



Desain Konseptual *Speech Recognition* di Komunikasi Pesawat untuk Mengurangi Kesalahan Komunikasi Penerbangan

Speech Recognition Conceptual Design in Aircraft Communications to Reduce Flight Communication Mistake

Nur Oktaviani Widiastuti

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

email: wnuroktaviani@gmail.com

INFO ARTIKEL

ABSTRACT / ABSTRAK

Histori Artikel:

Diterima: 3 Agustus 2016

Direvisi: 14 September 2016

Disetujui: 27 September 2016

Keywords:

aviation safety, miscommunication, speech recognition, voice sign and teks system

Kata kunci:

keselamatan penerbangan,
kesalahan komunikasi, pengenal
ucapan, sistem suara sign dan teks

The main cause of aviation accidents is the human error (55%) in which one of its factor is the miscommunication. Miscommunication involved in the most accidents in the world including Pan Am and KLM accident, Garuda flight 152 (the biggest accident in Indonesia), and that was recently occurred between Batik Air and Transnusa Airline. Moreover, NTSC was confused when investigating the Air Asia QZ8501 cockpit recorder. When miscommunication occurs, the repetition of communication is prominently required due to the difficulty in understanding the instruction, which later narrowed the time to take any action. This study is intended to develop the concept of speech recognition with voice sign and text system for flight crew communication checking procedure. The methodology that is used in this research is the combining of literature review and system design. The results of this study is the addition of communication procedure by means of sign and text that obtained from speech recognition process. The text is produced from the translation of voice by speech recognition and converted into sign afterwards. Both of sign and text will be displayed, thus can be seen by the pilot. In addition to communication by voice, the implementation of sign and text is expected in minimalizing the error, supporting faster decision making, and avoiding the accident.

Penyebab utama kecelakaan penerbangan adalah *human error* (55%) dengan salah satu penyebab adalah miskomunikasi. Miskomunikasi menjadi penyebab kasus kecelakaan terbesar di dunia seperti kecelakaan antara Pan Am dan KLM, Garuda dengan nomor penerbangan 152, dan kecelakaan yang baru-baru ini terjadi antara Batik Air dan Transnusa. Selain itu, KNKT pernah mengalami kebingungan saat menginvestigasi *cockpit recorder* Air Asia QZ8501. Saat miskomunikasi terjadi, instruksi sering kali sulit dipahami dan diperlukan pengulangan komunikasi, yang mempersempit waktu pengambilan tindakan. Penelitian ini ingin mengembangkan konsep *speech recognition* dengan sistem *voice sign and text* untuk prosedur pengecekan komunikasi kru penerbangan. Metode dalam penelitian ini adalah kajian pustaka dan perancangan sistem. Hasil dari penelitian ini adalah penambahan prosedur komunikasi dengan *sign* dan teks yang diperoleh dengan bantuan *speech recognition*. Pesan teks berasal dari ucapan yang diterjemahkan oleh *speech recognition* menjadi teks, kemudian teks akan diubah menjadi *sign*. Lalu *sign* dan teks akan ditampilkan dan dilihat langsung oleh pilot. Dengan penambahan sistem *sign* dan teks disamping komunikasi melalui suara diharapkan kesalahan dapat diminimalisir, pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat, dan kecelakaan dapat dihindari.

PENDAHULUAN

Dalam studi *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*, Boeing menyatakan bahwa penyebab terjadinya kecelakaan yang dialami *airline* di seluruh dunia selama sepuluh tahun dengan rentang waktu 1996-2005 adalah: kesalahan awak penerbangan (55%), faktor pesawat (17%), kondisi cuaca (13%), kesalahan Air Traffic Controller (5%), dan perawatan pesawat (3%) (Afi, 2007). Kesalahan kru penerbangan atau *human error* masih menjadi penyebab utama kecelakaan pesawat.

