



TUGAS AKHIR - TF 181801

**PENGARUH WAKTU DENGUNG PADA METODE
SOUND MASKING TERHADAP EFEKTIVITAS *MASKER*
DI LINGKUNGAN PERKANTORAN TAPAK-TERBUKA**

LIVIA LINA VALENTINA
NRP. 02311640000033

Dosen Pembimbing:
Dr. Dhany Arifianto S.T., M. Eng

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 181801

THE EFFECT OF REVERBERATION TIME ON SOUND MASKING METHOD FOR MASKER EFFECTIVENESS IN OPEN PLAN OFFICE ENVIRONMENT

LIVIA LINA VALENTINA
NRP. 02311640000033

Supervisors:
Dr. Dhany Arifianto ST., M.Eng

*Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020*

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Livia Lina Valentina
NRP : 02311640000033
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FT-IRS)
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**PENGARUH WAKTU DENGUNG PADA METODE *SOUND MASKING* TERHADAP EFEKTIVITAS MASKER DI LINGKUNGAN PERKANTORAN TAPAK-TERBUKA**" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 25 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Livia Lina Valentina

NRP. 02311640000033

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

PENGARUH WAKTU DENGUNG PADA METODE *SOUND MASKING*
TERHADAP EFEKTIVITAS *MASKER* DI LINGKUNGAN
PERKANTORAN TAPAK-TERBUKA

Oleh:

Livia Lina Valentina

NRP. 0231164000033

Surabaya, 3 Mei 2021

Menyetujui,
Pembimbing I



Dr. Dhany Arifianto, ST., M.Eng

NIP. 19731007 199802 1 001

Mengetahui,



Dr. Yudiyo, ST., M.T

NIP. 19171113 199512 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH WAKTU DENGUNG PADA METODE *SOUND MASKING* TERHADAP EFEKTIVITAS *MASKER* DI LINGKUNGAN PERKANTORAN TAPAK-TERBUKA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FT-IRS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Livia Lina Valentina

NRP. 02311640000033

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng  (Pembimbing I)

2. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  (Ketua Penguji)

3. Dr. Ir. Ali Musyafa, M.Sc.  (Penguji I)

4. Irwansyah, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D  (Penguji II)

SURABAYA

2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGARUH WAKTU DENGUNG PADA METODE SOUND MASKING TERHADAP EFEKTIVITAS MASKER DI LINGKUNGAN PERKANTORAN TAPAK-TERBUKA

Nama : Livia Lina Valentina
NRP : 0231164000033
Departemen : Teknik Fisika FT-IRS ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Dhany Arifianto ST., M.Eng

ABSTRAK

Perkantoran tapak terbuka merupakan jenis perkantoran yang paling banyak digunakan saat ini, hal ini dikarenakan berbagai kelebihan diantaranya hemat lahan dan meningkatkan produktifitas karyawan. Namun, disamping hal tersebut terdapat kekurangan yaitu terkait kenyamanan berkomunikasi, masalah kebisingan, serta hilangnya privasi dalam berkomunikasi. Salah satu cara untuk meningkatkan privasi adalah dengan metode *sound masking*. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan metode *sound masking* pada perkantoran tapak-terbuka mampu meningkatkan tingkat privasi wicara dan menurunkan gangguan dalam bekerja. Waktu dengung jelas sangat mempengaruhi tingkat kejelasanwicara dalam suatu ruang, waktu dengung yang panjang akan membuat suara pantulan akan semakin jelas terdengar. Sehingga dilakukan penelitian mengenai pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker* pada metode *sound masking* khususnya kaitannya dengan privasi wicara pada lingkungan perkantoran tapak-terbuka. Penelitian ini menggunakan dua variasi waktu dengung yaitu 0,6 sekon dan 0,3 sekon. Efektivitas *masker* dinilai dengan menggunakan *Speech Transmission Index* sebagai parameter objektif, dan *%correct word* sebagai parameter subjektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dengung mempengaruhi efektivitas *masker*.

Kata Kunci: waktu dengung, *masker*, *sound masking*, perkantoran tapak terbuka

Halaman ini sengaja dikosongkan

***THE EFFECT OF REVERBERATION TIME ON SOUND
MASKING METHOD FOR MASK EFFECTIVENESS IN OPEN
PLAN OFFICE ENVIRONMENT***

Name : Livia Lina Valentina
NRP : 0231164000033
Department : Engineering Physics FT-IRS ITS
Supervisors : Dr. Dhany Arifianto S.T., M.Eng

ABSTRACT

Open-plan office is the type of office that is most widely used today, this is due to various advantages including saving land and increasing employee productivity. However, there are some disadvantage related to communication comfort, noise problems, and loss of privacy in communication. One way to increase privacy is sound masking method. Several studies have suggested that use sound masking methods in open-plan office offices can increase the level of speech privacy and reduce interference during work. The reverberation time clearly affects the clarity of speech, a long reverberation time will make the reflected sound more clearly heard. So that research was conducted on the effect of reverberation time on the sound masking method for mask effectiveness, especially in relation to speech privacy in the open-plan office environment. This research uses two variations of reverberation time, 0.6 seconds and 0.3 seconds. The mask effectiveness is assessed using the Speech Transmission Index as an objective parameter, and % correct word as a subjective parameter. The results showed that reverberation time affects the mask effectiveness.

Keywords: reverberation time, masker, sound masking, open plan office

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya. Penulisan telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Suyanto, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Dr. Dhany Arifianto, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing dan orang tua selama menjadi member di Vibrastic Lab yang telah dengan sabar memberikan ilmu, nasihat, serta bimbingan, baik selama menjadi asisten maupun selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Wiratno A. Asmoro, ST., MT., selaku Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik, yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan nasihat kepada penulis selama berkuliah di Teknik Fisika.
4. Bapak Yaumar S.T., M.T, selaku dosen wali sebelum beliau pensiun yang telah membimbing penulis selama perkuliahan dan dan Ibu Erna Septyaningrum ST., M.T. selaku dosen wali pengganti, terimakasih telah memberikan bimbingan dan nasihat selama tahun terakhir ini.
5. Kedua orang tua (Bapak Moh.Ibnu dan Ibu Kisnawati) dan adik-adik saya tercinta. Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan, terimakasih telah menjadi motivasi terbaik selama ini.
6. Kepada keluarga besar saya, terkhusus Mak Su, Pak In, dan Mba terimakasih atas dukungan moral dan material yang telah diberikan.
7. Terimakasih kepada Mbak Ainun Nadhiroh dan Mas Deni selaku pembimbing kedua penulis yang selalu ada membantu penulis, Bu Hedy, Mbak Elok Anggraini, vibrastic team terutama adik-adik yang telah

membantu pengambilan data, dan *special thanks to* Ina, Vandi dan Mas Gagas selalu jadi teman paling sering dicurhati masalah Tugas Akhir.

8. Sahabat dan teman-teman seperjuangan TA dan angkatan Teknik Fisika Angkatan 2016, terima kasih sudah bersusah senang bersama dan saling memberikan semangat.
9. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya, dan semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Sumenep, 11 September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| COVER PAGE..... | iii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | v |
| LEMBAR PENGESAHAN | vii |
| LEMBAR PENGESAHAN | ix |
| ABSTRAK | xi |
| <i>ABSTRACT</i> | xiii |
| KATA PENGANTAR | xv |
| DAFTAR ISI..... | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL..... | xxiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan..... | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Sistematika Laporan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... | 5 |
| 2.1 Perkantoran Tapak Terbuka (<i>Open-plan office</i>)..... | 5 |
| 2.2. Parameter Akustik Perkantoran Tapak Terbuka | 6 |
| 2.3. Waktu Dengung..... | 12 |
| 2.4. Parameter Penilaian Efektivitas <i>Masker</i> | 13 |
| 2.5. <i>Sound Masking</i> | 16 |
| 2.6. Hubungan antara <i>Speech Intelligibility</i> dan Waktu Dengung | 19 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 27 |
| 3.1 Perumusan Masalah dan Studi literatur..... | 28 |
| 3.2 Survey Lokasi dan Penentuan Lokasi..... | 28 |
| 3.3 Pengambilan Data Kondisi Eksisting | 29 |
| 3.4 Penilaian Kondisi Ruang | 33 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3.5 | Pemodelan Ruang | 33 |
| 3.6 | Perancangan <i>Masker</i> dan Target..... | 34 |
| 3.7 | Pengujian <i>Masker</i> | 35 |
| 3.8 | Peralatan Penelitian..... | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 39 |
| 4.1 | Analisis Parameter Akustik Ruang Kondisi Eksisting | 39 |
| 4.2 | Analisis Parameter Akustik Ruang berdasarkan ISO 3382:3 2012 | 43 |
| 4.3 | Perbandingan Karakteristik Ruang Eksisting dan Hasil Pemodelan | 45 |
| 4.4 | Pengujian Objektif <i>Masker</i> (<i>Speech Transmission Index</i>)..... | 46 |
| 4.5 | Uji Subjektif <i>Masker</i> (<i>% correct word</i>)..... | 64 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 79 |
| 5.1 | Kesimpulan | 79 |
| 5.2 | Saran | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 81 |
| LAMPIRAN | | 85 |
| Lampiran 1. <i>Source code</i> Matlab untuk Penambahan Efek Dengung | | 85 |
| Lampiran 2. Hasil Pengujian Objektif | | 87 |
| Lampiran 3. Hasil Pengujian Subjektif..... | | 103 |
| BIODATA PENULIS..... | | 117 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|------------------------------|
| Gambar 2. 1 Perkantoran dengan konsep tapak terbuka (a) Dekanat FT-IRS (b) DRPM ITS..... | 5 |
| Gambar 2. 2 Kebutuhan tinjauan akustik dalam hubungan antar stasiun kerja (Sarwono, 2013) | 6 |
| Gambar 2. 3 Skor Kata dari Dantale sebagai Fungsi dari Rasio signal-to-noise (Poulsen, 2005)..... | 16 |
| Gambar 2. 4 Mekanisme dari <i>Uji Speech Intelligibility</i> (Poulsen, 2005)..... | 16 |
| Gambar 2. 5 Grafik Tingkat <i>Masking</i> terhadap Nilai Frekuensi <i>Masker</i> (Howard & Angus, 2009). | 17 |
| Gambar 2. 6 Ilustrasi Glimpse..... | 19 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian..... | 28 |
| Gambar 3. 2 Skenario Pengukuran Ruang DRPM | 30 |
| Gambar 3. 3 Skenario Pengukuran Ruang Dekanat FT-IRS | 30 |
| Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengambilan Data (Nadhiroh, 2019)..... | 31 |
| Gambar 3. 5 Pengambilan Data Parameter Akustik berdasarkan ISO 3382:3 di DRPM ITS..... | 32 |
| Gambar 3. 6 Pengambilan Data Parameter Akustik berdasarkan ISO 3382:3 di Dekanat FT-IRS..... | 32 |
| Gambar 3. 7 Hasil Pemodelan Ruang DRPM ITS | 33 |
| Gambar 3. 8 Hasil Pemodelan Ruang Dekanat FT-IRS | 33 |
| Gambar 4. 1 Grafik Hubungan SPL dan Jarak Ruang DRPM (line 1)..... | 40 |
| Gambar 4. 2 Grafik Hubungan SPL dan Jarak Ruang DRPM (line 2)..... | Error! |
| | Bookmark not defined. |
| Gambar 4. 3 Grafik Hubungan SPL dan Jarak Ruang DRPM (line 3)..... | Error! |
| | Bookmark not defined. |
| Gambar 4. 4 Grafik Hubungan SPL dan Jarak Ruang Dekanat FT-IRS | 41 |
| Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang DRPM (Line 1)..... | 42 |
| Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang DRPM (Line 2)..... | 42 |
| Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang DRPM (Line 3)..... | 42 |

| | | |
|---------------------|---|-------------------------------------|
| Gambar 4. 8 | Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang Dekanat FT-IRS..... | 43 |
| Gambar 4. 9 | Grafik Hubungan STI dengan jumlah <i>Talker</i> skenario 0 sekon dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW..... | 49 |
| Gambar 4. 10 | Grafik Hubungan STI dengan jumlah <i>Talker</i> skenario 0,3 sekon dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW..... | 50 |
| Gambar 4. 11 | Grafik Hubungan STI dengan jumlah <i>Talker</i> skenario 0,3 sekon dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW..... | 51 |
| Gambar 4. 12 | Grafik nilai STI terhadap SNR <i>masker</i> dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PP dengan <i>masker</i> (a) 2 <i>talker</i> (b) 10 <i>talker</i> | 55 |
| Gambar 4. 13 | Grafik nilai STI terhadap SNR <i>masker</i> dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PW dengan <i>masker</i> (a) 2 <i>talker</i> (b) 10 <i>talker</i> | 55 |
| Gambar 4. 14 | Grafik nilai STI terhadap SNR <i>masker</i> dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WP dengan <i>masker</i> (a) 2 <i>talker</i> (b) 10 <i>talker</i> | 56 |
| Gambar 4. 15 | Grafik nilai STI terhadap SNR <i>masker</i> dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WW dengan <i>masker</i> (a) 2 <i>talker</i> (b) 10 <i>talker</i> | 56 |
| Gambar 4. 16 | Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 <i>talker</i> dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW | 62 |
| Gambar 4. 17 | Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 10 <i>talker</i> dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW | 63 |
| Gambar 4. 18 | Grafik Hubungan nilai % <i>correct words</i> terhadap jumlah <i>talker</i> , dengan skenario waktu dengung 0 s dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW | 66 |
| Gambar 4. 19 | Grafik Hubungan nilai % <i>correct words</i> terhadap jumlah <i>talker</i> , dengan skenario waktu dengung 0,3 s dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW | Error! Bookmark not defined. |

Gambar 4. 20 Grafik Hubungan nilai % *correct words* terhadap jumlah *talker*, dengan skenario waktu dengung 0,6 s dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 21 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*..... 70

Gambar 4. 22 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*..... 71

Gambar 4. 23 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*..... 71

Gambar 4. 24 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*..... 72

Gambar 4. 25 Grafik Hubungan %*correct word* terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW 74

Gambar 4. 26 Grafik Hubungan %*correct word* terhadap waktu dengung, dengan skenario 10 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW 75

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Nilai Koreksi Pembobotan A (Long, 2006) | 7 |
| Tabel 2.2 TTB Spektrum Bicara pada Jarak 1 m terhadap Sumber dengan Pembebanan A menurut ISO 3382-3: 2012 (ISO 3382:3, 2012) | 8 |
| Tabel 2. 3 Koefisien Pembobotan pada Modulasi Tujuh Frekuensi pita oktaf | 10 |
| Tabel 2. 4 Perbandingan STI full, RASTI, STIPA, dan STITEL..... | 13 |
| Tabel 3. 1 Perbandingan ruang DRPM dan Dekanat FT-IRS | 29 |
| Tabel 3. 2 Parameter Penambahan Efek Dengung | 35 |
| Tabel 4. 1 Nilai SPL Ruang DRPM | 39 |
| Tabel 4. 2 Nilai SPL Ruang Dekanat FT-IRS | 40 |
| Tabel 4. 3 Parameter Akustik Ruang Eksisting..... | 44 |
| Tabel 4. 4 Hasil Perbandingan Hasil Pemodelan dan Hasil Pengukuran Ruang DRPM | 45 |
| Tabel 4. 5 Hasil Perbandingan Hasil Pemodelan dan Hasil Pengukuran Ruang Dekanat FT-IRS | 46 |
| Tabel 4. 6 Data STI pada skenario (0 sekon, 5 dB)..... | 47 |
| Tabel 4. 7 Data STI pada skenario (0 sekon, 0 dB)..... | 47 |
| Tabel 4. 8 Data STI pada skenario (0,3 sekon, 5 dB) | 47 |
| Tabel 4. 9 Data STI pada skenario (0,3 sekon, 0 dB) | 47 |
| Tabel 4. 10 Data STI pada skenario (0,6 sekon, 5 dB) | 48 |
| Tabel 4. 11 Data STI pada skenario (0,6 sekon, 0 dB) | 48 |
| Tabel 4. 12 Data STI 2 <i>Talker</i> | 54 |
| Tabel 4. 13 Data STI 10 <i>Talker</i> | 54 |
| Tabel 4. 14 Data nilai STI skenario (2 <i>talker</i> ,5 dB)..... | 58 |
| Tabel 4. 15 Data nilai STI skenario (2 <i>talker</i> ,0 dB)..... | 58 |
| Tabel 4. 16 Data nilai STI skenario (4 <i>talker</i> ,5 dB)..... | 59 |
| Tabel 4. 17 Data nilai STI skenario (4 <i>talker</i> , 0 dB)..... | 59 |
| Tabel 4. 18 Data nilai STI skenario (6 <i>talker</i> ,5 dB)..... | 59 |
| Tabel 4. 19 Data nilai STI skenario (6 <i>talker</i> ,0 dB)..... | 59 |
| Tabel 4. 20 Data nilai STI skenario (8 <i>talker</i> ,5 dB)..... | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4. 21 Data nilai STI skenario (8 <i>talker</i> ,0 dB) | 60 |
| Tabel 4. 22 Data nilai STI skenario (10 <i>talker</i> ,5 dB) | 60 |
| Tabel 4. 23 Data nilai STI skenario (10 <i>talker</i> ,0 dB) | 60 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkantoran tapak terbuka atau yang sering lebih banyak dikenal sebagai dengan *open-plan office* atau *co-working space*, pertama kali diperkenalkan oleh dua konsultan asal Jerman bernama Eberhard dan Wolfgang pada tahun 1950, dan kemudian diperluas ke United State pada tahun 1960 (Hundert & Greenfield, 1969). Konsep ruangan dengan bilik (*cubicles*), dengan tidak adanya partisi penuh (*full-height*) untuk mengisolasi antar pekerja satu dengan lainnya merupakan kosep dari jenis perkantoran ini. Saat ini, desain perkantoran tapak-terbuka merupakan desain yang paling umum digunakan untuk ruang kerja perusahaan di semua sektor usaha. Hal ini dikarenakan ruang jenis ini mampu meningkatkan komunikasi antar rekan kerja dan produktivitas staf atau karyawan (Shafagat, 2014). Selain itu, ketersediaan lahan yang semakin sedikit dan banyaknya perusahaan baru yang berkembang mengakibatkan biaya sewa gedung perkantoran menjadi semakin mahal. Oleh sebab itu, desain perkantoran tapak-terbuka menjadi solusi yang efektif untuk menjawab permasalahan tersebut.

Di samping kelebihan yang dimiliki, terdapat berbagai masalah yang sering ditemui dalam perkantoran tapak-terbuka, diantaranya terkait kenyamanan berkomunikasi, masalah kebisingan, serta hilangnya privasi dalam berkomunikasi. Gangguan tersebut dapat ditimbulkan oleh peralatan elektronik yang mendukung aktivitas kerja seperti suara telepon, komputer, mesin fax, mesin fotokopi, *printer* maupun pembicaraan rekan kerja di ruangan lainnya (Suheri, Karakteristik Tingkat Privasi Bicara dalam Ruangan Tapak Terbuka (Open Plan Offices) Mengacu pada ISO 3382-3-2912, %Alcons, dan Privacy Index, 2013). Besarnya distraksi yang diakibatkan oleh gangguan-gangguan tersebut dapat membuat pekerja di area perkantoran tapak-terbuka menjadi kontraproduktif (Kim & Dear, 2013). Selain itu, minimnya pembatas antar area kerja juga mengakibatkan hilangnya privasi dalam komunikasi, padahal privasi merupakan faktor penting dalam komunikasi (Hedge, 1982).

Salah satu fungsi utama dari privasi adalah untuk membantu mempertahankan identitas diri seseorang dengan menciptakan batasan pribadi (Westin, 1970; Altman, 1975). Privasi merupakan salah satu kebutuhan dasar untuk mengoptimalkan kontak sosial dan untuk menghindari keramaian (Altman, 1975). Selain itu kebutuhan akan privasi mungkin juga terkait dengan konsentrasi mental, juga menghindari distraksi, interupsi dan kebisingan (Sundstrom, Town, Brown, Forman, & McGee, 1982b). Privasi dalam komunikasi menjadi salah satu kebutuhan yang penting bagi para pekerja, baik itu untuk melakukan interaksi sosial maupun untuk melakukan penarikan sosial. Oleh karena itu, lingkungan perkantoran yang baik harus dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan pekerja akan privasi dalam komunikasi (Haans, Kaiser, & Kort, 2007)

Terkait permasalahan tersebut, Bradley dan Haapakangas melalui penelitiannya mengemukakan bahwa terdapat tiga langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan privasi dalam komunikasi diantaranya: meningkatkan isolasi pada ruang kerja, menggunakan pembatas yang lebih tinggi, dan *sound masking* (Bradley, 2003) (Haapakangas, Haka, Keskinen, & Hongisto, 2008). *Sound masking* merupakan metode menutupi sumber kebisingan dengan bunyi-bunyian yang lain. Metode *sound masking* dilakukan dengan menambahkan bunyi-bunyian kedalam ruang sehingga membuat ruangan terkesan lebih tenang (Cambridge Sound Management, 2019). Kesan tersebut didapatkan karena bunyi-bunyian yang ditambahkan kedalam ruangan akan merubah tingkat kebisingan latar belakang yang mengakibatkan tingkat kejelasan wicara menurun (Hongisto, Varjo, Leppämäki, Olivia, & Hyönä, 2016). Ketika kejelasan wicara menurun, maka percakapan yang kita lakukan tidak akan memberikan gangguan berarti kepada sekitar, dan juga kita mendapatkan privasi yang lebih baik ketika melakukan percakapan (Kim & Park, 2017).

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan metode *sound masking* pada perkantoran tapak-terbuka mampu meningkatkan tingkat privasi wicara dan menurunkan gangguan dalam bekerja (Hongisto, Varjo, Leppämäki, Olivia, & Hyönä, 2016; Kim & Park, 2017; Renx, Leistner, & Liebl, 2018). Kemudian Nadiroh melakukan penelitian khusus di ruang kerja rumah sakit dengan tipologi perkantoran tapak terbuka, sehingga aspek privasi menjadi sangat penting.

Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil bahwa percobaan dengan variasi *level masker* efektif menurunkan nilai kejelasan wicara ketika jumlah *talker* yang disajikan semakin banyak. Adapun variasi yang digunakan yaitu *level*, jumlah *talker*, dan frekuensi suara *masker* (suara pria dan wanita). Penelitian ini juga membuktikan bahwa variasi tersebut mampu merubah nilai tingkat privasi dalam suatu ruang yang ditunjukkan dengan nilai jarak privasi dan jarak distraksi yang berubah, serta *audible masker* berupa *babble speech* lebih efektif menurunkan nilai kejelasan wicara ketika target dan *masker* yang disajikan merupakan suara dengan gender yang sama (Nadhiroh, 2019). Namun pada penelitian ini *masker* hanya dilakukan diletakkan pada satu arah saja, padahal di rumah sakit masih ada kemungkinan suara tersebut tersebar. Kemudian penelitian ini dilanjutkan oleh Irawati, berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil bahwa posisi *loudspeaker* mempengaruhi efektivitas *masker*. Hanya saja penelitian ini masih dilakukan di skala laboratorium, dimana masih ada kemungkinan faktor akustik lain yang mempengaruhi jika dilakukan pada perkantoran tapak terbuka yang sebenarnya (Irawati, 2019)

Waktu dengung merupakan salah satu parameter akustik yang memiliki peranan penting terhadap kenyamanan ruang. Ruang dengan volume ruang yang berbeda, tentu memiliki waktu dengung yang berbeda, semakin besar volume ruang, semakin besar pula waktu dengungnya. Waktu dengung mempengaruhi tingkat kejelasan wicara dalam suatu ruang, tingkat kejelasan wicara berbanding lurus dengan rasio *signal-to-noise* dan berbanding terbalik dengan waktu dengung (Bistafa & Bardley, 2000). Berdasarkan Peraturan Kementerian Lingkungan Finlandia, mengatur waktu dengung untuk perantoran tapak terbuka adalah dibawah 0,60 detik dan untuk nilai *Speech Transmission Index* (STI) dibawah 0,50 (Kylliainen & Saarinen, 2019). Oleh karena itu terdapat dugaan bahwa perbedaan waktu dengung dapat mempengaruhi efektifitas dari *masker* yang dibangkitkan pada suatu ruangan. Sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker* pada metode *sound masking* khususnya kaitannya dengan privasi wicara pada lingkungan perkantoran tapak-terbuka.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker* pada metode sound masking di lingkungan perkantoran tapak-terbuka, khususnya yang berkaitan dengan privasi wicara?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker* pada metode sound masking di lingkungan perkantoran tapak-terbuka, khususnya yang berkaitan dengan privasi wicara.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Pengujian pengaruh *masker* dinilai dengan menggunakan parameter *Speech Transmission Index (STI)* dan *% correct word*.
- b) Jenis *masker* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Babble Speech Masker*.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan penelitian ini terdiri dari lima bab, yakni pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisis data dan pembahasan, dan yang terakhir penutup. Bab 1. Pendahuluan meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah dan sistematika laporan. Bab 2. Dasar Teori merupakan penjelasan mengenai beberapa hal yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Bab 3. Metodologi Penelitian meliputi segala prosedur yang dilakukan selama penelitian dilakukan termasuk juga alat dan bahan yang digunakan. Bab 4. Hasil dan Pembahasan berisi data hasil penelitian beserta analisis dan penjelasan dari hasil yang didapatkan. Bab 5. Penutup berisi kesimpulan secara keseluruhan dan saran untuk penelitian kedepan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Perkantoran Tapak Terbuka (*Open-plan office*)

Perkantoran tapak-terbuka menurut ISO 3382-3:2012 merupakan ruang kantor atau ruang lain dengan fungsi sama, yang terdapat beberapa orang didalamnya jumlah yang cukup banyak menempati beberapa stasiun kerja, melakukan aktivitas pekerjaan, percakapan dan mampu berkonsentrasi dengan baik (ISO 3382:3, 2012). Sedangkan Ebissou berpendapat bahwa, perkantoran tapak-terbuka atau *open-plan office* adalah ruangan dengan desain tidak memiliki partisi penuh (*full-height*) (Ebissou, Parizet, & Chevret, 2014). Ruang perkantoran tapak terbuka merupakan sebuah ruang yang digunakan bersama oleh banyak orang dengan mengurangi adanya sekat atau pemisah, biasanya hanya menggunakan furnitur atau partisi pendek. Dalam suatu kantor tapak terbuka, furnitur atau partisi ini biasanya menjadi sebuah bilik kerja yang disebut *workstation* (Suheri, Karakteristik Tingkat Privasi Bicara dalam Ruangan Tapak Terbuka (Open Plan Offices) Mengacu pada ISO 3382-3-2912, %Alcons, dan Privacy Index, 2013). Berikut ini merupakan contoh dari ruang perkantoran dengan konsep tapak-terbuka.

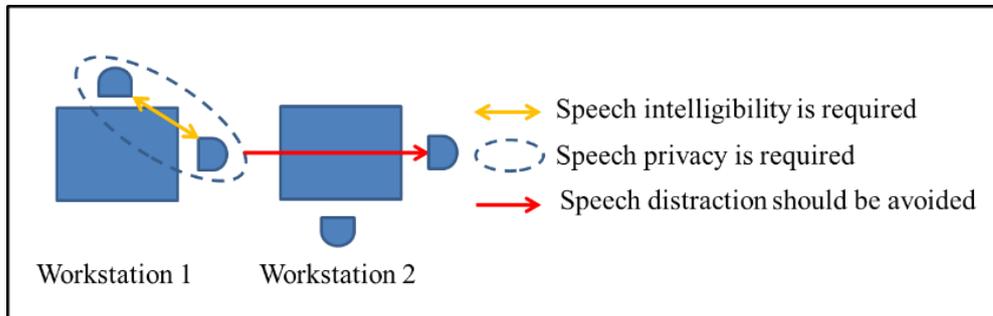


(a)

(b)

Gambar 2. 1 Perkantoran dengan konsep tapak terbuka (a) Dekanat FT-IRS (b) DRPM ITS

Pada suatu perkantoran tapak terbuka, proses terjadinya percakapan dapat dilustrasikan dalam Gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2. 2 Kebutuhan tinjauan akustik dalam hubungan antar stasiun kerja (Sarwono, 2013)

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 2.2, terdapat setidaknya 3 hal yang perlu diperhatikan ketika terjadi percakapan di stasiun kerja 1, yaitu:

- a) Si pendengar di stasiun kerja 1 membutuhkan kejelasan wicara (*speech intelligibility*) yang baik sehingga informasi yang terkandung di dalam percakapan bisa dipahami dengan baik.
- b) Privasi wicara (*speech privacy*) dari informasi yang terkandung dalam percakapan yang terjadi di stasiun kerja 1 perlu tetap terjaga sehingga tidak bocor ke area stasiun kerja 2.
- c) Perlu diperhatikan agar percakapan yang terjadi di stasiun kerja 1 tidak mengganggu penghuni di stasiun kerja 2.

2.2. Parameter Akustik Perkantoran Tapak Terbuka

Berdasarkan ISO 3382-3:2012 terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk menilai dan mengevaluasi kualitas akustik ruang pada perkantoran tapak terbuka (International Standardization Organization, 2012) , diantaranya:

2.2.1. Tingkat Tekanan Bunyi, L_p

Tingkat tekanan bunyi (TTB), L_p dalam dB, dinyatakan pada Persamaan 2.1 sebagai berikut ini :

$$L_p = 10 \log_{10} (p/p_0)^2 = 20 \log_{10} (p/p_0) \text{ dB} \quad (2.1)$$

dengan

p_0 = tekanan bunyi referensi

Nilai TTB dinyatakan dalam skala logaritmis berdasarkan perbandingan energi suara dalam bentuk kuadrat tekanan sebenarnya dengan tekanan referensi sebesar 20 μ Pa. Pada kasus telinga manusia, nilai TTB hasil pengukuran masih perlu dikoreksi untuk mendapatkan nilai persepsi suara oleh telinga manusia. Koreksi inilah yang disebut dengan pembobotan A. Nilai koreksi pembobotan A dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut:

Tabel 2. 1 Nilai Koreksi Pembobotan A (Long, 2006)

| Frequency (Hz) | A-weighting (dB) |
|----------------|------------------|
| 63 | -26.2 |
| 125 | -16.1 |
| 250 | -8.6 |
| 500 | -3.2 |
| 1000 | 0.0 |
| 2000 | +1.2 |
| 4000 | +1.0 |
| 8000 | -1.1 |

2.2.2. Laju Penurunan Spasial TTB Bicara, $D_{2,s}$

Tingkat peluruhan spasial suara (*spatial decay rate of speech*) merupakan ukuran yang menunjukkan efisiensi bahan peredam suara bahan dan partisi. Parameter ini menunjukkan laju penurunan TTB bicara pada tiap posisi yang dinyatakan dalam dBA. Berdasarkan ISO 3382-, laju peluruhan spasial suara yang kurang dari 5 dB menunjukkan bahwa kondisi akustik ruang yang buruk, sedangkan jika nilainya ≥ 7 dB dinyatakan sebagai kondisi akustik ruang yang baik. Dari hasil pengukuran, nilai TTB (dB) tiap posisi dikoreksi menggunakan data spektrum TTB bicara pada jarak 1 m dalam medan terbuka yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 TTB Spektrum Bicara pada Jarak 1 m terhadap Sumber dengan Pembebanan A menurut ISO 3382-3: 2012 (ISO 3382:3, 2012)

| Octave band, i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| Frekuensi (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
| $L_{p,LS,1m}$ sumber omni (dB) | 49,9 | 54,3 | 58,0 | 52,0 | 44,8 | 38,8 |
| Pembobotan A_i | -16,1 | -8,6 | -3,2 | 0,0 | 1,2 | 1,0 |

Koreksi, $D_{n,i}$, dalam dB, dihitung dengan Persamaan 2.2,

$$D_{n,i} = L_{p,LS,1m,i} - L_{p,LS,n,i} \quad (2.2)$$

dimana,

$L_{p,LS,1m,i}$ = TTB pada jarak 1 m

$L_{p,LS,n,i}$ = TTB pada titik pengukuran n dan i adalah octave band.

Dari Persamaan 2.2, dapat ditentukan TTB bicara pada tiap posisi pengukuran n pada octave band i , $L_{p,LS,n,i}$ dengan Persamaan 2.3 berikut :

$$L_{p,S,n,i} = L_{p,S,1m,i} - D_{n,i} \quad (2.3)$$

dimana,

$L_{p,S,1m,i}$ = TTB bicara normal pada jarak 1 m terhadap sumber suara *omnidirectional*.

Nilai TTB bicara pada tiap posisi n dengan pembebanan A, $L_{p,A,S,n}$, kemudian dapat ditentukan dengan formula:

$$L_{p,A,S,n} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^6 10^{\frac{L_{p,S,n,i} + A_i}{10}} \right) \quad (2.4)$$

dimana,

$L_{p,S,n,i}$ = TTB bicara normal pada posisi pengukuran n dari formula sebelumnya adalah A_i adalah koreksi pembebanan A (ditunjukkan pada Tabel 2.1).

Setelah mendapatkan nilai TTB bicara dengan pembebanan A pada tiap posisi, dapat ditentukan persebaran spasial level tekanan suara dalam ruang. Regresi linear ditentukan pada hubungan logaritmik jarak terhadap sumber dengan persebaran SPL. Kemudian, nilai laju penurunan spasial TTB bicara ditentukan dengan metode kuadrat terkecil pada Persamaan 2.5 berikut ini (ISO 3382:3, 2012):

$$D_{2,S} = -lg_2 \frac{N \sum_{n=1}^N [L_{p,A,S,n} \log(\frac{r_n}{r_o})] - \sum_{n=1}^N L_{p,A,S,n} \sum_{n=1}^N \log(\frac{r_n}{r_o})}{N \sum_{n=1}^N (\log[\frac{r_n}{r_o}])^2 - [\sum_{n=1}^N \log \frac{r_n}{r_o}]^2} \quad (2.5)$$

dengan,

| | |
|---------------|--|
| $L_{p,A,S,n}$ | = TTB bicara pembebanan A pada posisi n |
| n | = indeks posisi pengukuran |
| N | = jumlah posisi pengukuran |
| r_n | = jarak posisi pengukuran terhadap posisi sumber |
| r_o | = jarak referensi, 1 m |

2.2.2. TTB pada Posisi 4 m dari Sumber, $L_{p,A,S,4m}$

Nilai $L_{p,A,S,4m}$ dinyatakan dalam dBA, nilai $L_{p,A,S,4m}$ didapat dengan mencari nilai TTB pada posisi 4 m.

2.2.3. *Speech Transmission Index*, STI

Speech Transmission Index (STI) adalah nilai yang digunakan untuk menggambarkan kualitas transfer suara dari sumber ke penerima dalam suatu ruangan. Dengan didapatkannya STI, kejelasan wicara dalam suatu ruangan dapat dijelaskan secara kualitatif. STI memiliki rentang nilai dari 1 yang berarti setiap kata dan informasi dari sumber dapat ditangkap dan diterima oleh penerima sampai dengan 0 yang berarti tidak ada informasi yang diterima.

Informasi wicara yang sebenarnya terletak pada *envelope* modulasi intensitas wicara yang dibentuk oleh kata saat berbicara. Kejelasan wicara yang sempurna berarti semua *envelope* modulasi intensitas wicara asli dari sumber terjaga hingga ke penerima. Namun dalam prosesnya, peluruhan pada dimensi ruang dan bising latar belakang mempengaruhi keterjagaan ini sehingga *envelope* modulasi intensitas wicara berkurang. Pengurangan ini dihitung dengan fungsi alih modulasi (*Modulation Transfer Function*, MTF) yang ditunjukkan pada Persamaan 2.6 (ISO 3382:3, 2012).

$$MTF = m(F) = \frac{m_r}{m_t} \quad (2.6)$$

dengan,

| | |
|-----|--|
| F | = frekuensi modulasi yang digunakan untuk pengesanan |
|-----|--|

m_r = modulasi sinyal yang diterima

m_t = sinyal asli pengetesan

Nilai MTF diukur pada oktaf pita frekuensi dengan frekuensi tengah dari 125 hingga 8000 Hz. Setiap MTF diukur dengan 14 modulasi frekuensi dari 0,63 hingga 125 Hz pada sepertiga pita oktaf. Setiap faktor reduksi modulasi dialihkan ke apparent signal-to-noise ratio, SNR_{app} yang ditunjukkan oleh Persamaan 2.7. SNR_{app} merupakan penyebab pengurangan modulasi jika faktor distorsi sinyal wicara yang diperhatikan adalah bising latar belakang.

$$SNR_{app} = 10 \log \left(\frac{m(f_i, F_j)}{1 - m(f_i, F_j)} \right) \text{ dB} \quad (2.7)$$

dengan,

f_i = frekuensi tengah pita oktaf dari 125 hingga 8000 Hz.

F_j = 14 frekuensi modulasi dari 0,63 hingga 125 Hz pada sepertiga pita oktaf

Nilai STI yang memiliki rentang 0 – 1 diturunkan pada Persamaan 2.8 setelah dilakukan pembobotan terhadap tujuh frekuensi dari pita oktaf yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

$$STI = \sum_{i=1}^7 w_i \frac{\left(\frac{1}{14} \sum_{j=1}^{14} SNR_{app,i,j} \right) + 15}{30} \quad (2.8)$$

dengan,

w = koefisien pembobotan

Tabel 2. 3 Koefisien Pembobotan pada Modulasi Tujuh Frekuensi pita oktaf

| Octave band, i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frekuensi, (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Koefisien pembobotan, w | 0.13 | 0.14 | 0.11 | 0.12 | 0.19 | 0.17 | 0.14 |

2.2.4. Jarak Distraksi, r_D

Jarak distraksi adalah jarak yang dapat menggambarkan kondisi distraksi (gangguan) terhadap pihak ketiga ketika terjadi sebuah percakapan antara dua orang atau lebih. Untuk menentukan jarak distraksi optimal dapat merujuk pada ISO 3382-3 yang membuat ketentuan bahwa untuk menentukan jarak privasi yang optimal maka nilai STI yang dihasilkan harus $\leq 0,5$. Tingkat privasi sebuah ruangan dapat diperkirakan dengan menggunakan beberapa parameter terukur yaitu laju penurunan spasial wicara (*spatial decay rate of speech*, $D_{2,s}$) dan tingkat tekanan bunyi pada posisi 4 m dari sumber ($L_{A,S,4m}$), dan jarak distraksi. Berdasarkan ISO 3382-3, sebuah ruangan dikatakan buruk dari sisi akustik ketika jarak gangguan lebih besar dari 10 m, sedangkan jika jarak gangguan ≤ 5 m, kondisi akustik dalam ruangan tersebut baik.

2.2.5. Jarak Privasi, r_p

Jarak privasi adalah jarak yang dapat merepresentasikan kondisi privat ketika terjadi sebuah percakapan antara dua orang atau lebih terhadap pihak ketiga. Pihak ketiga diharapkan tidak dapat memahami isi percakapan tersebut. Untuk menentukan jarak privasi optimal, digunakan standar ISO 3382-3 yang membuat ketentuan bahwa untuk menentukan jarak privasi yang optimal maka nilai STI yang dihasilkan harus $\leq 0,2$. Dalam beberapa kasus, jarak privasi hanya dapat ditentukan dengan ekstrapolasi, dan besarnya jarak privasi mungkin lebih besar dari dimensi terpanjang di ruang kantor tersebut, dengan demikian maka jarak gangguan adalah parameter yang lebih relevan digunakan sebagai parameter privat atau tidaknya sebuah ruangan. Namun, dalam kasus lain, biasanya dengan redaman dan kebisingan latar belakang yang tinggi, jarak gangguan tidak dapat ditentukan (ekstrapolasi akan memberikan jarak negatif) dan sebaliknya jarak privasi adalah parameter yang lebih relevan.

2.2.6. Bising Latar Belakang

Bising latar belakang dapat didefinisikan sebagai suara yang berasal bukan dari sumber suara utama atau suara yang tidak diinginkan. Menurut ISO 3382-3,

bising latar belakang yang digunakan merupakan suara kontinu yang bukan disebabkan oleh manusia melainkan suara dari sistem HVAC, bising kendaraan sekitar ruang, mesin kantor, atau sejenisnya.

2.3. Waktu Dengung

Waktu dengung (T_{60}) adalah waktu yang dibutuhkan suatu energi suara untuk meluruh hingga sebesar sepersatu juta dari energi awalnya atau tekanan suara meluruh hingga seperseribu dari tekanan suara awalnya, yaitu sebesar 60dB. Waktu dengung (*Reverberation Time*) sangat menentukan dalam mengukur tingkat kejelasan *speech*. Sabine mendefinisikan waktu dengung sebagai waktu untuk peluruhan 60 desibel (dB) setelah sumber suara stasioner telah dihentikan, atau secara sederhana, waktu dengung didefinisikan sebagai waktu lamanya terjadi dengung di dalam ruangan yang masih dapat didengar oleh telinga (Indraini, Ekasiwi, & Asmoro, 2007). Perbedaan waktu dengung sangat mempengaruhi tingkat kejelasan wicara pada satu ruang, dimana wicara pada ruang dengung rendah cenderung lebih jelas daripada di ruangan dengan waktu dengung panjang.

Pengukuran waktu dengung pada sebuah ruangan, pada awalnya yaitu tahun 1900-an, Sabine menggunakan metode dengan stopwatch dan empat set pipa organ identic, dan dengan menggunakan telinganya sendiri, ia mengukur waktu dari saat pipa organ yang dimatikan untuk sesaat hingga suara menjadi tak terdengar. Sabine bisa memperoleh perbedaan waktu yang akan mewakili peluruhan 6 dB (yaitu tepat 1/10 dari waktu dengung yang mewakili peluruhan 60 dB) dari 4 kali perulangan yang ia lakukan.

