 , dan 2 24

Pasangan main 3 angklung :  
Eg G# 1 , Eg G# 13 , Eg D 22 , Eg 7 24 , F#g D 18 , F#g D 24 , G 2 20 , 9 16 25

Pasangan main 4 angklung :  
Eg G D 18 , Eg G 8 21 , Eg A 8 25 , Eg C D 24 , F#g 4 20 25 , F#g 8 16 25 , A 2 20 25 , 2 16 20 25 , 14 16 20 25

Pasangan main 5 angklung :  
Eg G D 20 21 , Eg G# 4 20 25 , Eg A D 20 25 , Eg C 8 16 25 , Eg C# 16 20 25 , Eg 4 19 20 25 , Eg 7 16 20 25 , Eg 8 16 19 25 , Eg 8 16 21 25 , F#g D 16 20 25

Pasangan main 6 angklung :  
Eg G# 16 20 21 25 , Eg C D 16 20 25 , Eg D 16 19 20 25 , Eg D 16 20 21 25

Analisis hasil pengujian menunjukkan bahwa pasangan main angklung yang dihasilkan telah menyerupai pasangan main angklung yang dihitung oleh proses manual yang biasa dilakukan manusia. Namun demikian, hasil daripada sistem dapat dibuktikan menunjukkan bahwa beberapa hasil tonjur manual yang dilakukan oleh manusia terjadi banyak kesalahan. Hal ini dapat disebabkan manusia terkadang tidak mengerjakan tonjur manual tersebut dengan teliti. Hal yang dapat terjadi antara lain seperti proses pencatatan yang salah ataupun ada yang terlewat pada proses pencatatannya. Kesalahan manusia juga dapat terjadi pada saat membuat daftar pasangan main dua angklung dengan melihat tabel tonjur yang telah diisi.

Perbedaan hasil juga dapat terjadi karena pada umumnya proses yang dilakukan dengan manusia dilakukan dengan melihat langsung secara visual dengan mata. Oleh karena itu, perhitungan perbedaan kebentrok antar nada tidak dihitung dalam perbedaan durasi yang cermat, berbeda dengan algoritma yang telah dirancang yang sudah pasti akan benar dalam menjalankan

fungsinya. Setelah dilakukan pemeriksaan, hasil pasangan main angklung yang diberikan sistem telah merupakan hasil pasangan main angklung tanpa bentrok yang sesuai dengan durasi jeda pemain bisa mengejar memainkan nada berikutnya yang dipilih oleh pengguna. Dengan demikian, sistem ini dapat membuat proses tonjur manual yang memakan waktu yang lama menjadi efisien. Sistem ini meningkatkan ketelitian dalam mengidentifikasi pasangan main angklung tanpa bentrok dengan melihat partitur jika dibandingkan dengan yang dilakukan manusia. Dapat disimpulkan juga bahwa hasil pasangan main angklung yang dihasilkan oleh sistem akan sangat tergantung daripada aransemen yang dituliskan.

Hasil pengujian implementasi pasangan main yang dihasilkan sistem terhadap berkas aransemen angklung menunjukkan bahwa pasangan main angklung yang dihasilkan telah merupakan pasangan main angklung yang tidak bentrok untuk satu lagu masukan tersebut. Jika ditambahkan angklung lain yang bukan merupakan pasangan main angklung tersebut, maka dapat dipastikan dalam implementasi dimainkannya akan terjadi bentrok saat memainkan lagu tersebut. Sehingga dengan pasangan main angklung yang dihasilkan, jika dimainkan pada dunia nyata, pasangan main angklung tersebut dapat dimainkan bergantian seiring berjalannya lagu untuk satu lagu tersebut.

## VII. KESIMPULAN

Pengerjaan Tugas Akhir ini telah mencapai tujuan Tugas Akhir, yaitu membangun sistem tonjur angklung yang dapat melakukan perhitungan tonjur serta dapat memberikan informasi tambahan lainnya dengan membaca partitur masukan dalam bentuk MusicXML. Berbagai hal yang dapat disimpulkan dalam Tugas Akhir ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. MusicXML dapat memodelkan partitur angklung dan merupakan pendekatan yang mendukung dalam membangun sistem tonjur angklung.
2. Sistem yang dikembangkan telah berhasil mengotomatisasi proses tonjur manual yang biasa dilakukan manusia. Algoritma baru untuk mencatat kebentrok antar nada angklung yang efisien berhasil dirancang dan dapat memodelkan proses tonjur yang dilakukan manusia secara manual.
3. Sistem ini mempermudah proses yang rumit dilakukan manusia dan menghilangkan kemungkinan terjadinya kesalahan. Sistem ini juga mempersingkat proses waktu yang dibutuhkan dalam menghitung tonjur.
4. Sistem telah teruji fungsionalitas dan kinerjanya berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Sistem telah diuji terhadap berkas partitur angklung dimana sistem telah menghasilkan pasangan main yang dapat dipastikan tidak akan bentrok ketika dimainkan.
5. Sistem dapat digunakan dalam membantu menentukan distribusi pasangan main angklung.

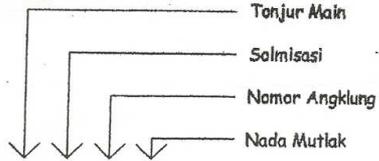
Dengan demikian, sistem MusicXMLTonjur dapat digunakan untuk membantu manajemen penampilan suatu organisasi angklung.