Salah satu *human error* yang terjadi di sini adalah kesalahan komunikasi. Contohnya adalah tabrakan dua pesawat Boeing 747 (KLM dan PanAm) di Tenerife North Airport tahun 1977 yang merupakan kecelakaan terbesar yang salah satu penyebabnya adalah kesalahan komunikasi. Di bandara Tenerife yang berkabut, pilot KLM mengira bahwa menara pengawas telah memberikan ijin untuk tinggal landas, tetapi sebenarnya petugas hanya memberikan perintah untuk mempersiapkan keberangkatan. Disisi lain maskapai penerbangan Amerika Pan Am bersiap untuk *takeoff* di *runway* yang sama. Akibatnya jet KLM menghantam jet Pan Am dengan kecepatan penuh, dan menewaskan 583 penumpang (Satrio, 2008).

Pada kasus kecelakaan pesawat Garuda dengan nomor penerbangan ditengarai 152 yang terjadi kesalahan *Human Error* yaitu mis komunikasi, meskipun laporan akhir dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) tidak menyatakan hal tersebut secara eksplisit.

Kasus lainnya yang baru-baru ini terjadi adalah kecelakaan pesawat terjadi di Bandara Udara Halim Perdanakusuma, Jakarta 4 April 2016, pukul 19.55 WIB. Dua pesawat bertabrakan di *runway* bandara yakni Batik Air berjenis Boeing 737-800 bertabrakan dengan pesawat Transnusa jenis ATR reg PK-TNJ. Menurut berita yang dimuat di *antaranews.com* (Rahayu, 2016) Ketua KNKT Soerjanto Tjahjono mengatakan antara ATC dengan pesawat menggunakan jenis frekuensi VHF atau *Very High Frequency* sementara

antara ATC dengan *ground handling* menggunakan tipe frekuensi UHF atau *Ultra High Frequency*. Hal tersebut diduga menjadi penyebab kecelakaan.

Selain beberapa tragedi kecelakaan di atas, KNKT menemukan indikasi adanya komunikasi yang membingungkan pada Air Asia QZ8501 yang akhirnya mengalami kecelakaan, berdasarkan rekaman CVR. Oleh sebab itu, KNKT memberikan rekomendasi agar pilot memiliki standar dalam memberikan *call out* atau kode selama penerbangan (Pratama, 2015). Hal tersebut dilakukan agar tidak lagi terjadi miskomunikasi sepanjang penerbangan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan secara konseptual komunikasi pesawat dengan penerapan pengenalan ucapan (*speech recognition*). Pengenal ucapan akan digunakan oleh pilot dan petugas ATC dalam berkomunikasi. Dengan pengenalan ucapan, komunikasi yang dilakukan akan diterjemahkan menjadi kalimat dan juga tanda / kode / rambu (*sign*) yang akan langsung dilihat pilot dengan jelas. Ketika komunikasi / percakapan di pesawat saat ini hanya menggunakan suara saja, jika terjadi kesalahan akan sulit untuk diketahui. Walaupun selama ini sudah terdapat aturan dimana saat ATC menyampaikan perintah ke pilot, maka pilot harus mengulangi kalimat yang disampaikan sebagai tanda perintah tersebut sudah diterima. Tetapi jika belajar dari kecelakaan yang dialami GA-152, konfirmasi yang dilakukan harus dengan komunikasi suara secara berulang, dan malah mengulur waktu, mempersempit waktu pengambilan keputusan dan terjadi kecelakaan, sehingga diperlukan penjelasan yaitu dengan *speech recognition*. Diharapkan dengan penerapan *speech recognition* tersebut, komunikasi akan menjadi lebih jelas (karena terdapat teks dan *sign*) dan tidak lagi terjadi miskomunikasi sepanjang penerbangan.