Berdasarkan percobaan empiris tersebut didapatkan formulasi yang menyatakan bahwa waktu dengung (T_{60}) berbanding lurus dengan Volume Ruangan (V) dan berbanding terbalik dengan luas permukaan ruangan (S) dan rata-rata koefisien absorpsi permukaan ruangan (α).

$$T_{60} = 0,161 \frac{V}{S\alpha} \quad (2.9)$$

Formula Sabine ini hanya berlaku dengan baik apabila rata-rata $\alpha < 0,3$ dan perbedaan α antar material penyusun partisi tidak terlalu besar. Untuk harga α rata-

rata $> 0,3$, formula ini akan memberikan kesalahan $T_{60} > 6\%$. Kemudian formulasi Sabine ini kemudian disempurnakan oleh Norris-Erryng.

$$T_{60} = -0,161 \frac{V}{S \ln(1-\alpha)} \quad (2.10)$$

Dalam keadaan riil, karena adanya bising latar belakang, peluruhan level suara sebesar 60 dB sulit dideteksi oleh telinga manusia. Oleh karena itu, untuk mengukur waktu dengung sering digunakan EDT yang merupakan perhitungan lanjut dari waktu dengung. EDT dapat didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk peluruhan awal sebesar 10 dB pada kurva echogram yang hasilnya kemudian diekstrapolasi secara linier hingga 60 dB.

2.4. Parameter Penilaian Efektivitas *Masker*

Penilaian efektifitas *masker* dilakukan secara objektif dan subjektif. Penilaian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif *masker* dapat menutupi target, melalui pengujian tingkat kejelasan wicara. Tingkat kejelasan wicara merupakan kemampuan pendengar untuk dapat menerima dan menginterpretasikan informasi verbal secara benar (Nadhiroh, 2019). Salah satu parameter objektif yang dapat digunakan untuk menentukan indeks kejelasan wicara, yaitu menggunakan *Speech Transmission Index* (STI). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan untuk kejelasan wicara menggunakan STI yaitu STI Full band , Rapid *Speech Transmission Index* (RASTI), *Speech Transmission Index – Public Address* (STIPA), dan STITEL. Adapun perbandingan dari masing-masing metode tersebut dituliskan pada Tabel 2.4 berikut (IEC 60268-16 , 2011):

Tabel 2. 4 Perbandingan STI full, RASTI, STIPA, dan STITEL

| APLIKASI | METODE | | | | EDISI | | |
|---|-------------|--------------------------|-----------|-----------|-------|---|---|
| | STI full | STITE L | STI PA | RAS TI | 1 | 2 | 3 |
| Menilai kesesuaian akustik ruang untuk komunikasi wicara (tidak ada amplifikasi elektronik) | + | +/- bergant ung RT | + | + | + | + | + |

| APLIKASI | METODE | | | | EDISI | | |
|--|---|-------------------|--------|--------|-------|---|---|
| | STI full | STITE L | STI PA | RAS TI | 1 | 2 | 3 |
| Menilai sistem komunikasi alamat publik dan suara sistem pengingat | + | +/- bergantung RT | ++ | - | - | + | + |
| Menilai kanal komunikasi (telepon, radio) | + | ++ | + | - | - | + | + |
| Percakapan yang terdengar lebih dari 90 Dba | + | + | ++ | - | - | - | + |
| Percakapan yang terdengar kurang dari 40 dBA | + | + | + | - | - | + | + |
| Kebutuhan akan perhatian perbedaan suara perempuan dan laki-laki | + | + | - | - | - | + | + |
| Kanal fitur untuk kompresi amplitudo | + | + | + | - | - | + | + |
| Bagian signifikan dari populasi pendengar <i>non-native</i> | Standar STI yang ada tidak sesuai. STI bisa diukur seperti biasa, tapi harus diinterpretasikan dengan berbeda | | | | + | + | + |
| <i>Centre clipping</i> | Tidak ada metode yang memenuhi | | | | - | - | - |
| Bising dengan fluktuasi yang kuat | STI dapat digunakan untuk jenis distorsi tersebut | | | | - | - | + |
| Waktu dengung sangat tinggi (>5) | Standard saat ini belum akurat Direkomendasikan menggunakan 2 jenis STI | | | | - | - | - |

| APLIKASI | METODE | | | | EDISI | | |
|---|--|------------|-----------|-----------|-------|---|---|
| | STI full | STITE L | STI PA | RAS TI | 1 | 2 | 3 |
| Kanal tidak memperbolehkan yang sinyal tes buatan seperti vocoder | Standard saat ini belum akurat Direkomendasikan menggunakan sinyal tes wicara berdasarkan STI | | | | - | - | - |

Keterangan :

- ++ optimal
- + memadai
- Tidak cocok

Berdasarkan keterangan di atas, maka dipilih *STI full band* sebagai parameter objektif untuk menentukan efektivitas *masker*. Selain itu, *STI* erat kaitannya dengan rasio *noise-to-signal* dan rasio *reverberation time-to-signal*, dimana keduanya memiliki pengaruh besar pada tingkat kejelasan wicara (Bistafa & Bradley, 2000).

Sedangkan untuk uji subjektif menggunakan parameter *Speech intelligibility (% correct word)*. *Speech intelligibility* atau kejelasan wicara adalah ukuran yang mengindikasikan seberapa banyak ucapan yang dapat dimengerti secara tepat dalam suatu kondisi tertentu. *Speech intelligibility* dapat diformulasikan menggunakan persamaan berikut:

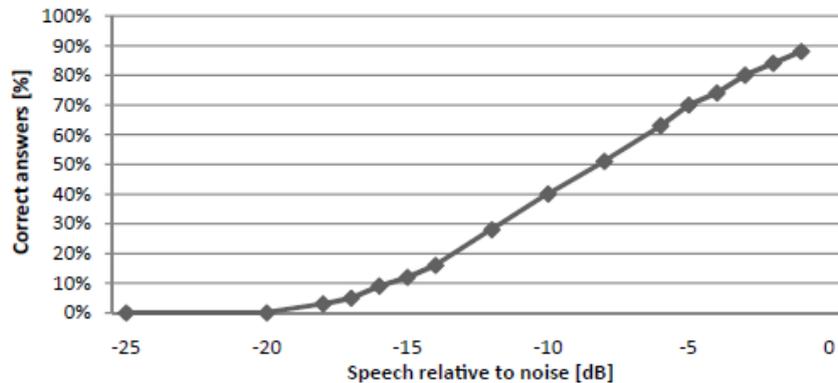
$$\text{Speech intelligibility} = \frac{100}{T} \cdot R \quad (2.11)$$

Dimana:

T = jumlah unit kata yang diujikan

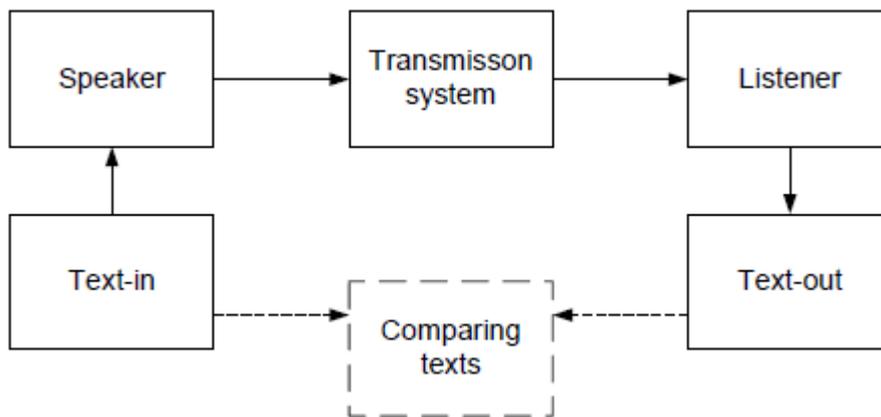
R = jumlah unit kata yang benar

Speech intelligibility didefinisikan sebagai persentase dari unit kata yang dapat dimengerti secara tepat dari uji kejelasan wicara (Poulsen, 2005). Unit kata yang digunakan bisa berupa kata, suku kata, atau unit lainnya. *Speech intelligibility* biasanya digambarkan sebagai fungsi rasio *signal-to-noise*.



Gambar 2. 3 Skor Kata dari Dantale sebagai Fungsi dari Rasio signal-to-noise (Poulsen, 2005)

Uji *speech intelligibility* dilakukan dengan cara menyajikan sejumlah kata yang dibacakan oleh *speaker*, kemudian pendengar menulis apa yang dia dengar dan hasil tersebut dibandingkan untuk mengetahui berapa jumlah kata yang berhasil dijawab dengan tepat.

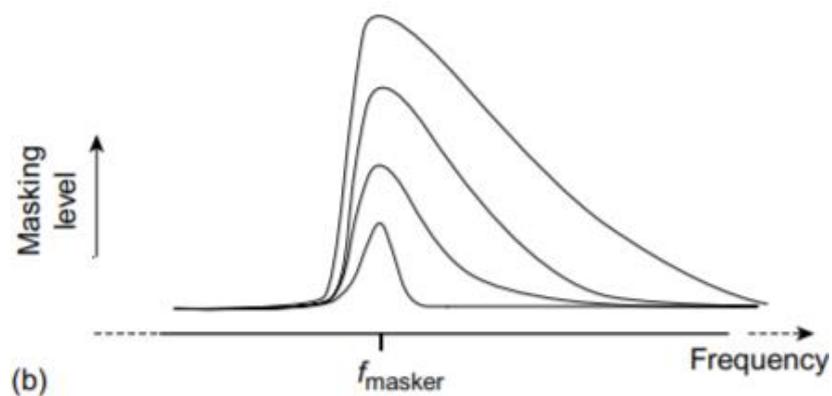


Gambar 2. 4 Mekanisme dari *Uji Speech Intelligibility* (Poulsen, 2005)

2.5. Sound Masking

Telinga manusia memiliki kemampuan untuk mendengar dua suara atau lebih dalam waktu yang bersamaan. Kemampuan ini memungkinkan manusia secara selektif untuk merespon komponen-komponen tertentu dari pola akustik total (*auditory scene*) dan mengabaikan yang lainnya, seperti lebih mendengarkan suara lawan bicara daripada mendengarkan bunyi bising latar belakang (Miller G. A., 1947). Namun kemampuan ini juga yang dapat membuat manusia tidak bisa

mendengar suatu suara akibat adanya suara yang menutupi/ mengganggu. Secara sederhana, mekanisme ini dapat dipelajari dengan cara memperdengarkan dua nada murni kepada seseorang, yang kemudian diminta untuk melaporkan apa yang didengar, ada dan tidaknya suatu nada atau nada lainnya. Dalam percobaan tersebut, diketahui bahwa telinga bukanlah penganalisa yang sempurna, dan beberapa nada ternyata dapat merubah persepsi terhadap nada lainnya. Gangguan seperti ini dinamakan *auditory masking* yang didefinisikan sebagai pergeseran ambang terdengarnya *masked sound* karena adanya *masking sound* (American Standards Association, 1942).



Gambar 2. 5 Grafik Tingkat *Masking* terhadap Nilai Frekuensi *Masker* (Howard & Angus, 2009).

Apabila dua nada murni atau lebih diperdengarkan secara bersamaan, efek yang disebut “*masking*” akan terjadi, dimana nada tersebut akan sulit dipresepsikan oleh telinga karena adanya nada lain. Pada kasus seperti itu, nada yang menyebabkan efek *masking* disebut sebagai *masking sound* atau *masker*, sedangkan nada yang ditutupi disebut sebagai *masked sound* atau *maskee*. *Masking* adalah ukuran efektivitas *filter* dalam mereduksi *maskee* karena adanya *masker* yang dapat digambarkan melalui grafik hubungan antara *masking loudness level* terhadap frekuensi *masker* sebagai kurva respon *filter* pada Gambar 2.5 diatas (Howard & Angus, 2009).

2.5.1. *Speech on Speech Masking*

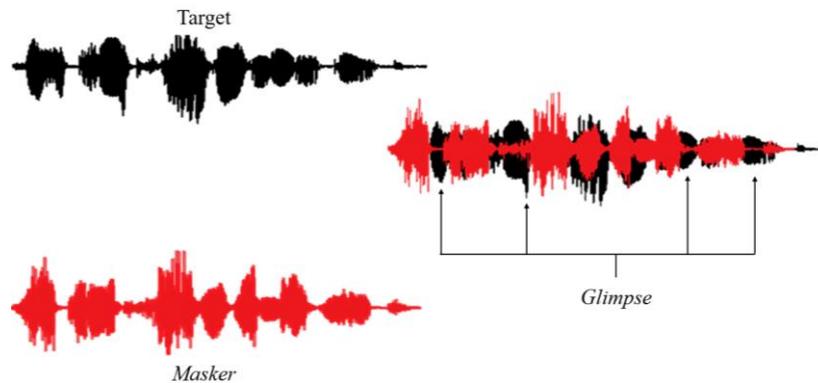
Kesulitan memahami percakapan dalam keadaan bising dapat diakibatkan oleh beberapa hal bergantung pada jenis kebisingan yang terjadi dan profil

pendengar (normal atau memiliki gangguan pendengaran, penutur asli/buka) (Bacon, Opie, & Montoya, 1998). Saat bising latar belakang terjadi karena suara adanya percakapan antara dua orang atau lebih, yang dapat mengganggu suara utama atau suara target (*target speech*), pendengar menghadapi dua jenis *masking*, yaitu *Energetic Masking* dan *Informational Masking* (Kidd, Mason, Deliwala, Woods, & Colburn, 1994)

Secara umum, *masking* sering didasarkan pada pola gerak pada membran basilar yang dihasilkan oleh sumber bunyi saling mengganggu. Pola gerak yang dihasilkan oleh *masker* akan mengganggu pola gerak yang dihasilkan oleh *maskee* atau suara target. Ketika kedua pola gerak tersebut tumpang tindih, maka “eksitasi” yang dihasilkan oleh *masker* dapat menutup “eksitasi” yang dihasilkan target, membuat suara target tidak terdengar. *Energetic masking* (EM) berkaitan dengan kesulitan memahami suara target karena kesamaan pola eksitasi target dan *masker* pada *auditory periphery* (interaksi di dalam koklea) (Hawkins & Stevens, 1950). Hal ini disebabkan oleh energi *masker* dan target berada pada daerah frekuensi sama saat tumpang tindih (*overlap*), yang menyebabkan berkurangnya kemampuan mendengar pada tingkat perifer (Altman, 1975) (Rosen, Souza, Ekelund, & Majeed, 2013). Sedangkan, *informational masking* (IM) berkaitan dengan situasi pendengaran dimana suara target dan suara *masker* terdengar dengan jelas (*clearly audible*) tetapi pendengar tidak dapat memisahkan elemen suara target dari elemen pengganggu disekitarnya, dikarenakan kemiripan suara target dan suara *masker* (Doll & Hanna, 1997; Freyman, Helfer, McCall, & Clifton, 1999; Kidd, Mason, Deliwala, Woods, & Colburn, 1994; Watson, Kelly, & Wroton, 1976)

Beberapa faktor lain menentukan seberapa jauh efektivitas EM dan IM. Ketika *masker* berfluktuasi dalam level, pengaruh EM dapat berkurang dengan *glimpsing* informasi akustik selama pengurangan energi *masker* sesaat, yang dikenal sebagai *dip listening* (Miller & Licklider, 1950). Untuk *masker* yang terdiri dari pembicara tunggal, EM hanya akan terjadi ketika energi *masker* tumpang tindih (dalam spektrum dan waktu) dengan energi target secara intens pada wilayah tertentu, sehingga mengurangi kejelasan suara target. Seiring bertambahnya jumlah *talker* pada *masker*, maka energi suara dari masing-masing pembicara akan tumpang tindih (*overlapping*) dan mengisi *spectro-temporal dips* pada *masker* dan

mengurangi *glimpsing*. Ilustrasi mengenai *glimpse* dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Rosen, Souza, Ekelund, & Majeed, 2013).



Gambar 2. 6 Ilustrasi Glimpse

Berbeda dengan EM, IM dikatakan bervariasi menurut kesamaan antara target dan *masker*, oleh karena itu perubahan IM akibat penambahan jumlah *talker* pada *masker* tidak sederhana EM. Sebaliknya, penambahan jumlah *talker* pada *masker* dapat meningkatkan kejelasan wicara target, karena bunyi latar belakang (*masker*) menjadi kurang mirip (dalam persepsi) dengan target. Penambahan jumlah *talker* pada *masker* membuat masing-masing kata pada *masker* kurang dapat dimengerti, sehingga mengurangi gangguan leksikal (Hoen, et al., 2007).

2.6. Hubungan antara *Speech Intelligibility* dan Waktu Dengung

Penelitian yang dilakukan oleh Bistafa dan Bardley menjelaskan bahwa nilai *Speech Intelligibility* pada ruang kelas berbanding lurus dengan rasio *signal-to-noise* dan berbanding terbalik dengan nilai waktu dengung. Nilai *Speech Intelligibility* didapatkan secara analitik berdasarkan rasio energi akustik (Bistafa & Bardley, 2000). Langkah awal untuk beberapa metric *Speech Intelligibility* adalah dengan mendefinisikan respon impuls ruang. Pada penelitiannya, impuls respon ruanga didapatkan secara analitik dengan asumsi bahwa medan bunyi ruangan adalah difus. Sehingga besar energy suara langsung (e_d) dan energy yang dipantulkan (e_r) dapat dituliskan sebagai

$$e_d = \frac{qP}{4\pi cr^2} \quad (2.12)$$

dan

$$e_r = \frac{qP}{4\pi cr_h^2} \quad (2.13)$$

dimana

- q : *directivity index* dari sumber bunyi
 P : daya bunyi dari sumber
 c : kecepatan bunyi
 r : jarak dari sumber ke penerima
 r_h : *reverberation distance* (jarak dimana nilai $e_d = e_r$)

sehingga didapatkan nilai *reverberation distance* sebagai berikut ini

$$r_h^2 = \frac{kVq}{4\pi c(1-\bar{\alpha})} \quad (2.14)$$

dengan V adalah volume ruang, $\bar{\alpha}$ adalah rata-rata koefisien absorpsi bunyi, dan $k=13,82/T$ dimana T adalah waktu dengung. Penyederhaan dilakukan dengan asumsi bahwa medan langsung dan medan pantul pada jarak r dari sumber dan waktu yang sama $t=0$, maka besar kerapatan daya bunyi pada respon impuls ruang untuk $t \geq 0$ yaitu :

$$P(t) = \frac{qP}{4\pi c} \left[\frac{1}{r^2} \delta(t) + \frac{k}{r_h^2} e^{-kt} \right] \quad (2.15)$$

diman $\delta(t)$ adalah fungsi *Dirac delta* pada $t = 0$. Dari persamaan tersebut juga diketahui bahwa pada medan difus, besarnya kerapatan daya bunyi yang dipantulkan meluruh secara eksponensial dengan peluruhan konstan $-k$.

Setelah respon impuls ruang diketahui, besarnya kerapatan energi untuk mencapai posisi penerima pada rentang waktu $[0 - t]$ dapat ditentukan dengan menggunakan operasi integral berikut ini :

$$e_0 = \int_0^t p(t) dt \quad (2.16)$$

Besarnya kerapatan energy suara stasioner $e = e_d + e_r$ adalah dengan memasukkan nilai $t = \infty$.

Kemudian setelah fungsi enklosur respon impuls diketahui, selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan nilai *Speech Intelligibility* dengan mengkombinasikan efek dari akustik ruang dan bising latar belakang ,

menggunakan rasio energi akustik, sebagaimana yang diusulkan Aigner dan Strutt, yang dikenal dengan Q, dengan persamaan berikut (Aigner & Strutt, 1935):

$$Q = \frac{e_d + e_e}{e_l + e_n} \quad (2.17)$$

Dimana e_d, e_e, e_l adalah kerapatan energi bunyi langsung (*direct*), *early*, dan *late*, sedangkan e_n adalah besarnya kerapatan energi bising latar belakang.

$$e_n = \frac{\overline{p_n^2}}{\rho c} \quad (2.18)$$

dengan

$\overline{p_n^2}$: kuadrat rata-rata dari tekanan bunyi seragam dan stasioner di dalam ruangan.

ρ : kerapatan udara

Ambang batas kerapatan energy bunyi *early-reflected* 1/16 s, serta persamaan 2.15, dan 2.16, maka persamaan 2.17 dapatditulis menjadi :

$$Q = \frac{1 + (\frac{r_h}{r})^2 - e^{-0.86/T}}{e^{-0.86/T} + 10(Ln - Lr)/10} \quad (2.19)$$

$$Ln - Lr = 10 \log \left(\frac{\overline{p_n^2}}{\overline{p_r^2}} \right) \quad (2.20)$$

dengan

$\overline{p_r^2}$: kuadrat rata-rata dari tekanan bunyi pantulan

Kemudian Thiele, menggunakan rasio energi bunyi *early-to-total*, yang dikenal dengan D_{50} (*definition*) untuk menentukan nilai *Speech Intelligibility*. Bunyi *Early (useful)* dianggap sebagai suara langsung dan suara pantulan tiba di posisi penerima 0,05 s setelah bunyi langsung (Thiele, 1953). Pada kasus ini, dengan memasukan persamaan 2.15 dan 2.16, maka persamaa D_{50} dapat dituliskan sebagai berikut:

$$D_{50} = \frac{1 + (\frac{r_h}{r})^2 - e^{-0.69/T}}{1 + (\frac{r_h}{r})^2} \quad (2.21)$$

Namun nilai D_{50} tidak memperhitungkan efek negative dari bising latar belakang. Namun perlu diketahui bahwa D_{50} salah satu upaya paling awal untuk menghitung secara kuantitatif pengaruh akustik ruangan pada kejelasan bicara. Sedangkan untuk prediktor yang paling teruji untuk *speech intelligibility* di ruang kelas, yang menggunakan konsep rasio *useful-to detrimental*, yang merupakan

variasi dari Q, ditemukan oleh Bradley (Bardley, 1986). Adapun rasio suara *useful-to detrimental*, dengan batas waktu awal (early sound) 0,05 s, yang dinyatakan dalam decibel disebut sebagai U_{50} , lebih cocok untuk evaluasi *speech intelligibility* di ruang kelas dan ruang berukuran serupa :

$$U_{50} = \frac{1 + \left(\frac{r_h}{r}\right)^2 - e^{-0.69/T}}{e^{-0.69/T} + 10^{(L_n - L_r)/10}} \quad (2.22)$$

Dengan asumsi nilai $V/S = 1$ m, dan bentuk ruangan dalam kotak, maka nilai SNR ($10^{(L_n - L_r)/10}$) dapat dituliskan dengan persamaan dibawah ini :

$$10^{\frac{(L_n - L_r)}{10}} = 10^{\frac{(L_n - L_{classroom})}{10}} = \left[0,0032 \cdot \frac{V \cdot q}{T} \cdot e^{\frac{0,16}{T}} \cdot 10^{(L_n - L_{sp1m})/10} \right] \quad (2.23)$$

dengan

L_{sp1m} = Level suara pada jarak 1 meter di depan sumber bunyi/ pembicara.

Bardley melakukan percobaan serangkaian *Articulation test*, pengukuran akustik ruang di 10 ruang kelas berpenghuni, dengan siswa berusia 12-13 tahun dan jam sekolah menggunakan tes Rhyme Fairbank (Bardley, 1986). Respon impuls ruang didapatkan dengan menggunakan tembakan pistol sebagai sumber bunyi. Rasio *useful-to-detrimental* digunakan untuk dihitung dari respon impuls ruang yang sudah difilter pada pita oktaf, dan disimpulkan bahwa ambang batas pemisahan suara 0.05 s lebih baik dari pada 0.08 untuk memprediksi nilai *speech intelligibility* di ruang kelas, sehingga dari percobaanya didapatkan persamaan berikut ini (1000 Hz) :

$$SI = -0,838 \cdot (U_{50})^2 + 1,027 \cdot (U_{50}) + 99,42 \text{ (\%)} \quad (2.24)$$

Bistafa dan Bradley dalam penelitiannya juga menemukan hubungan antara nilai U_{50} dan STI, yang dituliskan pada persamaan di bawah ini (Bistafa & Bardley, 2000):

$$U_{50} = 28 \cdot STI - 16 \quad (2.25)$$

Namun menurut Hodgson, apa yang dilakukan Bradley kurang sesuai dengan kondisi sebenarnya, karena Bistafa dan Bradley tidak mempertimbangkan efek negatif dari gema terhadap tingkat kebisingan total, dimana nilai $L_n - L_{sp1m}$ sebagai parameter input yang mendeskripsikan perbedaan tingkat *signal-to-noise*, dimana nilai L_{sp1m} tidak bergantung pada efek ruang. Sedangkan pada

kenyataannya nilai L_{sp1m} , pada sebuah sumber dengan *directivity index* q , nilai $L_{sp1m} = L_{ws} - 10 \log(q_s) + 11 \text{ dB}$ bernilai konstan. Efek ruang diperhitungkan sebagai peningkatan bicara karena dengung, padahal dijelaskan bahwa L_n adalah tingkat kebisingan total, yang artinya termasuk efek dari dengung itu sendiri. Karena prediksi nilai L_n , dan $L_n - L_{sp1m}$ bernilai konstan, jadi secara efektif itu adalah L_n . Sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat kebisingan total tidak mengalami peningkatan, saat waktu dengung diperpanjang, dan efek buruk dari dengung tersebut tidak dimodelkan (Hodgson & Nosal, 2002).

Pada penelitiannya terkait prediksi waktu dengung optimal, Hodgson dan Nosal, fokus pada sumber bising disekitar kelas (proyektor, ventilasi, dan penghuni), serta penentuan *speech intelligibility* menggunakan U_{50} . Sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya bahwa U_{50} menggunakan konsep rasio *useful-to-detrimental*, dan jarak reverberasi (*reverberation distance*) adalah jarak saat total energi yang dipantulkan sama dengan yang energi langsung, namun untuk mendapatkannya Hodgson dan Nosal menggunakan pendekatan yang berbeda, yaitu menggunakan persamaan waktu dengung Eyring sebagai berikut :

$$T = \frac{24 \cdot L_n(10)}{c[4mV - S \ln(1-\alpha)]} \quad (2.26)$$

dimana

S : luas permukaan (m^2)

m : eksponen absorpsi udara (Np/m)

setelah dilakukan pendekatan, maka ditentukan

$$1 - \alpha = \exp\left[\left(\frac{4V}{S}\right)\left(m - \frac{k}{c}\right)\right] \quad (2.27)$$

$$k = \frac{\ln 10^6}{T} \quad (2.28)$$

Menggunakan persamaan Kuttruff untuk kerapatan energy dipantulkan berikut :

$$E_r = - \frac{4 W (1-\alpha)}{S \ln(1-\alpha)} \quad (2.29)$$

dengan W adalah daya bunyi dari sumber dan nilai $E_d = E_r$ dengan $r_s = r_h$ pada persamaan E_d , maka nilai r_h^2 dapat ditulis sebagai berikut:

$$r_h^2 = \frac{q V (k-mc) \exp\left[\left(\frac{4V}{S}\right)\left(\frac{k}{c}-m\right)\right]}{4\pi c} \quad (2.30)$$

Sehingga terlihat bahwa

$$E_e = E_r(1 - e^{-k/20}) \quad (2.31)$$

$$E_l = E_r e^{-k/20} \quad (2.32)$$

Kemudian, untuk penentuan *long-term anechoic* tingkat bunyi pada jarak 1 meter didepan sumber (L_{sfl}), dan L_d adalah tingkat tekanan bunyi langsung, dan E_s adalah kerapatan energy bunyi pada jarak satu meter ($w \text{ s/m}^3$), maka dapat dituliskan (Hodgson & Nosal, 2002):

$$L_d - L_{sfl} = 10 \log \left(\frac{E_d}{E_s} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{r_h^2} \right) \quad (2.33)$$

$$\frac{\rho c^2 E_d}{P_0^2} = \frac{10^{L_{sfl}/10}}{r_h^2} = \frac{\rho c^2 E_r}{P_0^2} \quad (2.34)$$

dengan $P_0^2 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

Kemudian, dari persamaan (30) kita dapatkan bahwa

$$\frac{r_{hn}^2}{q_n} = \frac{r_{hs}^2}{q_s} \quad (2.35)$$

Dimana *subscript s* merujuk pada wicara (*speech*) dan *npada* bising (*noise*), kemudian dengan langkah yang sama maka pada speaker didapatkan :

$$\frac{\rho c^2 E_n}{P_0^2} = \frac{\rho c^2}{P_0^2} (E_{nd} + E_{nr}) = 10^{L_{nfl}/10} \left(\frac{1}{r_h^2} + \frac{1}{r_{hn}^2} \right) \quad (2.36)$$

Dengan E_{nd} adalah kerapatan energi langsung dari sumber bising, dan E_{nr} adalah kerapatan energi dipantulkan dari sumber bising, L_{nfl} adalah *long-term anechoic* tingkat bising pada jarak 1 meter dari sumber bising. etelah dikombinasikan dan disederhanakan sehingga menjadi persamaan berikut ini :

$$U_{50} = 10 \log \left(\frac{\left(\frac{r_{hs}^2}{r_s^2} \right) + 1 - e^{-k/20}}{e^{-k/20} + 10^{\frac{(L_{nfl} - L_{sfl})}{10}} \left(\frac{r_{hs}^2}{r_n^2} + \frac{q_s}{q_n} \right)} \right) \quad (2.37)$$

Perhatikan bahwa persama 2.37, masih didasarkan pada teori medan difus, dan mengasumsikan bidang dengung spasial invarian. Dan penting untuk ditekankan, dalam Persamaan. 2.37 perbedaan level *signal-to-noise* didefinisikan sebagai nilai permanen berupa keluaran sumber *speech-and- noise*, dan tidak tergantung pada lingkungan akustik. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa ketikan nilai U_{50} maksimal pada variasi ruang dan variasi level bising serta jarak pendengar (Hodgson & Nosal, 2002), maka :

- a. Pada setiap kasus di mana sumber wicara berada pada jarak yang sama dengan atau kurang dari jarak dari sumber kebisingan ke pendengar, waktu dengung yang optimal diprediksi adalah nol.
- b. Ketika sumber kebisingan lebih dekat ke pendengar daripada pembicara, prediksi waktu dengung optimal bukan nol. Waktu dengung optimal berbanding lurus dengan volume kelas, dan menurun dengan meningkatnya perbedaan level *signal-to-noise*.

Namun, nilai rekomendasi waktu dengung yang didapatkan tidak dapat digunakan pada *speech intelligibility* optimal untuk pada pendengar yang terlalu dekat dengan speaker daripada sumber bising. Suara ruang kelas mungkin hanya memiliki satu sumber bising, seperti yang asumsi pada penjelasan diatas, namun pada kenyataannya banyak sekali sumber bising seperti ventilasi, proyektor, dan penghuni. Oleh karena itu perlu ditambahkan kontribusi dari sumber bising tersebut dengan menambahkan kerapatan energy total

$$E_n = \sum_{i=1}^m E_{ni} = \sum_{i=1}^m 10^{\frac{(Lnfli)}{10}} \left(\frac{1}{r_{ni}^2} + \frac{1}{r_{hni}^2} \right) \quad (2.38)$$

sehingga

$$Q = \frac{\left(\frac{r_{hs}^2}{r_s^2} \right) + 1 - e^{-k/20}}{e^{-k/20} + \sum_{i=1}^m 10^{\frac{(Lnfl-Lsfl)}{10}} \left(\frac{r_{hs}^2}{r_{ni}^2} + \frac{q_s}{q_{ni}} \right)} \quad (2.39)$$

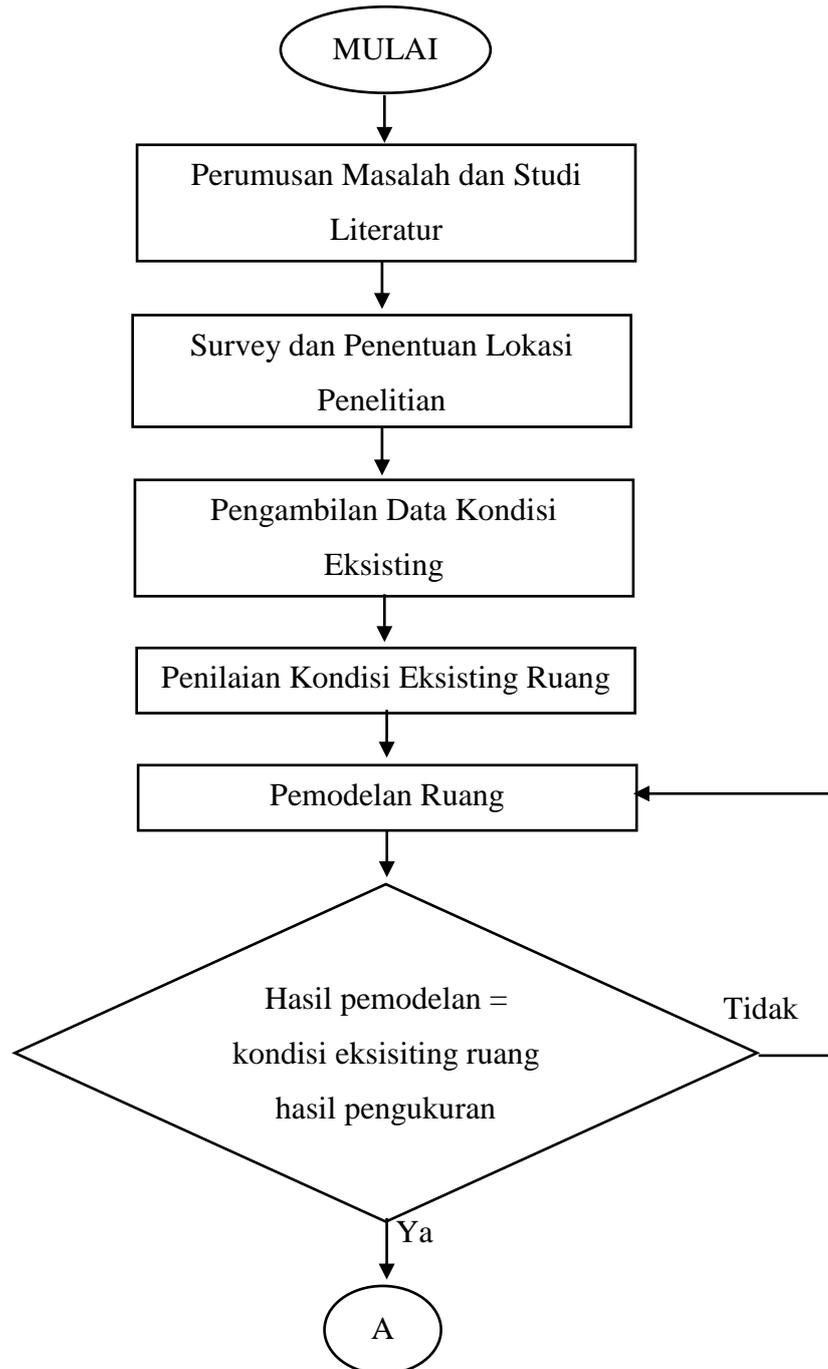
Dimana $Lnfli$ adalah *long-term anechoic* level bising pada jarak 1 meter didepan sumber bising ke-I, dan r_{ni} adalah jarak sumber bising ke-I terhadap pendengar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar prosedur penelitian ditunjukkan melalui gambar diagram alir di bawah ini :





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Perumusan Masalah dan Studi literatur

Adapun permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah pengaruh waktu dengung pada metode sound masking terhadap efektivitas *masker* di lingkungan perkantoran tapak-terbuka. Studi literatur meliputi pemahaman konsep tentang penelitian yang akan dikerjakan mulai dari review jurnal pendukung terkait konsep perkantoran tapak-terbuka – beserta masalahnya, dan juga metode pengukuran yang akan digunakan.

3.2 Survey Lokasi dan Penentuan Lokasi

Survey Lokasi bertujuan untuk mengetahui adanya masalah kebisingan dan variasi waktu dengung, berdasarkan kondisi audial. Survey ini dilakukan di lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Berdasarkan survey yang dilakukan telah ditentukan dua ruangan yang hendak digunakan sebagai objek

penelitian yaitu kantor Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) ITS dan Kantor Dekanat FT-IRS ITS, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

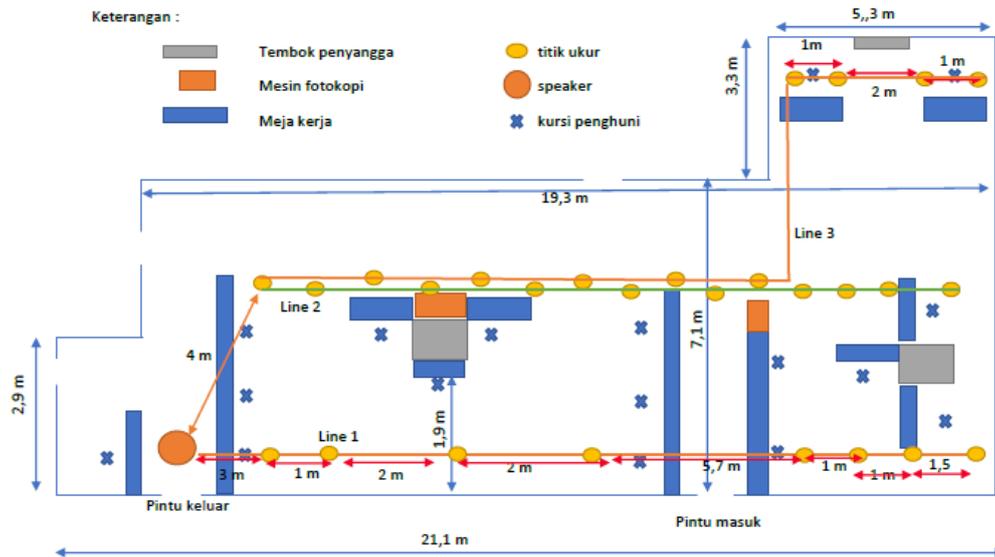
Tabel 3. 1 Perbandingan ruang DRPM dan Dekanat FT-IRS

| Parameter | Dekanat FT-IRS | DRPM ITS |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| Volume Ruang (m^3) | ± 250 | ± 670 |
| Background Noise (dB) | 43-45 | 55-56 |
| Jumlah Penghuni (orang) | 10 | 19 |
| Waktu Dengung, T30 (sekon) | 0,301 | 0,661 |

3.3 Pengambilan Data Kondisi Eksisting

Tahap ini terdiri atas dua tahapan pekerjaan yaitu merekam suara selama kegiatan berlangsung untuk mendapatkan informasi bising latar belakang dan jenis bising yang berada di lokasi penelitian, dan mengukur parameter akustik. Perekaman bising latar belakang dilakukan dengan cara meletakkan alat perekam secara sembarang di dalam kantor. Sedangkan pengukuran parameter akustik ruang diperkantoran tapak terbuka dilakukan sesuai standar prosedur ISO 3382:3. Detail skenario pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.2 (DRPM) dan Gambar 3.3 (Dekanat FT-IRS).

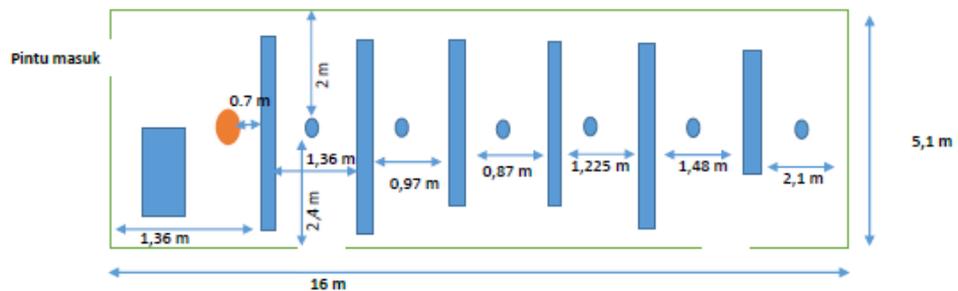
Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sumber bunyi pada suatu titik tertentu dan pelantang dibeberapa posisi dengan mengacu pada ISO 3382:3. Skenario pengukuran untuk ruangan DRPM sumber bunyi diletakkan pada posisi A, dan letak pelantang sesuai dengan titik titik pada garis dengan nama Line 1, Line 2, dan Line 3. Sedangkan untuk ruang Dekanat FT-IRS sumber bunyi diletakkan di posisi B, dan letak pelantang sesuai dengan titik-titik yang telah ditentukan sebagaimana skenario pada Gambar 3.3. Pada semua skenario, posisi sumber bunyi diletakkan di ketinggian 1.6 m dari lantai, dan pelantang setidaknya berada di ketinggian 1.2 meter dari lantai atau setara posisi telinga saat sedang duduk.



