

Pengaruh Bentuk Saluran Terhadap Intensitas Bunyi Aerodinamik

Abdul Makhsud

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo KM.5 Makassar 90231

E-mail: anchu03@yahoo.com

Abstrak

Suara (sound) secara umum didefinisikan sebagai variasi tekanan yang terjadi dalam udara, air atau media lain yang dapat didengar melalui telinga manusia. Suara umumnya dipakai untuk mahluk hidup dan bunyi untuk benda mati. Bunyi (noise) sering disebut sebagai suara bising (kebisingan) yaitu suara yang mengganggu, misalnya bunyi yang ditimbulkan oleh aliran gas buang pada mesin pesawat terbang. Bunyi mesin tersebut memiliki tingkat intensitas mencapai 160 dB yang melebihi batas ambang pendengaran manusia (sekitar 120 dB). Bunyi karena aliran gas digolongkan sebagai bunyi aerodinamik yaitu jenis bunyi yang terjadi oleh gangguan perubahan tekanan dan struktur aliran. Tingkat kekuatan bunyi aerodinamik dipengaruhi oleh: bentuk/ukuran saluran, perubahan tekanan dan bentuk struktur aliran. Bentuk struktur aliran gas telah diteliti dengan bantuan instalasi "Meja Analogi Hidrolik". Melalui instalasi tersebut, fluktuasi tinggi permukaan air dapat diketahui yang analog dengan fluktuasi tekanan untuk aliran gas. Fenomena ini diukur dengan metode optik non-instrusiv (tanpa mengganggu aliran), yaitu untuk mendeteksi medan tekanan akustik. Telah diuji dua bentuk nosel dengan geometri yang berbeda dan ukuran saluran yang sama. Nosel N_1 dengan bentuk konvergen dan nosel N_2 dengan bentuk saluran keluar yang lurus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat intensitas yang dihasilkan kedua nosel mempunyai perbedaan sekitar 10 desibel.

Kata kunci: analogi hidrolik, bunyi, nosel, sel kejut

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah memberikan manfaat yang cukup besar dalam membantu pencapaian keinginan manusia, namun dampak negatif yang ditimbulkan juga tidak sedikit, antara lain pencemaran lingkungan. Salah satu pencemaran yang dapat mengganggu ketenangan hidup manusia adalah pencemaran bunyi (kebisingan). Permasalahan pengendalian kebisingan yang pada hakekatnya merupakan permasalahan multi dimensi, dari waktu ke waktu menjadi semakin penting sejalan dengan bertambahnya jenis dan jumlah sistem, produk atau komponen *engineering*. Tuntutan produk rendah bising merupakan parameter yang sangat menentukan guna menghasilkan rancangan dan produk yang kompetitif di era pasar bebas. Di beberapa negara maju, masalah ambang batas kebisingan produk/komponen teknik merupakan salah satu persyaratan untuk suatu produk *engineering*. Aspek pengendalian kebisingan menjadi sangat penting karena disamping membawa efek *physis* dan biologis pada manusia, juga merupakan permasalahan kenyamanan. Bunyi bising yang menjengkelkan dan tidak dikehendaki diantaranya adalah bunyi mesin pesawat terbang. Sebagai bunyi yang tidak dikehendaki dan merusak, kebisingan mempengaruhi konsentrasi, mengganggu komunikasi, menyebabkan berkurangnya kemampuan pendengaran secara temporer dan akibatnya dapat merusak indera pendengaran secara permanen. Untuk itulah perlu upaya mengurangi kebisingan khususnya bunyi bising mesin pesawat terbang yang diakibatkan oleh aliran gas. Untuk mengurangi tingkat kebisingan bunyi ini, maka perlu pemahaman lebih mendalam tentang karakteristik bunyi dan penyebab terjadinya bunyi tersebut. Penelitian untuk memahami lebih detail tentang jenis bunyi dari aliran gas telah dipelajari oleh para ahli melalui berbagai metode, baik secara analisis matematik maupun melalui analisis eksperimental (termasuk hasil penelitian ini).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan, antara lain adalah: (a) mengamati fenomena terjadinya bunyi aerodinamik teriakan jet (*screech tone*) dengan bantuan metode bayangan yang dapat direkam melalui kamera photo atau kamera video, (b) mengamati dan mengetahui karakteristik aliran, bentuk struktur dan sel kejut sebagai penyebab terjadinya bunyi, dan (c) mengetahui atau mendeteksi medan tekanan akustik yang dikonversi menjadi bunyi aerodinamik.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah: (a) mengetahui lebih detail tentang karakteristik dan struktur aliran penyebab terjadinya bunyi aliran gas, sehingga bunyi yang dihasilkan dapat dikurangi/diturunkan dan dipredikti intensitasnya, dan (b) mengetahui dan membandingkan tingkat intensitas bunyi yang dihasilkan dari dua bentuk nosel yang diuji. Besarnya tingkat kekuatan bunyi yang ditimbulkan oleh aliran gas hingga saat ini belum dapat diprediksi secara tepat oleh para ilmuwan. Olehnya itu, fenomena aliran gas ini menarik untuk terus diteliti, karena sangat erat kaitannya dengan pengaruh lingkungan terutama bunyi bising yang dapat mengganggu pendengaran manusia.