Dengan penerapan pengenalan ucapan (*speech recognition*) di komunikasi pesawat dengan sistem suara dan teks dan *sign* dalam penerbangan, maka diharapkan kesalahan

komunikasi di penerbangan dapat diatasi dan meningkatkan keselamatan transportasi penerbangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Miskomunikasi dalam Penerbangan

Studi sebelumnya mengenai komunikasi lalu lintas udara dan faktor manusia dalam penerbangan telah menyelidiki berbagai masalah (Gracia, 2016). Miskomunikasi dalam penerbangan tetap menjadi ancaman serius bagi keselamatan. Faktor-faktor seperti beban kerja pilot, kualitas sinyal audio, aksen dari pilot atau *controller*, kemampuan berbahasa Inggris operator, dan kegagalan untuk menggunakan ungkapan standar semuanya memberikan kontribusi pada kesalahan komunikasi (Molesworth dan Estival, 2105). Disamping itu dalam tugas akhirnya Yafis (2007) menyebutkan bahwa *human error* merupakan penyebab 55% kecelakaan udara di dunia, dan 11 % kecelakaan udara di dunia disebabkan oleh miskomunikasi, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Dalam tabel tersebut, terlihat bahwa kasus terjadinya kecelakaan akibat miskomunikasi dari tahun 1942-2007 memang hanya terjadi sebanyak 14 kali, akan tetapi ternyata korban yang ditimbulkan tidak sekecil kejadian atau probabilitas kemunculannya yaitu sebanyak 1526. Sehingga nilai rata-rata fatalitas per kasus dari kecelakaan karena masalah komunikasi adalah yang terbesar yaitu 109. Salah satu kasus yang terjadi pada data diatas adalah kasus kecelakaan terbesar didunia, yaitu kecelakaan karena miskomunikasi antara pilot Pan Am dan KLM yang menewaskan 583 penumpang dari kedua pesawat.

Tabel 1. Statistik Faktor Kelalaian Manusia (*Flight Crew*) Tahun 1942-2007 (Hingga Bulan Mei 2007)

<i>Flight Crew Factor</i>	<i>Total Cases</i>	<i>Fatality</i>	<i>Avg Fat./Case</i>
<i>Alcohol, Drug Usage</i>	18	116	6

<i>Disorientation, Situation Awarness</i>	16	1081	68
<i>Distraction In Cockpit</i>	7	149	21
<i>Incapacitation</i>	15	301	20
<i>Insufficien Rest / Fatigue</i>	20	470	24
<i>Language / Communication Problem (Also ATC)</i>	14	1526	109
<i>Mental Condition</i>	3	69	23
<i>Misjudgment (Speed, Altitude)</i>	3	220	73
<i>Navigator Error</i>	17	1731	102
<i>Nono Adherence To Procedures</i>	7	434	62
<i>Under Qualified</i>	33	311	9
Jumlah	153	6408	517

Sumber : Yafis, 2007

Dalam penelitiannya Yafis (2007), mengatakan bahwa miskomunikasi merupakan kesalahan terselubung yang sulit dideteksi dan ketika mengakibatkan kecelakaan, kerugian yang ditimbulkan sangat besar. Karena sulit dideteksi, terjadinya kecelakaan biasanya tiba-tiba dan tanpa ada persiapan yang baik untuk menanggulangi kecelakaan.

Speech Recognition

Dalam *Switching Linear Dynamical Systems* (SLDS), peran pengenalan suara adalah menerjemahkan ucapan pengguna (sinyal audio) ke dalam bentuk yang komponen sistem lainnya dapat diproses (teks) (Lamel dkk, 2000). Sebagaimana komputer yang terus berkembang menjadi kuat dan terjangkau, teknologi pengenalan suara pun berkembang dan telah masuk ke dalam berbagai program perangkat lunak (Hao dan Chen, 2011). Yang kemudian salah satunya ditetapkan dalam lingkungan memiliki tingkat kebisangan cukup tinggi, yaitu dalam dunia militer penerbangan. Selain itu, termotivasi oleh *bimodality* (pendengaran dan visual) dari persepsi suara manusia (Sumbly dan Pollack, 1954) dan oleh

kebutuhan untuk pengenalan ucapan otomatis yang kuat atau *robust automatic speech recognition* (ASR) di lingkungan yang bising, upaya penelitian yang signifikan baru-baru ini diarahkan ke dalam studi pengenalan suara audio-visual otomatis (AVASR: *audio-visual automatic speech recognition*, Huang dkk, 2004).