Gambar 3. 2 Skenario Pengukuran Ruang DRPM

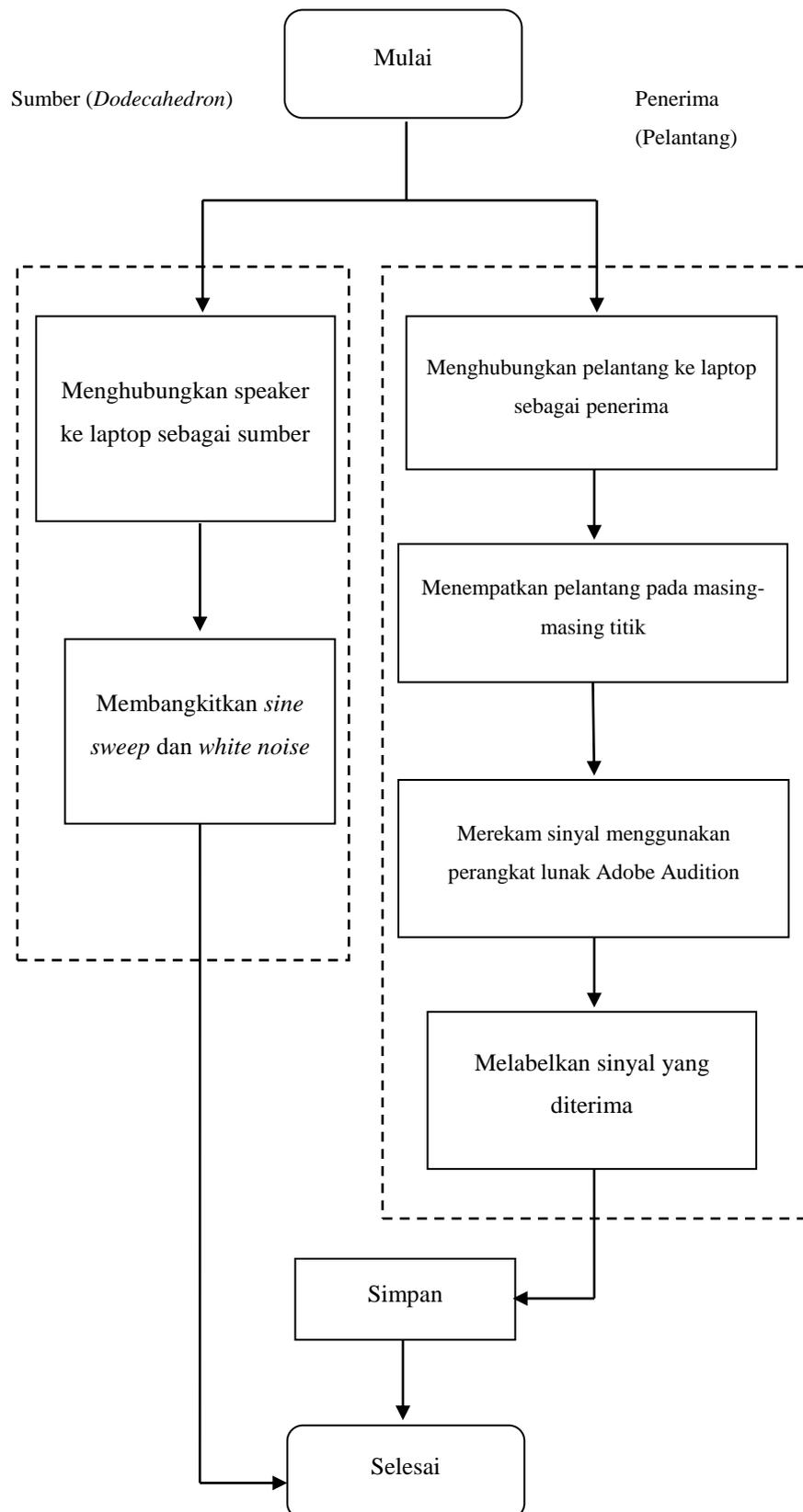
Keterangan

1. = sensor ; jarak antar sensor 2 meter
2. = sumber bunyi (dodecahedron), jarak sumber ke sensor terdekat 2 meter
3. = meja
4. Tinggi ruangan 3 meter



Gambar 3. 3 Skenario Pengukuran Ruang Dekanat FT-IRS

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan *sine sweep respond* untuk mendapatkan nilai parameter waktu dengung dan *Speech Transmission Index*, dan yang kedua menggunakan *white noise* untuk mendapatkan nilai bising latar belakang dan TTB pada tiap titik penerima (pelantang). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali, dengan langkah-langkah yang dapat dijelaskan dengan Gambar 3.4 (Nadhiroh, 2019). Adapun Gambar 3.5 menunjukkan kegiatan selama melakukan pengambilan data parameter akustik ruang di DRPM dan Gambar 3.6 di Dekanat FT-IRS.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengambilan Data (Nadhiroh, 2019)



Gambar 3. 5 Pengambilan Data Parameter Akustik berdasarkan ISO 3382:3 di DRPM ITS



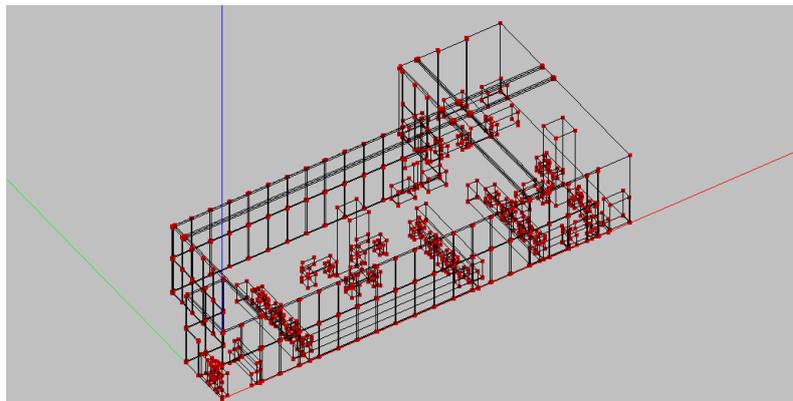
Gambar 3. 6 Pengambilan Data Parameter Akustik berdasarkan ISO 3382:3 di Dekanat FT-IRS

3.4 Penilaian Kondisi Ruang

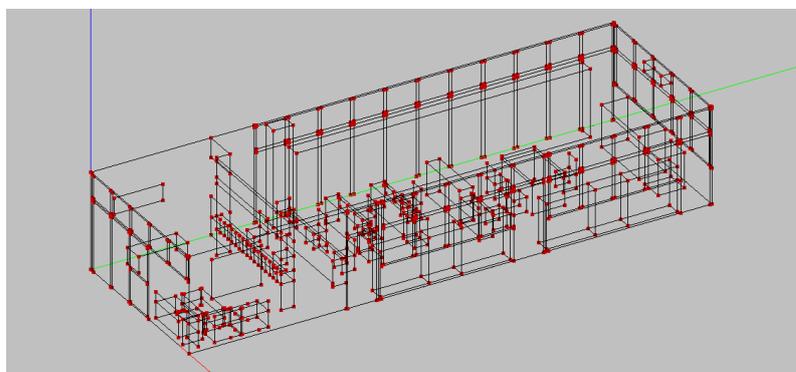
Penilaian kondisi ruang tapak terbuka didapatkan dari grafik regresi linier STI dengan jarak masing-masing dan grafik regresi linear SPL terhadap jarak penerima ke sumber yang didapatkan dari hasil pengukuran. Kemudian dari persamaan regresi linier STI tersebut didapatkan nilai jarak distraksi dan jarak privasi, sedangkan untuk persamaan regresi linear SPL dengan jarak digunakan untuk mendapatkan nilai laju peluruhan spasial dan SPL pada jarak 4 meter.

3.5 Pemodelan Ruang

Pemodelan ruang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EASE 4.4. Kemudian dilakukan simulasi akustik untuk mengetahui parameter akustik dari ruangan tersebut, sehingga hasil pemodelan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Gambar 3.7 merupakan hasil pemodelan untuk ruang DRPM dan Gambar 3.8 merupakan hasil pemodelan untuk ruang Dekanat FT-IRS.



Gambar 3. 7 Hasil Pemodelan Ruang DRPM ITS



Gambar 3. 8 Hasil Pemodelan Ruang Dekanat FT-IRS

3.6 Perancangan *Masker* dan *Target*

Masker yang akan digunakan adalah *masker database* penelitian Nadiroh. Pada perancangannya, Nadiroh melakukan perekaman *masker* dengan 5 variasi/ tipe yang terdiri atas dua, empat, enam, delapan, dan sepuluh gabungan suara yang kemudian disebut sebagai *babble speech*. Kalimat yang digunakan sebagai *masker* pada percobaan ini berupa kalimat Bahasa Indonesia sesuai dengan kaidah *International Phonetic Alphabet* (IPA) yang diucapkan oleh narasuaara laki-laki dan narasuaara perempuan. *Masker babble speech* tersebut dirancang dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB dengan menggunakan prinsip penjumlahan aljabar dengan durasi waktu yang sama (Nadhiroh, 2019). Sedangkan untuk suara target menggunakan database rekaman pada penelitian Anggrayni, sebanyak 120 kalimat sebagaimana yang terdapat pada lampiran 4 (Anggrayni, 2014).

Langkah selanjutnya, dalam perancangan *masker* dan target yaitu menambahkan efek dengung pada bunyi target dan *masker*, dengan *source code* Add Reverberation (Lampiran 1) dengan menggunakan *software* MATLAB. Adapun pada *source code* tersebut terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk menamahkan efek dengung, yang nilainya didapatkan dengan cara *trial and error*. Untuk mengetahui apakah efek dengung yang ditambahkan sudah sesuai dengan kondisi ruang yang sebenarnya, maka dilakukan validasi menggunakan bunyi *sinesweep*.

Tahapan validasi ini yaitu menambahkan efek dengung pada bunyi *sinesweep*. Kemudian bunyi *sine sweep* yang telah ditambahi efek dengung diolah dengan menggunakan metode ESS (*Exponential Sine Sweep*) untuk didapatkan respon impuls-nya, dari respon impuls tersebut didapatkan nilai waktu dengung dan karakteristik akustik ruang lainnya. Setelah itu dibandingkan hasilnya dengan hasil percobaan lapangan, apabila karakteristik akustiknya sudah sesuai atau menyerupai kondisi aslinya, maka di tetapkan parameter yang digunakan untuk menambahkan efek dengung. Berdasarkan *trial and error* yang dilakukan, maka ditetapkan nilai parameter untuk penambahan efek dengung sebagaimana yang tertulis pada tabel 3.2.

Masker dan target yang telah ditambahkan efek dengung, kemudian digabungkan dengan menggunakan penjumlahan SNR. Terdapat dua nilai SNR yang digunakan yaitu 0 dB yang mengasumsikan volume suara *masker* target sama dan SNR 5 dB, yang artinya bunyi target volume suaranya lebih tinggi 5dB dari suara *masker*. Kemudian stimuli inilah yang nantinya diujikan baik secara objektif maupun subjektif.

Tabel 3. 2 Parameter Penambahan Efek Dengung

| Parameter | Waktu Dengung | |
|--------------------------------|---------------|----------|
| | 0.6091 | 0.3297 |
| <i>Pre-Delay</i> | 0.000025 | 0.000025 |
| <i>Wet Dry Mix</i> | 1 | 0,95 |
| <i>Diffusion</i> | 0,75 | 0,63 |
| <i>Decay Factor</i> | 0,92 | 0,95 |
| <i>High Frequency Cutt Off</i> | 20000 | 20000 |
| <i>High Frequency Damping</i> | 0,21 | 0,19 |
| <i>Sample Rate</i> | 44100 | 44100 |

3.7 Pengujian *Masker*

Secara garis besar, pengujian efektivitas *masker* dilakukan dengan 4 skenario yaitu Target Wanita – *Masker Wanita* (WW), Target Wanita- *Masker Pria* (WP), Target Pria – *Masker Wanita* (PW), dan Target Pria- *Masker Pria* (PP), serta tambahan untuk Target Tanpa *Masker* (T). Hasil pengujian dari skenario pengujian tanpa *masker* ini kemudian dijadikan sebagai variabel kontrol dan dibandingkan dengan hasil pengujian lainnya. Tahap pengujian ini terbagi menjadi tiga, yakni pengujian pengaruh jumlah *talker* pada *babble speech masker*, pengaruh SNR *masker* dan target yang dibangkitkan dan pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker*.

Pada pengujian pengaruh jumlah *talker* pada *babble speech masker*, tipe *masker* yang dibangkitkan adalah *masker* 2, 4, 6, 8, dan 10 *talkers* (T) untuk setiap skenario, dengan nilai SNR target dan *masker* yaitu 0 dB dan 5 dB, dimana *masker* sebagai *noise* untuk setiap waktu dengung yang ditentukan yaitu 0 sekon, 0,3 sekon, dan 0,6 sekon. Kemudian untuk pengujian pengaruh nilai SNR *masker* dan target

dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan level *masker* terhadap efektivitas *masker*. Adapun variasi yang dilakukan adalah SNR 0 dB, dan SNR 5 dB. Pemilihan SNR 0 dB merepresentasikan sebuah kondisi di dalam ruangan apabila jarak *masker* dan target berdekatan, dalam hal ini jika mengacu pada hasil pengukuran berada pada jarak satu meter. Nilai SNR 5 dB mewakili kondisi saat *masker* dan target sedikit berjauhan, jika mengacu pada hasil pengukuran maka berada pada jarak 5-8 meter. Ketiga, pengujian pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker*. Adapun variasi yang dilakukan yaitu 0 sekon, 0,3 sekon, dan 0,6 sekon. Pada tahap pengujian *masker* ini dilakukan menjadi dua tahap yaitu pengujian objektif dan pengujian subjektif.

3.7.1 Pengujian Objektif

Uji objektif dilakukan dengan menggunakan parameter *Speech Transmission Index* (STI) untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan *masker* dan efek dengung terhadap kejelasan wicara. Penentuan nilai STI dilakukan dengan menggunakan metode langsung yaitu dengan menggunakan sinyal uji yang dimodulasi, dengan file suara yang digunakan sebagai referensi adalah suara target.

3.7.2 Pengujian Subjektif

Pengujian subjektif dilakukan untuk mengetahui persepsi telinga pendengar terhadap penambahan *masker* dengan menggunakan *%correct word*. Uji subjektif ini dilakukan dengan melibatkan 25 orang naracoba. Uji subjektif ini, dilakukan dengan cara memperdengarkan rekaman suara/percakapan secara online kepada naracoba menggunakan variasi stimuli dari paling mudah hingga sulit. Terdapat 120 kalimat yang terdiri atas 60 kalimat dengan suara wanita, dan 60 suara laki-laki, dengan total 866 kata yang digunakan menjadi kalimat target, masing-masing kalimat hanya digunakan untuk satu skenario percobaan sebagaimana yang terdapat pada Lampiran 4. Sedangkan untuk kalimat *masker*, terdiri dari 20 kalimat berbeda yang terdiri atas 10 kalimat suara pria dan 10 kalimat suara wanita. Adapun urutan stimulus yang diberikan yaitu, pertama adalah 40 kalimat target tanpa dengung (20 laki-laki, 20 perempuan), kemudian 40 kalimat target dengan efek dengung 0,3 sekon, selanjutnya 40 kalimat target dengan efek dengung 0,6 sekon. Setelah itu, naracoba diperdengarkan suara uji yang merupakan gabungan suara *masker* dan target, dengan urutan suara uji tanpa dengung SNR 5 dB, suara uji tanpa dengung

SNR 0 dB, suara uji dengan dengung 0,3 sekon SNR 5 dB, suara uji dengan dengung 0,3 sekon SNR 0 dB, suara uji dengan dengung 0,6 sekon SNR 5 dB, dan terakhir suara uji dengan dengung 0,6 sekon SNR 0 dB. Berikut ini merupakan prosedur uji subjektif yang dilakukan:

- a. Pertama, naracoba mempersiapkan alat yang dibutuhkan yaitu *earphone*, laptop/HP, alat tulis.
- b. Setelah itu, file suara yang akan diujikan dan lembar isian yang telah disediakan dibuka
- c. *Earphone/ headphone* dipasang, kemudian atur volume suara sampai naracoba merasa cukup nyaman.
- d. Apabila naracoba sudah siap dan nyaman, putar file suara yang telah disediakan, dan didengarkan dengan focus dan seksama, dengan catatan file suara hanya boleh diputar satu kali.
- e. Kalimat atau kata yang dapat didengar oleh naracoba, dituliskan kembali pada lembar isian yang telah disediakan.
- f. File suara yang didengarkan harus berurutan sesuai dengan penamaan yang telah diberikan.
- g. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah kata yang benar dituliskan oleh naracoba, yang kemudian ditampilkan dalam persentase.
- h. Terakhir, data disajikan dalam bentuk diagram Box-Plot untuk mempermudah analisis data.

3.8 Peralatan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi:

- a. Sumber Bunyi *Omnidirectional (Dodecahedron Speaker)*, sebagai sumber bunyi ketika melakukan pengukuran parameter akustik ruang berdasarkan ISO 3382:3 – 2012.
- b. Laptop, untuk membangkitkan sumber suara yang berasal dari menu *signal generator* perangkat lunak RTA – Yoshimasa, dan merekam suara dengan menggunakan perangkat lunak Adobe Audition untuk mendapatkan sinyal rekam dalam format *.wav*, dan untuk pengolahan data.

- c. *Amplifier* SAMSON SXD5000, sebagai penguat sinyal audio yang disebut sebagai *gain*.
- d. *Soundcard* Focusrite 2.3.3, sebagai penghubung antara *speaker* dan komputer yang terinstall perangkat lunak Adobe Audition yang memiliki fungsi sebagai *Digital Converter to Analog Converter*.
- e. Alat perekam *Omnidirectional* dBX – RTA Measurement, untuk menangkap sinyal suara selama percobaan berlangsung. Respon frekuensi berada pada rentang 20 Hz - 20 kHz dengan sensitivitas sebesar -63 dB.
- f. Alat rekam H_{4n} , untuk merekam bising latar belakang ruangan yang hendak digunakan.
- g. *Headphone*, digunakan untuk mendengarkan hasil percobaan saat uji subjektif.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Parameter Akustik Ruang Kondisi Eksisting

Tingkat gangguan wicara dan tingkat privasi didapatkan dari analisis hasil pengukuran menggunakan metode perhitungan sesuai dengan ISO 3382:3 2012. Peletakan sumber bunyi dan penerima juga diperhatikan pada saat pengambilan data. Sumber bunyi yang digunakan bersifat *omnidirectional* dan diletakkan pada posisi 1,6 meter diatas lantai, pada kedua ruangan sumber bunyi diletakkan di depan meja resepsionis, yang berpotensi menimbulkan kebisingan. Sedangkan posisi penerima diletakkan 1,2 meter dari lantai dengan masing-masing titik mewakili tiap meja kerja.

Selain itu, untuk mengetahui pengaruh dari properti atau furnitur yang terdapat pada masing-masing meja kerja, maka penempatan sumber dan penerima dibuat membentuk garis lurus, dengan penambahan jarak tertentu sesuai dengan Gambar 3.2 dan 3.3 agar mudah saat proses analisis data dan penentuan jarak distraksi, jarak privasi, serta nilai dari laju peluruhan spasial. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan didapatkan nilai SPL dan STI terhadap jarak sebagaimana yang terdapat di Tabel 4.1 (DRPM) dan Tabel 4.2 (Dekanat FT-IRS) berikut ini.

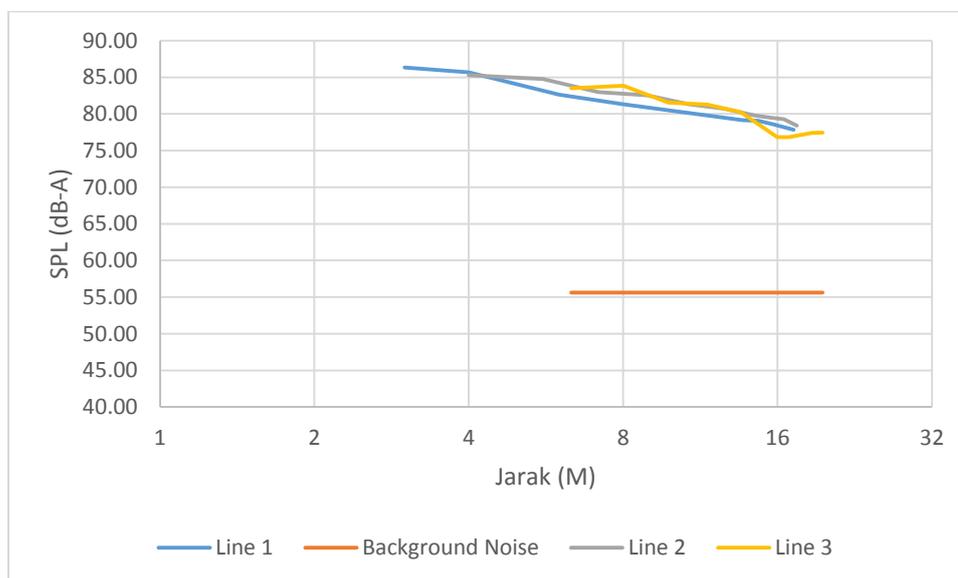
Tabel 4. 1 Nilai SPL Ruang DRPM

| TITIK | LINE 1 | | | LINE 2 | | | LINE 3 | | |
|-------|-----------|------------|-------|-----------|------------|-------|-----------|------------|-------|
| | JARAK (m) | SPL (dB-A) | STI | JARAK (m) | SPL (dB-A) | STI | JARAK (m) | SPL (dB-A) | STI |
| 1 | 3 | 86,33 | 0,651 | 4,00 | 85,28 | 0,608 | 6,34 | 83,52 | 0,568 |
| 2 | 4 | 85,68 | 0,629 | 5,59 | 84,75 | 0,584 | 8,01 | 83,85 | 0,584 |
| 3 | 6 | 82,61 | 0,593 | 7,16 | 82,97 | 0,584 | 9,81 | 81,56 | 0,550 |
| 4 | 8 | 81,33 | 0,592 | 8,90 | 82,56 | 0,585 | 11,67 | 81,28 | 0,524 |
| 5 | 13,7 | 79,16 | 0,522 | 10,73 | 81,33 | 0,552 | 13,57 | 80,22 | 0,531 |
| 6 | 14,7 | 79,05 | 0,518 | 12,62 | 80,73 | 0,530 | 15,98 | 76,83 | 0,520 |
| 7 | 15,7 | 78,57 | 0,516 | 14,53 | 79,74 | 0,516 | 16,86 | 76,84 | 0,540 |
| 8 | 17,2 | 77,84 | 0,529 | 15,50 | 79,5 | 0,485 | 18,66 | 77,38 | 0,524 |
| - | - | - | - | 16,47 | 79,28 | 0,476 | 19,58 | 77,46 | 0,501 |
| - | - | - | - | 17,44 | 78,42 | 0,488 | - | - | - |

Tabel 4. 2 Nilai SPL Ruang Dekanat FT-IRS

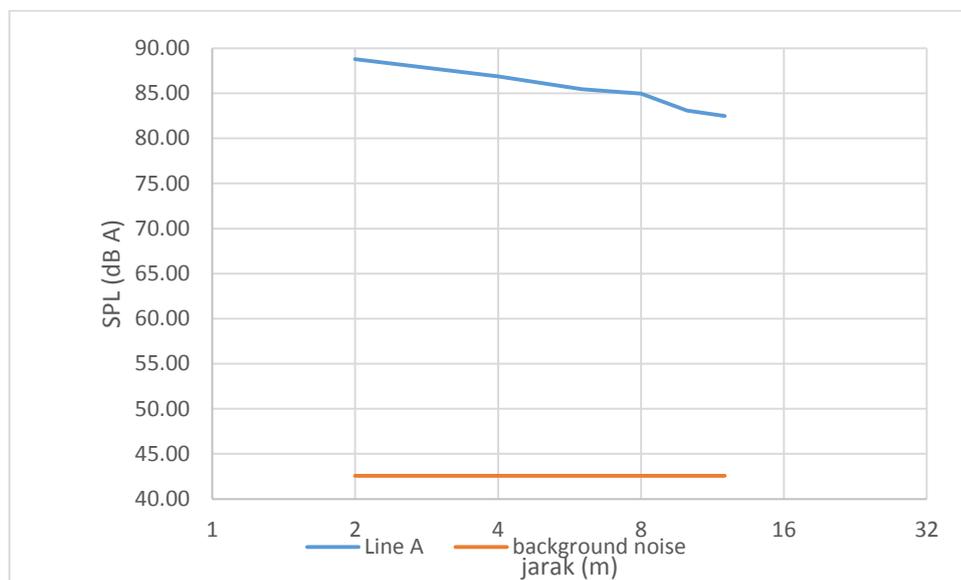
| Data Dekanat | | | |
|---------------------|------------------|-------------------|------------|
| TITIK | JARAK (m) | SPL (dB-A) | STI |
| 1 | 2 | 88,79 | 0,695 |
| 2 | 4 | 86,87 | 0,675 |
| 3 | 6 | 85,45 | 0,654 |
| 4 | 8 | 84,97 | 0,654 |
| 5 | 10 | 83,07 | 0,652 |
| 6 | 12 | 82,49 | 0,653 |

Apabila digambarkan hubungan antara nilai SPL terhadap jarak titik penerima terhadap sumber (dengan sumbu jarak dalam skala logaritmik), maka dapat digambarkan sebagaimana pada Gambar 4.1 untuk ruang DRPM dan Gambar 4.2 untuk ruang Dekanar FT-IRS sebagai berikut:

**Gambar 4. 1** Grafik Hubungan SPL dan Jarak Ruang DRPM

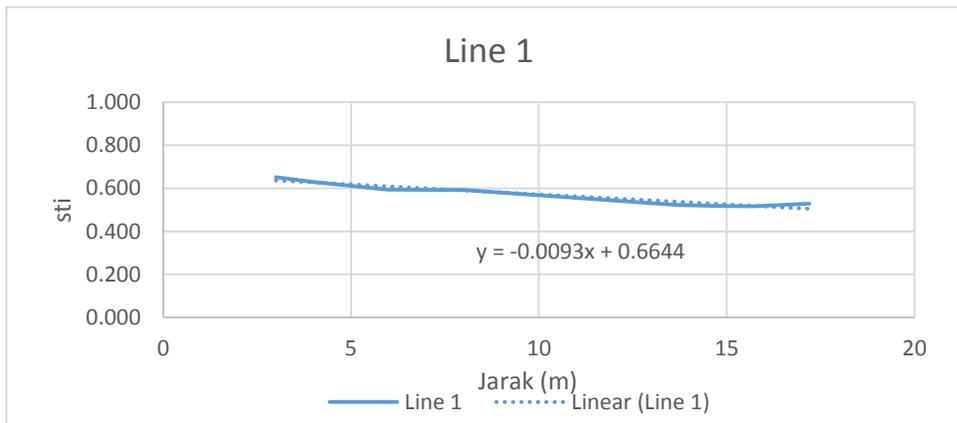
Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai SPL pada ruang DRPM mengalami penurunan selaras dengan penambahan jarak. Namun besarnya peluruhan tidak terlalu signifikan, ini menunjukkan bahwa ruangan tidak memiliki

karakteristik pantulan tertentu yang memberikan pengaruh signifikan terhadap bunyi yang diterima pendengar. Hal ini disebabkan karena jenis material penyusun ruangan yang sebagian besar adalah material reflektif dengan koefisien absorpsi cukup rendah. Begitu pula dengan ruang Dekanat FT-IRS, pada Gambar 4.2 menjelaskan bahwa peluruhan SPL tidak terlalu signifikan, menunjukkan bahwa ruangan tidak memiliki karakteristik tertentu yang memberikan pengaruh signifikan terhadap bunyi yang diterima pendengar.

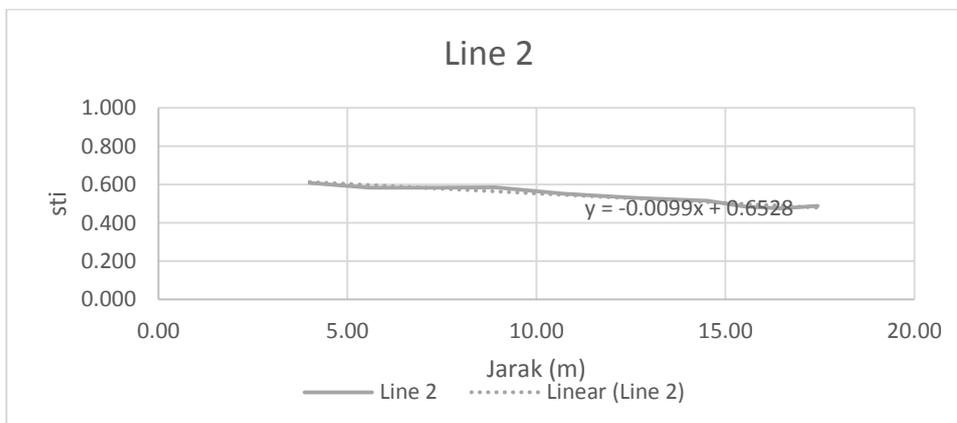


Gambar 4. 2 Grafik Hubungan SPL dan Jarak Ruang Dekanat FT-IRS

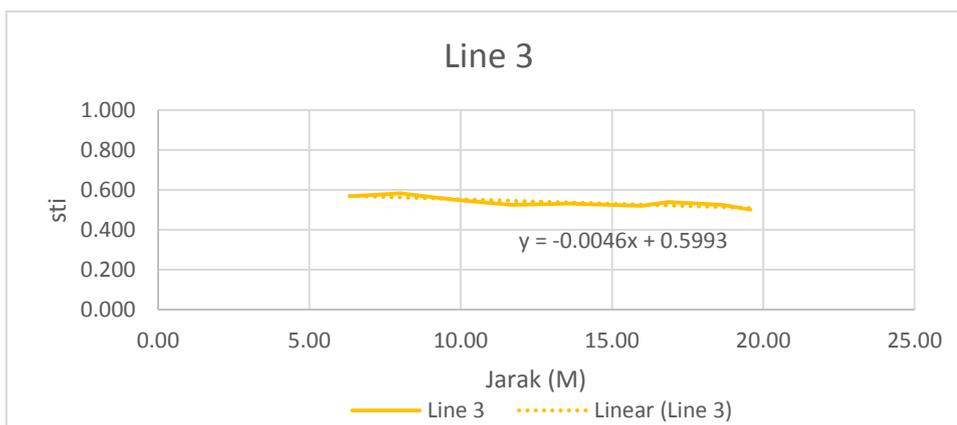
Untuk mengetahui besar jarak privasi dan jarak distraksi pada suatu ruangan, maka dibuatlah grafik regresi linier STI terhadap jarak masing-masing penerima ke sumber yang ditunjukkan dengan garis 'Linear' (Gambar 4.3, 4.4, 4.5, dan 4.6). Berdasarkan hubungan tersebut (STI terhadap jarak pada tiap posisi penerima) dapat diketahui pengaruh dari tingkat penyerapan partisi terhadap tingkat privasi wicara. Pada Gambar 4.3- 4.5, STI pada Ruang DRPM berkurang tiap penambahan jarak, walaupun terdapat beberapa posisi yang mengalami sedikit kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa energi suara yang ditransmisikan dari sumber ke posisi penerima berkurang akibat adanya sebagian suara yang diabsorpsi oleh partisi di ruangan, sehingga dapat dikatakan bahwa partisi ruangan tersebut bekerja dengan cukup baik.



Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang DRPM (Line 1)



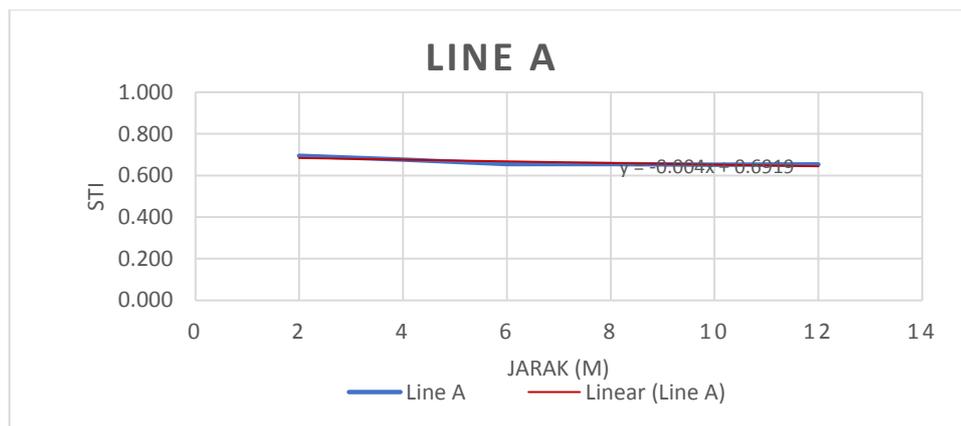
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang DRPM (Line 2)



Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang DRPM (Line 3)

Pada Gambar 4.6, nilai STI pada ruang Dekanat FT-IRS mengalami penurunan tiap penambahan jarak walaupun tidak terlalu signifikan, yang menunjukkan bahwa partisi pada ruangan tersebut bekerja dengan baik, dimana

energi suara yang ditransmisikan dari sumber ke posisi berkurang akibat adanya absorpsi suara. Selain itu posisi sumber bunyi yang lebih tinggi dari penerima, menyebabkan furniture pada meja kerja tidak terlalu memberi pengaruh terhadap tingkat kejelasan suara di titik penerima.



Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara STI dan jarak Ruang Dekanat FT-IRS

4.2 Analisis Parameter Akustik Ruang berdasarkan ISO 3382:3 2012

Setelah didapatkan grafik hubungan antara SPL Pembobotan A dengan jarak, maka didapatkan laju peluruhan spasial suara (D_2S) dan SPL pada jarak 4 meter ($L_{p,A,S,4m}$) dan dari hubungan antara nilai STI terhadap jarak didapatkan jarak privasi (r_p) yang berada pada jarak dengan nilai STI 0,2 dan jarak distraksi (r_D) yang berada pada jarak dengan nilai STI 0,5 yang ditunjukkan oleh Tabel 4.3. Berdasarkan ISO 3382:3 disebutkan bahwa suatu ruangan tapak terbuka dikatakan privat apabila jarak distraksi $\leq 5m$, besarnya laju peluruhan spasial ≥ 7 dB, dan tingkat tekanan bunyi pada jarak 4 m ≤ 48 dB. Sedangkan apabila besarnya jarak distraksi $>10m$, dan laju peluruhan spasial $<5dB$, dan tingkat tekanan bunyi >50 dB maka kondisi tersebut disebut tidak privat (ISO 3382:3, 2012). Peluruhan spasial suara menunjukkan penurunan nilai SPL terhadap fungsi waktu dari suatu sumber suara yang mengeluarkan kebisingan dengan spektrum suara normal, sedangkan untuk nilai SPL pada jarak 4 meter dari sumber bunyi menunjukkan bahwa seberapa besar pengaruh refleksi terdekat terhadap SPL. Jarak distraksi menunjukkan dijarak berapa gangguan mulai mempengaruhi pekerja (ISO 3382:3, 2012).

Tabel 4. 3 Parameter Akustik Ruang Eksisting

| Parameter | DRPM ITS | | | Dekanat FT-IRS |
|--|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| | <i>Line 1</i> | <i>Line 2</i> | <i>Line 3</i> | |
| Laju Peluruhan Spasial dari Tingkat Tekanan Bunyi Pembobotan A, $D_{2,S}$, (dB _A) | 2,91 | 2,83 | 5,79 | 2,82 |
| Tingkat Tekanan Bunyi pada jarak 4 m dari sumber, $L_{p,A,S,4m}$, in dB _A | 54,9 | 55,4 | 56,3 | 47,67 |
| Bising Latar Belakang (dB _A) | 56,62 | 56,62 | 56,62 | 42,56 |
| Jarak Distraksi (m) | 17,67 | 15,43 | 21,5 | 47,97 |
| Jarak Privasi (m) | 49,93 | 45,73 | 86,8 | 122,97 |

Ruang DRPM terdiri dari 3 garis titik ukur, pertama garis Line 1 yaitu garis dari sumber bunyi ke meja kerja yang terdekat dengan bagian luar ruangan (*lobby*) memiliki jarak gangguan sebesar 17,67 meter, besarnya tingkat peluruhan spasial suara ($D_{2,S}$) sebesar 2,91 dB, dan besarnya SPL pada posisi 4 meter adalah 54,9 dB. Line 2 merupakan area tengah kantor yang dekat dengan ruang direksi dari DRPM, jarak gangguan pada ruangan ini adalah 15,43 m, laju peluruhan spasial suara sebesar 5,49 dB, dan SPL pada posisi 4 meter sebesar 55,4 dB. Garis ukur Line 3 merupakan area menuju meja kepala tata usaha memiliki jarak gangguan 21,5 meter, laju peluruhan spasial suara sebesar 5 dB, dan SPL pada jarak 4 meter dari sumber sebesar 56,3 dB.

Pada ruang Dekanat FT-IRS hanya terdapat satu line pengukuran yang masing-masing titiknya mewakili tiap meja kerja di ruangan tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai laju spasial suara sebesar 2,82 dB, SPL pada jarak 4 meter dari sumber sebesar 47,67 dB, dan jarak gangguan 47,97 meter, dimana jarak distraksi lebih besar jadi panjang ruangan. Berdasarkan analisis diatas, maka dapat dikatakan bahwa kedua ruangan tersebut tidak privat. Tidak privatnya ruang kantor adalah permasalahan yang sering dijumpai pada jenis perkantoran tapak terbuka, sehingga pekerja menjadi terdistraksi dan kontraproduktif sebagaimana penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Hedge, 1982; Suheri, Karakteristik Tingkat Privasi Bicara dalam Ruangan Tapak Terbuka (Open Plan Offices) Mengacu pada ISO 3382-3-2012, %Alcons, dan Privacy Index, 2013) (Kim & Dear, 2013).

4.3 Perbandingan Karakteristik Ruang Eksisting dan Hasil Pemodelan

Setelah dilakukan pengukuran parameter akustik ruang, maka dibuat simulasi /pemodelan ruang menggunakan perangkat lunak EASE 4.4. Berdasarkan pemodelan yang telah dibuat, didapatkan hasil perbandingan hasil pemodelan dengan kondisi sebenarnya sebagaimana yang dicantumkan pada Tabel 4.4 Untuk DRPM dan Tabel 4.5 untuk ruang Dekanat FT-IRS. Berdasarkan kedua tabel tersebut dapat dikatakan bahwa hasil pemodelan ruang sudah hampir menyerupai kondisi aslinya, namun parameter jarak distraksi dan laju peluruhan spasial dari tingkat tekanan bunyi terdapat perbedaan. Hal ini disebabkan karena pada kondisi eksisting terdapat beberapa perabot kantor yang tidak detail digambarkan pada simulasi.

Tabel 4. 4 Hasil Perbandingan Hasil Pemodelan dan Hasil Pengukuran Ruang DRPM

| Parameter | Hasil Pengukuran | Hasil Pemodelan |
|--------------------------------|------------------|-----------------|
| Volume Ruang (m ³) | 630 | 612,43 |
| Waktu dengung (s) | 0,661 | 0,542 |
| Jarak Distraksi (m) | 48,93 | 168,5 |

| | | |
|--|------|------|
| Laju Peluruhan Spasial dari Tingkat Tekanan Bunyi Pembobotan A, $D_{2,S}$, (dB _A) | 2,91 | 0.83 |
|--|------|------|

Tabel 4. 5 Hasil Perbandingan Hasil Pemodelan dan Hasil Pengukuran Ruang Dekanat FT-IRS

| Parameter | Hasil Pengukuran | Hasil Pemodelan |
|--|------------------|-----------------|
| Volume Ruang (m ³) | 250 | 248,8 |
| Waktu dengung (s) | 0,301 | 0,323 |
| Jarak Distraksi (m) | 122,97 | 248,8 |
| Laju Peluruhan Spasial dari Tingkat Tekanan Bunyi Pembobotan A, $D_{2,S}$, (dB _A) | 2,82 | 0,96 |

4.4 Pengujian Objektif *Masker* (*Speech Transmission Index*)

Pengujian objektif *masker* dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi *masker* terhadap kejelasan wicara yang dinilai menggunakan parameter *Speech Trasmision Index* (STI).

4.4.1 Pengaruh Jumlah *Talker* pada *Masker* terhadap nilai STI

Tabel 4.6 – 4.11 menunjukkan data nilai STI akibat penambahan jumlah *talker* pada *masker*, yang selanjutnya dilakukan analisis mengenai pengaruh jumlah *talker* terhadap nilai STI. Penamaan skenario pada sub sub bab ini terdiri dari informasi waktu dengung dan SNR *masker*-target, dan dituliskan sebagai (waktu dengung, SNR). Skenario (0 sekon, 5 dB) merupakan pengujian yang dilakukan pada waktu dengung 0 sekon dan SNR 5 dB. Adapun skenario uji objektif jumlah *talker* pada *masker* di waktu dengung engan nilai 0 sekon, 0,3 sekon, dan 0,6 sekon, dengan masing-masing skenario yaitu (0 sekon , 5 dB), (0 sekon, 0 dB), (0,3 sekon, 5 dB), (0,3 sekon, 0 dB), (0,6 sekon, 5 dB), (0,6 sekon, 0 dB).