Studi mengenai struktur aliran fluida yang mengalir dalam saluran (nosel) telah diteliti melalui suatu alat yang disebut “**Meja Analogi Hidrolik**”. Penelitian tentang hal ini telah dilakukan sejak tahun 1920 oleh Jouguet, dilanjutkan oleh Preiswerk (1938) dan telah dikembangkan oleh Blak & Mediratta (1951). Penelitian dengan bantuan analogi hidrolik lebih mutakhir telah dilakukan oleh Carbonaro & Van der Haegen (2002). Mekanisme terjadinya bunyi aerodinamik dan karakteristik aliran fluida melalui nosel dengan bantuan analogi hidrolik telah diteliti dan dipublikasikan oleh Makhsud (1997, 2000).

Tam (1995) menjelaskan dan membedakan bahwa bunyi jet supersonik (**bunyi aerodinamik**) terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: *turbulent mixing noise*, *broad band shock-associate noise*, dan *screech tone*. Jenis bunyi yang terakhir adalah komponen bunyi yang intensitasnya paling tinggi dan sering disebut sebagai bunyi teriakan jet (*screech tone*). Pada gambar (1) hasil pengukuran Seiner (1984) diperlihatkan karakteristik spektrum bunyi jet supersonik untuk ketiga komponen utama dari bunyi aerodinamik dan pada gambar (2) adalah hasil pengukuran pada meja analogi hidrolik. Bunyi campuran turbulen (*turbulent mixing noise*) adalah bunyi tingkat dasar dengan intensitas akustik minimal dalam batas ambang pendengaran manusia. Bunyi tersebut muncul ketika nosel (saluran gas) dioperasikan pada kondisi dimana terjadinya bunyi hanya oleh aliran campuran turbulen. Struktur turbulen pita lebar dan gelombang yang tidak stabil aliran turbulen adalah faktor dominan atau penyebab munculnya bunyi campuran turbulen. Hasil penelitian yang lebih detail tentang bunyi jet supersonik oleh aliran turbulen telah dipublikasikan oleh Tanna (1977). Bunyi asosiasi gelombang kejut adalah jenis bunyi pita lebar (*broadband*) yang terjadi akibat suatu interaksi yang lemah antara struktur turbulen pita lebar atau gelombang tidak stabil aliran turbulen yang menjalar dalam lapisan campuran dan sistem periodik dari struktur sel kejut (*shock-cells*). Ketika aliran berangsur angsur menjadi supersonik maka struktur sel kejut muncul dalam aliran dan menyebabkan terjadinya bunyi pita lebar asosiasi gelombang kejut (*broad band shock-associate noise*). Interaksi antara proses campuran aliran turbulen dan sel kejut menghasilkan bunyi tambahan dari bunyi campuran yang disebut sebagai bunyi gelombang kejut. Bunyi inilah yang menjadi komponen bunyi pita lebar dan sebagai penyebab awal timbulnya bunyi teriakan jet (*screech tone*). Bunyi teriakan jet adalah hal khusus dari bunyi pita lebar asosiasi gelombang kejut. Walaupun kedua bunyi tersebut berasal dari komponen yang sama, akan tetapi proses kejadiannya sangatlah berbeda. Frekuensi dasar bunyi teriakan jet selalu lebih kecil dari frekuensi spektrum bunyi pita lebar asosiasi gelombang kejut yang dapat dilihat pada gambar (1). Pancaran akustik teriakan jet terjadi dari suatu mekanisme pusaran akustik yang telah diteliti pertama kali oleh Powell (1953). Powell menyatakan bahwa gelombang akustik menjalar kearah hulu sekitar jet dengan intensitas yang cukup memberi pengaruh terhadap stabilitas daerah batas jet bagian keluar dan sebagai penyebab awal adanya gangguan. Gangguan periodik tersebut yang memaksa penjalaran akustik kearah hilir pada kecepatan tertentu yang saling berinteraksi satu sama lain pada jarak tertentu. Pada kondisi tersebut menghasilkan suatu energi akustik yang cukup untuk menembus gelombang kejut asosiasi struktur sel sehingga sebagian energi akustik menjalar kearah hulu yang terjadi secara periodik. Tingkat intensitas bunyi dari aliran gas dapat dipengaruhi oleh bentuk saluran dan telah diteliti oleh Pardadi (2005) bahwa bentuk rancangan *muffler* pada knalpot kendaraan dapat mempengaruhi tingkat kebisingan dan unjuk kerja mesin.