Komunikasi Penerbangan

Dalam dunia penerbangan mutlak bagi seorang pilot untuk menguasai prosedur komunikasi dengan ATC (Djaja, 2008). Mulai dari istilah, sistem sampai dengan praseologi harus dikuasai oleh penerbang. Komunikasi antara pilot dan pengendali lalu lintas udara (ATC) adalah salah satu dasar untuk kontrol lalu lintas udara (Hopkin, 1995; Rantanen dan Kokayeff, 2002).

METODOLOGI

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka dan perancangan desain.

Studi literatur dilakukan dengan mencari data dan informasi dari berbagai literatur yang relevan dengan penelitian. Literatur yang digunakan mengenai keselamatan penerbangan, *speech recognition* atau pengenalan ucapan, dan teknologi yang terkait dengan hal tersebut. Pustaka dari berbagai sumber tersebut kemudian dianalisis antar materi tulisan. Dari analisis yang telah dilakukan, kemudian dapat ditentukan penyelesaian permasalahan.

Perancangan desain dilakukan setelah diperoleh dasar konsep sistem dari studi literatur. Desain yang dibuat mempertimbangkan literatur yang telah dipelajari sebelumnya. Pembuatan desain berdasarkan diagram alir sistem yang terdiri atas input, proses, dan output.

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penulisan karya tulis ini adalah data sekunder yang didapatkan dari instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan penelitian. Semua data diambil dalam kondisi terkini. Meskipun begitu penelitian ini menyertakan data yang

berasal dari tahun-tahun sebelumnya sebagai bahan pertimbangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gagasan yang diajukan adalah penerapan sistem komunikasi suara yang dikirim ke penerima menjadi suara, sign dan teks. Pemilihan solusi ini dikarenakan untuk mencegah miskomunikasi maka diperlukan suatu pengecekan. Solusi yang selama ini ditawarkan adalah penyempurnaan bahasa atau komunikasi dengan bahasa yang sudah ditetapkan. Akan tetapi karena miskomunikasi adalah kesalahan manusia maka dalam solusi menggunakan komunikasi dengan bahasa yang sudah ditetapkan pun tetap terjadi kesalahan. Sehingga, karena miskomunikasi merupakan kesalahan manusia maka dalam penanganannya perlu bantuan teknologi. Penelitian ini memilih menggunakan *speech recognition* karena saat ini *speech recognition* banyak dikembangkan di *kokpit* pesawat, dengan akurasi yang tinggi. Akan tetapi pada komunikasi penerbangan lebih banyak digunakan code dan simbol, sedangkan *speech recognition* mengubah suara menjadi teks bukan simbol. Sehingga diperlukan perubahan menjadi *sign*. sebagai sistem komunikasi suara, *sign* dan teks.

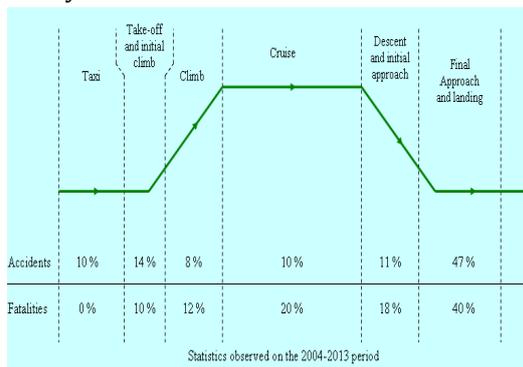
Untuk komunikasi suara ke suara menggunakan sistem dan alat komunikasi yang pada umum. Kemudian untuk pengubah suara menjadi teks digunakan *speech recognition* (pengenalan ucapan). Selengkapnya mengenai penerapan komunikasi pesawat akan dijelaskan sebagai berikut:

Komunikasi Pesawat

Komunikasi sangat berperan penting untuk menjamin keselamatan dan keamanan transportasi udara. Dalam dunia penerbangan, komunikasi dilakukan oleh penerbang (pilot pesawat udara) dan petugas pengontrol di darat atau disebut pengatur lalu lintas penerbangan (*Air Traffic Controller* atau ATC).