## DAFTAR REFERENSI

- Adiyanto, I. M. (1998). *Konversi MIDI ke Not Angka*. Tugas Akhir S1 Teknik Informatika ITB.
- AWI. (2010). *Bagaimanakah Cara Membentuk Angklung Orchestra?* Diakses : November 2010, from AWI : Angklung Web Institute: <http://angklung-web-institute.com/content/view/249/95/lang.id/>
- Han, K. -H. *Can You Shake It? The Angklung of SouthEast Asia*. School of Music, Northern Illinois University.
- Latihan Dasar Musik (LDM). (2009). KPA ITB.
- Recordare. (2010). *MusicXML Overview*. Diakses : November 2010, Recordare: <http://www.recordare.com/musicxml>
- Supardiman, B. (2004). *Angklung Diatonis : Melodi dan Pengiring*. Diakses : November 2010, AWI : Angklung Web Institute: <http://angklung-web-institute.com/content/view/6/25/lang.id/>
- Supardiman, B. (2004). *Panduan Memainkan Angklung*. Diakses : November 2010, AWI : Angklung Web Institute: <http://angklung-web-institute.com/content/view/22/25/lang.en/>

LAMPIRAN A

**TABEL TONJUR**



**JUDUL LAGU** : Hallo-Hallo Bandung  
**CIPTAAN** : Ismail Marzuki  
**ARR.** : Daeng Sutingna  
**NADA DASAR** : do=G(n<sup>o</sup>.1)  
**DIKERJAKAN O/** : Febi Rhiana  
**TANGGAL** : 14 Maret 2008

		F#G	F#
15	1	G	G
		G#	G#
2	2	A	A
		A#	A#
4	3	B	B
3	4	c	c
1	5	C#	C#
11	5	d	d
		d#	d#
4	6	e	e
		f	f
1	7	0	f#
3	1	1	g1
		2	g1#
-	2	3	a1
		4	a1#
16	3	5	b1
15	4	6	c1
1	5	7	c1#
33	5	8	d1
		9	d1#
15	6	10	e1
2	7	11	f1
19	7	12	f1#
18	1	13	g2
		14	g2#
12	2	15	a2
		16	a2#
17	3	17	b2
5	4	18	c2
		19	c2#
1	5	20	d2
		21	d2#
1	6	22	e2
		23	f2
		24	f2#
		25	g3
		26	g3#
		27	a3
		28	a3#
		29	b3
		30	c3
		31	c3#

LAMPIRAN B

**HALLO - HALLO BANDUNG**

Do = G (no.1)  
Tempo di marcia

Lagu: Ismail Marzuki  
Arr: Daeng Sutigna

5-5	1	1-1	3	3-4	3	2	6	7	1	-
5-5	5	5-5	5	-	7	-	6	5	5	-
3-3	3	3-3	3	-	5	-	4	4	3	-
1-1	1	1-1	1	-	5	5	5	5	1	-

G	G	G <sup>dim</sup>	D <sub>7</sub>
5   3 - - 2-7   2 1 0 5 6 7   1 7 6 5   7 - - 5			
5   5 - - 4   4 3 0 0   3 - 4 -   4 - - 5			

D <sub>7</sub>	G
4   4 - - 3-2   3 2 - 2-1   7 2 5 6   3 - - 5	
2   2 - - 1   1 7 - 7-6   5 7 2 2   1 - - 0	
5   5 - - 5   5 4 - 4   5 5 7 7   1 - - 0	
	1 7 6 5

G	G	G <sub>7</sub>	C
3   3 - - 2-7   2 1 0 5 6 7   1 3 4 3   6 - - 6-7			
1   1 - - 7-7   7 1 0 3 3 3   5 5 7 7   6 - - 6-6			
5   5 - - 4-4   4 3 0   3 5 5 5   4 - - 0			
1   1 - - 0   0 1 2 3   4 - - 4			

G <sup>dim</sup>	D	G	Em	Am	D <sub>7</sub>	G
1-7   2-7 7-6   5 3 5 4   3 3-4   3 2 6 7   1 - - 0						
6-7   2-7 7-6   5 3 5 4   6 6-6   6 6 6 5   5 - - 0						
A-   5-6 5-4   3-1 3-5 1 6   6 4 4 4   6 4 4 4   3 - - 0						
				2 -2 5 -5		16 53 1 0

Daftar Angklung

G	A	B	c	dis	d	e	0	1	5	6	7	8	10	11	12	13	15	17	18	20	22
1	2	3	4	5	6	7	1	3	4	5	6	7	7	1	2	3	4	5	6		

LAMPIRAN C

Nomor Angklung	Pasangan Main 2 Angklung
G	C#   E   0   1   7   20   22
A	C   C#   0   1   5   7   13   15   20   22
B	C#   0   1   7   12   15   20   22
C	A   0   1   5   7   18   20   22
C#	G   A   B   0   1   5   6   7   8   11   17   18   20   22
D	0   1   7   11   20   22
E	G   6   7   11   20   22
0	G   A   B   C   C#   D   5   6   7   10   11   18   20
1	G   A   B   C   C#   D   7   11   20
5	A   C   C#   0   11   20   22
6	C#   E   0   18   20   22
7	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   11   13   15   17   18   20   22
8	C#   22
10	0   20   22
11	C#   D   E   0   1   5   7   13   15   20   22
12	B   11
13	A   7   11   20   22
15	A   B   7   11
17	C#   7   20
18	C   C#   0   6   7   20   22
20	G   A   B   C   C#   D   E   0   1   5   6   7   10   11   13   17   18
22	G   A   B   C   C#   D   E   5   6   7   8   10   11   13   18