Metodologi

Bunyi teriakan jet merupakan suatu pancaran bunyi (akustik) pada frekuensi diskret dengan tingkat intensitas bunyi paling tinggi dan salah satu komponen dari bunyi jet supersonik yang hingga saat ini belum sepenuhnya dapat dipahami karakteristiknya. Alasan mendasar untuk hal ini adalah karena kompleksnya fenomena yang menyebabkan terjadinya bunyi tersebut, terutama sensitivitasnya terhadap perubahan kecil bentuk konfigurasi eksperimental (nosel atau saluran yang dilalui gas). Pancaran bunyi yang terjadi untuk konfigurasi nosel yang berbeda, misalnya pada nosel konvergen adalah serupa dengan yang terjadi pada nosel konvergen-divergen dan kekuatan bunyi yang dihasilkannya akan sangat berbeda.

Bentuk struktur aliran gas telah dicoba diteliti dengan menganalogikan aliran fluida cair (air) dengan aliran fluida gas melalui suatu peralatan atau instalasi meja analogi hidrolik. Alat ini didesain khusus untuk mempelajari bunyi aliran jet (*jet noise*). Sebuah instalasi analogi hidrolik diperlihatkan pada gambar (3) terdiri dari bak penampungan air yang terbuat dari baja tahan karat (*stainless steel*), agar memberikan kondisi penelitian yang bersih. Kaki meja analogi ditumpu dengan peredam getaran (pasir) dan instalasi pipanya menggunakan pipa plastik elastis yang terpasang diantara pompa dan kedua saluran bak penampungan. Meja analogi, terbuat dari kaca (panjang 2 m, lebar 1,4 m, tebal 0,015 m), ditopang pada setiap sisinya agar defleksi yang terjadi sekecil mungkin ($<1/10$ mm). Untuk menghindari adanya pantulan gelombang, maka dipasang gabus pada kedua sisi atau dinding meja analogi dan pada bagian hilir dipasang pelat miring kurang dari 4° . Pelat yang dimiringkan tersebut berfungsi pula sebagai pengatur tinggi permukaan air diatas meja analogi. Teknik visualisasi dengan metode bayangan (*shadowgraphy*), digunakan untuk melihat bentuk dan struktur aliran yang keluar melalui nosel. Sumber cahaya ditempatkan sekitar 1 meter diatas meja analogi dan dibawah meja terdapat cermin yang dipasang 45° , agar bayangan dapat terlihat pada cermin. Bayangan tersebut dapat dengan mudah dilihat dengan mata telanjang atau dapat ditangkap melalui kamera photo atau kamera video. Kecepatan aliran diukur dengan bantuan alat ukur anemometer lapisan panas (*hot film anemometry*) tipe DANTEC gauge 55R42. Level atau tinggi permukaan air diatas meja diukur dengan jarum yang terpasang pada mikrometer. Fluktuasi tinggi air diukur dengan bantuan sensor optik (*fiber optics*) model MTI 1000 Fotonic sensor atau dengan bantuan sensor optik ODS 30. Sinyal yang tertangkap oleh sensor optik tersebut ditransfer ke FFT Analyser (HP 3582 A), dan dari alat ini dapat diketahui spektrum, koheren dan sudut fasa gelombangnya. Dua bentuk geometri dari nosel yang diteliti diperlihatkan pada gambar (4) dengan ukuran lebar nosel bagian keluar (*nozzle exit*) untuk kedua nosel adalah sama, yaitu $W = 57$ mm. Nosel N_1 yang berbentuk konvergen dengan kemiringan 5° , dan nosel N_2 dengan dinding yang melengkung pada bagian tengah dan lurus (paralel) pada bagian keluar. Untuk nosel N_2 ini didesain khusus dengan harapan agar aliran yang keluar nosel adalah paralel. Tinggi permukaan air diatas meja analogi ditetapkan $h_a = 27,5$ mm, dan kondisi aliran selama penelitian dengan bilangan Reynolds pada bagian keluar nosel mencapai $Re = 25 \cdot 10^3$.