Di dalam penelitian ini, *Speech recognition* akan dikembangkan terutama untuk ATC bandara dan di pesawat. Hal ini dikarenakan *landing* dan *takeoff* merupakan waktu yang

paling kritis dan beresiko untuk terjadi kecelakaan. Berdasarkan artikel *Statistic Analysis of Airplane Accidents* (1001crash.com, 2013) Hampir setengah dari semua kecelakaan terjadi selama *takeoff* dan *landing*. Kebanyakan kecelakaan dan kematian berlangsung selama keberangkatan (*take off / climb*) dan tahap kedatangan (*landing*). Selama fase ini pesawat dekat dengan tanah dan dalam konfigurasi lebih rentan daripada selama fase penerbangan lainnya.



Gambar 1. Waktu dan Fatalitas Keselakaan
 Sumber : www.1001crash.com, 2013

Komunikasi antara ATC dan pilot di penerbangan merupakan komunikasi *Very High Frequency* (VHF). Komunikasi VHF dapat digunakan untuk komunikasi suara (*voice*) maupun data, dengan menggunakan gelombang radio sebagai perantaranya. Frekuensi yang dipergunakan untuk komunikasi VHF adalah 118.000 MHz sampai 136.975 MHz. Komunikasi VHF bekerja secara *line of sight*. Hal ini dikarenakan gelombang VHF tidak dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Oleh karena itu komunikasi VHF hanya dapat digunakan untuk komunikasi dalam jarak pendek. Untuk mendukung operasi pesawat, diperlukan beberapa ground station VHF. Masing-masing station mempunyai frekuensi sendiri. Sebagai contoh frekuensi untuk tower bandara Soekarno Hatta (CGK) adalah 118,75 MHz dan 118,2 MHz. Komponen VHF yang terpasang di pesawat adalah:

VHF *Transceiver*, sebagai komponen utama, pengolah sinyal yang diterima dan akan dipancarkan.

VHF *Antenna*, untuk menangkap sinyal VHF, Antenna VHF di pesawat berbentuk sirip hiu, terletak di bagian atas *fuselage* atau bawah *fuselage*.

VHF *Comm Control Panel*, sebagai *interface*, untuk memilih frekuensi VHF yang akan digunakan.

Pengenal Ucapan : *Speech Recognition*

Pada prinsipnya alat pengenal ucapan memiliki empat tahapan proses yaitu :

Tahap penerimaan masukan yaitu tahap perekaman suara atau *input* suara dari pengirim pesan.

Tahap ekstraksi, yaitu tahap pemilahan serangkaian kalimat menjadi kata yang dilakukan oleh program.

Tahap perbandingan, yaitu tahap pencocokan kata yang sudah diekstraksi dengan database yang ada.

Tahap output: menampilkan teks hasil pencocokan

Inovasi yang akan dilakukan pada pengembangan proses diatas akan dijelaskan sebagai berikut :

Suara yang akan dikenali dalam sistem ini adalah suara dari pengirim pesan yang dalam hal ini adalah pilot, *co pilot*, atau petugas *Air Traffic Controller*. Suara akan diterjemahkan dahulu menjadi kata untuk hasil penerjemahan yang lebih baik. Jika pesan suara dikirim terlebih dahulu maka akan ada gangguan penerjemahan suara menjadi kata. Hal ini karena kualitas suara yang dikeluarkan oleh *ear phone* memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan suara yang langsung dari mulut. Tetapi jika menggunakan *mic vocal* dari *aviation headset* yang ada saat ini maka gangguan suara dari ruang kokpit pun cukup besar sehingga, perlu adanya penambahan peredam suara pada *aviation headset*.