Tabel 4. 6 Data STI pada skenario (0 sekon, 5 dB)

| 0 sekon; 5 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | | | | | |
|---------------|--------|---------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | Pria | | | | | Wanita | | | | |
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Target | Pria | 0.55 | 0.54 | 0.61 | 0.67 | 0.55 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.7 | 0.7 |
| | Wanita | 0.58 | 0.63 | 0.55 | 0.56 | 0.51 | 0.64 | 0.58 | 0.63 | 0.56 | 0.63 |

Tabel 4. 7 Data STI pada skenario (0 sekon, 0 dB)

| 0 sekon; 0 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | | | | | |
|---------------|--------|---------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | Pria | | | | | Wanita | | | | |
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Target | Pria | 0.57 | 0.47 | 0.53 | 0.51 | 0.6 | 0.66 | 0.67 | 0.44 | 0.45 | 0.64 |
| | Wanita | 0.92 | 0.76 | 0.66 | 0.62 | 0.74 | 0.73 | 0.61 | 0.63 | 0.57 | 0.48 |

Tabel 4. 8 Data STI pada skenario (0,3 sekon, 5 dB)

| 0,3 sekon; 5 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|---------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | Pria | | | | | Wanita | | | | |
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Target | Pria | 0.54 | 0.51 | 0.54 | 0.52 | 0.55 | 0.55 | 0.53 | 0.57 | 0.45 | 0.61 |
| | Wanita | 0.55 | 0.49 | 0.58 | 0.59 | 0.44 | 0.49 | 0.48 | 0.45 | 0.49 | 0.52 |

Tabel 4. 9 Data STI pada skenario (0,3 sekon, 0 dB)

| 0,3 sekon; 0 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|---------------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | Pria | | | | | Wanita | | | | |
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Target | Pria | 0.46 | 0.47 | 0.43 | 0.41 | 0.47 | 0.56 | 0.52 | 0.46 | 0.52 | 0.45 |
| | Wanita | 0.49 | 0.53 | 0.47 | 0.55 | 0.46 | 0.56 | 0.41 | 0.44 | 0.5 | 0.46 |

Tabel 4. 10 Data STI pada skenario (0,6 sekon, 5 dB)

| 0,6 sekon; 5 dB | | MASKER | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|-----|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | Pria | | | | | Wanita | | | | |
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Target | Pria | 0.4 | 0.4 | 0.41 | 0.43 | 0.5 | 0.44 | 0.42 | 0.39 | 0.37 | 0.43 |
| | Wanita | 0.49 | 0.5 | 0.52 | 0.53 | 0.48 | 0.54 | 0.5 | 0.45 | 0.51 | 0.44 |

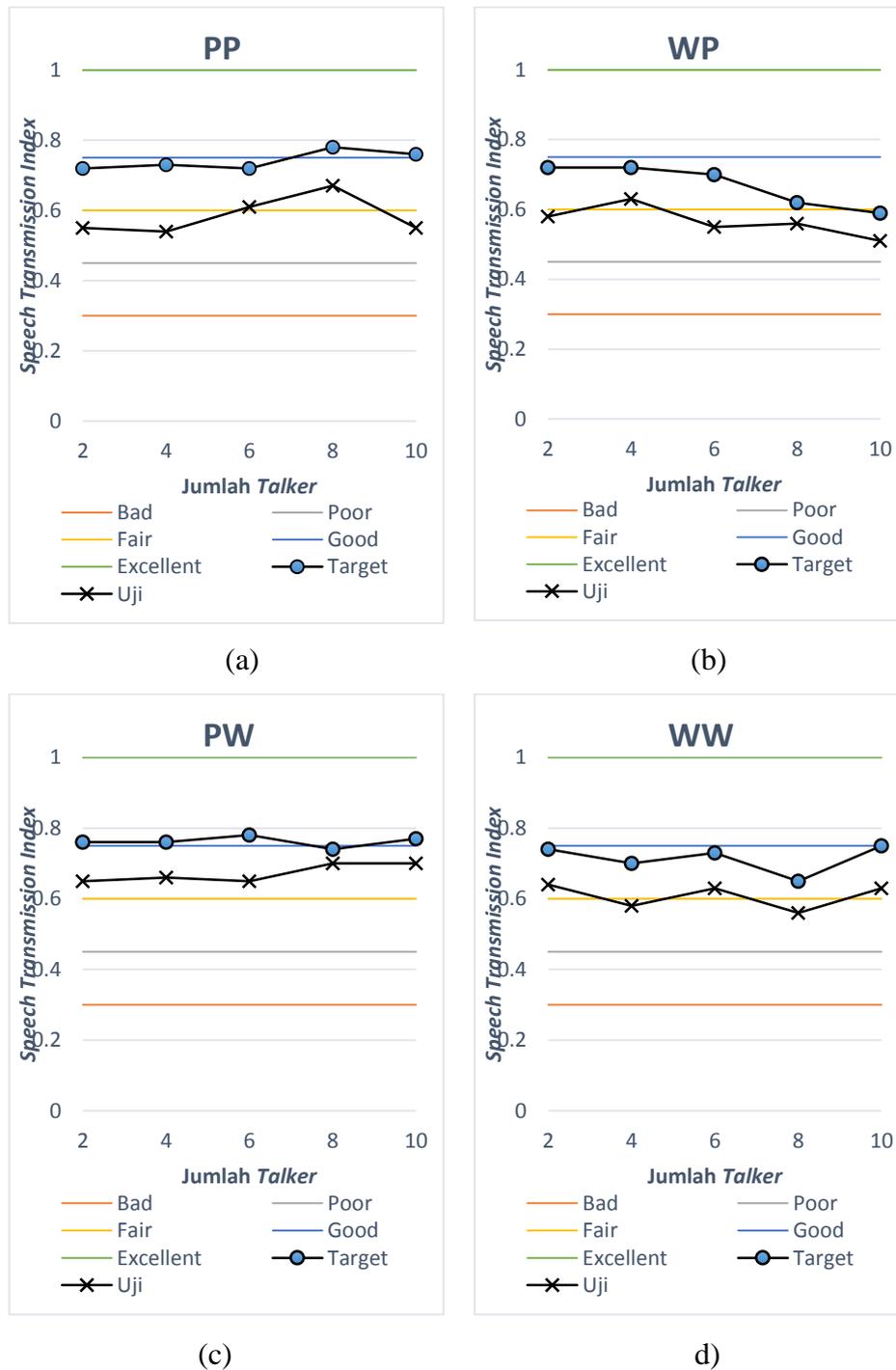
Tabel 4. 11 Data STI pada skenario (0,6 sekon, 0 dB)

| 0,6 sekon; 0 dB | | MASKER | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | | Pria | | | | | Wanita | | | | |
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Target | Pria | 0.44 | 0.42 | 0.42 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.44 | 0.39 | 0.47 | 0.47 |
| | Wanita | 0.57 | 0.47 | 0.54 | 0.43 | 0.56 | 0.5 | 0.45 | 0.43 | 0.5 | 0.44 |

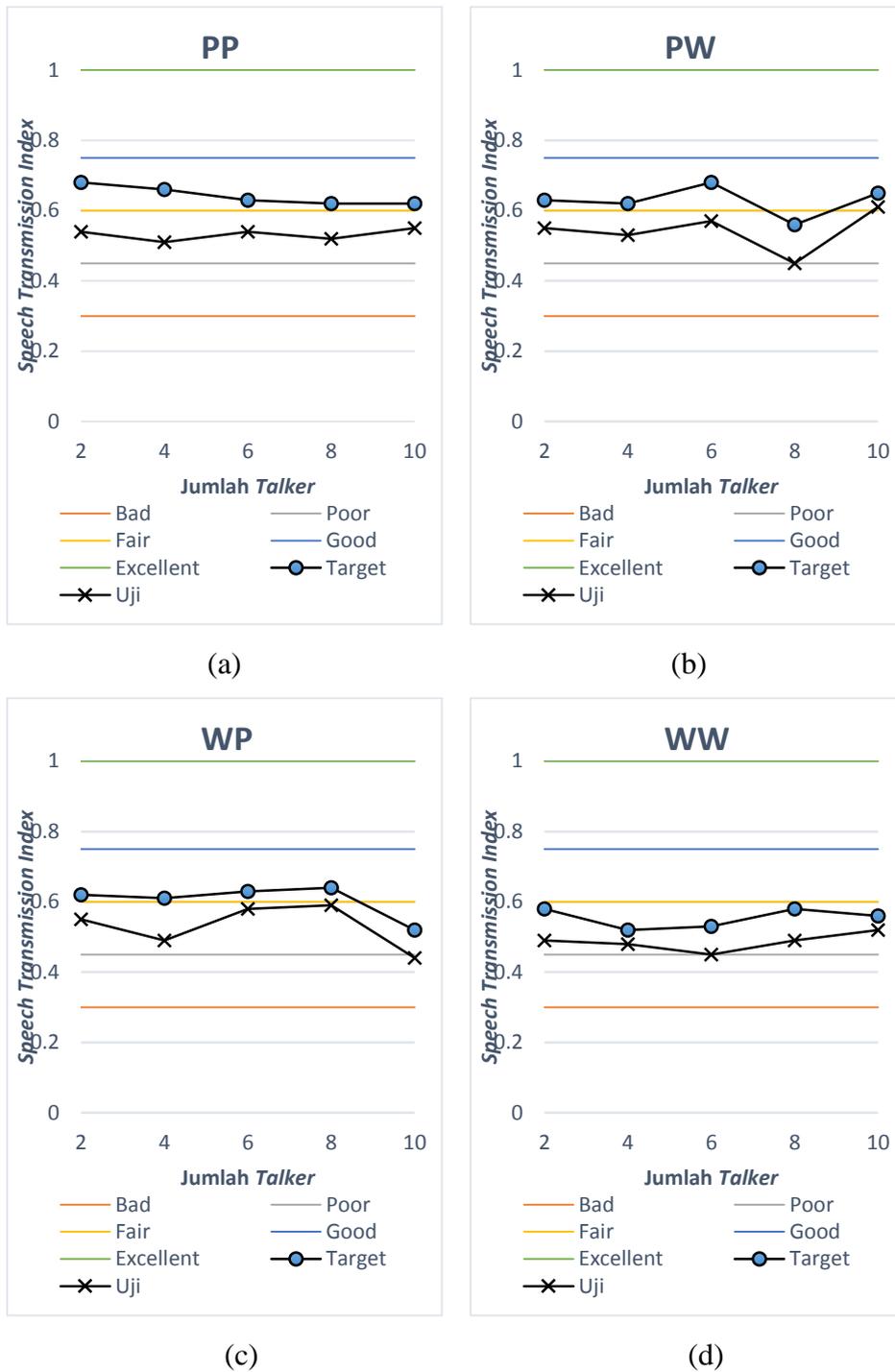
Untuk mempermudah analisis data maka dibuat grafik hubungan nilai STI terhadap jumlah *talker*. Gambar 4.7 – Gambar 4.9 merupakan grafik hubungan nilai STI terhadap jumlah *talker* dengan variasi *masker* yang dilakukan. Pada grafik hasil percobaan tersebut, sumbu-x memberikan informasi jumlah *talker* yang digunakan pada *masker* yaitu 2 sampai 10 *talker*, dan sumbu-y memberikan informasi nilai STI yang bernilai 0 sampai 1. Semakin besar nilai STI, maka semakin baik pula tingkat kejelasan suaranya, sehingga tingkat privasi menjadi makin rendah.

Kualitas STI dikategorikan menjadi 5 yaitu ‘Bad’, ‘Poor’, ‘Fair’, ‘Good’, dan ‘Excellent’. Pada grafik hasil percobaan, kategori ‘Bad’ dengan nilai <0,3 yang dibatasi dengan Garis (_____), kategori ‘Poor’ dengan rentang nilai 0,3 – 0,45 dibatasi dengan Garis (_____), kategori ‘Fair’ dengan rentang nilai 0,45 – 0,6 diabatasi dengan Garis (_____), kategori ‘Good’ dengan rentang nilai 0,6 -0,75 dibatas dengan garis (_____), dan kategori ‘Excellent’ dengan nilai .0,75 dibatasi dengan Garis (_____). (Steeneken & Houtgast, 1973). Untuk mendapatkan nilai privasi yang tinggi, maka nilai STI yang diperlukan yang semakin kecil.

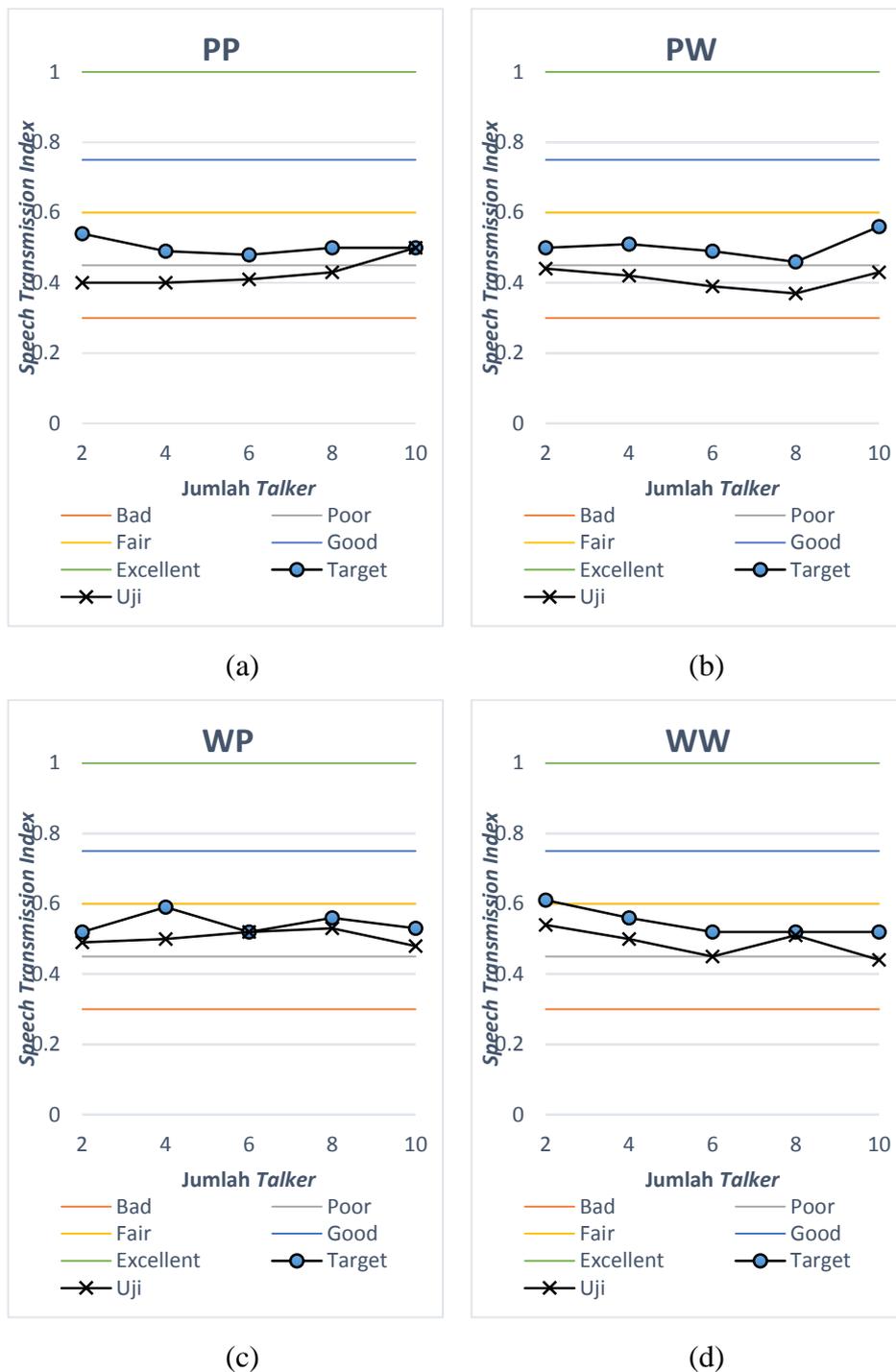
Kedua garis yang terletak pada grafik yaitu garis T digambarkan dengan garis (●—●), merupakan garis yang menunjukkan nilai STI target sebagai variabel kontrol, dan garis uji ditandai dengan garis (x—x) merupakan garis yang menunjukkan nilai STI dari variasi yang dilakukan.



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan STI dengan jumlah *Talker* skenario 0 detik dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW.



Gambar 4. 8 Grafik Hubungan STI dengan jumlah *Talker* skenario 0,3 sekon dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW.



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan STI dengan jumlah *Talker* skenario 0,3 sekon dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW.

Gambar 4.7 merupakan grafik nilai STI pada percobaan waktu dengung 0 sekon, dan SNR 5 dB. Nilai STI target berada pada rentang ‘Excellent’ dan ‘Good’ untuk semua skenario percobaan. Sedangkan akibat adanya penambahan *masker* yang ditunjukkan dengan garis “uji”, nilai STI menjadi lebih kecil, dan berada pada

rentang ‘good’ dan ‘fair’. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan *masker* terhadap penurunan STI, yang artinya penggunaan *masker* dapat menambah privasi ruangan, jika dilihat dari penurunan nilai STI. Walaupun pada percobaan *masker* dengan 8 *talker*, dan 10 *talker* pada skenario WP dan PW, penurunan nilai STI tidak begitu signifikan, dan masih berada pada rentang yang sama.

Gambar 4.8 menunjukkan nilai STI pada percobaan waktu dengung 0,3 sekon dan SNR 5 dB. Nilai STI target berada pada rentang ‘Good’ dan ‘Fair’ untuk semua skenario percobaan. Sedangkan akibat adanya penambahan *masker* yang ditunjukkan dengan garis “uji”, nilai STI menjadi lebih kecil, dan berada pada rentang ‘Fair’ dan ‘Poor’. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan *masker* terhadap penurunan STI, yang artinya penggunaan *masker* dapat menambah privasi ruangan, jika dilihat dari penurunan nilai STI. Namun pada semua skenario untuk 10 *talker*, nilai STI tidak mengalami penurunan yang signifikan, meskipun masih berada pada rentang yang sama. Begitupula yang terjadi pada percobaan 4 *talker* untuk skenario WW, yaitu dari nilai STI 0,52 menjadi 0,48.

Gambar 4.9 merupakan grafik nilai STI pada percobaan waktu dengung 0,6 sekon dan SNR 5 dB. Nilai STI target berada pada rentang ‘fair’ untuk semua skenario percobaan. Akibat adanya penambahan *masker* yang ditunjukkan dengan garis “Uji”, nilai STI mengalami penurunan menjadi berada pada rentang ‘Poor’ dan terdapat beberapa yang masih di rentang ‘Fair’, yang artinya penambahan jumlah *talker* hanya sedikit saja mempengaruhi untuk percobaan dengan waktu dengung 0,6 sekon. Pada beberapa percobaan juga tidak terjadi perubahan nilai STI, seperti pada skenario PP 10 *talker* dengan nilai STI 0,5 dan skenario PW 6 *talker* dengan nilai STI 0,52.

Untuk percobaan dengan nilai SNR 0 dB yang terdapat pada lampiran 2, secara garis besar mengalami tren penurunan. Bunyi target berada rentang ‘Excellent’, ‘Good’, and ‘Fair’, setelah ditambahkan *masker* menjadi berada pada rentang ‘Good’, ‘Fair’, dan ‘Poor’. Turunnya nilai STI, membuat kejelasan suara

menjadi lebih rendah, sehingga bisa dikatakan bahwa ruangan tersebut menjadi lebih privat.

Penurunan nilai STI akibat penambahan jumlah *talker* pada *masker* diakibatkan oleh adanya efek *Energetic Masking* (EM). Efek EM menjadi lebih dominan daripada efek *Informational Masking* (IM) karena suara target dan *masker* digabungkan langsung menggunakan penjumlahan SNR. Seiring bertambahnya jumlah *talker* pada *masker*, maka energi suara dari masing-masing pembicara akan tumpang tindih (*overlapping*) dan mengisi *spectro-temporal dips* pada *masker* dan mengurangi *glimpsing* (Rosen, Souza, Ekelund, & Majeed, 2013). Sehingga dapat dikatakan bahwa *masker* dengan 10 *talker* lebih efektif dibanding yang lainnya, karena wilayah *glimpse* menjadi semakin sedikit, yang menyebabkan kejelasan suara target menurun, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Irawati (Irawati, 2019).

4.4.2 Pengaruh SNR *Masker* dan Target terhadap Nilai STI

Tabel 4.12 – 4.13 menunjukkan data nilai STI akibat SNR *masker* dan target. Selanjutnya dilakukan analisis mengenai pengaruh SNR *masker* dan target terhadap nilai STI. Pada tabel tersebut disajikan sejumlah informasi terkait jumlah *talker*, waktu dengung, SNR dan jenis *masker* dan target. Adapun perbedaan SNR yang digunakan adalah 5 dB dan 0 dB. Pemilihan SNR 0 dB merepresentasikan sebuah kondisi di dalam ruangan apa bila jarak *masker* dan target berdekatan, dalam hal ini jika mengacu pada hasil pengukuran berada pada jarak satu meter. Nilai SNR 5 dB mewakili kondisi saat *masker* dan target sedikit berjauhan, jika mengacu pada hasil pengukuran maka berada pada jarak 5-8 meter.

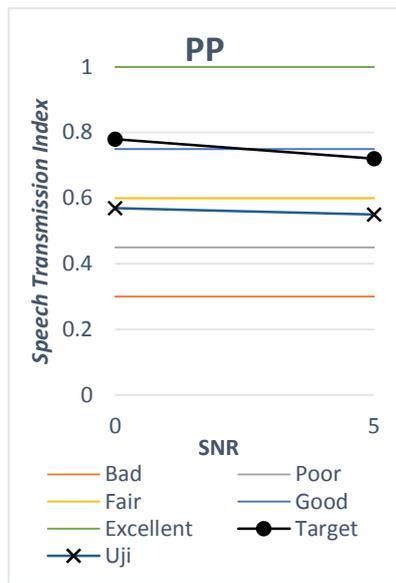
Untuk mempermudah analisis data, maka dibuat grafik hubungan nilai STI terhadap SNR. Gambar 4.10 – Gambar 4.13 merupakan grafik hubungan nilai STI terhadap SNR dengan variasi *masker* yang dilakukan. Pada grafik hasil percobaan tersebut, sumbu-x memberikan informasi SNR *masker* dan target yaitu 0 dan 5, dan sumbu-y memberikan informasi nilai STI yang bernilai 0 sampai 1. Semakin besar nilai STI, maka semakin baik pula tingkat kejelasan suaranya, sehingga tingkat privasi menjadi makin rendah. Pada bab ini grafik yang akan di tampilkan terbatas yaitu pada skenario waktu dengung 0 sekon. Skenario waktu dengung 0,3 sekon dan 0,6 sekon terdapat pada lampiran 2.

Tabel 4. 12 Data STI 2 Talker

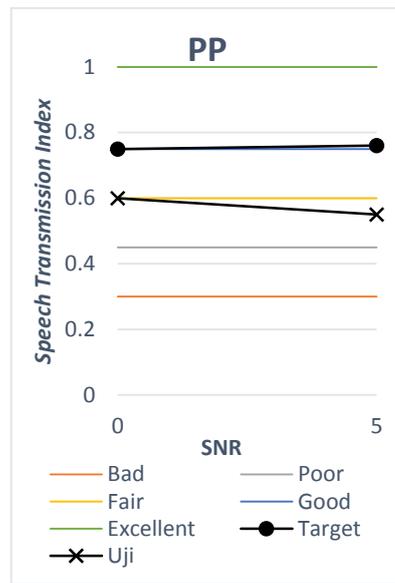
| 2 Talker | | <i>MASKER</i> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|----------------------|----------|---------------|----------|------------------|----------|---------------|----------|------------------|----------|---------------|----------|
| | | 0 sekon | | | | 0,3 sekon | | | | 0,6 sekon | | | |
| | | Pria | | Wanita | | Pria | | Wanita | | Pria | | Wanita | |
| | | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| Target | Pria | 0.55 | 0.57 | 0.65 | 0.66 | 0.54 | 0.46 | 0.55 | 0.56 | 0.4 | 0.44 | 0.44 | 0.46 |
| | Wanita | 0.58 | 0.64 | 0.64 | 0.73 | 0.55 | 0.49 | 0.49 | 0.56 | 0.49 | 0.57 | 0.54 | 0.5 |

Tabel 4. 13 Data STI 10 Talker

| 10 Talker | | <i>MASKER</i> | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|----------------------|----------|---------------|----------|------------------|----------|---------------|----------|------------------|----------|---------------|----------|
| | | 0 sekon | | | | 0,3 sekon | | | | 0,6 sekon | | | |
| | | Pria | | Wanita | | Pria | | Wanita | | Pria | | Wanita | |
| | | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| Target | Pria | 0.55 | 0.6 | 0.7 | 0.64 | 0.55 | 0.47 | 0.61 | 0.45 | 0.5 | 0.42 | 0.43 | 0.47 |
| | Wanita | 0.51 | 0.74 | 0.63 | 0.48 | 0.44 | 0.46 | 0.52 | 0.46 | 0.48 | 0.56 | 0.44 | 0.44 |

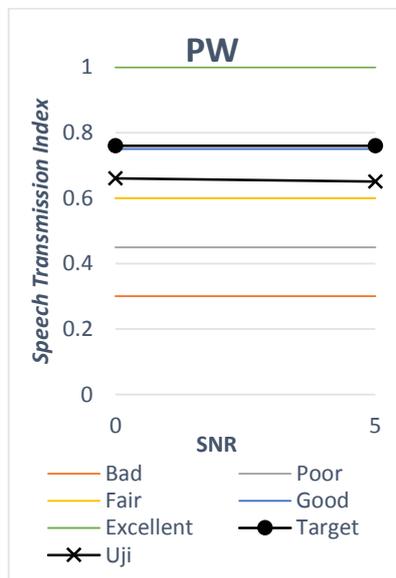


(a)

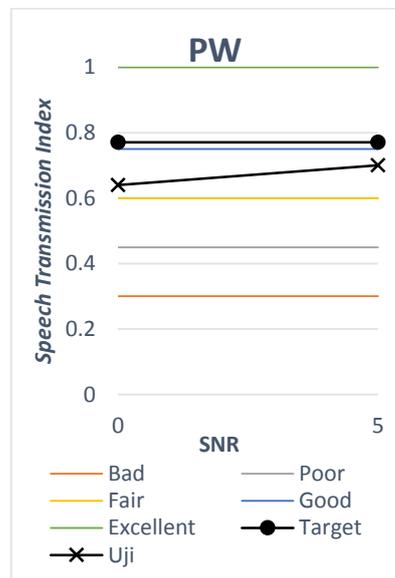


(b)

Gambar 4. 10 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*

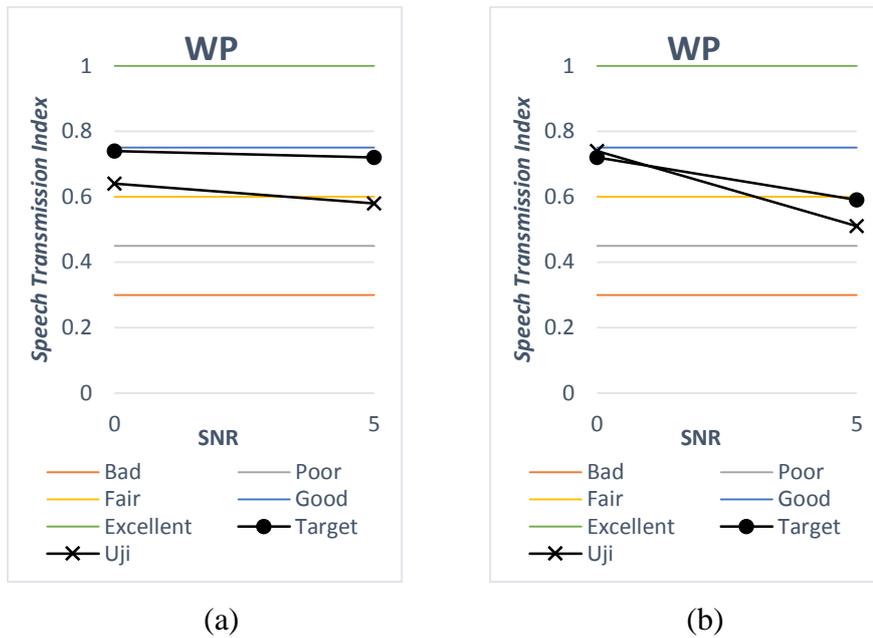


(a)

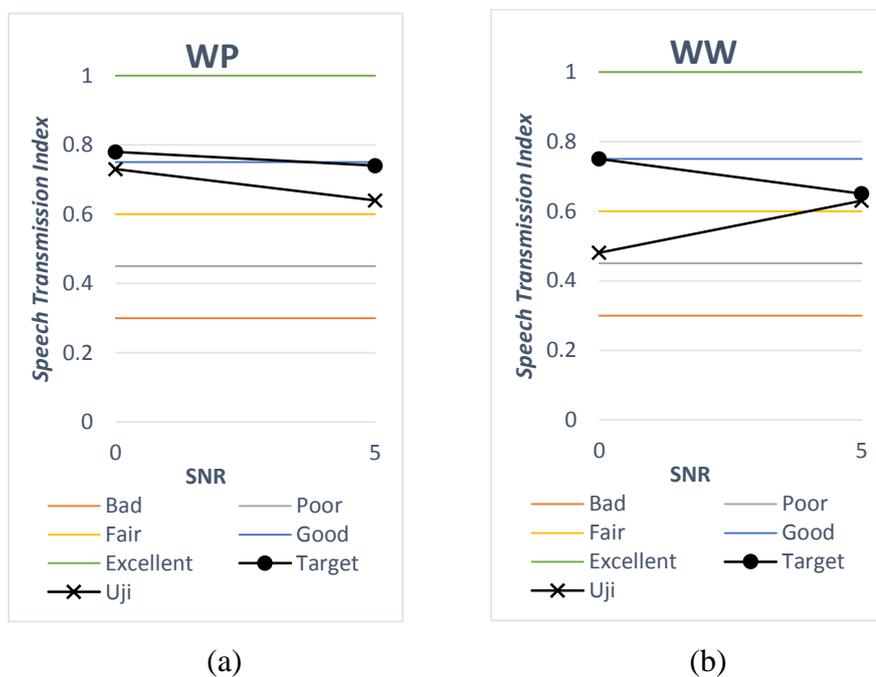


(b)

Gambar 4. 11 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar 4. 12 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar 4. 13 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*

Gambar 4.10 menunjukkan nilai STI pada *masker 2 talker* target yang awalnya berada pada rentang ‘Excellent’, dan ‘Good’ menjadi berada di rentang ‘Fair’. Sedangkan untuk *masker* dengan 10 *talker*, nilai STI target yang awalnya berada di rentang ‘Good’ menjadi berada di rentang ‘Fair’. Pada skenario ini tren penurunan nilai STI akibat perbedaan SNR tidak terlalu signifikan antara SNR 0 dB dengan 5 dB. Gambar 4.11 menunjukkan nilai STI target berada pada rentang ‘Excellent’ untuk skenario jumlah *talker* 2 dan 10, dan menjadi berada di rentang ‘Good’. Pada skenario ini, nilai STI akibat perbedaan SNR cenderung tidak ada perubahan untuk percobaan 2 *talker* dan cenderung naik apabila nilai SNR lebih besar untuk percobaan 10 *talker*. Gambar 4.12 menunjukkan nilai STI target berada pada rentang ‘Excellent’ dan ‘Good’ menjadi ‘Good’, dan ‘Fair’. Pada skenario ini, nilai STI cenderung turun apabila SNR lebih besar. Gambar 4.13 menunjukkan nilai STI target berada pada rentang ‘Excellent’ dan ‘Good’ menjadi ‘Good’ dan ‘Fair’. Sedangkan perubahan nilai STI akibat perbedaan SNR berbanding lurus pada percobaan 2 *talker*, dan berbanding terbalik pada percobaan 10 *talker*. Untuk percobaan pria-pria dan pria-wanita nilai STI cenderung mengalami penurunan yang cukup signifikan, sedangkan pada percobaan wanita-pria dan wanita-wanita nilai STI tidak mengalami perubahan yang cukup berarti. Jika diperhatikan, nilai STI mengalami penurunan Ketika jumlah *talker* 10 yang mengindikasikan bahwa variasi SNR akan efektif menurunkan STI apabila jumlah *talker* semakin banyak.

Secara garis besar, fenomena *masking* didasarkan pada pola gerak pada membran basilar yang dihasilkan oleh suara *masker* dan mengganggu pola gerak yang dihasilkan oleh target. Ketika dua pola dari *masker* dan target tumpang tindih, maka “eksitasi” yang dihasilkan oleh *masker* dapat menutup “eksitasi” yang dihasilkan target, membuat suara target tidak terdengar. Karena adanya perbedaan SNR, yang dalam hal ini merupakan perbedaan amplitudo dari gelombang bunyi yang dihasilkan, maka semakin kecil nilai SNR *masker* dan target, maka *masker* akan menjadi lebih efektif dalam menutupi suara target. Terlebih gendang telinga sensitif terhadap tekanan, dan nilai SNR berhubungan erat dengan amplitudo dan tingkat tekanan bunyi. Semakin kecil perbedaan SPL *masker* dan target (SNR semakin kecil), maka eksitasi yang dihasilkan oleh suara *masker* akan semakin menutup eksitasi yang dihasilkan oleh suara target pada tingkat pendengaran

periferal. Karena amplitudo dari bunyi *masker* menjadi semakin besar, maka *masker* akan semakin baik dalam menutup suara target ketika terjadi *overlap* antara keduanya, terlebih ketika suara target dijaga pada level yang tetap.

4.4.3 Pengaruh Waktu Dengung terhadap nilai STI

Tabel 4.14 – 4.23 menunjukkan data nilai STI akibat perpanjangan waktu dengung, yang selanjutnya dilakukan analisis mengenai pengaruh waktu dengung terhadap nilai STI. Penamaan skenario pada sub sub bab ini terdiri dari informasi jumlah *talker* dan SNR *masker*-target, dan dituliskan sebagai (jumlah *talker*, SNR). Skenario (2 *Talker*, 5 dB) merupakan pengujian yang dilakukan pada *masker* dengan 2 *talker* dan SNR 5 dB. Adapun variasi waktu dengung yang digunakan yaitu 0 sekon, 0,3 sekon, dan 0,6 sekon. Adapun skenario pada bagian ini adalah (2 *talker*, 5 dB), (2 *talker*, 0 dB), (4*talker*, 5 dB), (4 *talker*, 0 dB), (6 *talker*, 5 dB), (6 *talker*, 0 dB), (8 *talker*, 5 dB), (8 *talker*, 0 dB), (10 *talker*, 5 dB), dan (10 *talker*, 0 dB).

Tabel 4. 14 Data nilai STI skenario (2 *talker*,5 dB)

| 2 Talker, 5 dB | | MASKER | | | | | |
|----------------|--------|--------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.55 | 0.54 | 0.4 | 0.65 | 0.55 | 0.44 |
| | Wanita | 0.58 | 0.55 | 0.49 | 0.64 | 0.49 | 0.54 |

Tabel 4. 15 Data nilai STI skenario (2 *talker*,0 dB)

| 2 Talker, 0 dB | | MASKER | | | | | |
|----------------|--------|--------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.57 | 0.46 | 0.44 | 0.66 | 0.56 | 0.46 |
| | Wanita | 0.64 | 0.49 | 0.57 | 0.73 | 0.56 | 0.5 |

Tabel 4. 16 Data nilai STI skenario (4 talker,5 dB)

| 4 Talker, 5 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|----------------|--------|---------------|------|-----|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.54 | 0.51 | 0.4 | 0.66 | 0.53 | 0.42 |
| | Wanita | 0.63 | 0.49 | 0.5 | 0.58 | 0.48 | 0.5 |

Tabel 4. 17 Data nilai STI skenario (4 talker, 0 dB)

| 4 Talker, 0 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.47 | 0.47 | 0.42 | 0.67 | 0.52 | 0.44 |
| | Wanita | 0.76 | 0.53 | 0.47 | 0.61 | 0.41 | 0.45 |

Tabel 4. 18 Data nilai STI skenario (6 talker,5 dB)

| 6 Talker, 5 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.61 | 0.54 | 0.41 | 0.65 | 0.57 | 0.39 |
| | Wanita | 0.55 | 0.58 | 0.52 | 0.63 | 0.45 | 0.45 |

Tabel 4. 19 Data nilai STI skenario (6 talker,0 dB)

| 6 Talker, 0 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.53 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | 0.39 |
| | Wanita | 0.66 | 0.47 | 0.54 | 0.63 | 0.44 | 0.43 |

Tabel 4. 20 Data nilai STI skenario (8 talker,5 dB)

| 8 Talker, 5 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.67 | 0.52 | 0.43 | 0.7 | 0.45 | 0.37 |
| | Wanita | 0.56 | 0.59 | 0.53 | 0.56 | 0.49 | 0.51 |

Tabel 4. 21 Data nilai STI skenario (8 talker,0 dB)

| 8 Talker, 0 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.51 | 0.41 | 0.39 | 0.45 | 0.52 | 0.47 |
| | Wanita | 0.62 | 0.55 | 0.43 | 0.57 | 0.5 | 0.5 |

Tabel 4. 22 Data nilai STI skenario (10 talker,5 dB)

| 10 Talker, 5 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|-----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.55 | 0.55 | 0.5 | 0.7 | 0.61 | 0.43 |
| | Wanita | 0.51 | 0.44 | 0.48 | 0.63 | 0.52 | 0.44 |

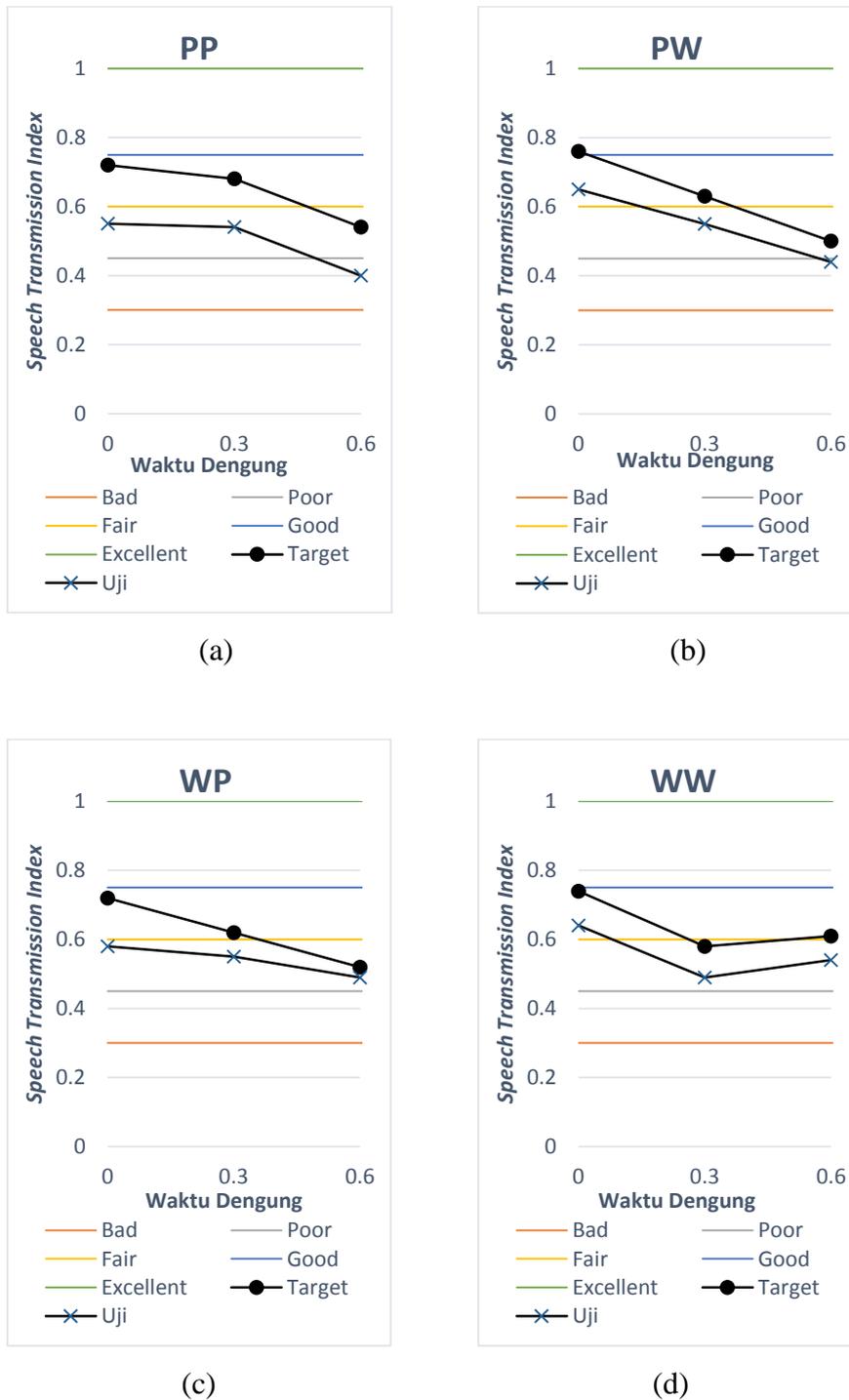
Tabel 4. 23 Data nilai STI skenario (10 talker,0 dB)

| 10 Talker, 0 dB | | <i>MASKER</i> | | | | | |
|-----------------|--------|---------------|------|------|--------|------|------|
| | | Pria | | | Wanita | | |
| | | 0 | 0.3 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 |
| Target | Pria | 0.6 | 0.47 | 0.42 | 0.64 | 0.45 | 0.47 |
| | Wanita | 0.74 | 0.46 | 0.56 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |

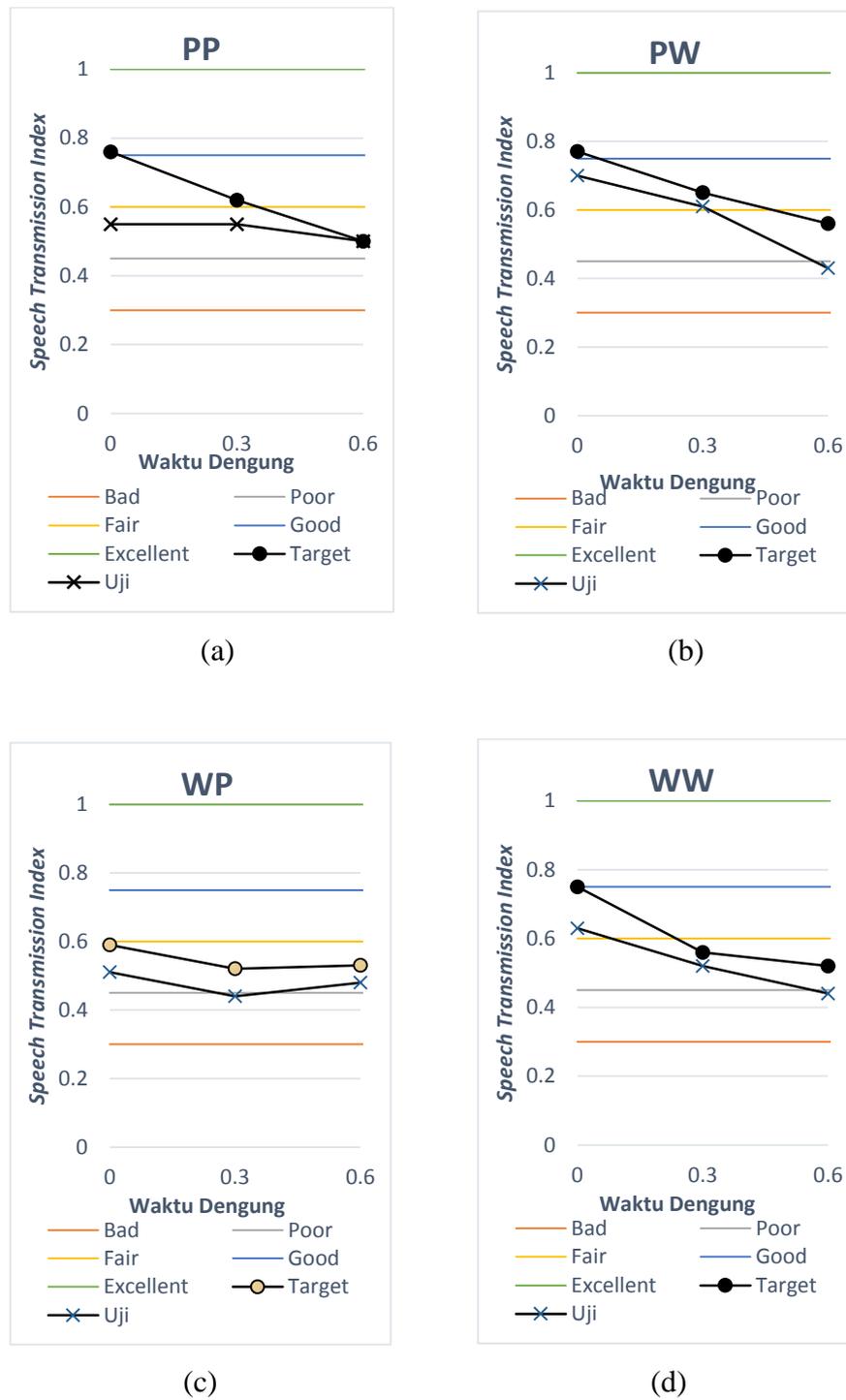
Untuk mempermudah analisis data maka dibuat grafik hubungan nilai STI terhadap waktu dengung. Gambar 4.14 – Gambar 4.15 merupakan grafik hubungan nilai STI terhadap waktu dengung dengan variasi *masker* yang dilakukan. Pada grafik hasil percobaan tersebut, sumbu-x memberikan informasi waktu dengung yang digunakan yaitu 0 sekon, 0,3 sekon, 0,6 sekon, dan sumbu-y memberikan informasi nilai STI yang bernilai 0 sampai 1. Semakin besar nilai STI, maka semakin baik pula tingkat kejelasan suaranya, sehingga tingkat privasi menjadi makin rendah. Gambar 4.14 merupakan grafik nilai STI terhadap waktu dengung untuk *masker* dengan 2 *talker*. Gambar bagian (a) untuk skenario PP, (b) untuk skenario PW, (c) untuk skenario WP, dan (d) untuk skenario WW. Gambar 4.15 merupakan grafik nilai STI terhadap waktu dengung untuk *masker* dengan 10 *talker*. Gambar bagian (a) untuk skenario PP, (b) untuk skenario PW, (c) untuk skenario WP, dan (d) untuk skenario WW. Pada bagian ini data yang disajikan terbatas hanya untuk *masker* dengan 2 *talker* dan 10 *talker* untuk nilai SNR 5 dB.