Tingkat intensitas atau kekuatan akustik pada analogi hidrolik ditentukan berdasarkan fluktuasi tinggi air (\tilde{h}) yang analog dengan tekanan akustik (\tilde{p}). Persamaan intensitas akustik yang

$$\text{dinyatakan dalam desibel dengan } p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ } \mu\text{bar adalah: } I_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \frac{\tilde{p}}{p_0} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan analogi hidrolik (Makhsud, 2003) bahwa tekanan (p) untuk aliran gas adalah analog dengan tinggi permukaan aliran air (h), dan untuk amplitud yang kecil terhadap nilai rata-ratanya, maka hubungan antara tekanan dan fluktuasi tinggi air adalah $\left(\frac{\tilde{p}}{pa}\right) \cong 2 \left(\frac{\tilde{h}}{ha}\right)$, sehingga

$$\text{intensitas akustik dapat dihitung berdasarkan persamaan, } I_{\text{dB}} = 20 \left\{ \log_{10} \left(\frac{\tilde{h}}{ha} \right) + 10 \right\} \quad (2)$$

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang dituangkan pada tulisan ini akan difokuskan pada pembahasan tentang bunyi aerodinamik khususnya fenomena bunyi teriakan jet (*screech tone*), karena komponen bunyi inilah yang intensitasnya paling tinggi dan dapat mengganggu indera pendengaran manusia.

Berdasarkan prinsip analogi hidrolik bahwa tingkat intensitas akustik bunyi teriakan jet dapat diketahui dengan mengukur fluktuasi tinggi air disekitar pancaran aliran nosel dan menggunakan persamaan (2).

- a. Melalui analogi hidrolik dapat diukur medan tekanan statik disekitar aliran jet dengan teknik pengukuran yang tidak mengganggu aliran. Tekanan statik adalah ekuivalen dengan tinggi permukaan air statik pangkat dua ($p \approx h^2$). Pada penelitian ini, besarnya tekanan pada bagian keluar nosel dan bagian tengah aliran jet lebih tinggi dari tekanan sekitarnya (tekanan atmosfer). Perbedaan tekanan yang cukup besar akan menyebabkan timbulnya bunyi teriakan jet dengan intensitas tinggi. Makin besar perbedaan tekanan pada bagian keluar nosel (*nozzle exit*) dengan tekanan atmosfer (sekeliling), maka makin kuat intensitas bunyi yang dihasilkan. Jadi besarnya intensitas bunyi yang timbul tergantung pada besarnya gradien tekanan (gradien tinggi permukaan air) di sekeliling aliran jet pada akhir sel kejut kedua (gambar 5).
- b. Pengoperasian nosel pada kondisi dimana *screech tone* dominan, maka aliran jet (pancaran nosel) secara visual menunjukkan fenomena gerakan osilasi secara lateral. Fenomena seperti ini sangat jelas terlihat dengan mata telanjang (tanpa alat bantu) pada meja analogi hidrolik. Gerakan osilasi lateral yang terlihat dapat diverifikasi dengan mengukur sudut fasa antara dua sinyal yang ditangkap oleh alat fiber optik dan ditransfer ke FFT Analyser (HP 3582 A). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tekanan akustik *screech tone* \tilde{p} untuk nosel N_1 lebih kuat dari nosel N_2 , sehingga intensitas bunyi yang dihasilkan N_1 akan lebih besar dari N_2 (gambar 6). Spektrum frekuensi hasil rekaman/pengukuran pada nosel N_1 dengan rasio tekanan $R_p = 3,9$ untuk intensitas bunyi teriakan jet maksimal (gambar 2). Hasil rekaman tersebut menunjukkan bentuk spectrum yang sama dengan hasil penelitian untuk fluida gas yang dilakukan oleh Seiner (1984). Frekuensi diskret *screech tone* lebih rendah sekitar 25 dB dari spektrum bunyi pita lebar asosiasi gelombang kejut dan lebih tinggi dari bunyi campuran turbulen.
- c. Tingkat intensitas akustik atau kekuatan bunyi yang ditimbulkan oleh aliran fluida cair (air) pada nosel N_1 dan nosel N_2 sangat berbeda. Pada gambar (6), hubungan antara intensitas akustik dengan rasio atau perbandingan tekanan menunjukkan bahwa intensitas akustik rata-rata pada nosel N_1 lebih tinggi dari nosel N_2 . Perbedaan intensitas akustik untuk kedua nosel lebih dari 10 desibel pada kondisi pengujian dengan perbandingan tekanan (\tilde{p} / p_a) yang rendah ($R_p \leq 3,8$), dan relatif hampir sama pada kondisi pengujian $R_p \geq 4$. Perbedaan ini terjadi karena struktur aliran (panjang sel kejut dan gelombang kejut) yang dihasilkan berbeda, walaupun kapasitas alirannya sama. Gelombang kejut lebih cepat muncul (terlihat) pada nosel N_1 dibandingkan pada nosel N_2 , sehingga bunyi yang ditimbulkan akan berbeda intensitasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi diskret *screech tone* adalah fungsi dari panjang sel kejut dan besarnya nilai frekuensi tersebut selalu lebih rendah dari frekuensi bunyi pita lebar asosiasi gelombang kejut. Perubahan frekuensi dasar bunyi teriakan jet mempunyai nilai yang relatif sama untuk kedua nosel.