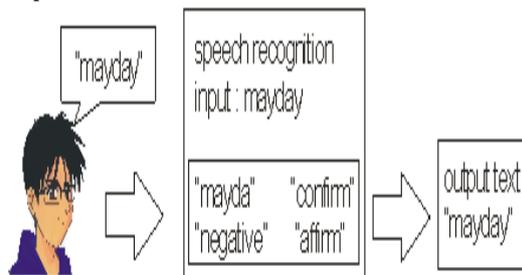
Berikut adalah desain konseptual *mic vocal* :



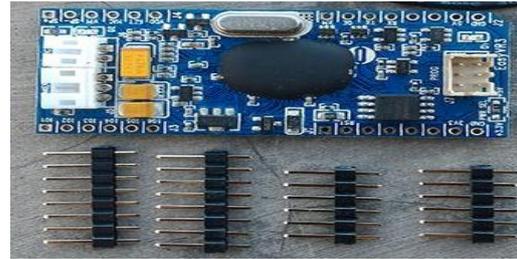
Gambar 2. Perekam dengan Peredam Suara

Setelah perekaman dilakukan maka proses selanjutnya akan dilakukan oleh perangkat pengolah data dari program *speech recognition* untuk mencocokkan dengan *database* yang ada.

Untuk *speech recognition* yang tersedia di pasaran saat ini tersedia dalam berbagai bahasa dan dengan *database* secara *online*. Akan tetapi *database* ini berisi kata sehari-hari yang di gunakan oleh masyarakat luas. Jika digunakan untuk komunikasi penerbangan akan menjadi kurang bermanfaat dan membutuhkan memori yang cukup besar. Sehingga, untuk alat *speech recognition* dalam penerbangan harus dibuat sendiri. *Database* yang digunakan merupakan kata dan kalimat percakapan yang digunakan untuk untuk komunikasi antara pilot dengan ATC atau pilot dengan pilot lainnya. Komunikasi yang dikhususkan di penerbangan menjadi suatu kelebihan untuk penerapan *speech recognition*, karena *speech recognition* hanya perlu mencocokkan lebih sedikit data dan prosesnya akan menjadi lebih cepat.



Gambar 3. Ilustrasi Pencocokan Data



Gambar 4. Modul Pengenal Ucapan

Sumber : www.pusatkomponen.com, 2016

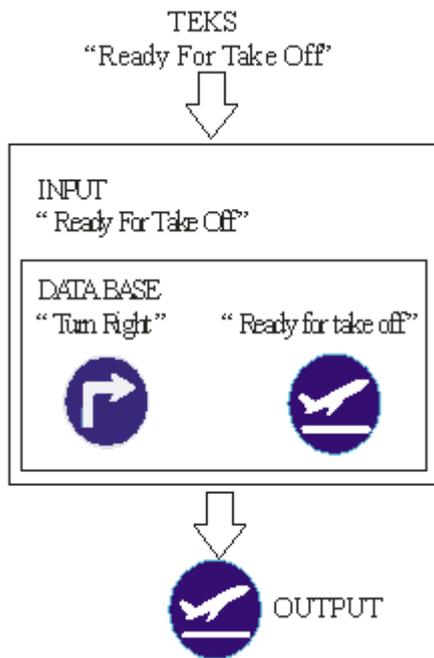
Setelah kata dan kalimat didapat maka proses selanjutnya adalah perubahan teks menjadi *sign*. *Sign* yang dimaksud disini seperti tanda / rambu (seperti rambu lalu lintas) hanya saja ditampilkan di layar LCD untuk dilihat oleh pilot. *Sign* (rambu) ini, berasal dari perintah ATC (suara) yang diubah menjadi kata dan kalimat, kemudian dari kalimat diubah menjadi *sign* atau rambu.

Sama seperti *speech recognition*, perubahan teks menjadi *sign* dengan mencocokkan kata dengan *database* yang ada. *Sign* yang dimunculkan merupakan gambar dari rambu / perintah yang akan diberi kode. Kemudian kata atau kalimat yang ada akan dicocokkan dengan kode dari rambu. Dengan hal ini maka diperlukan pembuatan rambu yang standar dan sesuai dengan komunikasi yang dilakukan saat penerbangan. Contoh dari hal diatas adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Contoh Rambu *Ready For Take Off*

Misalkan gambar diatas merupakan *sign ready for take off* maka ketika pilot mengatakan hal tersebut, *speech recognition* akan mengolah ucapan dan mengubah menjadi teks "*ready for take off*" kemudian teks tersebut akan dicocokkan dengan *database sign* dan di *ouput* akan keluar *sign* tersebut. Ilustrasinya sebagai berikut:



Gambar 6. Ilustrasi Pengubahan Teks menjadi Sign

Setelah kalimat diproses maka dibutuhkan penampilan teks. Oleh karena itu, diperlukan penambahan modul LCD (*Liquid Crystal Display*). Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik.