Gambar 4.14 menunjukkan nilai STI target berada pada rentang ‘Excellent’, ‘Good’, dan ‘Fair’ untuk semua skenario percobaan. Kemudian akibat adanya penambahan *masker* nilai STI menurun menjadi berada pada rentang ‘Good’, ‘Fair’ dan ‘Poor’. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa penurunan nilai STI berbanding terbalik terhadap perpanjangan waktu dengung, dimana semakin panjang waktu dengungnya, selisih nilai STI *target* dan uji semakin kecil, yang artinya pada percobaan 2 *talker*, waktu dengung memberikan dampak negatif terhadap efektivitas *masker*.

Gambar 4.15 menunjukkan nilai STI target berada pada rentang ‘Excellent’, ‘Good’, dan ‘Fair’ untuk semua skenario percobaan. Kemudian akibat adanya penambahan *masker* nilai STI menurun menjadi berada pada rentang ‘Good’, ‘Fair’ dan ‘Poor’. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa penurunan nilai STI pada percobaan PP dan WP (*masker* Pria) berbanding terbalik terhadap perpanjangan waktu dengung, dimana semakin panjang waktu dengungnya, selisih nilai STI *target* dan uji semakin kecil. Sedangkan untuk percobaan dengan menggunakan *masker* wanita, paling efektif saat nilai waktu dengung 0,3 sekon. Jika dilihat dari Gambar 4.14 dan 4.15 maka dapat dikatakan bahwa *masker* pria lebih efektif, karena selisih STI *masker* dan target lebih besar dibanding *masker* wanita.



Gambar 4. 14 Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



Gambar 4. 15 Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 10 talker dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW

Penurunan STI akibat pengaruh waktu disebabkan karena waktu dengung dapat menurunkan amplitudo dari modulasi suara yang ditransmisikan (Bistafa & Bradley, 2000). Waktu dengung berbanding terbalik dengan tingkat kejelasan suara, yang artinya semakin tinggi waktu dengung, maka tingkat kejelasan suara semakin buruk. Berdasarkan konsep rasio energi akustik (*Acoustic Energy Ratio*) pada sebuah ruangan yang diasumsikan difus, waktu dengung merupakan *detrimental* efek terhadap tingkat kejelasan suara, yang artinya perpanjangan waktu dengung dapat membuat kejelasan wicara lebih buruk (Aigner & Strutt, 1935).

Jika kita hubungan dengan konsep target dan *masker* dimana *masker* akan efektif apabila nilai kejelasan suara makin buruk (STI makin rendah), artinya waktu dengung berpengaruh terhadap efektivitas *masker*. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, waktu dengung tidak terlalu banyak mempengaruhi nilai STI hasil uji, dimana penambahan dengung justru mengurangi efektivitas *masker*. Berdasarkan data tersebut waktu dengung 0 sekon (tidak berdengung) justru lebih efektif dalam menutupi suara target. Namun kondisi ruang perkantoran tanpa dengung sulit sekali didapatkan. Hasil di atas juga diperkuat dengan penelitian (Hioka, Tang, & Wan, 2016) yang menyebutkan bahwa efektivitas *masker* menurun sejalan dengan perpanjangan waktu dengung, walaupun *masker* tetap bisa mengurangi kejelasan suara target.

4.5 Uji Subjektif *Masker* (% *correct word*)

Pengujian subjektif dilakukan untuk mengetahui bagaimana persepsi naracoba terhadap variasi *masker*, yang dinilai dari seberapa banyak kalimat yang dapat diulang dengar benar. Analisis dilakukan dengan memperhatikan pengaruh jumlah *talker*, SNR *masker*-target, dan waktu dengung terhadap nilai %*correct word* pada setiap skenario percobaan yang dilakukan.

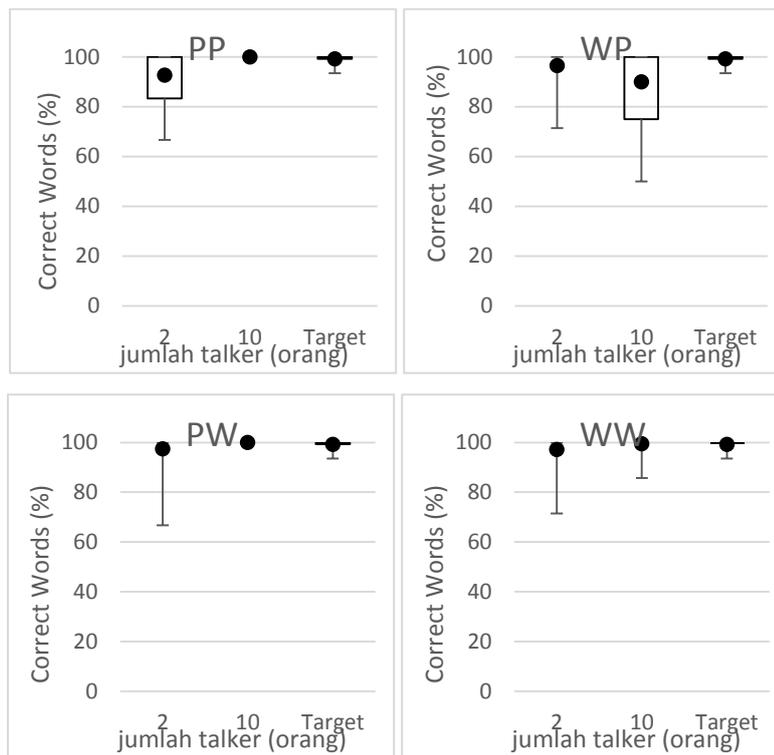
Nilai % *correct word* menggambarkan tingkat kejelasan suara yang dapat didengar oleh naracoba. Semakin besar nilai % *correct word*, maka semakin baik juga tingkat kejelasan suara yang didengar. Nilai 50 % pada % *correct word* belum tentu menandakan pendengar dapat memahami isi dari kalimat yang diperdengarkan sebanyak 50% isi. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan bahwa pendengar dapat memahami seluruh kalimat yang diujikan. Oleh karena hal tersebut, maka

dibutuhkan nilai $\% \text{ correct word} > 50\%$ agar pendengar mampu memahami maksud dari kalimat/ percakapan yang diperdengarkan (Hornsby, 2004). Sebuah *masker* dapat dikatakan efektif apabila nilai $\% \text{ correct word}$ bernilai $< 50\%$ apabila dilakukan pengujian subjektif untuk suara target yang ditutupi *masker*. Hal tersebut dikarenakan dengan nilai $\% \text{ correct word} < 50\%$ maka pendengar tidak akan dapat memahami isi dari kalimat yang diujikan.

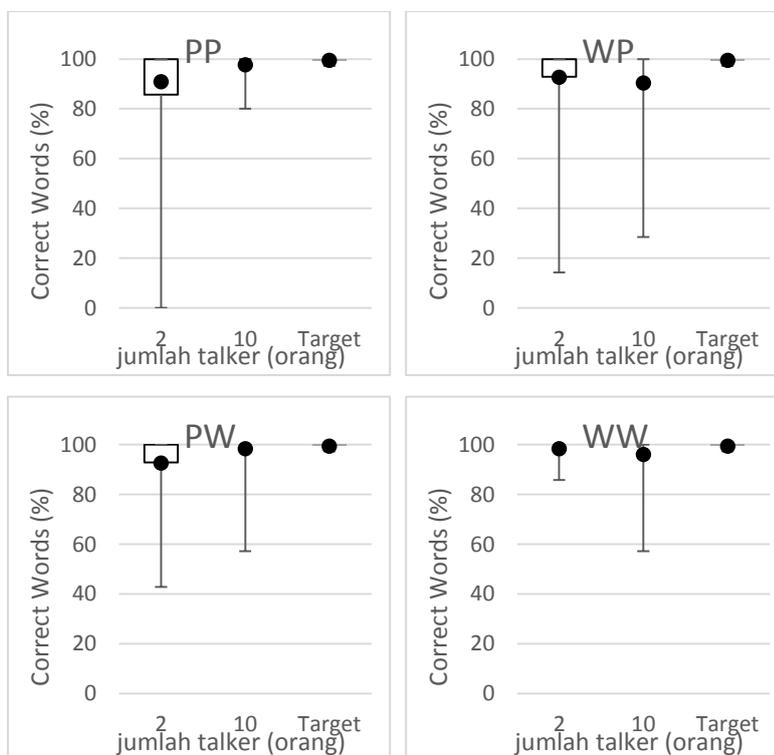
4.5.1 Pengaruh Jumlah *Talker* terhadap nilai $\% \text{ correct word}$

Data yang ditampilkan pada sub sub bab ini berupa grafik hubungan antara nilai $\% \text{ correct word}$ terhadap jumlah *talker* pada *masker* yang disajikan dalam bentuk *Box-Plot*. Grafik hasil pengujian subjektif, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4.16 sampai 4.18 memberikan informasi nilai $\% \text{ correct word}$ pada sumbu y, dan pada sumbu x memberikan informasi jumlah *talker*. Kotak-kotak dalam grafik menggambarkan persebaran hasil uji, dengan batas kuartil atas dan bawah, sedangkan tanda bulat (●) menunjukkan letak rata-rata, dan ekor/*whiskers* dari kotak (I) merupakan batas-batas outlier dari data uji. Gambar 4.16 merupakan hasil untuk percobaan waktu dengung 0 sekon dan SNR 5 dB. Bagian (a) menunjukkan hasil dari skenario PP, (b) untuk PW, (c) untuk WP, dan (d) untuk WW. Gambar 4.17 merupakan hasil untuk percobaan waktu dengung 0,3 sekon, dan Gambar 4.18 merupakan hasil untuk percobaan waktu dengung 0,6 sekon. Data yang disajikan pada bagian ini terbatas pada jumlah *talker* 2 dan 10 agar terlihat perbedaannya, sedangkan untuk 4,6, dan 8 terdapat pada lampiran 3.

Pada Gambar 4.16 terlihat bahwa untuk percobaan waktu dengung 0 sekon, penambahan jumlah *talker* mempengaruhi tingkat kejelasan suara, dimana semakin banyak *talker* pada *masker*, nilai $\% \text{ correct word}$ semakin tinggi. Namun untuk percobaan WP, penambahan jumlah *talker* justru mengurangi nilai $\% \text{ correct word}$. Pada percobaan 0 sekon, sebenarnya nilai penurunan $\% \text{ correct word}$ uji (2 dan 10 *talker*) terhadap nilai $\% \text{ correct word}$ target tidak memiliki selisih yang signifikan baik itu pada percobaan SNR 0 dB maupun 5 dB. Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan bahwa *masker* pada ruangan tanpa dengung, secara persepsi kurang efektif untuk meningkatkan privasi.

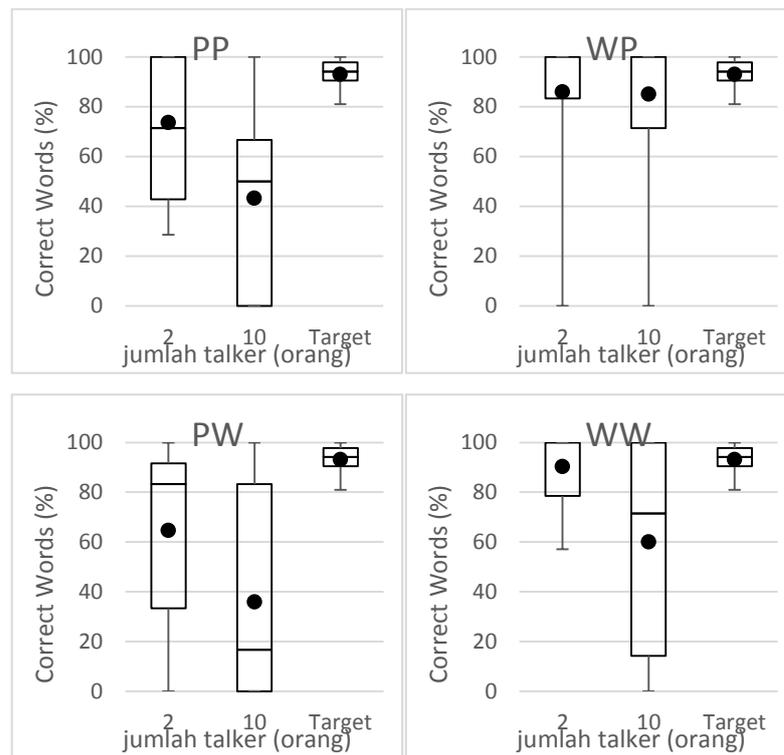


(a)

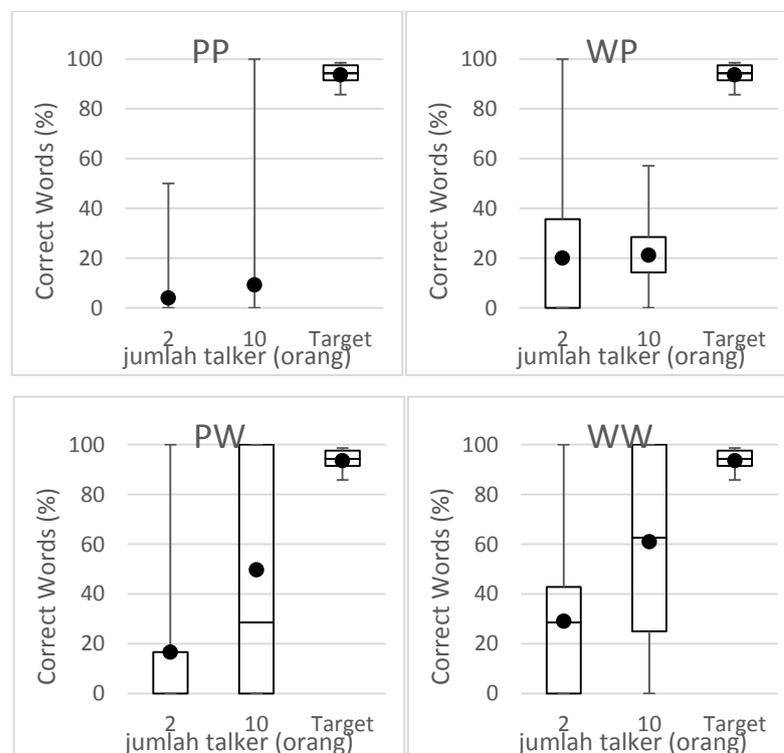


(b)

Gambar 4. 16 Grafik Hubungan nilai % *correct words* terhadap jumlah *talker*, dengan skenario waktu dengung 0 s (a) SNR 5 dB, (b) SNR 0 dB

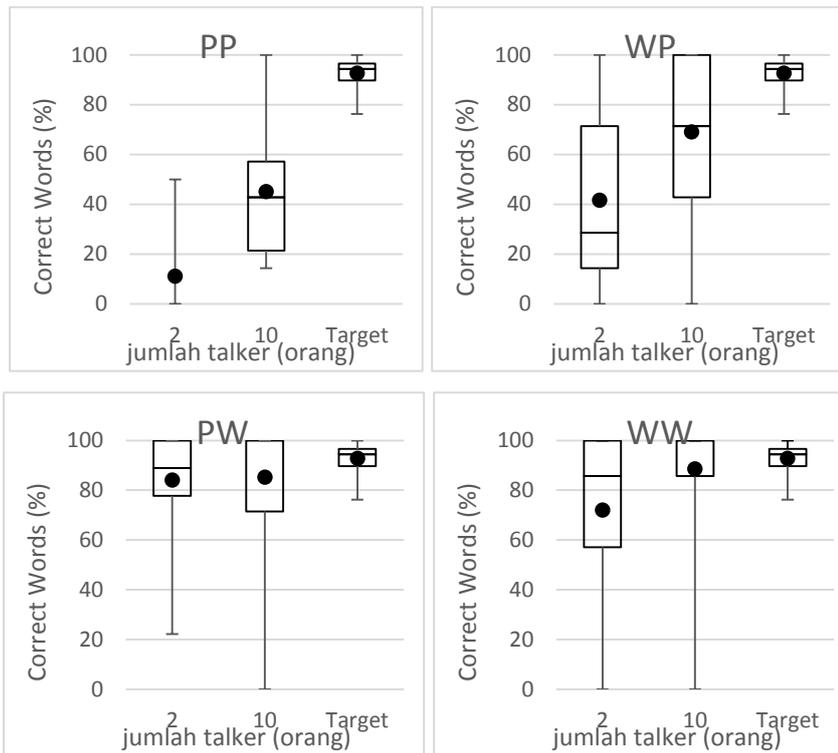


(a)

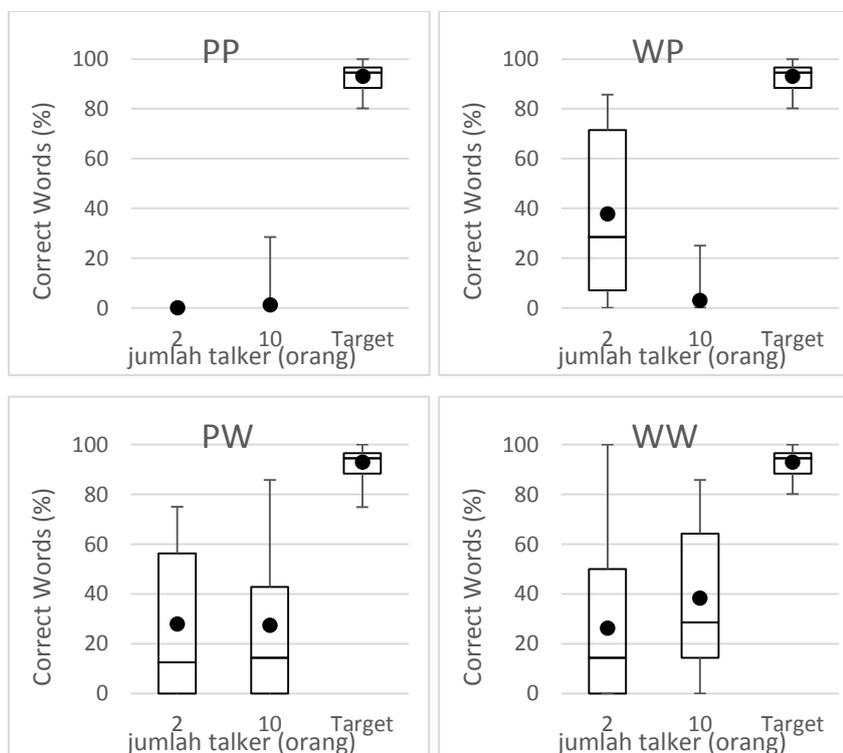


(b)

Gambar 4. 17 Grafik Hubungan nilai % *correct words* terhadap jumlah *talker*, dengan skenario waktu dengung 0,3 s (a) SNR 5 dB, (b) SNR 0 dB



(a)



(b)

Gambar 4. 18 Grafik Hubungan nilai % *correct words* terhadap jumlah *talker*, dengan skenario waktu dengung 0,6 s (a) SNR 5 dB, (b) SNR 0 dB

Kemudian untuk waktu dengung 0,3 sekon yang disajikan pada Gambar 4.17, pada percobaan SNR 5 dB menunjukkan hasil bahwa penambahan jumlah *talker* pada *masker* dapat menurunkan tingkat kejelasan suara target, dimana *masker* dengan 10 *talker* menunjukkan nilai *%correct word* yang lebih rendah. Sedangkan pada SNR 0 dB menunjukkan yang sebaliknya, kecuali pada percobaan WP. Selisih penurunan nilai *%correct word* uji terhadap target juga memiliki selisih yang cukup signifikan dibandingkan pada ruang tanpa dengung.

Hasil percobaan waktu dengung 0,6 sekon, sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 4.18 didapatkan hasil seperti pada ruang tanpa dengung, dimana nilai *%correct word* lebih tinggi pada percobaan *masker* dengan jumlah *talker* 10, kecuali untuk percobaan WP pada SNR 0 dB, dan WP yang hampir sama. Pada percobaan 0,6 sekon, selisih antara *%correct word* target dengan uji memiliki selisih yang cukup banyak, dimana nilai *%correct word* uji kurang dari 50%, yang artinya *masker* dapat bekerja efektif pada waktu dengung 0,6 sekon. Selain itu dari hasil tersebut juga dapat diketahui bahwa *masker* pria lebih efektif dibandingkan dengan *masker* wanita, jika dilihat dari selisih antara *%correct word* uji dan target. Hal tersebut juga terjadi pada *masker* dengan jumlah *talker* 4, 6, dan 8 sebagaimana yang ditunjukkan pada lampiran 3.

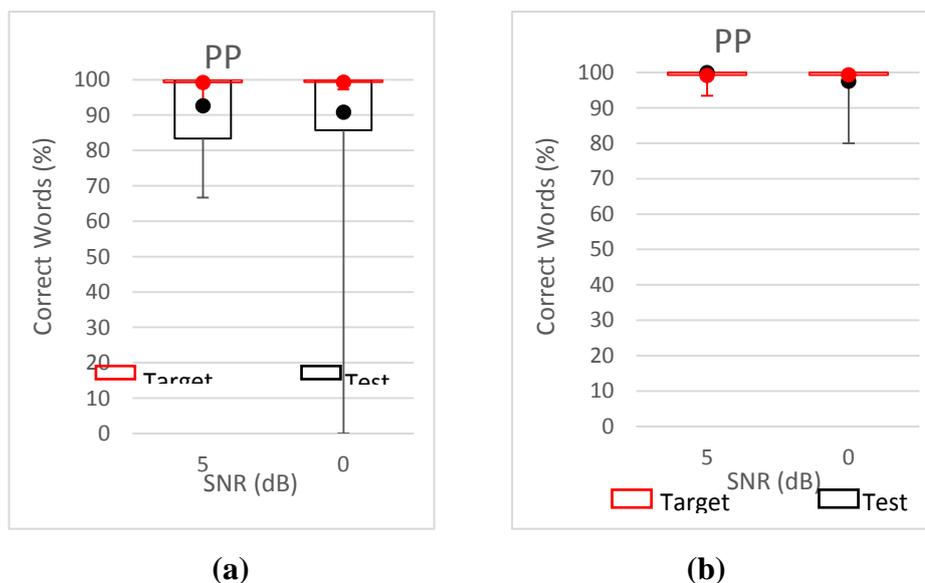
Penurunan nilai *%correct word* sebagai akibat dari penambahan jumlah *talker* menunjukkan bahwa *masker* dapat secara efektif menurunkan tingkat kejelasan suara pada suatu ruang jika suara *talker* pada *masker* yang disajikan lebih banyak, yang menyebabkan tingkat privasi menjadi meningkat. Sedangkan peningkatan nilai *% Correct Words* ketika jumlah *talker* semakin banyak, mengindikasikan telah terjadi efek *informational masking*, sehingga naracoba menjadi lebih mudah fokus untuk mendengar suara target, yang diakibatkan karena suara target dan *masker* menjadi semakin mudah dibedakan.

Penggunaan *masker* dengan 2 *talker*, menyebabkan kata-kata yang digunakan pada *masker* masih mudah dimengerti. Hal ini membuat suara target dan *masker* menjadi mirip, sehingga pendengar sulit membedakan dua suara tersebut. Sedangkan saat *masker* dengan 10 *talker*, masing-masing kata yang digunakan menjadi lebih sulit dipahami dan mengurangi gangguan lesikal, yang membuat

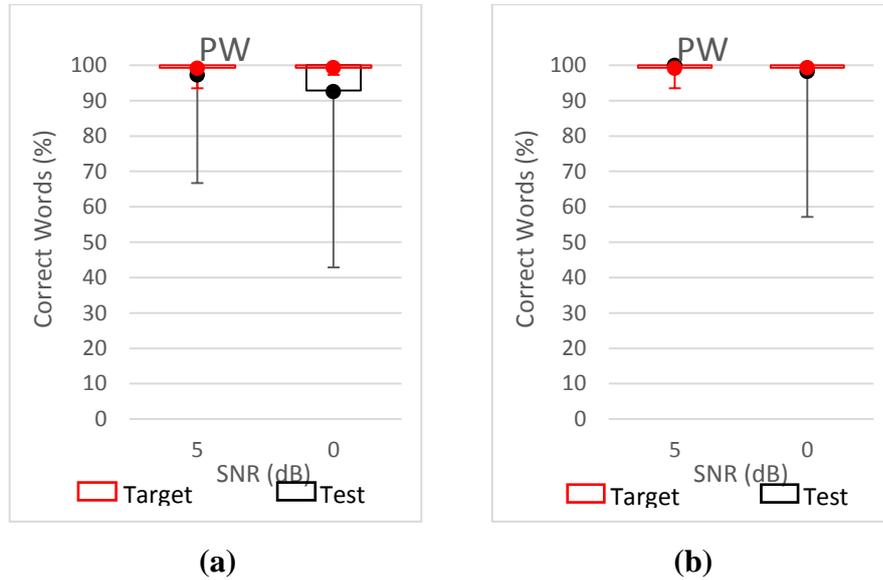
masker dan target menjadi kurang mirip (dalam persepsi), sehingga pendengar lebih mudah mendengar suara target (Rosen, Souza, Ekelund, & Majeed, 2013).

4.5.2 Pengaruh SNR *Masker* – Target terhadap nilai %*correct word*

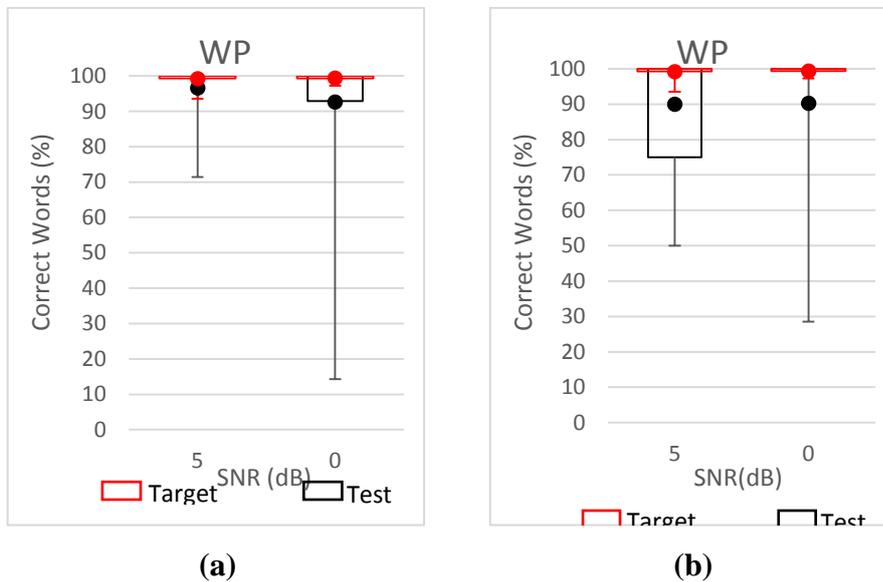
Data yang ditampilkan pada sub sub bab ini berupa grafik hubungan antara nilai SNR terhadap jumlah *talker* pada *masker* yang disajikan dalam bentuk *Box-Plot*. Kotak-kotak dalam grafik menggambarkan persebaran hasil uji, dengan batas kuartil atas dan bawah, sedangkan tanda bulat (●) menunjukkan letak rata-rata, dan ekor/*whiskers* dari kotak (⊥) merupakan batas-batas outlier dari data uji. Grafik 4.19 – 4.22 merupakan hasil pengujian subjektif untuk percobaan ini, yang memberikan informasi nilai %*correct word* pada sumbu y, dan pada sumbu x memberikan informasi SNR, yaitu 0 dB dan 5 dB. Pada bab ini grafik yang akan di tampilkan terbatas yaitu pada skenario waktu dengung 0 sekon. Skenario waktu dengung 0,3 sekon dan 0,6 sekon terdapat pada lampiran 3. Pada Gambar 4.19 ditampilkan grafik %*correct word* terhadap SNR, dengan nilai pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario target-*masker* PP, Gambar 4.20 untuk skenario PW, Gambar 4.21 untuk skenario WP, dan Gambar 4.22 untuk skenario WW. Bagian Gambar (a) menunjukkan hasil pada jumlah *talker* 2, dan Gambar (b) menunjukkan hasil pada jumlah *talker* 10.



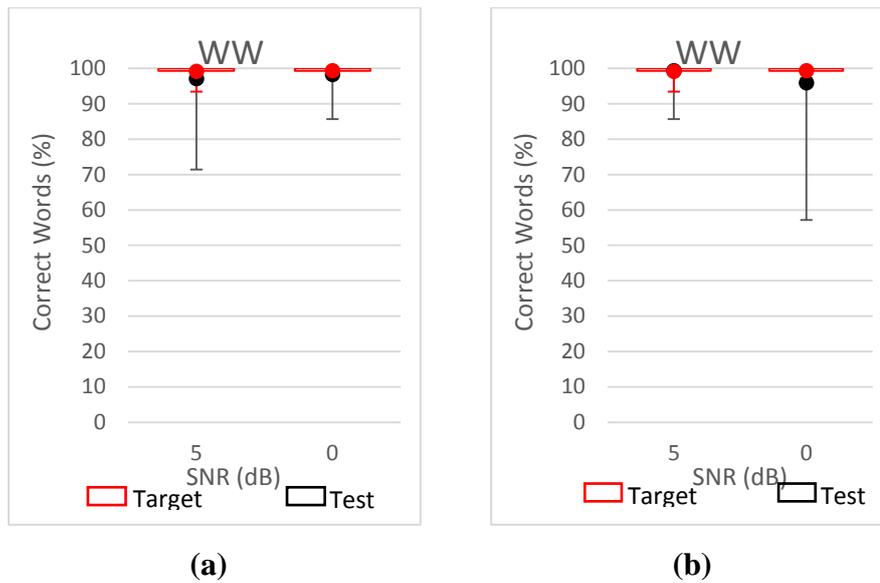
Gambar 4. 19 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar 4. 20 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar 4. 21 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar 4.22 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0 sekon untuk skenario WW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.19- 4.22 didapatkan hasil bahwa SNR *masker*-target mempengaruhi nilai % *correct word*, dimana semakin besar SNRnya maka nilai %*correct word* hasil uji menjadi lebih tinggi, walaupun pada percobaan 0 sekon perbedaan nilainya tersebut tidak terlalu signifikan. Artinya bila di asumsikan pada ruang perkanotan sebenarnya, *masker* yang memiliki level lebih tinggi atau lebih dekat dengan target, maka lebih efektif dalam menutup suara target.

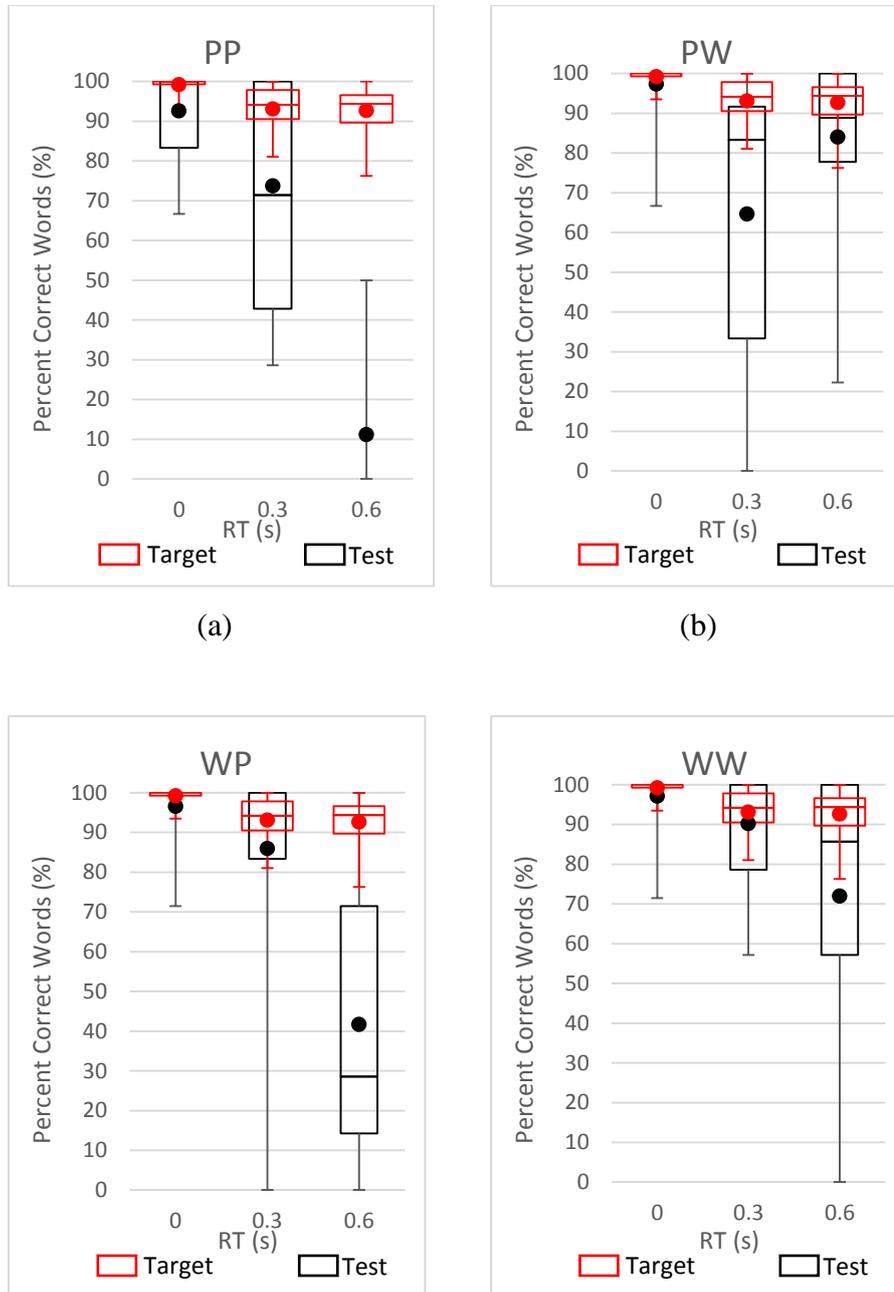
Pada percobaan 0,3 sekon dan 0,6 sekon, sebagaimana yang terlampir (Lampiran 3) menunjukkan bahwa perbedaan SNR sangat mempengaruhi nilai %*coorrect word* yang didapatkan, dimana nilai %*correct answer* yang didapatkan sangat lebih rendah ketika SNR 0 dB. Percobaan dengan SNR 0 dB diketahui lebih efektif dibandingkan dengan SNR 5 dB, yang artinya *masker* dapat efektif menutupi suara target apabila berada pada jarak yang cukup dekat dengan target. Hal ini mendukung pernyataan dari (Liebl, et al., 2016) yang menyebutkan bahwa bahwa *sound masking* dapat memiliki dampak yang signifikan jika *masker* memiliki level lebih tinggi dibandingkan dengan level suara yang hendak ditutupi.