Kesimpulan

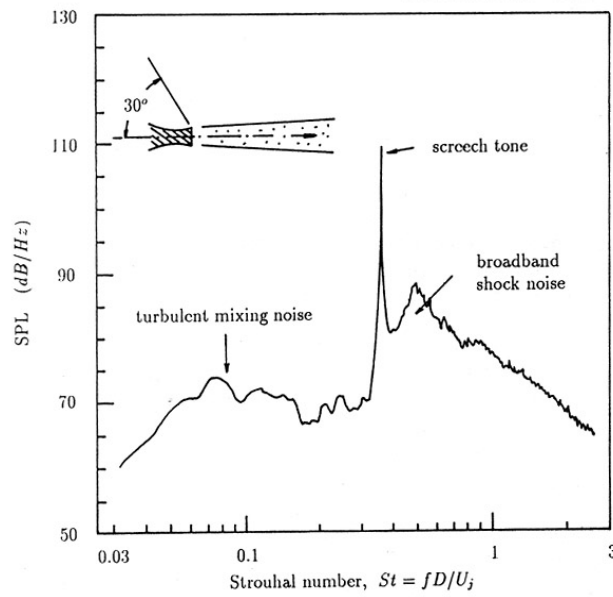
Intensitas atau kekuatan bunyi yang ditimbulkan oleh aliran gas yang keluar melalui nosel (saluran gas buang) belum dapat diprediksi secara tepat, karena fenomena aliran gas lebih rumit dibanding aliran air. Untuk mengetahui lebih detail fenomena aliran gas maka digunakan meja analogi hidrolik dengan menganalogikan aliran fluida gas dengan aliran fluida cair (air). Meja analogi hidrolik telah digunakan untuk mengetahui dan mendeteksi tingkat intensitas bunyi yang dihasilkan oleh dua nosel yang ukuran bagian keluarnya sama tetapi bentuk geometrinya berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nosel N_1 menghasilkan tingkat bunyi dengan intensitas lebih besar (sekitar 10 dB) dari nosel N_2 dengan frekuensi diskret yang relatif sama besar. Besarnya tingkat intensitas bunyi aerodinamik dapat dipengaruhi oleh beberapa variabel, antara lain yaitu: bentuk geometri nosel (saluran), kecepatan dan struktur aliran serta fluktuasi tekanan akustik di sekitar pancaran jet.