Gambar 7. Contoh LCD
Sumber: www.buydisplay.com, 2016

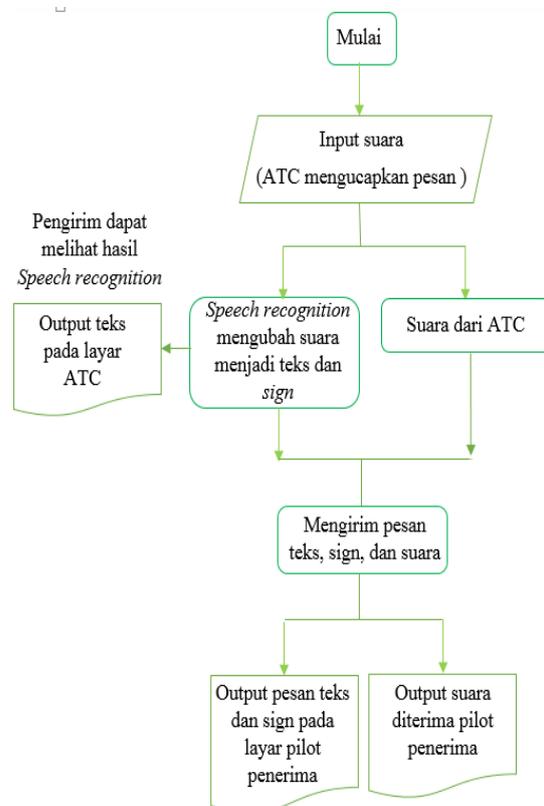
Tahap Komunikasi

Tahap komunikasi dengan sistem suara, *sign*, dan teks terjadi proses pengecekan. Dimana ketika mengirim informasi, pengirim juga melihat apa yang dikirimkan sehingga terjadi proses pengecekan. Apabila pengirim melihat bahwa pesan yang diucapkan tidak

sesuai dengan yang diterjemahkan di layar (kesalahan dari alat), pengirim dapat langsung mengoreksi dengan perintah suara. Sehingga dengan proses tersebut kesalahan langsung diketahui dan langsung dikoreksi.

Dalam komunikasi dengan *speech recognition* semua perintah pada alat komunikasi dan komunikasi dilakukan dengan perintah suara karena perintah suara lebih cepat. Sesuai dengan penerapan yang dilakukan oleh peneliti terdahulu, *speech recognition* diterapkan pada pekerjaan yang cepat dan membutuhkan banyak tangan. Contohnya dalam *Speech Recognition Interfaces Improve Flight Safety* (NASA, 2012) yaitu penerapan *speech recognition* dalam bidang penerbangan. Penerapan tersebut dikembangkan untuk menentukan posisi pilot dengan perintah suara, yang lebih cepat dibandingkan dengan input manual yang dan memiliki akurasi yang tinggi.

Tahap dari program komunikasi saat penerbangan dengan sistem ini dijelaskan dalam *flow chat* sebagai berikut sebagai berikut:



Gambar 8. Flow Chat Komunikasi

kesalahan komunikasi. Pada sistem ini dilakukan komunikasi dengan suara (berbicara langsung) *sign* dan teks dengan bantuan *speech recogniton* (pengenal ucapan). Pesan teks berasal ucapan yang diterjemahkan menjadi teks oleh *speech recognition*. Kemudian pesan teks akan diubah menjadi *sign* atau rambu. Lalu *sign* dan teks akan ditampilkan dan dilihat langsung oleh pilot. Selama ini komunikasi melalui suara sulit diketahui jika terjadi kesalahan, dan dibutuhkan pengulangan komunikasi yang membutuhkan waktu lebih lama. Dengan demikian, dengan penambahan sistem *sign* (rambu) dan teks dapat dilakukan pengecekan langsung dan kecelakaan dan kesalahan dapat segera dihindari.

Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukannya penelitian, pengujian dan pengembangan lebih lanjut mengenai sistem komunikasi dengan *voice*, *text*, dan *sign*.

DAFTAR PUSTAKA

- 1001crash. 2013. *Statistic analysis of airplane accidents*. www.1001crash.com. Diakses pada 21 Juli 2016.
- Afandi, Sugandi. 2016. *Penumpang Pesawat Lebih Tinggi Dibandingkan Moda Transportasi Lain*. RRI Publishers. <http://www.rri.co.id>. Diakses pada 17 Juli 2016.
- Afi, Yafis. 2007. *Kelalaian Manusia dalam Kecelakaan Penerbangan, Studi Kasus Menggunakan Swiss Cheese Model*. JBPTITBPP. Bandung.
- Buydisplay. 2016. <http://www.buydisplay.com/default/character-2x16-lcd-display-modules-hd44780-controller-black-on-vg>. Diakses 7 Juli 2016.
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. 2015. *Jumlah Penumpang Angkutan Udara 2014 Mencapai 72,6 Juta Orang*. <http://www.hubud.dephub.go.id>. Diakses pada 22 Mei 2016.
- Gunawan, Rasheed. 2015. *26-9-1997: Tragedi Garuda dan Teriakan Allahu Akbar Sang Pilot*. www.global.liputan6.com. Diakses pada 14 Agustus 2016.
- Gracia, Anggela Cora. 2016. *Air traffic communications in routine and emergency contexts: A case study of Flight 1549 'miracle on the Hudson'*. Departement of Sociolusy, Department of Global Studies, Bentley University, 175 Forest Street, Waltham, MA 02452, United States.
- Hao, H. & Chen J. 2011. *Developing and evaluating an oral skills training website supported by automatic speech recognition technology*. European Association for Computer Assisted Language Learning. *ReCALL* 23(1): 59-78.
- Huang, Jing. Dkk. 2004. *Audio-visual speech recognition using an infrared headset*. Science Direct Journal. United States.
- Hopkin, V.D., 1995. *Human factor in air traffic control*. Taylor & Francis, Bristol, PA.
- Lamel, Towards. Minker, W. & Paroubek P. 2000. *Towards best practice in the development and evaluation of speech recognition components of a spoken language dialog system*. *Natural Language Engineering* 6 (34): 305-322. Cambridge Univercity Press. United Kingdom.
- Molesworth, Brett R.C., & Estival, Dominique. *Miscommunication in general aviation: The influence of external factors on communication errors*. Science Direct Journal. *Safety Science* 73. 73-79.
- NASA, 2012. *Speech Recognition Interfaces Improve Flight Safety*. spinoff.nasa.gov. Diakses 8 Agustus 2016.
- Pratama, Aulia Bintang. 2015. *KNKT Bingung dengan Perintah Pilot saat QZ8501 Meluncur Naik*. Jakarta. CNN Indonesia Publisher. www.cnnindonesia.com. Diakses 3 Agustus 2016.
- Pusat Komponen. 2016. <http://www.pusatkomponen.com/jual-modul-pengenalan-suara-easyvr30.html>. Diakses 1 juli 2016.

Rahayu Juwita, 2016. *KNKT Temukan Beda Jalur Frekuensi Radio ATC-Pesawat-Awak Darat*. antaranews.com. Diakses 18 Agustus 2016.

Rantanen, E.M., Kokayeff, N.K., 2002 *Pilot error in copying air traffic control clearances*. Santa Monica, Human Factors and Ergonomics Society. In: Proceedings of the 46th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society.

Satrio, Tri Budhi. 2008. Pentingnya Pemahaman Bahasa Inggris yang Benar dalam Upaya Keselamatan Penerbangan. *Majalah Akademi TNI Edisi 2008* : 70-72.

Sumby, W.H., Pollack, I., 1954. *Visual contribution to speech intelligibility in noise*. J. Acoust. Soc. Amer. 26, 212-213