4.5.3 Pengaruh Waktu Dengung terhadap Nilai %Correct Word

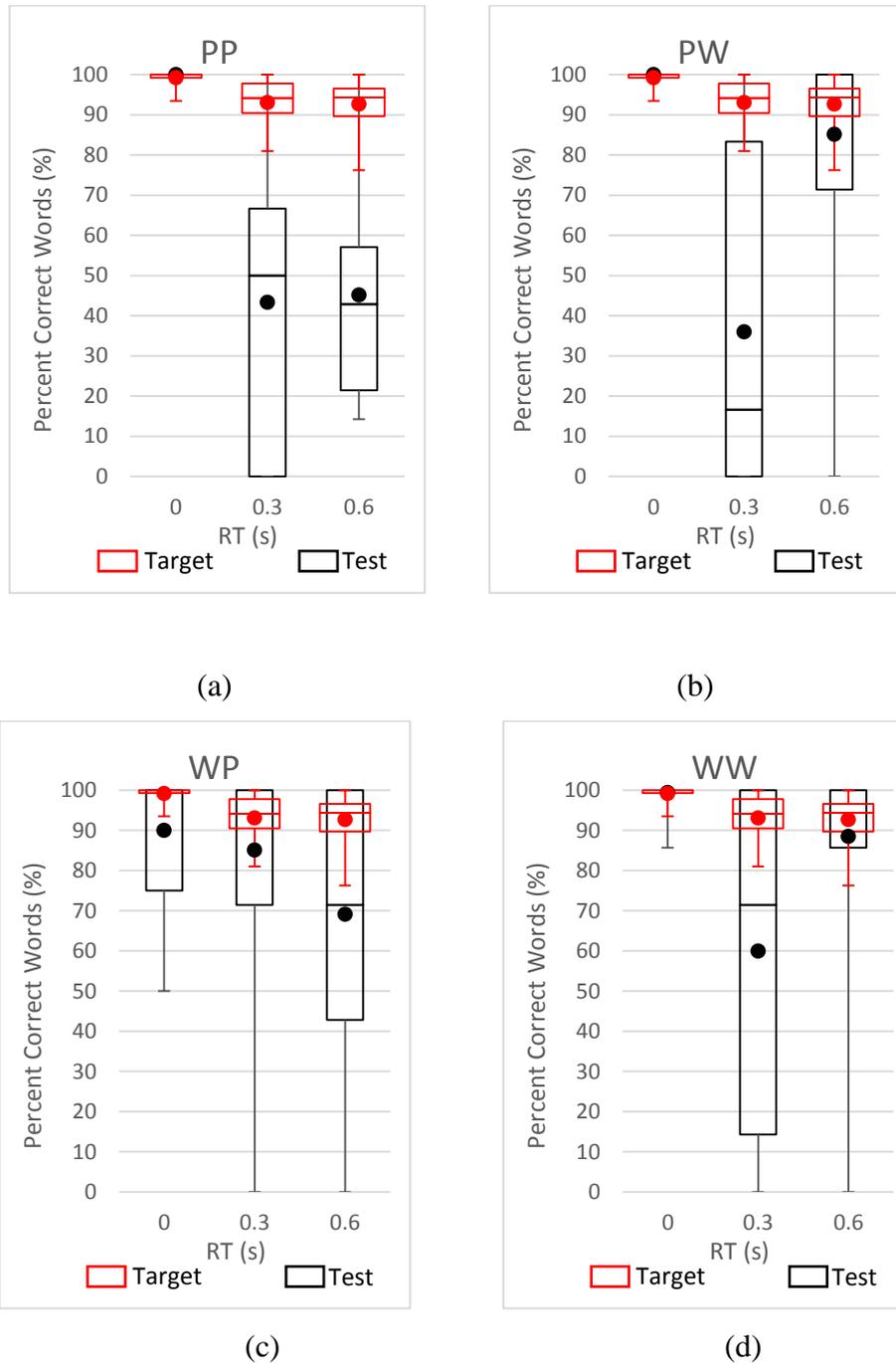
Gambar 4.23 – Gambar 4.24 merupakan grafik hubungan nilai %correct word terhadap waktu dengung dengan variasi *masker* yang dilakukan. Pada grafik hasil percobaan tersebut, sumbu-x memberikan informasi waktu dengung yang digunakan yaitu 0 sekon, 0,3 sekon, 0,6 sekon, dan sumbu-y memberikan informasi nilai %correct word yang bernilai 0 sampai 100. Kotak-kotak dalam grafik menggambarkan persebaran hasil uji, dengan batas kuartil atas dan bawah, sedangkan tanda bulat (●) menunjukkan letak rata-rata, dan ekor/*whiskers* dari kotak (⊥) merupakan batas-batas outlier dari data uji. Pada grafik terdapat dua jenis Box-Plot yang berbeda, untuk yang berwarna merah adalah nilai %correct word suara target, sedangkan yang hitam adalah suara uji (*masker* + target). Setiap satu suara *target* hanya digunakan dalam satu skenario.

Efektivitas *masker* secara subjektif dinilai menggunakan nilai *correct word*, dimana *masker* dikatakan efektif apabila dapat menutupi suara target. Target yang tertutup jika jumlah kata yang dapat didengarkan dan ditulis ulang (%correct word) lebih sedikit. Semakin kecil nilai %correct word, artinya *masker* semakin efektif, yang menyebabkan tingkat kejelasan suaranya target menjadi rendah dan privasi wicara didapatkan.

Gambar 4.23 merupakan grafik nilai %correct word terhadap waktu dengung untuk *masker* dengan 2 *talker*, dan Gambar 4.24 untuk *masker* dengan 10 *talker*. Gambar bagian (a) untuk skenario PP, (b) untuk skenario PW, (c) untuk skenario WP, dan (d) untuk skenario WW. Pada bagian ini data yang disajikan terbatas hanya untuk *masker* dengan 2 *talker* dan 10 *talker* untuk nilai SNR 5 dB, untuk percobaan *masker* dengan 2 *talker* dan 10 *talker* pada SNR 0 dB terdapat pada Lampiran 3.



Gambar 4. 23 Grafik Hubungan %*correct word* terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



Gambar 4. 24 Grafik Hubungan %*correct word* terhadap waktu dengung, dengan skenario 10 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW

Nilai *%correct word* suara target pada Gambar 4.24 terlihat mengalami penurunan nilai, walaupun perbedaannya sangat kecil. Suara target pada ruang tanpa dengung (0 sekon) memiliki nilai *%correct word* paling tinggi, yang artinya memiliki kejelasan paling baik, sesuai dengan penelitian sebelumnya dari (Bistafa & Bardley, 2000). Namun akibat dari adanya penambahan *masker* (suara uji) menunjukkan penurunan tingkat kejelasan (*%correct word*) yang cukup signifikan. Pada ruang tanpa dengung (0 sekon) nilai *%correct word* suara uji mengalami penurunan yang tidak banyak dari nilai *%correct word* suara target, dan saat nilai waktu dengung semakin lama, selisih tersebut semakin besar, kecuali untuk percobaan PW, dan WW. Hal tersebut juga menjelaskan bahwa *masker* pria dirasa lebih efektif dibandingkan dengan *masker* wanita. Berdasarkan Gambar 4.24 juga diketahui secara subjektif bahwa *masker* di ruang dengan dengung 0,6 sekon lebih efektif, hal tersebut ditunjukkan dari nilai *%correct word* yang kurang dari 50%, sedangkan pada ruang tanpa dengung (0 sekon) dan 0,3 sekon nilainya lebih dari 50%. Pada percobaan dengan 10 *talker* (Gambar 4.25) menunjukkan hasil yang sedikit berbeda. Nilai *%correct word* terendah justru pada percobaan 0,3sekon kecuali untuk percobaan WP. Kondisi paling efektif juga terjadi pada percobaan PP dan WP saat waktu dengung 0,3sekon, dimana nilai *%correct word* yang didapatkan kurang dari 50%, sedangkan untuk percobaan yang lain masih di atas 50%.

Gambar pada lampiran 3, untuk percobaan SNR 0 dB menunjukkan hasil yang kurang lebih sama dengan percobaan yang lain. Percobaan dengan 2 *talker* menunjukkan hasil nilai *%correct word* paling rendah adalah saat waktu dengung 0,3 sekon, sedangkan untuk 10 *talker* pada saat waktu dengung 0,6 sekon. Hal ini menjelaskan bahwa untuk tiap kondisi ruangan, maka diperlukan level *masker* yang sesuai dengan karakteristik masing-masing ruang. Namun walaupun begitu level *masker* lebih tinggi tetap lebih efektif menutupi suara target.

Berdasarkan hasil diatas, secara persepsi terbukti bahwa waktu dengung dapat mempengaruhi efektifitas *masker*. *Masker* menjadi lebih efektif dalam menutupi suara target akibat adanya efek dengung. Semakin panjang waktu dengung, maka semakin rendah nilai *%correct word* suara target yang tertutup *masker*. Hal ini disebabkan karena kemampuan pendengar untuk dengan benar mepresepsikan suara/

percakapan cenderung turun akibat penambahan waktu dengung (Crandell & Smaldino, 2000).

Namun dari hasil uji subjektif sedikit bertentangan dengan hasil uji objektif. Hasil uji objektif menunjukkan bahwa efektivitas *masker* turun selaras dengan penambahan waktu dengung, dimana semakin panjang waktu dengung maka semakin rendah selisih antara STI target dengan STI uji. Sedangkan hasil subjektif menunjukkan hasil sebaliknya yaitu efektivitas *masker* menjadi naik akibat penambahan waktu dengung. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor diantaranya adalah parameter objektif (STI) yang mungkin tidak lagi sesuai untuk dijadikan penilaian kejelasan suara di dalam ruang. Saat ini telah ada beberapa parameter lain yang dirasa lebih cocok untuk di aplikasikan sebagai parameter kejelasan suara dalam ruang diantaranya *A Short-Time Objective Intelligibility (STOI)* yang diusulkan oleh (Taal, et al., 2010). Pengujian subjektif yang dilakukan secara online dapat menyebabkan hasil uji objektif menjadi bias, hal tersebut terlihat dari hasil uji yang memiliki rentang outlier sangat besar. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena penggunaan *headphone* yang berbeda-beda untuk setiap naracoba. Selain itu perbedaan bising latar belakang, serta tidak adanya *hearing test* terlebih dulu sebelum pengujian, dan memungkinkan adanya kelainan pada system pendengaran naracoba.

Oleh karena itu perlu dilakukan pengambilan data langsung di dalam ruangan perkantoran tapak terbuka yang melibatkan penghuni di dalam ruang. Sehingga pengujian memiliki kondisi yang sama satu dengan yang lain, dan didapatkan hasil pengujian yang lebih baik. Variabel pengujian yaitu waktu dengung ruangan juga perlu di variasikan lebih banyak agar dapat mewakili kondisi ruang kantor yang lebih luas lagi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut ini:

- a. Variasi waktu dengung yang digunakan pada penelitian ini adalah 0 sekon untuk mewakili ruangan kedap suara, waktu dengung 0,3 sekon untuk mewakili ruang perkantoran tapak terbuka berukuran kecil, dan waktu dengung 0,6 sekon mewakili ruang perkantoran tapak terbuka berukuran sedang.
- b. Pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker* yang secara objektif dinilai menggunakan parameter STI, diketahui dapat menurunkan efektivitas *masker*, dimana semakin panjang waktu dengung, semakin kecil selisih penurunan STI target dan STI uji ($\text{target} + \text{masker}$).
- c. Secara subjektif, pengaruh waktu dengung terhadap efektivitas *masker* yang dinilai menggunakan *%correct word* menunjukkan bahwa efektivitas *masker* mengalami kenaikan selaras dengan perpanjangan waktu dengung. Semakin panjang waktu dengung, semakin rendah nilai *%correct word*, yang artinya semakin baik *masker* tersebut bekerja.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini maka diberikan beberapa saran diantaranya adalah sebagai berikut:

- d. Dilakukan penelitian lanjutan dengan cara eksperimental langsung di ruang perkantoran yang sebenarnya, dengan melibatkan para pekerja di ruangan tersebut.
- e. Perlu dilakukan penilaian uji objektif dan uji subjektif dengan menggunakan parameter yang lain.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Aigner, F., & Strutt, M. J. (1935). "On a physiological effect of several sources of sound on the ear and its consequences in architectural acoustic. *Journal Acoustic Society of America*, 155-159.
- Altman, I. (1975). *The Environment and Social Behavior*. Monterey: Brooks/Cole.
- American Standards Association. (1942). *American standard acoustical terminology*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Bacon, S., Opie, J., & Montoya, D. (1998). The effects of hearing loss and noise masking on the masking release for speech in temporally complex backgrounds. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 41(3), 549-563.
- Bardley, J. S. (1986). Predictors of speech intelligibility in rooms. *Journal Acoustics Society of America*, 837-845.
- Bistafa, S. R., & Bardley, J. S. (2000). Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics. *The Journal of the Acoustical Society of America*(107), 861-875.
- Bradley, J. (2003). The Acoustical Design of Conventional Open Plan Offices. *Acoustique Canadienne*, 31(2), 23-31.
- Cambridge Sound Management. (2019). *Sound Masking 101*. Retrieved 1 26, 2019, from <https://cambridgesound.com/learn/sound-masking-101/>
- Crandell, C. C., & Smaldino, J. J. (2000). Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. *Journal of Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 362-370.
- Doll, T., & Hanna, T. (1997). Directional cueing effects in auditory recognition. In *Binaural and Spatial Hearing in Real and Virtual Environments*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ebissou, A., Parizet, E., & Chevret, P. (2014). Use of The Speech Transmission Index for The Assessment of Sound Annoyance in Open Plan Offices. *Applied Acoustics*(88), 90-95.

- Freyman, R., Helfer, K., McCall, D., & Clifton, R. (1999). The role of perceived spatial separation in the unmasking of speech. *J. Acoust. Soc. Am.*, *106*, 3578-3587.
- Haans, A., Kaiser, F., & Kort, Y. A. (2007). Privacy Needs in Office Environments. *European Psychologist*, *12*(2), 93-102.
- Haapakangas, A., Haka, M., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2008). Effect of speech intelligibility on task performance - an experimental laboratory study. *9th International Congress on Noise as a Public Health Problem* (pp. 1-7). Connecticut: International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN).
- Hawkins, J., & Stevens, S. (1950). The masking of pure tones and of speech by white noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, *22*(1), 6-13.
- Hedge, A. (1982). The Open-Plan Office : A systematic Investigation of Employee Reactions to Their Work Environment. *Environment and Behaviour*, *14*(5), 519-542.
- Hioka, Y., Tang, J. W., & Wan, J. (2016). Effect of adding artificial reverberation to speech-like masking sound. *Applied Acoustics*, 171-178.
- Hodgson, M., & Nosal, E.-M. (2002). Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classroom. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 932-939.
- Hoen, M., Meunier, F., Grataloup, C. L., Pellegrino, F., Grimault, N., Perrin, F., . . . Collet, L. (2007). Phonetic and lexical interferences in informational masking during speech-in-speech comprehension. *Speech Communication*, *49*, 905-916.
- Hongisto, V., Varjo, J., Leppämäki, H., Olivia, D., & Hyönä, J. (2016). Work Performance in Private Office Rooms: The Effects of Sound Insulation and Sound Masking. *Building and Environmental*, *104*, 263-274.
- Hornsby, B. (2004). The Speech Intelligibility Index: What is it and what's it good for? . *Hearing Journal*, 10-17.
- Howard, D. M., & Angus, J. A. (2009). *Acoustics and Psychoacoustics*. Britain: Elsevier Ltd.

- Hundert, A. T., & Greenfield, N. (1969). Physical Space and Organizational Behavior: A Study of an Office Landscape. *Proceedings of the 77th Annual Convention of the American Psychological Association (APA)*. Amerika.
- IEC 60268-16 . (2011). *Sound System Equipment - Part 16 : Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*. International Electrotechnical Commission.
- Indraini, H. C., Ekasiwi, S. N., & Asmoro, W. A. (2007). Analisis Kinerja Akustik Pada Ruang Auditorium Multifungsi Studi Kasus: Auditorium Universitas Kristen Petra, Surabaya. *Dimensi Interior*, 5(1), 1-11.
- International Standardization Organization. (2012). *ISO 3382-3 Acoustics - Measurement of Room Acoustics Parameters - Part 3: Open Plan Offices*. Switzerland: ISO.
- Irawati, D. E. (2019). *Pengaruh Posisi Loudspeaker pada Metode Sound Masking terhadap efektivitas Masker di Lingkungan Perkantoran Tapak Terbuka*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Tugas Akhir .
- ISO 3382:3. (2012). *Acoustics - Measurement of Room Acoustics Parameter - Part 3: Open Plan Office*. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Kidd, G. J., Mason, C., Deliwala, P., Woods, W., & Colburn, H. (1994). Reducing informational masking by sound segregation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 95, 3475-3480.
- Kim, J., & Dear, R. d. (2013). Workspace satisfaction: The privacy-communication trade-off. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 18-26.
- Kim, Y., & Park, Y. (2017). Effect of Active Noise Control and Masking Sound on Speech Intelligibility. *Applied Acoustics*, 123, 152-157.
- Kylliainen, M., & Saarinen, A. (2019). New Finnish Building Acoustic Regulation. *ICA 2019 Aachen*. Aachen: Proceedings of the 23rd International congress on Acoustics .
- Miller, G. A. (1947). The Masking of Speech. *Psychological Bulletin*, 44(2), 105-129.
- Miller, G. A., & Licklider, J. C. (1950). The intelligibility of interrupted speech. *J. Acoust. Soc. Am.*, 22, 167-173.

- Nadhiroh, A. (2019). *Efektivitas Babble Speech Masker terhadap Just Noticeable Difference untuk Peningkatan Privasi Rumah Sakit dengan Tipologi Perkantoran Tapak Terbuka*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Tesis.
- Poulsen, T. (2005). *Acoustics Communication, Hearing, and Speech 2.0 edition*. Only available from DTU campusnet.
- Renx, T., Leistner, P., & Liebl, A. (2018). Auditory Distraction by Speech: Can a Babble Masker Restore Working Memory Performance and Subjective Perception to Baseline? *Applied Acoustics*, 137, 151-160.
- Rosen, S., Souza, P., Ekelund, C., & Majeed, A. A. (2013). Listening to speech in a background of other talkers: Effects of talker number and noise vocoding. *J. Acoust. Soc. Am.*, 133(4), 2431-2443.
- Shafagat, A. (2014). Open Plan Office Design Features Affecting Staff's Health and Well-being Status. *Jurnal Teknologi*, 85.
- Steeneken, H. J., & Houtgast, T. (1973). The modulation transfer function in room acoustics as a predictor speech intelligibility. *Acustica*, 66-73.
- Suheri, N. (2013). *Karakteristik Tingkat Privasi Bicara dalam Ruangan Tapak Terbuka (Open Plan Offices) Mengacu pada ISO 3382-3-2912, %Alcons, dan Privacy Index*. Yogyakarta: Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Sundstrom, E., Town, J., Brown, D., Forman, A., & McGee, C. (1982b). Physical enclosure, type of job, and privacy in the office. *Environment and Behavior*, 14, 549-559.
- Thiele, R. (1953). Richtungsverteilung und zeitfolge der schallruckwurfe in raumen. *Acustica*, 291-302.
- Watson, C., Kelly, W., & Wroton, H. (1976). 'Factors in the discrimination of tonal patterns. II. Selective attention and learning under various levels of stimulus uncertainty. *J. Acoust. Soc. Am.*, 60, 1176-1185.
- Westin, A. (1970). *Privacy and Freedom*. New York: Atheneum Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Source code* Matlab untuk Penambahan Efek Dengung

```
clc;
clear;
%% Add Reverberation to Audio Signal
% Use the |reverberator| System object™ to add artificial
reverberation to an
% audio signal read from a file.
%
% Create the |dsp.AudioFileReader| and |audioDeviceWriter| System
objects. Use
% the sample rate of the reader as the sample rate of the writer.
fs = 44100;
fileReader = dsp.AudioFileReader('3. Target_0.6\2.
SNR_0\fepe_0070.wav', 'SamplesPerFrame', 1024);
deviceWriter =
audioDeviceWriter('SampleRate', fileReader.SampleRate);
%%
% Play 10 seconds of the audio signal through your device.

tic
while toc < 10
    audio = fileReader();
    deviceWriter(audio);
end
release(fileReader)
%%
% Construct a |reverberator| System object with default settings.

reverb = reverberator ('PreDelay', 0.000025, 'WetDryMix', 1,
'Diffusion', 0.75, 'DecayFactor', 0.92, 'HighFrequencyDamping',
0.21) ; %untuk parameter cek help
%%
% Construct a time scope to visualize the original audio signal
and the audio
% signal with added artificial reverberation.

scope = dsp.TimeScope( ...
    'SampleRate', fileReader.SampleRate, ...
    'TimeSpanOverrunAction', 'Scroll', ...
    'TimeSpan', 3, ...
    'BufferLength', 3*fileReader.SampleRate*2, ...
    'YLimits', [-1, 1], ...
    'ShowGrid', true, ...
    'ShowLegend', true, ...
    'Title', 'Audio with Reverberation vs. Original');
save1 = dsp.AudioFileWriter...
('fepe_10.wav'); %untuk save suara ganti nama save.wav
%%
% Play the audio signal with artificial reverberation. Visualize
the audio with
% reverberation and the original audio.

while ~isDone(fileReader)
```

```
    audio = fileReader();
    audioWithReverb = reverb(audio);
    deviceWriter(audioWithReverb);
    save1(audioWithReverb(:,1)); %untuk save suara
    scope([audioWithReverb(:,1),audio(:,1)])
end
release(fileReader)
release(deviceWriter)
release(scope)
release(save1)

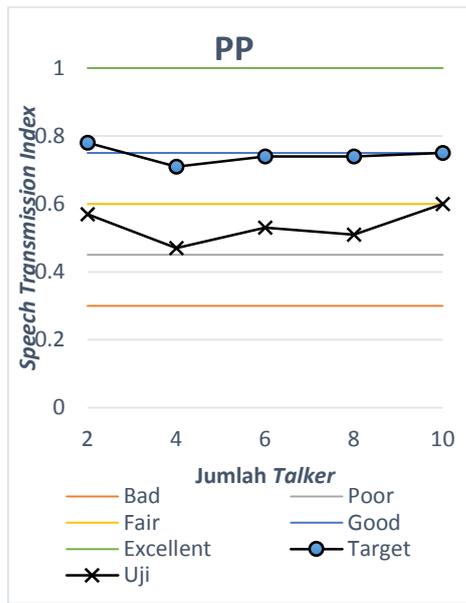
%%
% _Copyright 2012 The MathWorks, Inc._
```

Lampiran 2. Hasil Pengujian Objektif

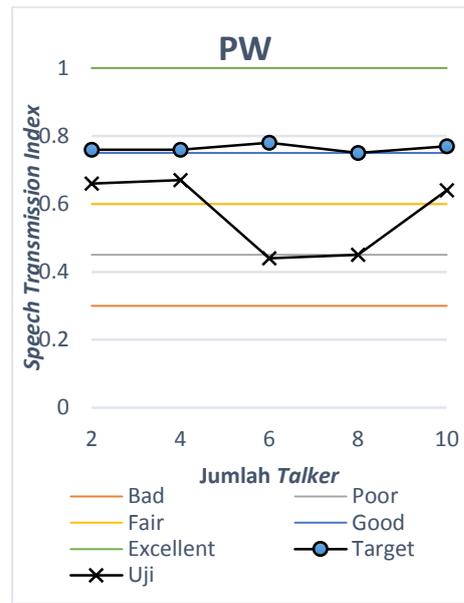
Hasil pengujian objektif menggunakan parameter STI, dilampirkan pada bagian ini. Gambar L2.1- L2.3 merupakan grafik hubungan antara nilai STI terhadap jumlah *talker* pada percobaan SNR 0 dB, dan waktu dengung 0 sekon, 0,3 sekon, dan 0,6 sekon. Bagian (a) merupakan hasil untuk skenario PP, (b) untuk skenario PW, (c) untuk skenario WP, dan (d) untuk skenario WW. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa semakin banyak jumlah *talker* maka nilai STI juga mengalami penurunan.

Pengujian pengaruh SNR terhadap nilai STI juga dilakukan, Gambar L2.4 – L2.7 merupakan grafik STI terhadap nilai SNR pada percobaan waktu dengung 0,3 sekon pada percobaan PP, PW, WP, dan WW. Gambar bagian (a) untuk percobaan 2 *talker* dan (b) untuk percobaan 10 *talker*. Gambar L2.8 – L2.11 merupakan grafik STI terhadap nilai SNR pada percobaan waktu dengung 0,6 sekon pada percobaan PP, PW, WP, dan WW. Gambar bagian (a) untuk percobaan 2 *talker* dan (b) untuk percobaan 10 *talker*. Berdasarkan percobaan tersebut didapatkan hasil bahwa semakin kecil selisih SNR *masker* dan target, maka semakin efektif juga *masker* dalam menutupi target.

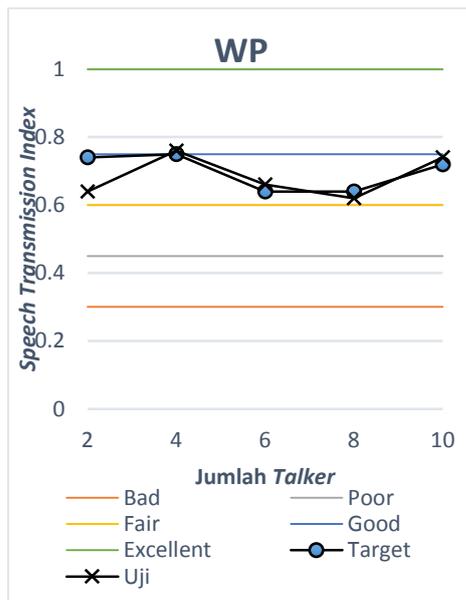
Pada pengujian pengaruh waktu dengung terhadap nilai STI yang dapat ditampilkan pada Gambar L2.12 – L2.19. Nilai STI pada percobaan SNR 5 dB ditampilkal pada Gambar L2.12 -L2.14 untuk masing percobaan 4 *talker*, 6 *talker*, dan 8 *talker*, dengan bagian (a) untuk percobaan PP, (b) untuk percobaan PW, (c) untuk percobaan WP, dan (d) untuk percobaan WW. Nilai STI pada percobaan SNR 0 dB ditampilkal pada Gambar L2.15 -L2.19 untuk masing percobaan 2 *talker*, 4 *talker*, 6 *talker*, 8 *talker*, dan 10 *talker*, dengan bagian (a) untuk percobaan PP, (b) untuk percobaan PW, (c) untuk percobaan WP, dan (d) untuk percobaan WW. Berdasarkan hasil percobaan maka didapatkan hasil bahwa penambahan waktu dengung tidak menambah efektifitas *masker*, justru saat nilai waktu dengung 0 sekon menunjukkan *masker* paling efektif.



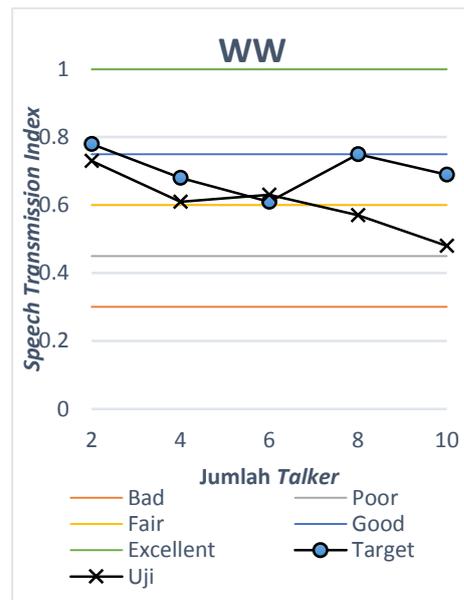
(a)



(b)

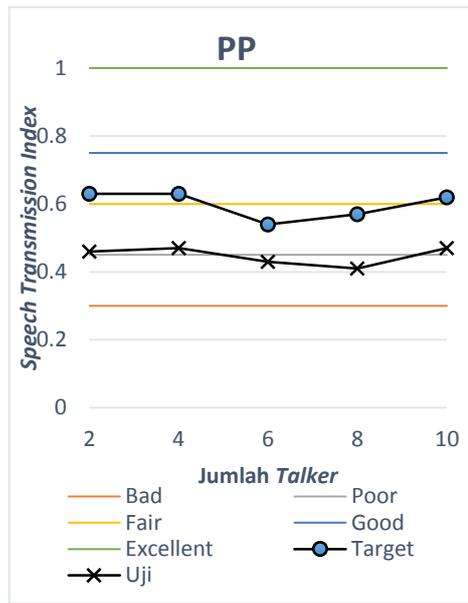


(c)

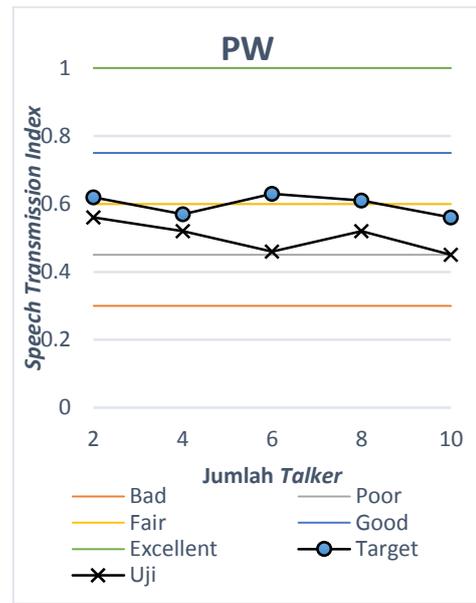


(d)

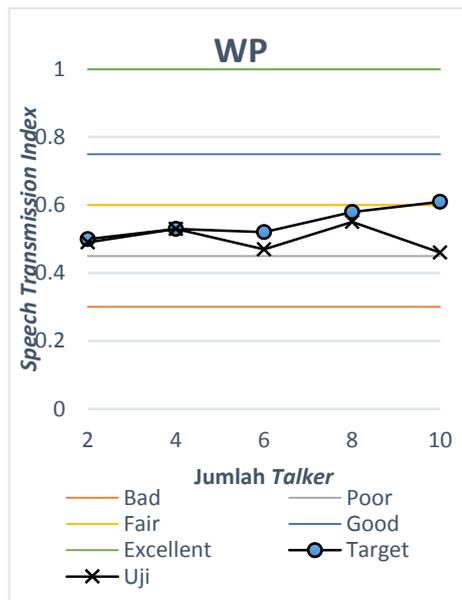
Gambar L2. 1 Grafik Nilai STI terhadap Jumlah Talker Masker pada Waktu Dengung 0 detik dan SNR 0 dB untuk Percobaan (a) PP, (b) PW, (c) WP, (d) WW



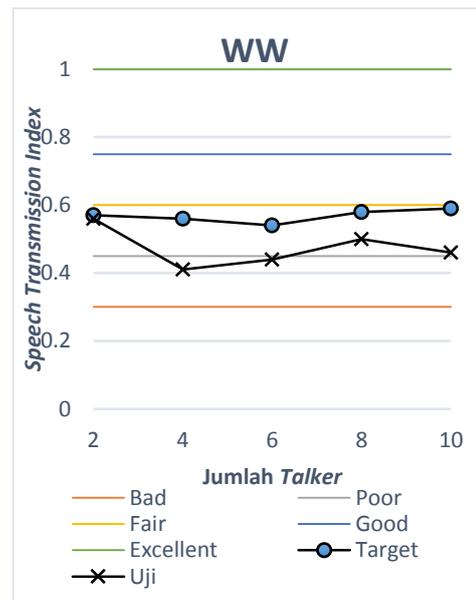
(a)



(b)

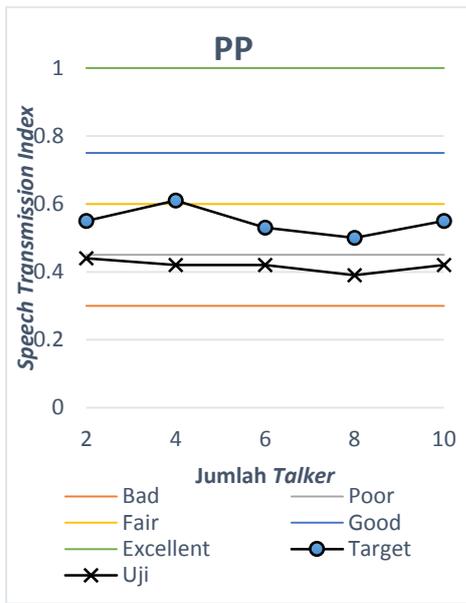


(c)

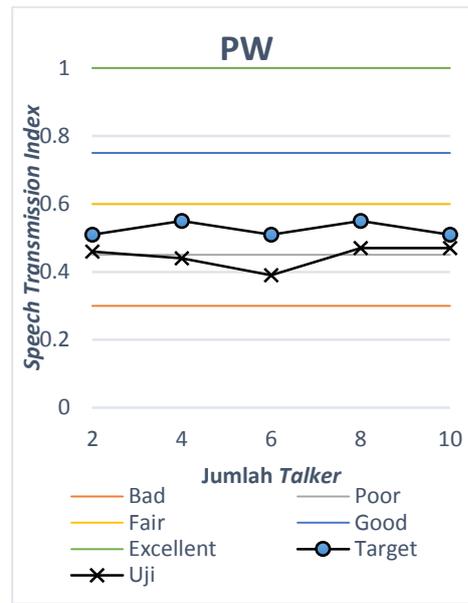


(d)

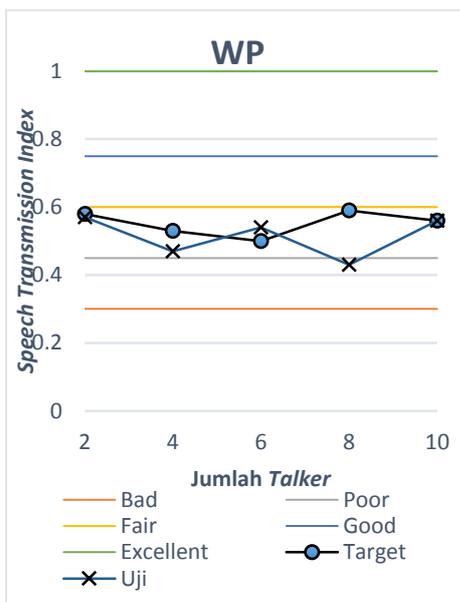
Gambar L2. 2 Grafik Nilai STI terhadap Jumlah *Talker Masker* pada Waktu Dengung 0,3 detik dan SNR 0 dB untuk Percobaan (a) PP, (b) PW, (c) WP, (d) WW



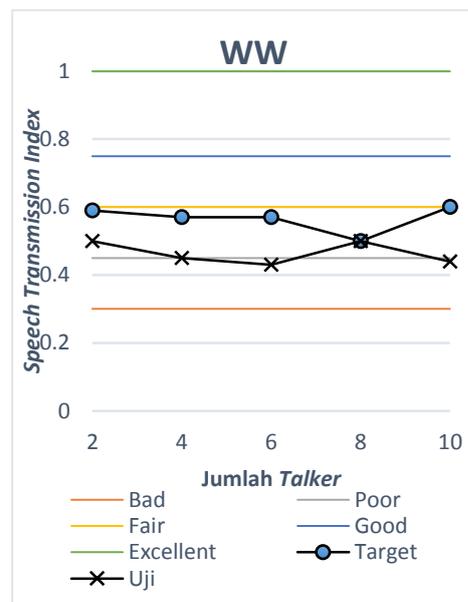
(a)



(b)

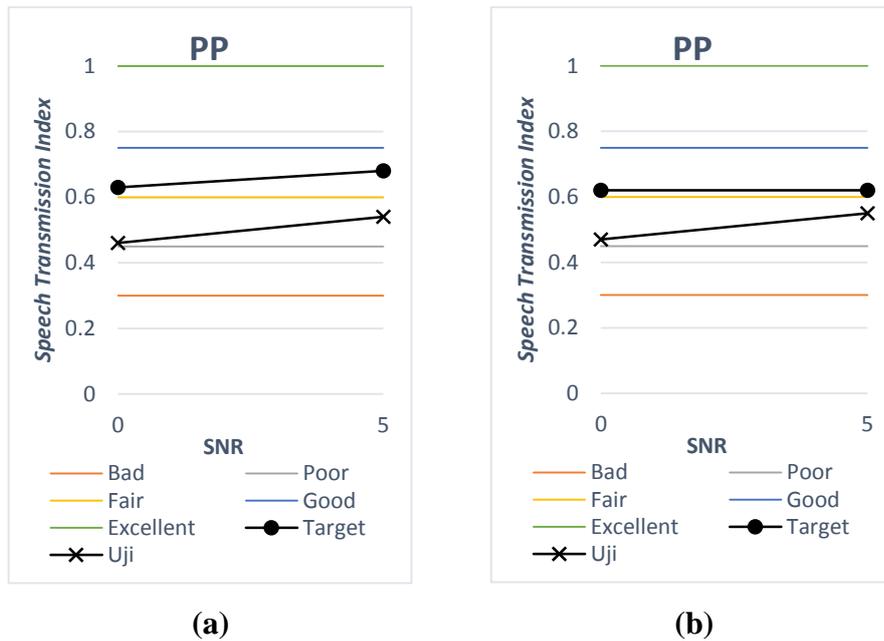


(c)

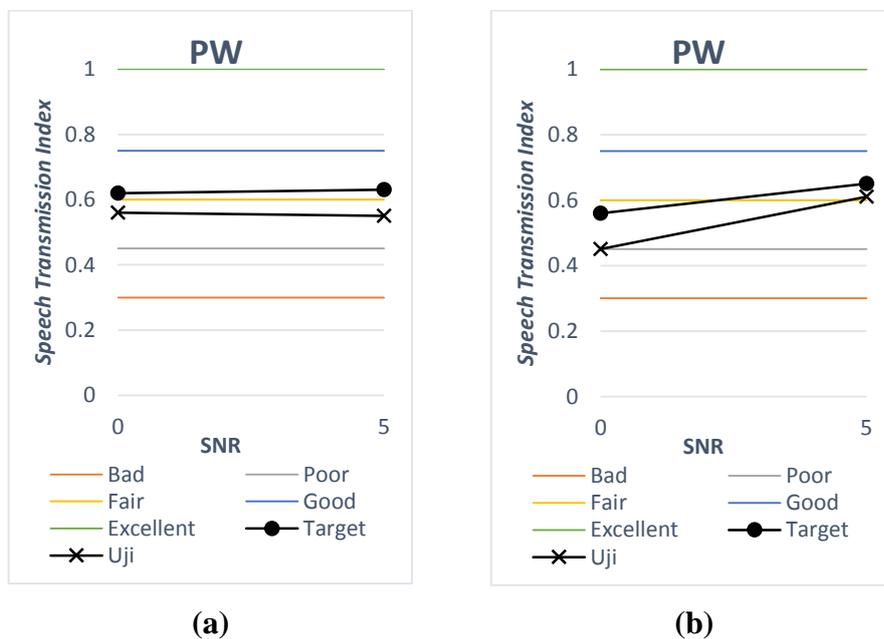


(d)

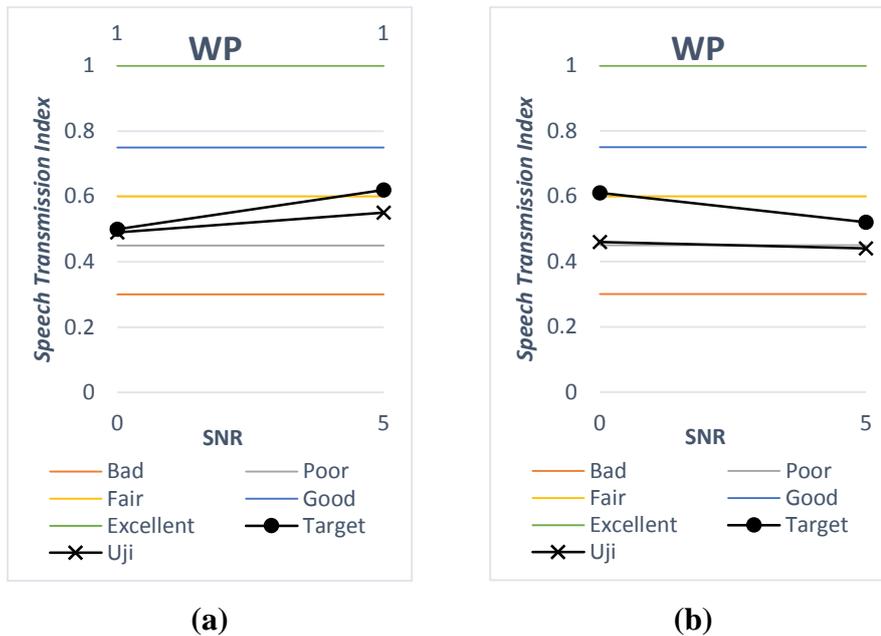
Gambar L2. 3 Grafik Nilai STI terhadap Jumlah Talker Masker pada Waktu Dengung 0 detik dan SNR 0,6 dB untuk Percobaan (a) PP, (b) PW, (c) WP, (d) WW



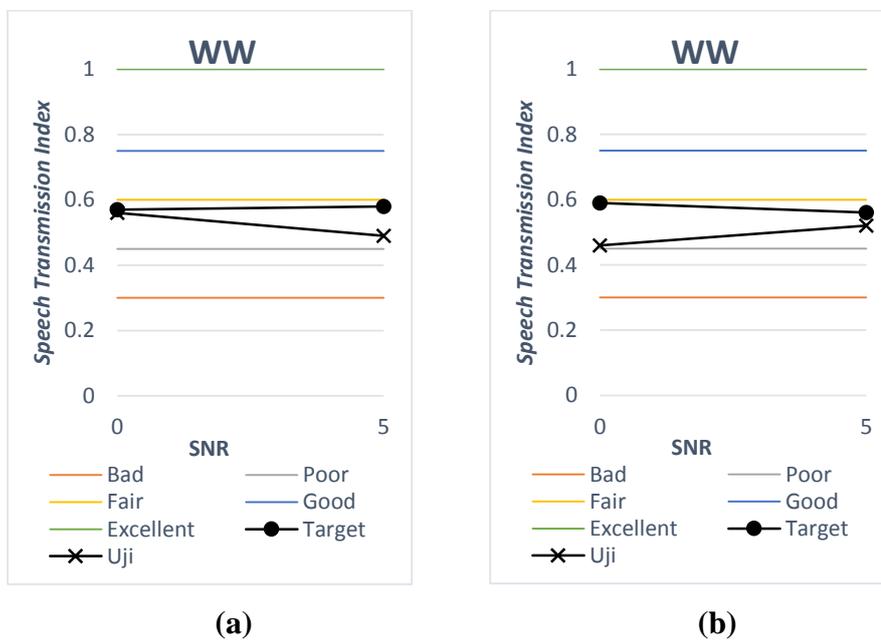
Gambar L2. 4 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