Melalui instalasi analogi hidrolik telah diperoleh informasi yang cukup untuk mempelajari dan memahami bentuk struktur aliran dan mekanisme terjadinya bunyi. Untuk lebih memahami fenomena dan mekanisme bunyi dari aliran fluida (gas) dengan bantuan meja analogi hidrolik, maka diperlukan

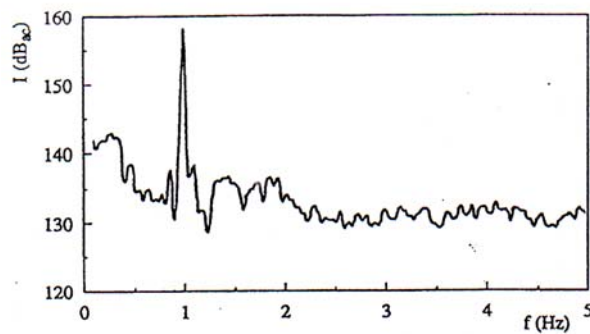
alat ukur dan teknik pengukuran yang lebih baik. Salah satu teknik pengukuran yang dapat digunakan adalah metode pengukuran dengan pemanfaatan sinar laser yang dikenal dengan teknik PIV (*Particle Image Velocimetry*).

Daftar Pustaka

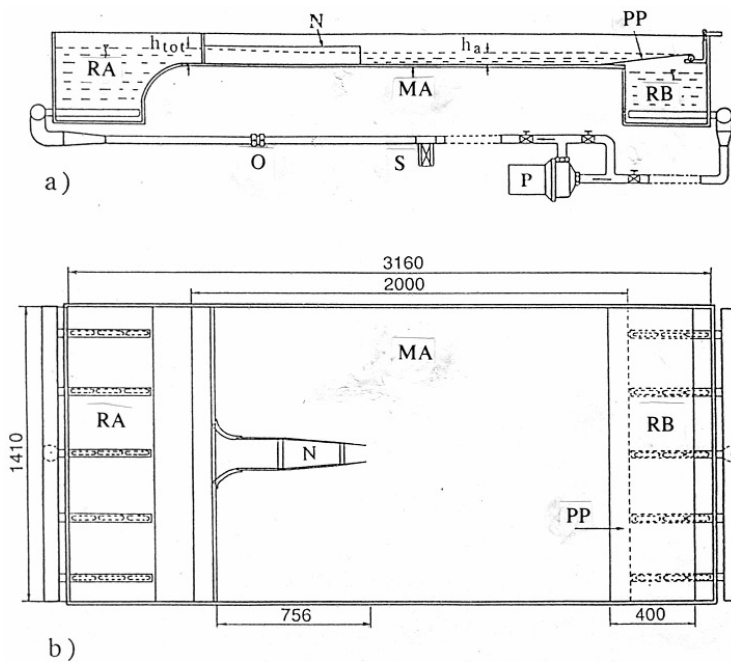
- Black, J., Mediratta, OP. 1951, *Supersonic Flow Investigations with a Hydraulic Water Channel*, Aeronaut. Quart., 2, 227-253.
- Brocher, E., Makhsud, A., 1997, *A New Look at the Screech Tone Mechanism of Underexpanded Jets*, European Journal of Mechanics, B/Fluids, 16/6, 877-891.
- Carbonaro, M., Van der Haegen, V., 2002, *Hydraulic Analogy of Supersonic Flow-Lab Notes*, EUROAVIA Symposium, Von Karman Institute for Fluid Dynamics, Swiss.
- Dymont, A., Gontier, G., 1961, *Influence de la Viscosite et de la Capilarite sur les Experiences d'Analogie entre les Ecoulements avec Surface Libre et Ecoulements d'un Gaz*, Journal de Mecanique, 1/3, 255-291
- Makhsud, A., 2000, Studi Aliran Fluida pada Nosel dengan Bantuan Analogi Hidrolik, Majalah Ilmiah Al-Jibra, Fakultas Teknik UMI Makassar, Vol, No1.
- Makhsud, A., 2003, Studi Bunyi Aerodinamik dengan Bantuan Analogi Hidrolik, Jurnal Teknologi dan Industri, Fak. Teknologi Industri UMI Makassar, Vol.2, No.4.
- Pardadi, J., 2005, Pengaruh Rancangan Muffler Terhadap Peredaman Suara dan Unjuk Kerja Mesin, Jurnal Teknik Mesin dan Industri, Vol.2, No.2
- Powell, A., 1953, *On the Jet Noise Emanating from a Two-Dimensional Jet Above the Critical Pressure*, The Aeronautical Quarterly, vol. 4.
- Preiswerk, A., 1938, *Aplication of the Methode of Gas Dynamics to Water Flows with a Free Surface*, Mitteilungen der Institut fur Aerodynamik, 7, E.T.H. Zurich, Translated as N.A.S.A. T.N. (1940) 934-935.
- Rani, S.L., Wooldridge, M.S., 2000, *Quantitative Flow Visualization Using the Hydraulic Analogy*, Experiment in Fluids 27, Springer-Verlag, 165-169.
- Seiner, J.M., 1984, *Advances in High Speed Jet Aeroacoustics*, AIAA Paper 84-2275.
- Tam, C.K.W., 1995, *Supersonic Jet Noise*, Annual Rev. of Fluid Mechanics, 27, 17-43.
- Tanna, H.K., 1977, *An Experimental Study of Jet Noise*, Part I. Turbulent Mixing Noise, Part II. Shock Associate Noise, Jurnal of Sound and Vibration, vol. 50.