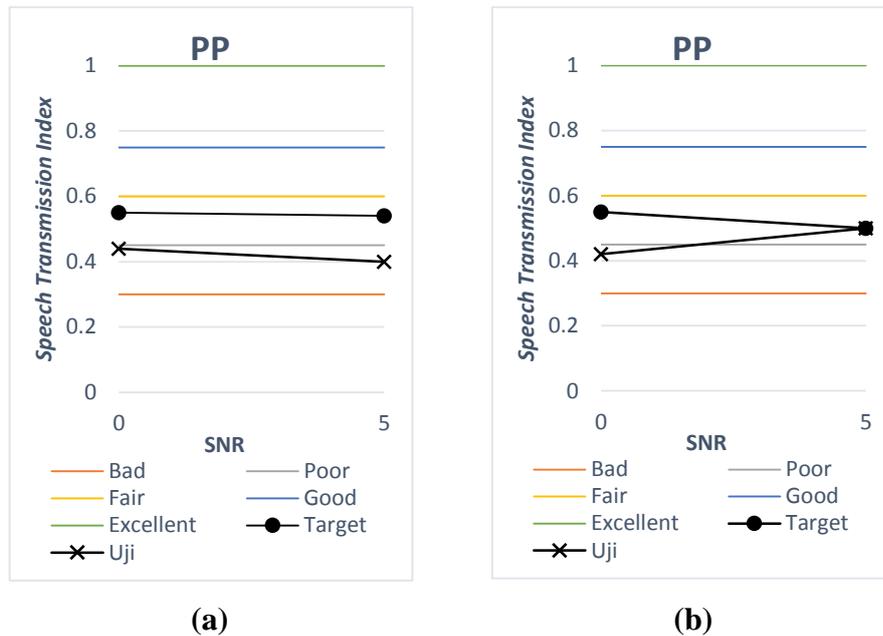
Gambar L2. 5 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



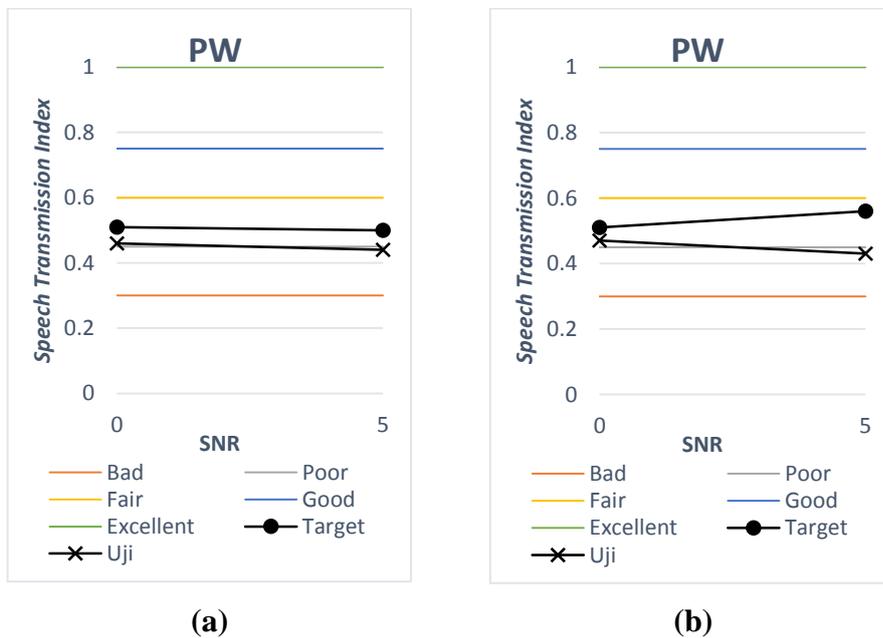
Gambar L2. 6 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



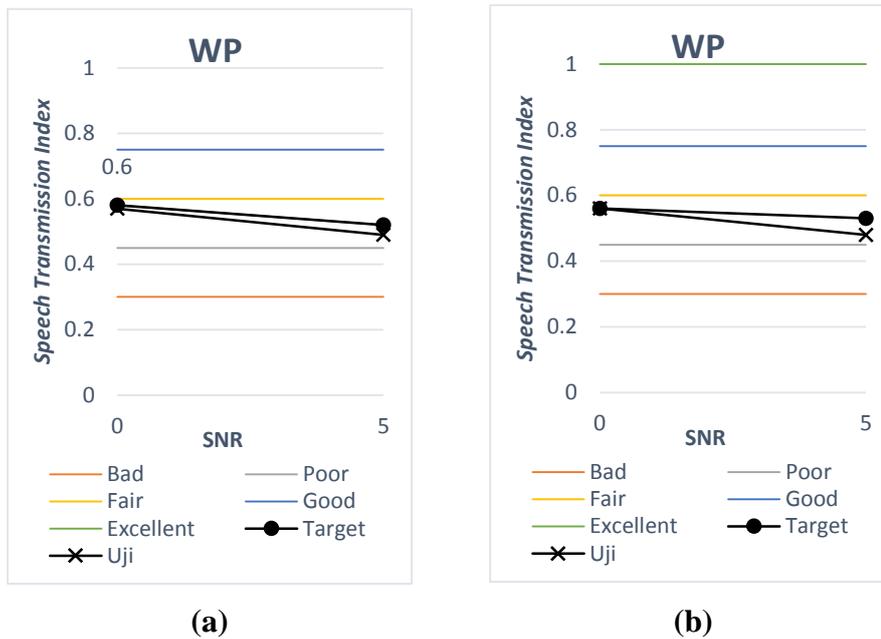
Gambar L2. 7 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



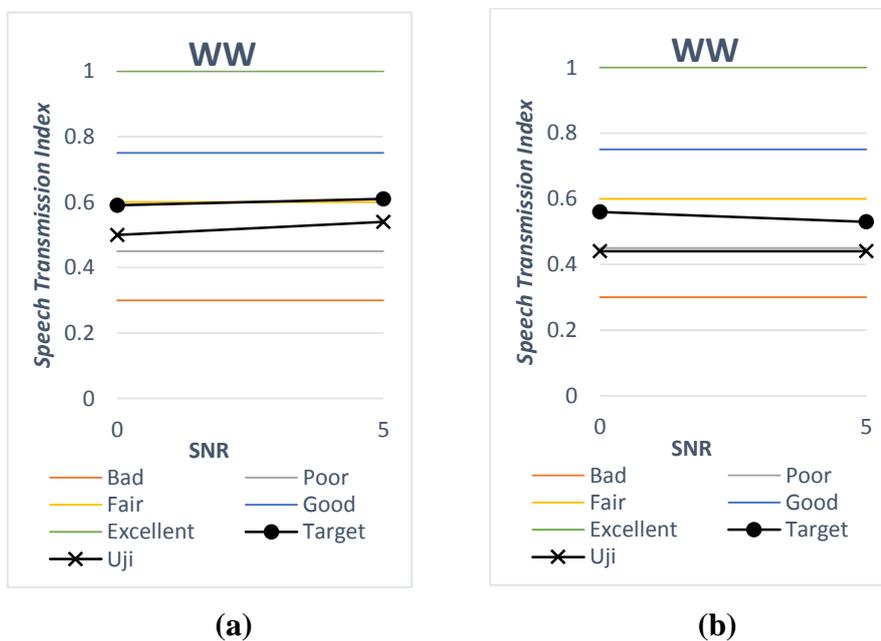
Gambar L2. 8 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,6 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



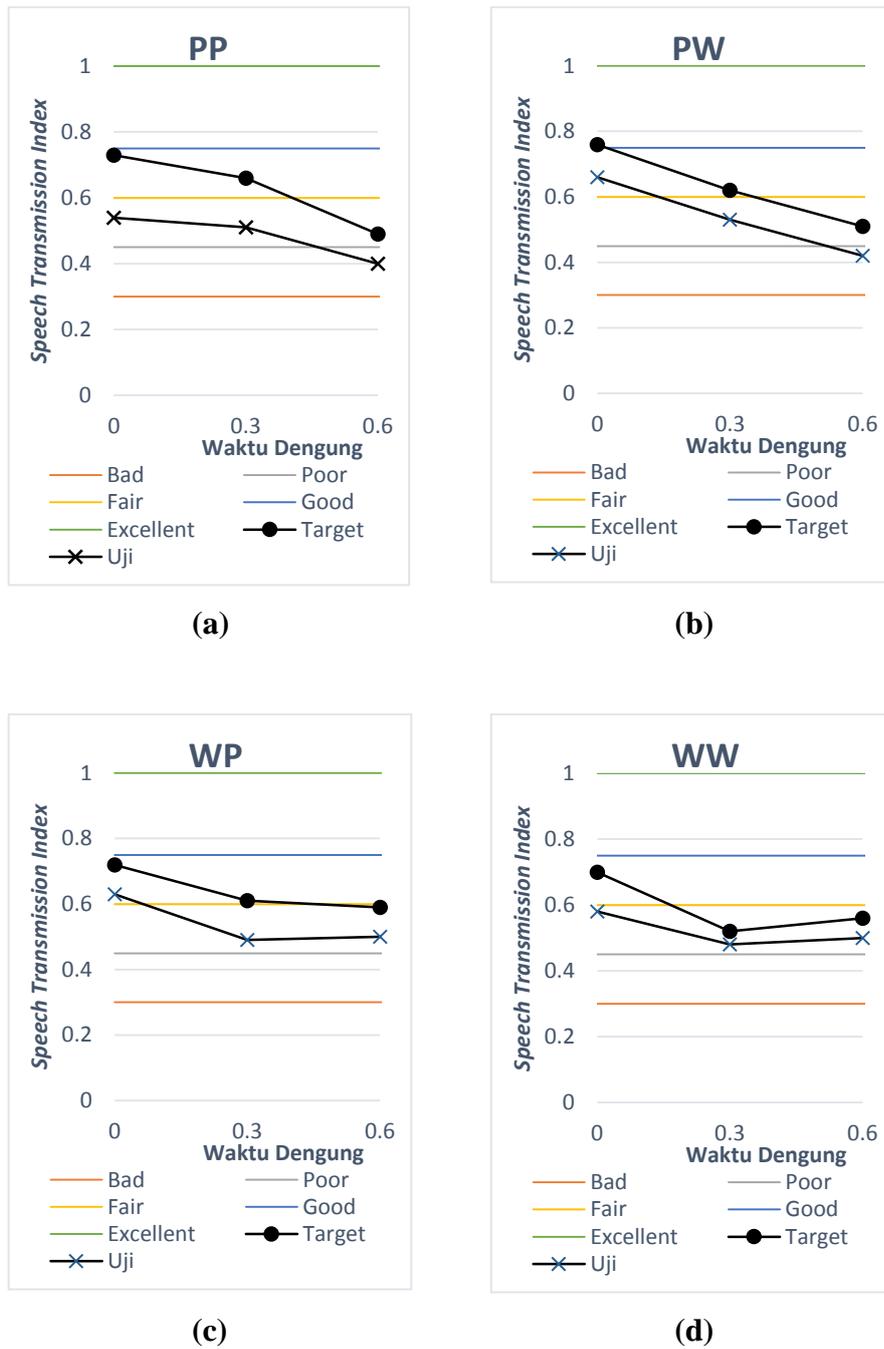
Gambar L2. 9 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,6 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



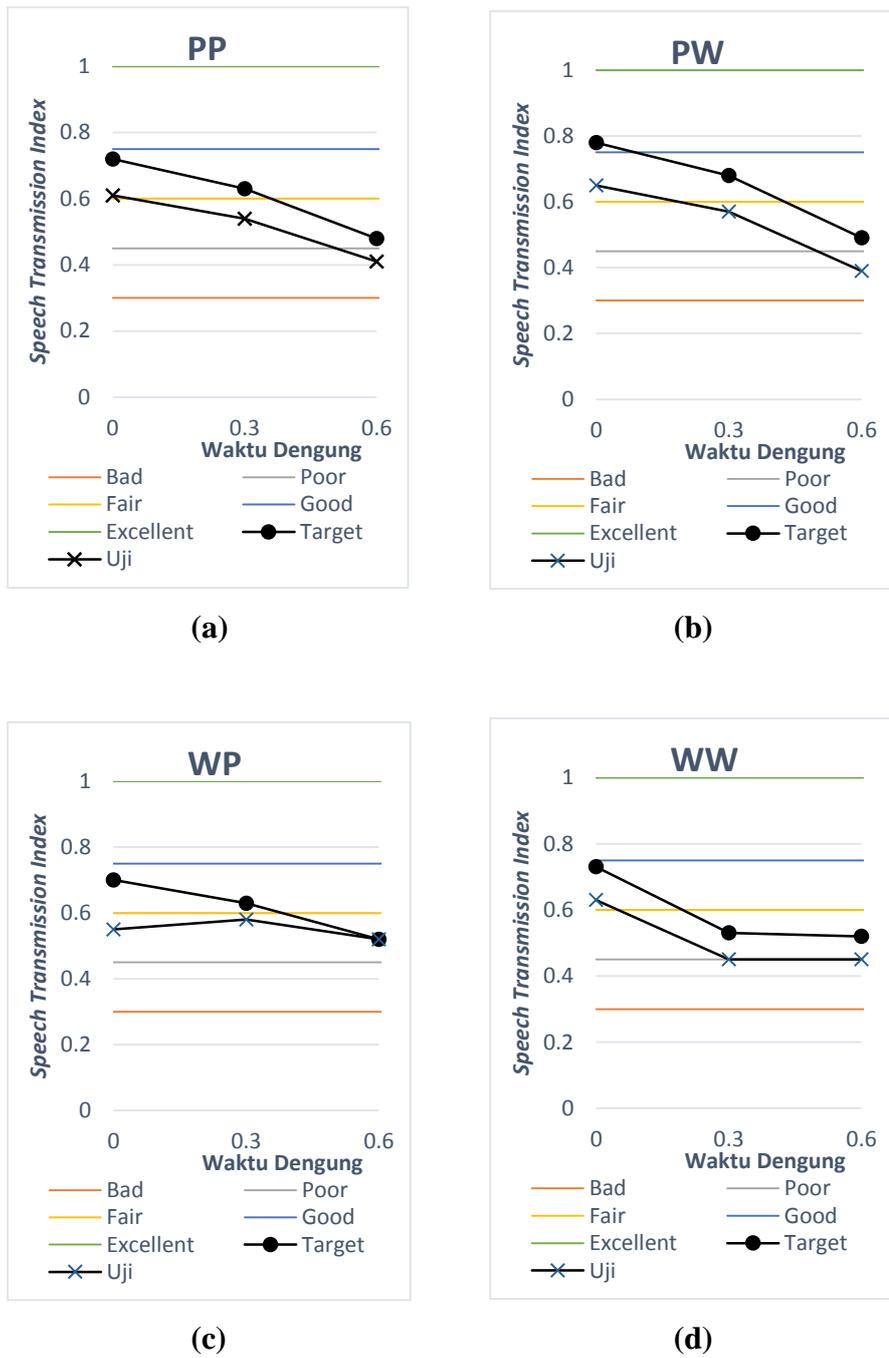
Gambar L2. 10 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,6 sekon untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



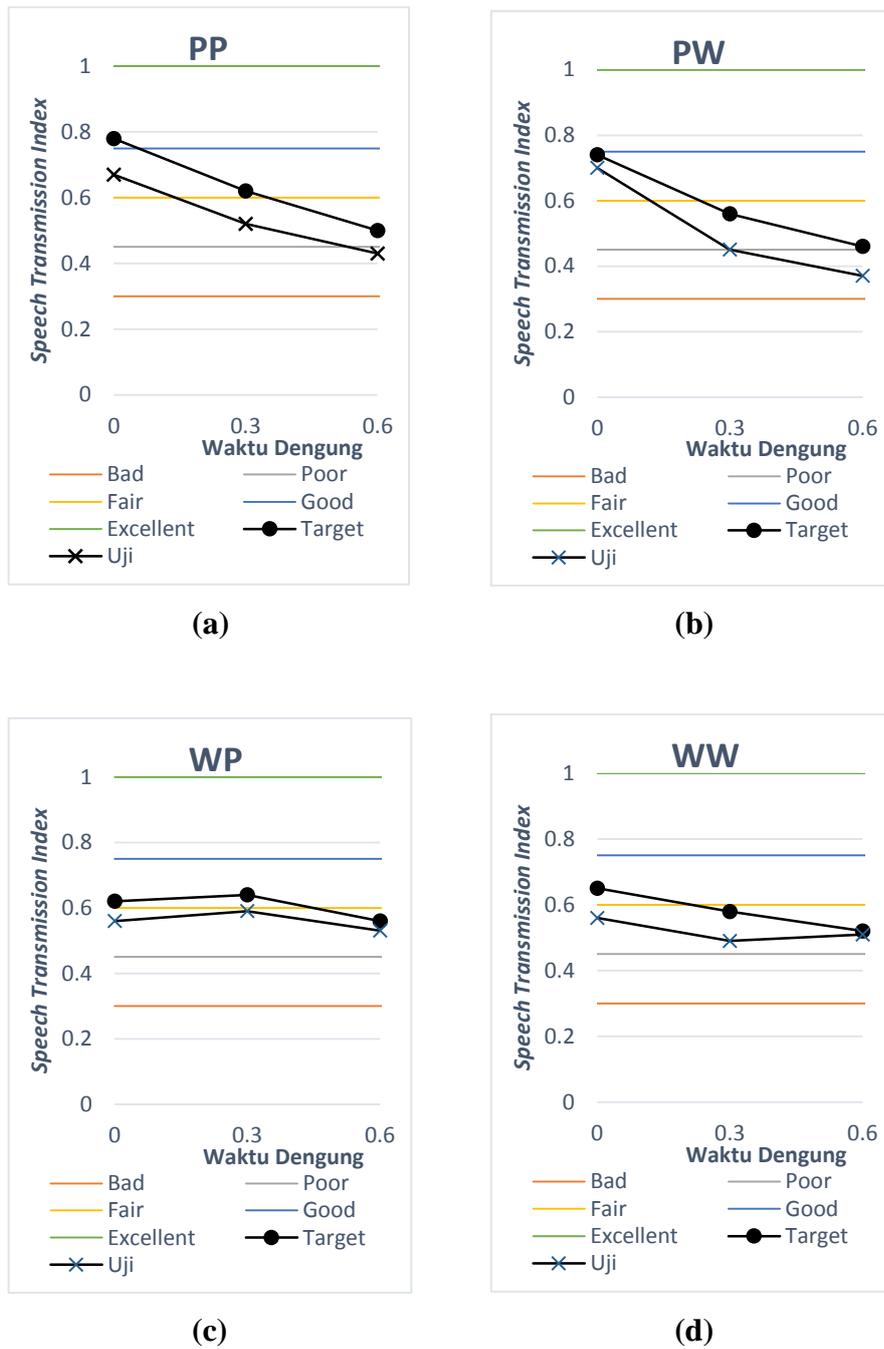
Gambar L2. 11 Grafik nilai STI terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



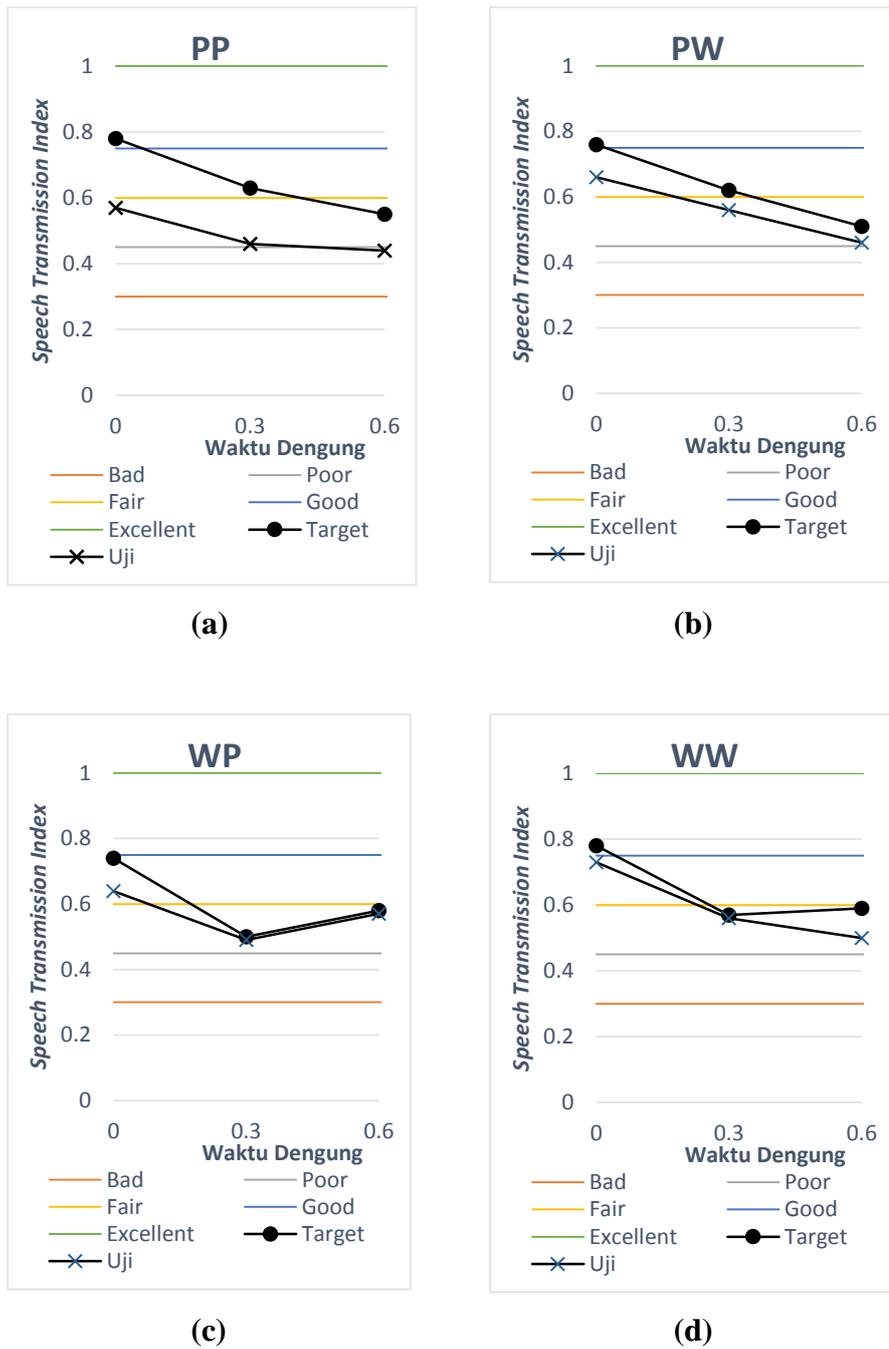
Gambar L2. 12 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 4 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



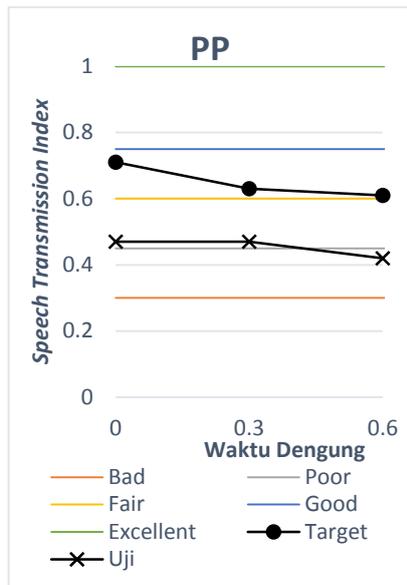
Gambar L2. 13 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 6 *talker* dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



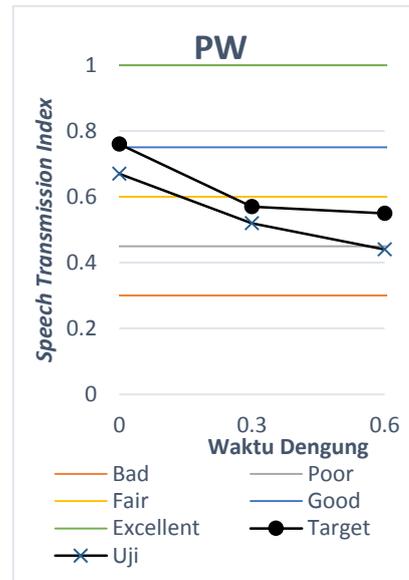
Gambar L2. 14 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 8 talker dan SNR 5 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



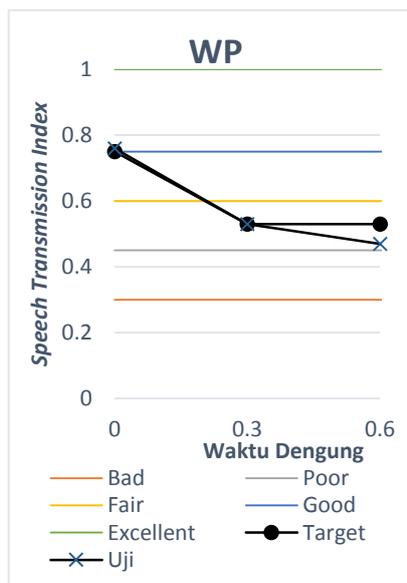
Gambar L2. 15 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 talker dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



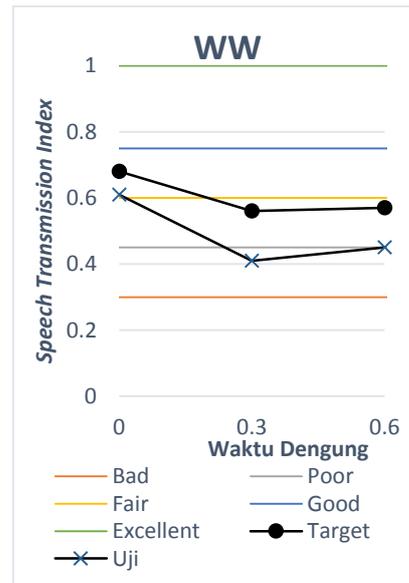
(a)



(b)

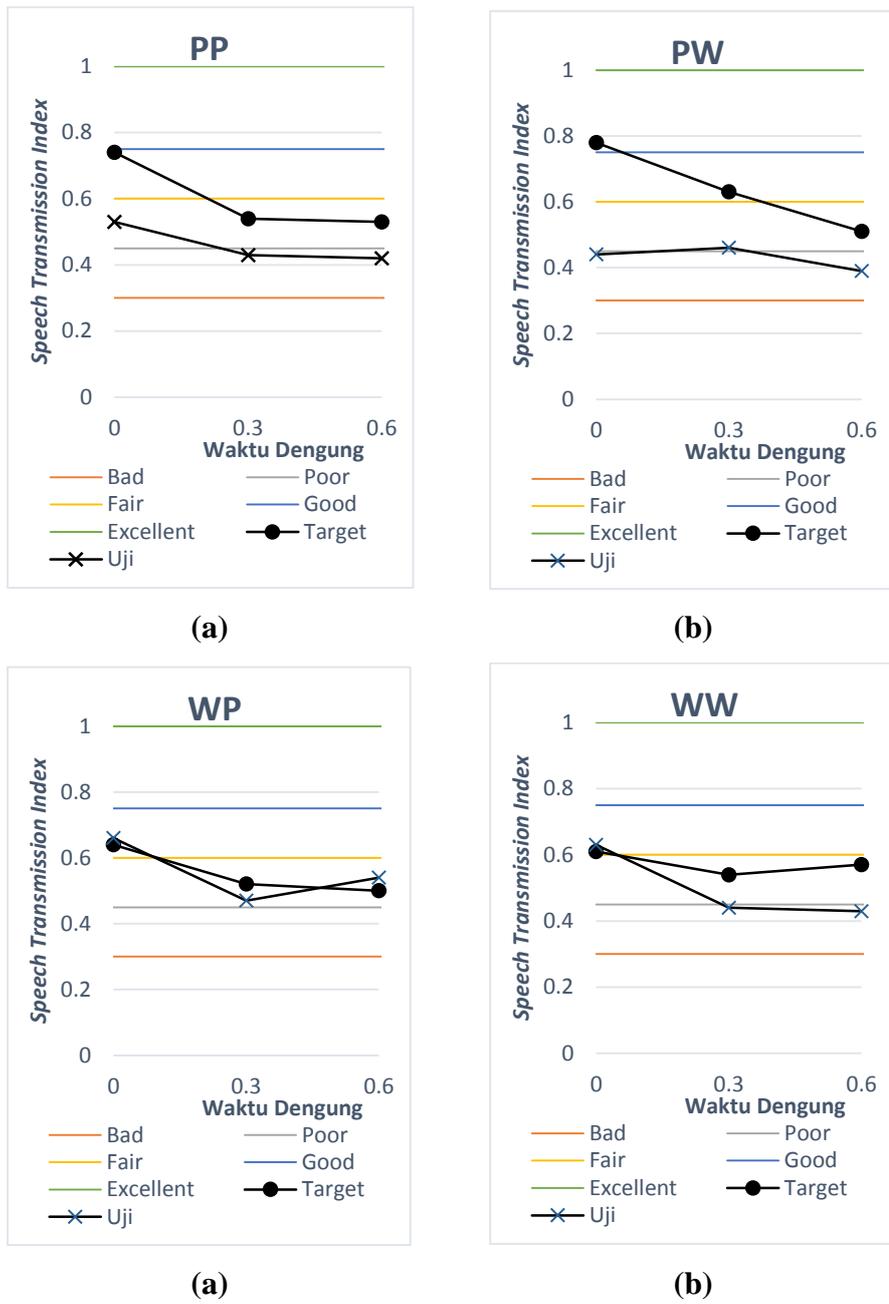


(c)

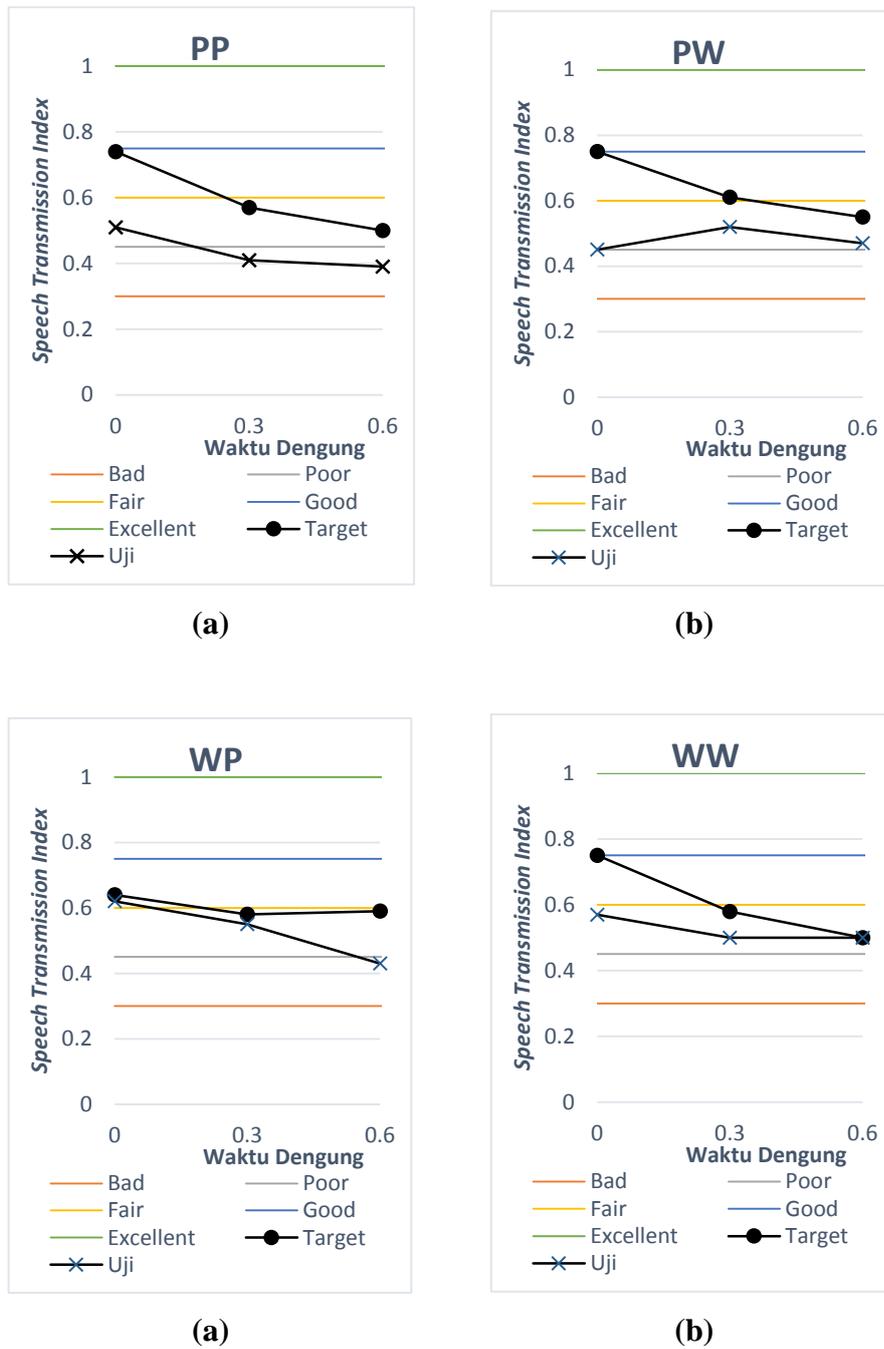


(d)

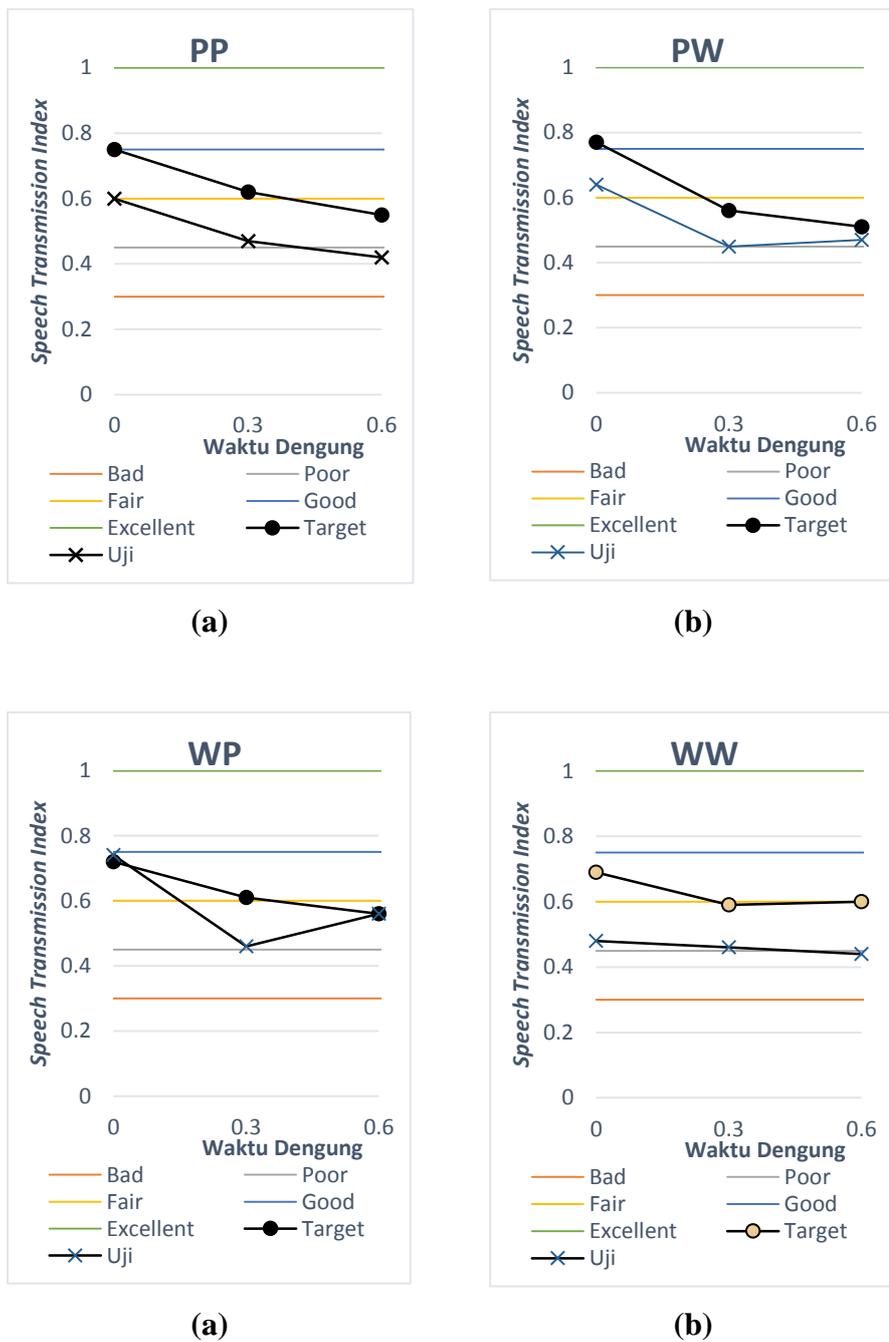
Gambar L2. 16 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengar, dengan skenario 4 *talker* dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



Gambar L2. 17 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 6 talker dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



Gambar L2. 18 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 8 talker dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



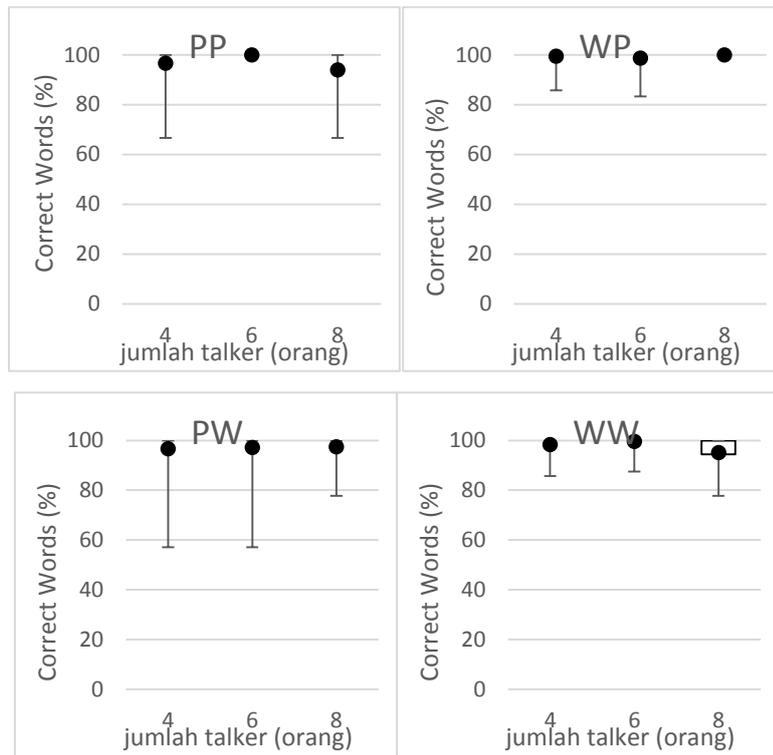
Gambar L2. 19 Grafik Grafik Hubungan STI terhadap waktu dengung, dengan skenario 10 talker dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW

Lampiran 3. Hasil Pengujian Subjektif

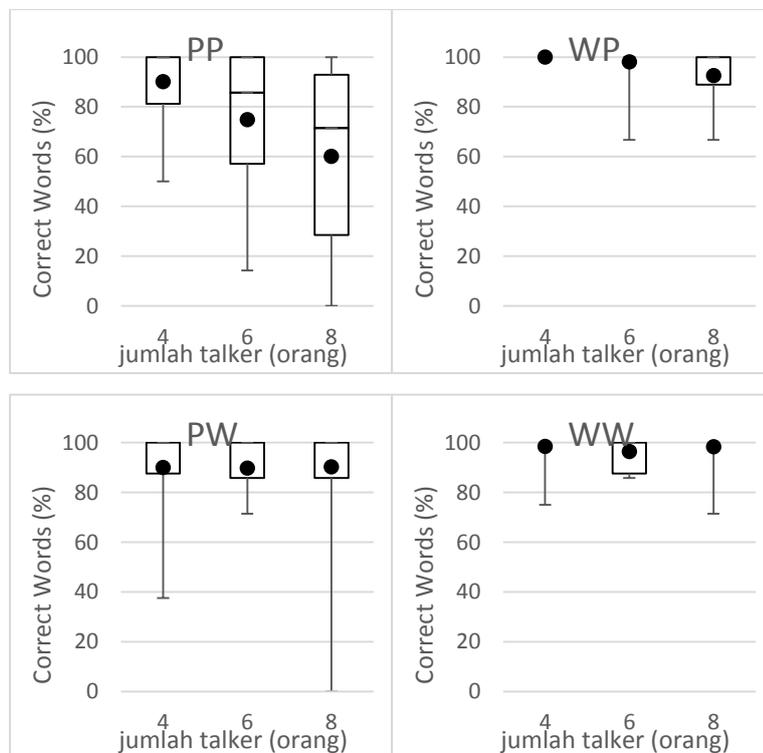
Pada bagian ini ditampilkan data hasil uji subjektif dengan menggunakan parameter *%correct word*. Gambar L3.1 -L3.3 merupakan hasil uji subjektif pada percobaan pengaruh jumlah *talker* 4, 6, dan 8 untuk skenario SNR 0 dB dan 5 dB. Gambar L3.1 untuk waktu dengung 0 sekon, Gambar L3.2 untuk waktu dengung 0,3 sekon, dan Gambar L3.3 untuk waktu dengung 0,6 sekon. Berdasarkan hasil uji diketahui, nilai *%correct word* mengalami kenaikan ketika jumlah *talker* bertambah, kecuali untuk percobaan waktu dengung 0 sekon.

Pada pengujian pengaruh SNR yang terdapat pada Gambar L3.4- L3.11. Pengujian pada waktu dengung 0,3 sekon terdapat pada Gambar L3.4- L3.7, dan untuk waktu dengung 0,6 sekon terdapat pada Gambar L3.8 – L3.11. Berdasarkan hasil uji diketahui nilai SNR sangat mempengaruhi nilai *%correct word*. Percobaan dengan SNR 0 dB diketahui lebih efektif dibandingkan dengan SNR 5 dB. Namun pada percobaan waktu dengung 0,3 sekon dengan jumlah *talker* 10 orang skenario WP, dan pada percobaan waktu dengung 0,6 sekon dengan jumlah *talker* 2 orang untuk skenario PW nilai *%correct word* pada SNR 5dB lebih rendah dibandingkan pada SNR 0 dB. Artinya *masker* lebih efektif menutupi suara target apabila SNR *masker*-target semakin kecil.

Sedangkan untuk pengujian pengaruh waktu dengung dapat dilihat pada Gambar L3.12-L3.13. didapatkan hasil bahwa *masker* lebih efektif saat waktu dengung bernilai 0,3 sekon, sedangkan untuk percobaan 10 *talker*, efektivitas *masker* sejalan dengan perpanjangan waktu dengung, dimana *masker* paling efektif saat waktu dengung 0,6 sekon. Sehingga dengan adanya waktu dengung, maka suara *masker* akan terdistorsi, dan menjadi kurang efektif untuk menutupi suara target.

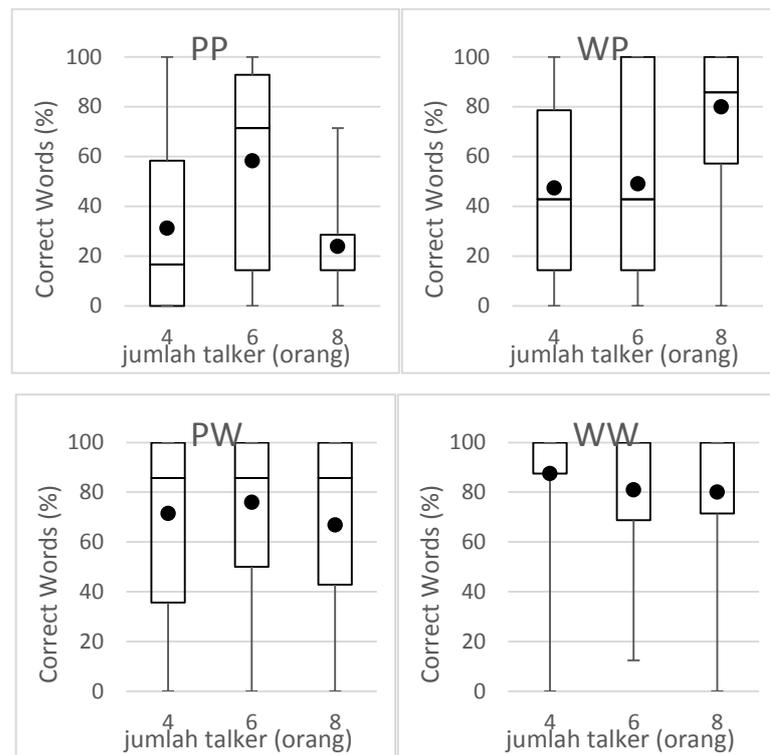


(a)

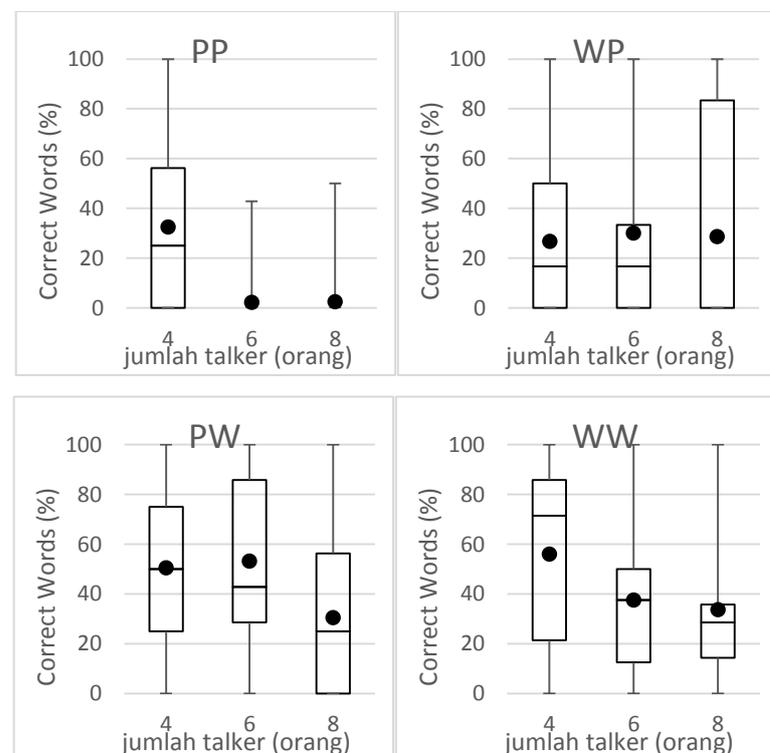


(b)

Gambar L3. 1 Grafik Hubungan nilai % correct words terhadap jumlah talker, dengan skenario waktu dengung 0 s (a) SNR 5 dB (b) SNR 0 dB

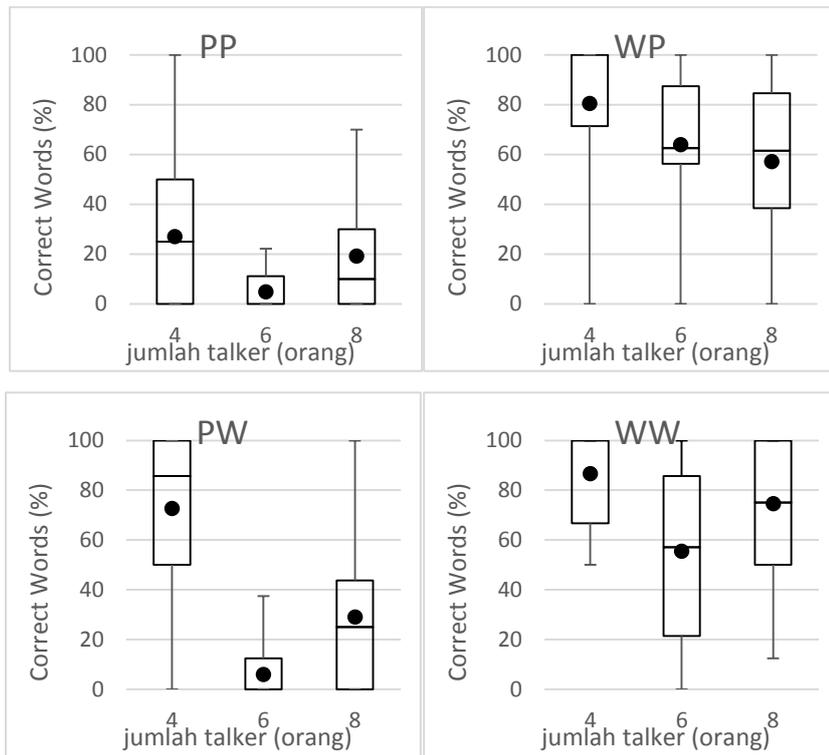


(a)

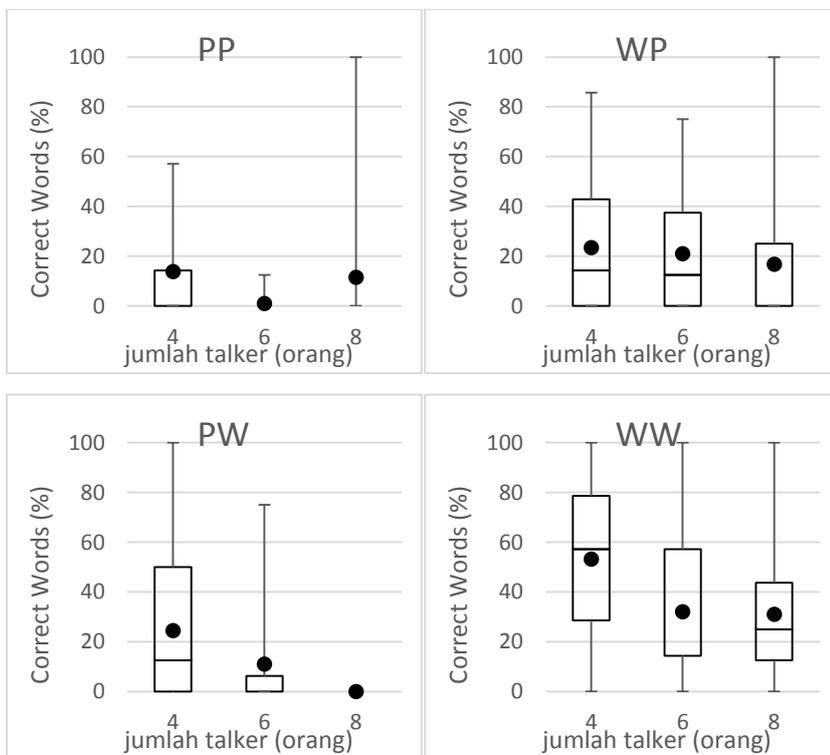


(b)

Gambar L3. 2 Grafik Hubungan nilai % correct words terhadap jumlah talker, dengan skenario waktu dengung 0,3 s (a) SNR 5 dB (b) SNR 0 dB

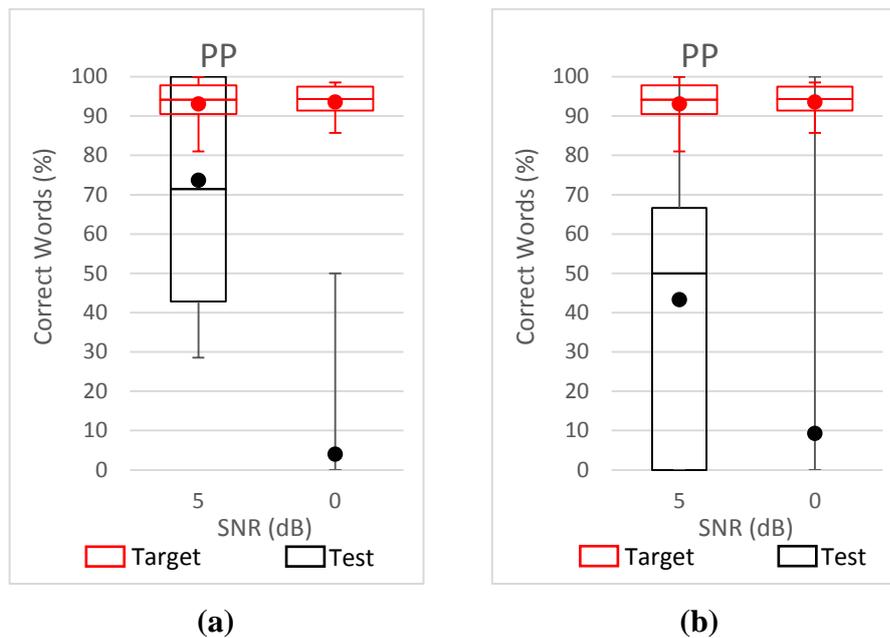


(a)

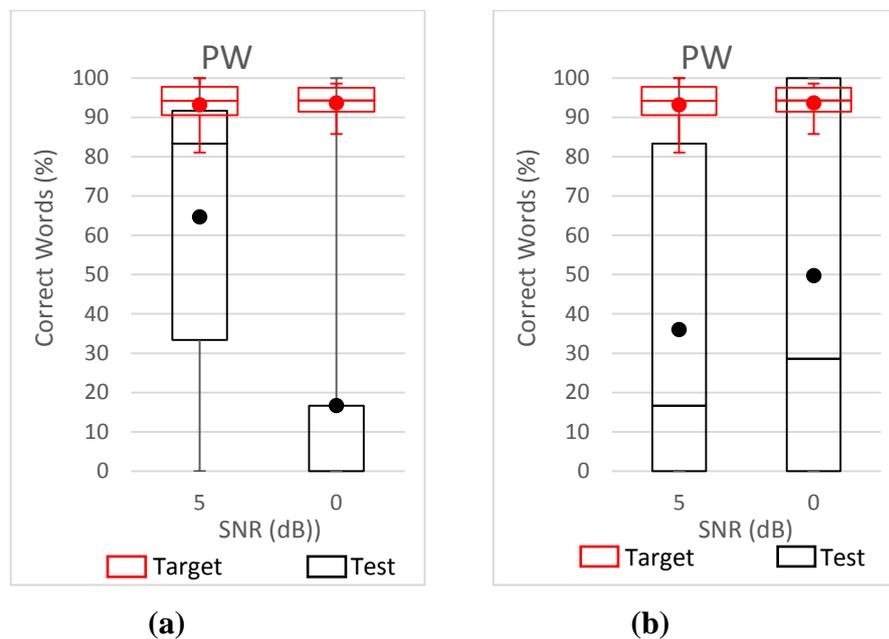


(b)

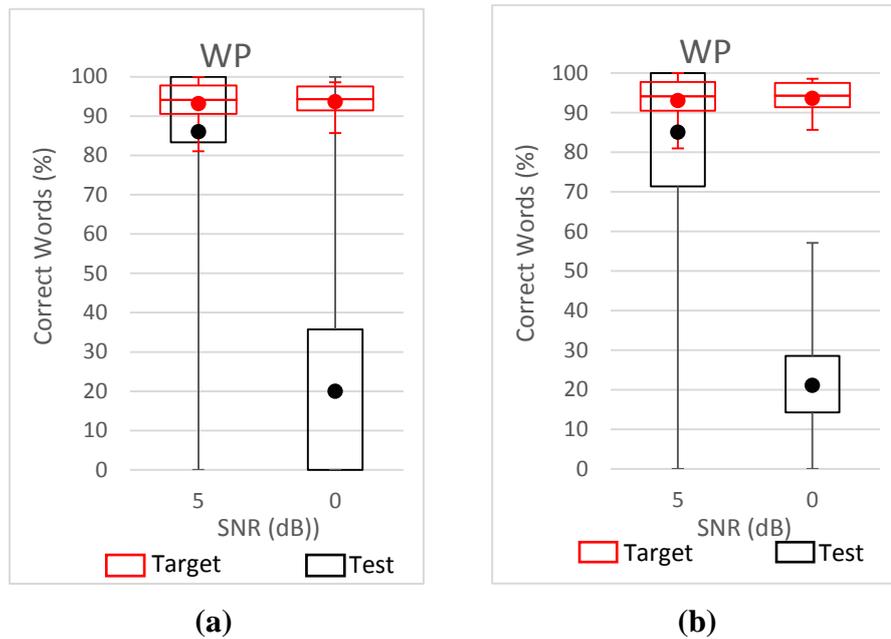
Gambar L3. 3 Grafik Hubungan nilai % correct words terhadap jumlah talker, dengan skenario waktu dengung 0,6 s (a) SNR 5 dB (b) SNR 0 dB



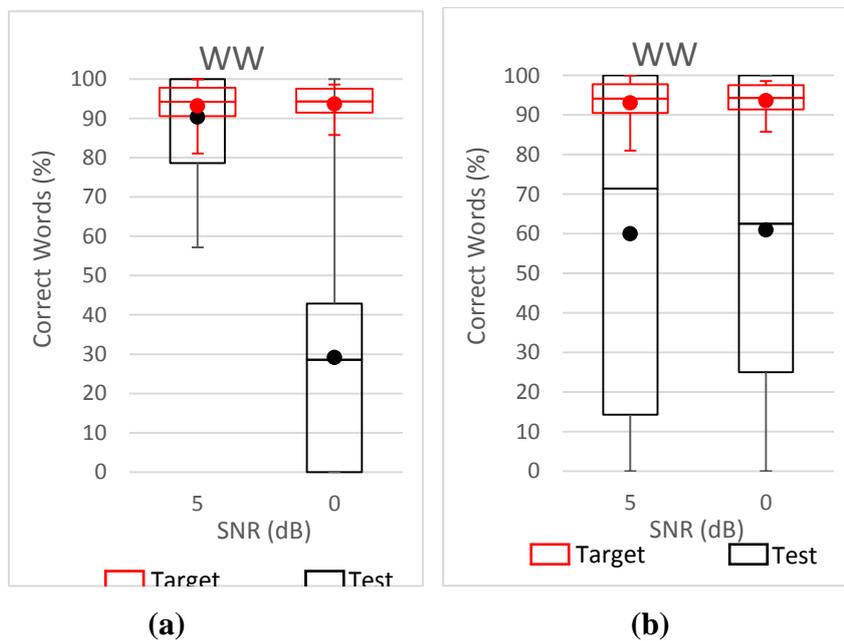
Gambar L3. 4 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



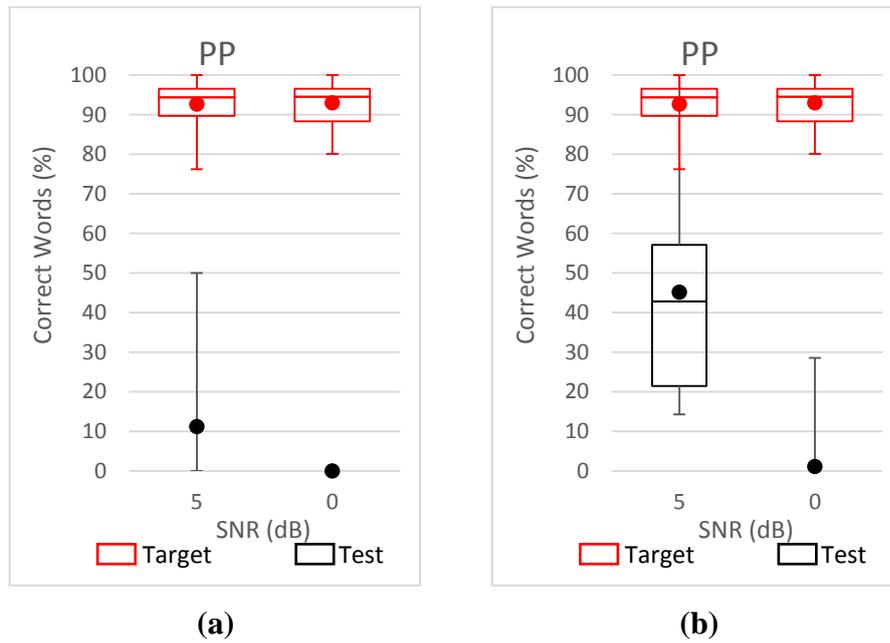
Gambar L3. 5 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,3 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



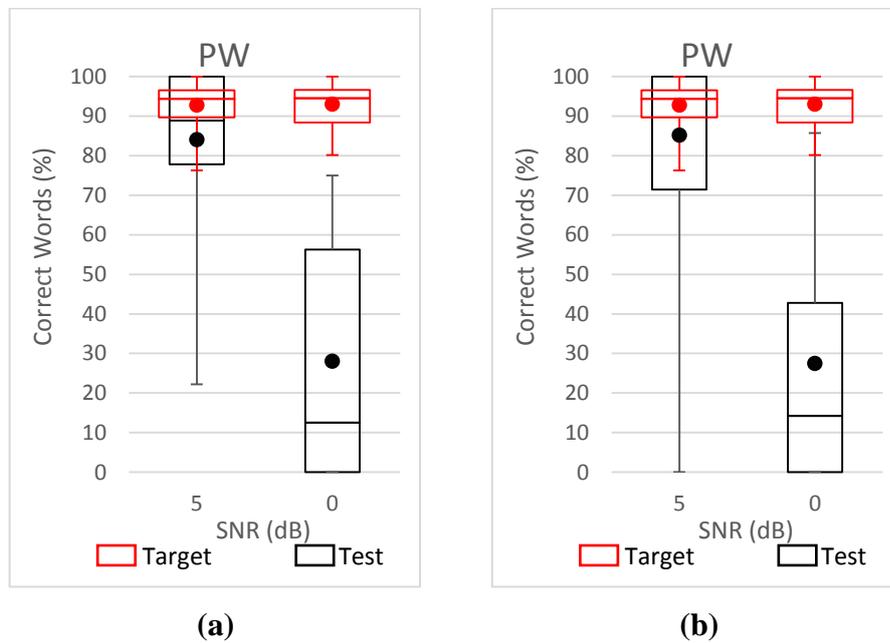
Gambar L3. 6 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengar 0,3 detik untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



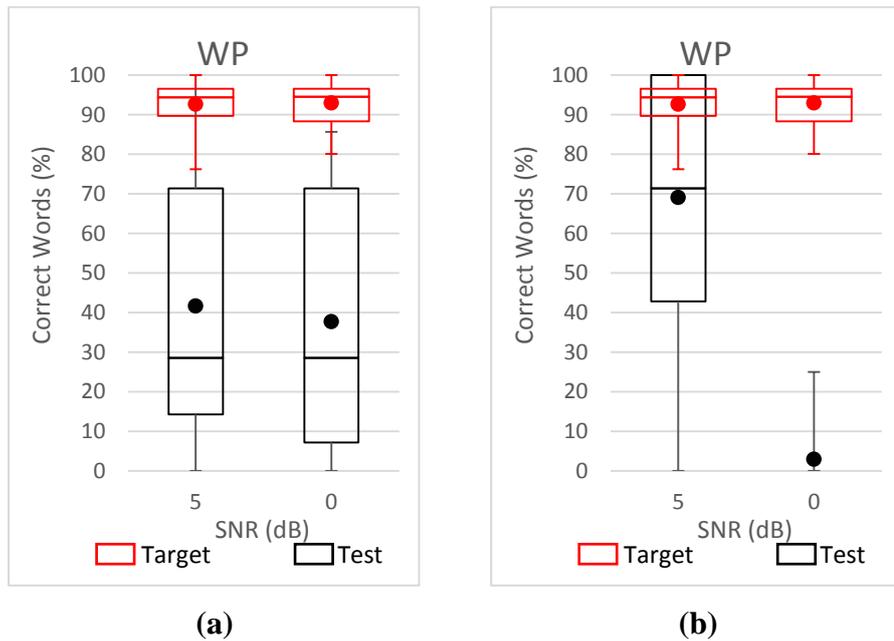
Gambar L3. 7 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengar 0,3 detik untuk skenario WW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



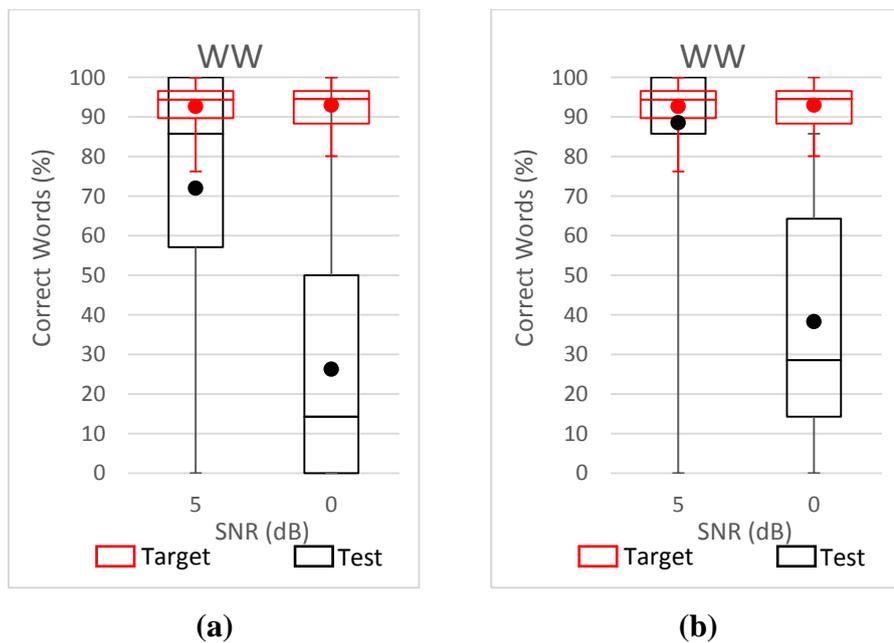
Gambar L3. 8 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *maker* dan target pada waktu dengung 0,6 sekon untuk skenario PP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



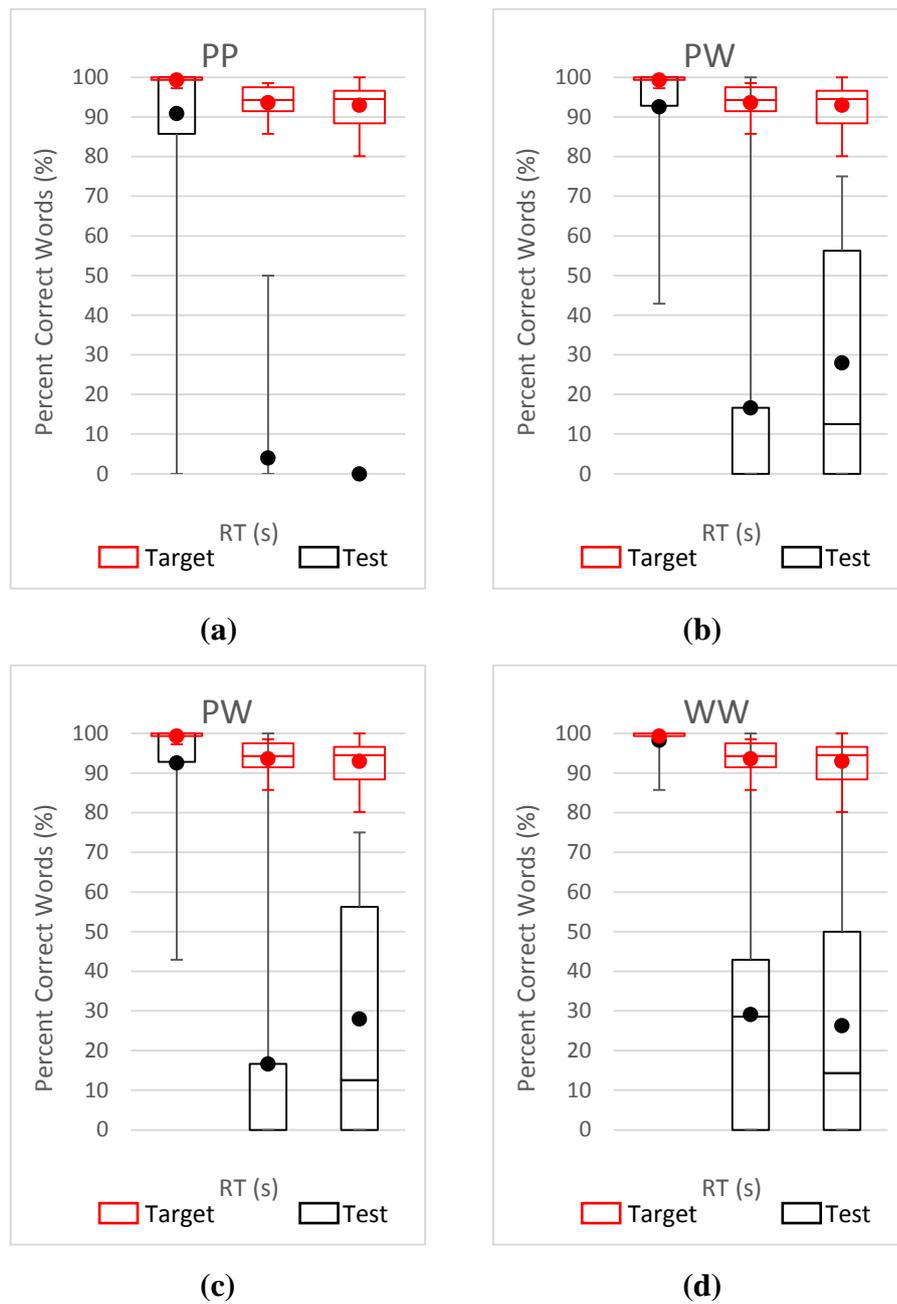
Gambar L3. 9 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengung 0,6 sekon untuk skenario PW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



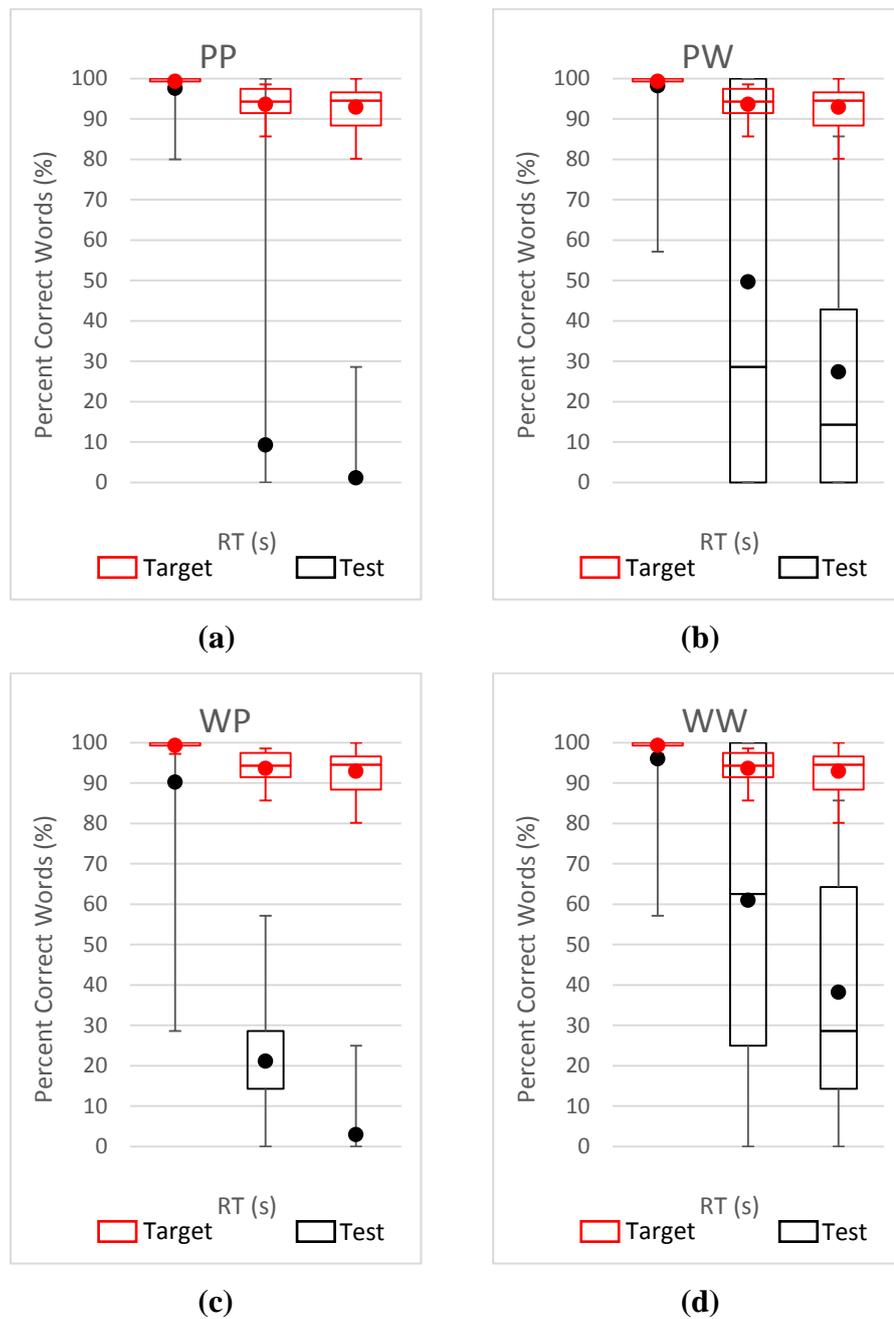
Gambar L3. 10 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengar 0,6 detik untuk skenario WP dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar L3. 11 Grafik nilai % *correct word* terhadap SNR *masker* dan target pada waktu dengar 0,6 detik untuk skenario WW dengan *masker* (a) 2 *talker* (b) 10 *talker*



Gambar L3. 12 Grafik Hubungan %*correct word* terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 *talker* dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW



Gambar L3. 13 Grafik Hubungan %*correct word* terhadap waktu dengung, dengan skenario 2 *talker* dan SNR 0 dB, pada percobaan (a) PP (b) PW (c) WP (d) WW

Lampiran 4. Kalimat Target

Kalimat yang digunakan pada uji subjektif ini didapatkan dari Database hasil rekaman pada penelitian Elok Anggrayni (Anggrayni, 2014). Pada tabel tersebut kalimat urutan no 1-20 adalah kalimat untuk target wanita, dan 21- 40 adalah kalimat untuk target pria. Untuk suara yang diujikan/diperdengarkan pada naracoba dapat diakses melalui link berikut ini: <https://intip.in/UjiSubjektifTALina>

A. Kalimat target tanpa dengung

Tabel L4. 1 Kalimat target tanpa dengung

| NO | KALIMAT |
|----|--|
| 1 | nelayan itu menjual ikan tangkapannya dipasar |
| 2 | pasar itu ramai sekali setiap hari libur |
| 3 | liburan ini keluargaku pergi berkemah ke gunung |
| 4 | anak kecil itu rajin belajar sehingga juara di kelas |
| 5 | aku mendapat kiriman kado ulang tahun dari ibu |
| 6 | bibi sedang mencuci baju di kamar mandi |
| 7 | seragam sekolahnya belum kering dari kemarin dijemur |
| 8 | ayah membaca koran setiap pagi sebelum berangkat kerja |
| 9 | ibu membuatkan susu buat adik setiap pagi dan malam |
| 10 | malam itu paman menonton televisi di kamar |
| 11 | sekarang ayah pergi ke kantor naik mobil dinas |
| 12 | paman yang memberiku buku tulis dan tas baru |
| 13 | sekolahnya dipinggir jalan raya yang sepi itu |
| 14 | nomor teleponnya tidak bisa dihubungi lagi sekarang |
| 15 | siangnya ini udaranya panas tidak mendung lagi |
| 16 | sekarang di negara kita sedang musim hujan |
| 17 | dia tidak masuk sekolah hari ini karena sakit |
| 18 | dia sakit malaria sejak dua hariyang lalu |
| 19 | biaya di rumah sakit internasional itu mahal |
| 20 | hari minggu kami sekeluarga akan pergi memancing |
| 21 | saya berangkat ke kampus naik sepeda motor |
| 22 | mereka jalan kaki ke pasar minggu pada pagi hari |
| 23 | banyak semut hitam di meja makan rumah |
| 24 | uang yang kamu temukan ini bukan milikku |
| 25 | saudaraku kesana kemari mencari pekerjaan |
| 26 | aku ingin berteriak keras di tepi pantai |
| 27 | paman pergi ke kota sejak pagi tadi |

| NO | KALIMAT |
|----|---|
| 28 | ibu menjemur baju di belakang rumah |
| 29 | rumahku di tepi jalan raya utama di kota ini |
| 30 | kakak dan ayah minum kopi di dapur |
| 31 | Kita harus mencari energi alternatif terbarukan |
| 32 | mereka belajar kelompok dua hari sekali |
| 33 | masing-masing kelompok ada 6 anggota |
| 34 | wajah gadis itu putih berseri-seri |
| 35 | awali harimu dengan senyuman dan doa |
| 36 | gigi copot gara-gara jatuh kemarin |
| 37 | dokter itu sedang dinas diluar kota |
| 38 | sekarang banyakan paket-paket pariwisata murah |
| 39 | aku ingin keliling dunia suatu hari nanti |
| 40 | sore ini aku bersepeda keliling desa |

B. Kalimat target dengan efek dengung 0,3 sekon

Tabel L4. 2 Kalimat target untuk waktu dengung 0,3 sekon

| NO | KALIMAT |
|----|--|
| 1 | rumah kakek akan dicat hijau muda |
| 2 | gadis itu sering melamun di teras rumahnya |
| 3 | toilet itu sudah tidak layak pakai lagi |
| 4 | pilot pesawat itu tewas di rumah sakit |
| 5 | kecelakaan kereta api itu terjadi tengah malam |
| 6 | siswa baru itu sering terlambat masuk kelas |
| 7 | warga desa beramai-ramai datang ke kantor polisi |
| 8 | pekerjaannya sebagai tukang ojek sudah lama dia tekuni |
| 9 | kumbang suka hinggap di bunga mawar merah |
| 10 | tawon itu menyengat pipinya hingga dia kesakitan |
| 11 | kakak dan ayah bermain bola di halaman |
| 12 | adikku sedang belajar di kamar sejak sore tadi |
| 13 | siswa-siswa sedang kerja bakti membersihkan sekolahan |
| 14 | oleh-oleh dari bibi sudah dihabiskan kakak |
| 15 | kakak sudah tiga tahun kuliah di kota |
| 16 | didesa nenek udaranya sejuk dan segar |
| 17 | setiap malam adik-adikku belajar di kamarnya |
| 18 | adik suka berenang dan bermain bola sejak kecil |
| 19 | dia jatuh di sekolan depan kampus kemarin |
| 20 | ikan itu hanya bisa hidup di air tawar |
| 21 | setiap awal bulan saya pulang kampung |

| NO | KALIMAT |
|----|---|
| 22 | nenek masih suka jalan-jalan di pagi hari |
| 23 | tidak ada manusia yang benar-benar sempurna |
| 24 | pagi tadi hujan turun dengan derasnya walau sebentar |
| 25 | siang ini aku tidak bisa tidur |
| 26 | dia tinggal dibawah jembatan layang |
| 27 | acara pernikahannya akan dilaksanakan di hotel |
| 28 | dia akan menikah dengan orang asing |
| 29 | sudah lama dia tidak pulang kesini |
| 30 | surga ada dibawah telapak kaki ibu |
| 31 | ayah pergi ke kota selama dua hari |
| 32 | dia akan membawaku kerumahnya besok |
| 33 | rumahnya terletak diujung jalan kecil ini |
| 34 | jalan tembus itu sempit dan licin sekali |
| 35 | tempat ini bersejarah bagi bangsa ini |
| 36 | orang tua harus memperhatikan perkembangan anak |
| 37 | dia melaknggar peraturan sekolah untuk ketiga kalinya |
| 38 | anak itu memang bandel dan keras kepala |
| 39 | setiap hari aku belajar supaya naik kelas |
| 40 | daerah itu sering terkena banjir bandang |

C. Kalimat target dengan efek dengung 0,6 sekon

Tabel L4. 3 Kalimat target pada waktu dengung 0,6 sekon

| NO | KALIMAT |
|----|---|
| 1 | tanah warisan itu menjadi rebutan anggota keluarganya |
| 2 | mereka senang berkunjung keruang baca kampus |
| 3 | hama wereng mulai menyerang tanaman padi di sawah |
| 4 | salju sudah mulai turun semenjak dua hari lalu |
| 5 | rapat paripurna akan dimulai pukul satu siang |
| 6 | pelangi itu kelihatan indah di langit biru |
| 7 | orang itu sering kesana mengunjungi ibunya |
| 8 | lukanya sedang diobati oleh perawat di puskesmas |
| 9 | perawat sedang membantu dokter merawat pasien jantung itu |
| 10 | kita harus menjaga kebersihan dan kesehatan badan |
| 11 | tulisan surat itu tidak terbaca dengan jelas |
| 12 | pidato itu cukup singkat namun isinya sangat jelas |
| 13 | air putih membuat badan menjadi sehat dan segar |
| 14 | dana penelitian itu baru cair minggu depan |
| 15 | roti di meja ini sudah basi sebaiknya dibuang |

| NO | KALIMAT |
|----|---|
| 16 | liburan kemarin aku tidak bisa pulang kampung |
| 17 | kemarin aku menghadiri pesta ulang tahun temanku |
| 18 | ibu membaca majalah masakan diruang tamu |
| 19 | ibu berlangganan majalah masakan yang terbit setiap pekan |
| 20 | kakak menyapu lantai rumah sebelum ke kampus |
| 21 | saat ini teknologi berkembang sangat pesat dan membantu pekerjaan manusia |
| 22 | berbuat baik kepada orang lain merupakan tindakan terpuji |
| 23 | berita yang saya dengar mengabarkan kurikulum akan segera diubah |
| 24 | yang bersalah harus dijatuhi hukuman sesuai dengan kejahatan yang dilakukan |
| 25 | buku yang dipinjam dari perpustakaan harap dikembalikan |
| 26 | ia diperingatkan oleh kepala sekolah agar tidak mengulangi perbuatannya |
| 27 | operasi jantung yang dijalani nenek berdampak buruk |
| 28 | manusia selalu ingin berinteraksi dengan masyarakat di sekitarnya |
| 29 | rumah yang besar itu terbakar dan orang yang di dalam rumah sedang tertidur |
| 30 | kita harus bisa mengubah kebiasaan yang buruk |
| 31 | pertemuan itu telah menghasilkan ide-ide cemerlang |
| 32 | saya menyukainya karena sifat-sifatnya yang baik |
| 33 | pegawai rumah sakit harus ramah saat melayani pasien |
| 34 | manusia membutuhkan makanan yang sehat dan bergizi' |
| 35 | seorang diantara pembantunya pulang ke kampung kemarin |
| 36 | seorangpun tidak ada yang bisa menghindari dari pengawasannya |
| 37 | tendangan orang itu berhasil mematahkan perlawanan musuh |
| 38 | sang raja menyempatkan diri untuk berbincang dengan masyarakat |
| 39 | buku matematika itu harganya sangat mahal |
| 40 | usul ini merupakan suatu perkembangan yang menggembirakan |

BIODATA PENULIS



Livia Lina Valentina merupakan nama lengkap penulis. Penulis dilahirkan tanggal 15 Februari 1998 di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur, sebagai anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Moh. Ibnu dan Ibu Kisnawati. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan formal di SDN Kertasada (2004 – 2010), SMP N 1 Kalianget (2010– 2013), SMAN 1 Sumenep (2013 – 2016), selanjutnya melanjutkan program Sarjana di Departemen Teknik Fisika ITS pada tahun 2016 – 2020. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai asisten di Laboratorium Vibrasi dan Akustik, Departemen Teknik Fisika ITS. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, dan atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai topik penelitian penulis, dapat menghubungi penulis melalui email vlivia38.llv@gmail.com.