Gambar 1. Karakteristik spektrum bunyi jet supersonik (Seiner 1984)



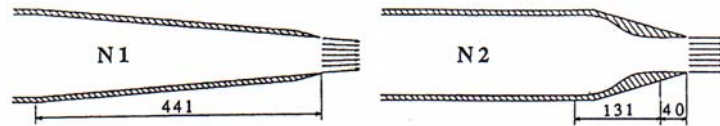
Gambar 2. Spektrum frekuensi *screech tone* pada ratio tekanan $R_p = 3,9$



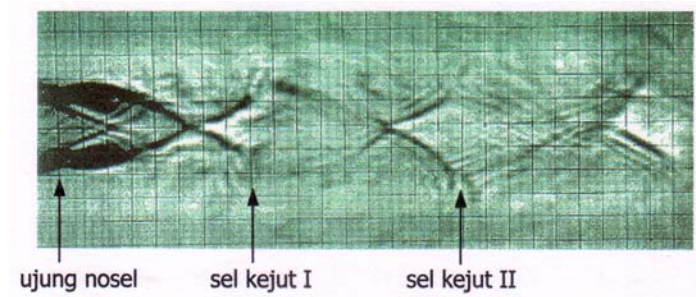
Gambar 3. Instalasi penelitian meja analogi hidrolmik, (a) pandangan samping, (b) pandangan atas

Keterangan Gambar:

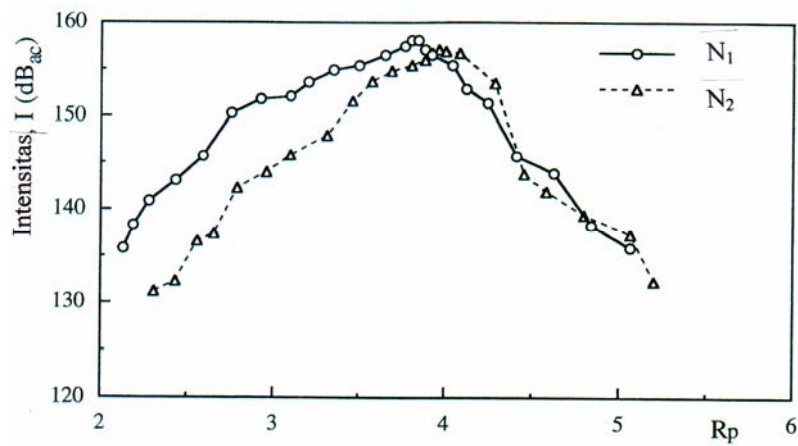
P: pompa, S: saringan, O: orificemeter, RA: reservoir atas, N: nosel, MA: meja analogi, PP: pelat pengatur tinggi muka air, RB: reservoir bawah, h_{tot} : tinggi muka air pada meja reservoir atas, h_a : tinggi muka air pada meja analogi diluar nosel



Gambar 4. Bentuk geometri nosel N_1 dan nosel N_2



Gambar 5. Foto bentuk struktur pancaran nosel dan panjang sel kejut



Gambar 6. Intensitas *screech tone* sebagai fungsi rasio tekanan (R_p)

DATA PENULIS

Nama : Dr.Ir.H. Abdul Makhsud, DEA
Tempat/Tgl lahir : Luwu Timur, Sulawesi Selatan, 3 Mei 1961
Instansi : Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar
Alamat kantor : Jl. Kakatua no. 27 Makassar 90121
Telepon/Fax. : 0411 873018 / 0411 870093
HP : 0811447003
E-mail : anchu03@yahoo.com dan anchu61@plasa.com