

MASALAH GETARAN / GELOMBANG

PADA TEKNIK SIPIL



Pidato pengukuhan
Penerimaan Jabatan Guru Besar
dalam Mekanika Teknik
pada
Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

oleh

SOEDIRO

Yth. Bapak Menteri Pendidikan

Yth. Bapak² Gubernur dan anggauta Muspida tingkat I Jateng

Yth. Bapak² Ketua dan anggauta Muspida tingkat II Semarang

Yth. Bapak² Ketua dan anggauta Dewan Penyantun Undip

Yth. Bapak Rektor Universitas Diponegoro

Yth. Bapak² anggauta Senat, Dekan Fakultas, Guru Besar, Lektor dan Asisten dalam lingkungan Undip

Yth. Bapak² dan Ibu² tamu sekalian

Yth. Bapak² Ketua dan anggauta Yayasan Pembina Undip

Yth. Sdr² Karyawan, mahasiswa serta hadirin semuanya.

Assalam mualaikum Warochmatu'llohi Wabarokatuh.

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah S.w.t. dan terima kasih saya yang tak terhingga kepada Bapak² dan Ibu² semuanya, yang telah sudi membuang langkah dan meluangkan waktu, berkenankanlah saya mengucapkan pidato penerimaan jabatan saya secara resmi sebagai Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dalam mata pelajaran mekanika Teknik, sesuai dengan keputusan Presiden no. 6/K tahun 1977 tertanggal 17 Juni 1977 dan yang pengangkatannya berlaku sejak tanggal 1 April 1977.

Hadirin yang saya hormati,

Dalam mata pelajaran mekanika Teknik tercantum didalamnya beberapa discipline ilmu yang saling kait-mengait satu sama lain dalam bentuk dan pembagiannya yang bermacam-macam, sehingga perlu adanya pembagian sendiri menurut kesarjanaan tekniknya masing-masing.

Oleh karenanya saya selaku sarjana sipil akan membatasi pidato saya ini sesuai dengan bidang keteknik sipil saja.

Kiranya tidaklah perlu diungkiri lagi bahwa teknik sipil telah tumbuh dan berkembang mendahului teknik lainnya.

Hal ini sangatlah mudah diketahui bila kita menengok kebelakang. Beribu-ribu tahun yang lampau manusia telah membuat rumah dan jalan untuk keperluan perlindungan dan pencarian makan, sebelum mereka mengenal listrik, mesin dsb.

Kedadaan ini tercermin pula dalam sejarah pendidikan teknik dinegeri kita. T.H.S. (Techniek Hogeschool) yang didirikan dalam zaman penjajahan di Bandung, pada permulaannya hanya mendidik dan menghasilkan sarjana-sarjana teknik sipil saja.

Mengingat akan belum berkembangnya teknik lainnya dinegara kita pada saat itu, maka discipline ilmu diluar bidang sipil telah cukup dimasukkan dalam kurikulum pendidikan teknik sipil sebagai tambahan (listrik, mesin dll). Hal ini memang sangatlah diperlukan mengingat sistem pendidikan dan perkembangan ilmu pada saat itu dan dengan demikian maka seorang sarjana sipil seolah-olah merupakan sarjana teknik yang allround.

Tetapi dengan perkembangan teknik dan tuntutan zaman, timbullah spesialisasi sedemikian hingga perlu adanya pemisahan pendidikan dalam bidang-bidang diluar teknik sipil. Bahkan dalam teknik sipil itupun sendiri harus mengalami pelepasan sejumlah discipline ilmunya, setelah timbulnya jurusan-jurusan, (bahkan ada yang telah menjadi bagian dan akhirnya merupakan fakultas) seperti penyehatan, pengaliran, arsitektur, mekanika tanah dll yang oleh perkembangan teknik dianggap telah dapat cukup membuat seseorang yang mempelajari yang kemudian menguasainya mendapatkan titel kesarjanaannya.

Walaupun demikian tidaklah berarti bahwa discipline dalam teknik sipil akan menyempit akibat timbulnya bagian/fakultas-fakultas baru sebagai pecahan dari teknik sipil karena perkembangan perkembangan teknik menuntut peningkatan-peningkatan dari yang terdahulu, atau bahkan timbul masalah-masalah baru yang perlu bagi perkembangan selanjutnya. Salah satu diantara sekian banyak discipline, maka masalah getaran/gelombang pada teknik sipil memerlukan jalan untuk pengembangannya sendiri.

I Laju Perkembangan Teknik

Hadirin yang saya hormati,

Beberapa ribu tahun sebelum Masehi, sejarah umat manusia telah mulai tercatat dengan baik dan kemajuan teknik telah dapat dilihat pada peninggalan-peninggalan kuno yang sampai sekarang masih berdiri. Tidak sedikit dari peninggalan-peninggalan tersebut telah banyak yang rusak dan bahkan telah punah.

Dari abad keabad terasa kemajuan-kemajuannya. Dimulai dari yang sangat primitif pada saat itu dan sampailah pada yang modern masa kini, serta berakhir pada hal yang belum dapat terjangkau dalam khayalan manusia dikemudian hari. Hal ini dapat dilihat dari adanya batu-batu yang dipakai oleh manusia purba sebagai alat untuk segala macam tujuan dan pekerjaan pada beberapa ratus tahun yang lampau, sehingga beribu-ribu macam alat bagi keperluan yang bermacam-macam pula pada saat ini.

Yang jelas bahwa kemajuan tersebut bila digambarkan dalam suatu grafik, tidaklah berbentuk garis lurus menaik, melainkan agak lurus sampai pada akhir abad yang lampau dan membengkok keatas pada abad ini.

Dalam sejarah perkembangannya segala macam bidang keteknikan tercakup dalam satu wadah. Tetapi dengan penemuan-penemuan khusus akhirnya ilmu teknik harus dibagi-bagi menjadi beberapa cabang sesuai dengan perkembangan masing-masing.

Semenjak penampilan beton bertulang dalam pemakaian bangunan sipil dimulai, laju perkembangan mulai lebih terasa. Hal ini disebabkan pula oleh faktor pendukungnya, yaitu perhitungan dan industri besi yang dapat meruujang sepenuhnya.

Walaupun perkembangan semula dimulai dengan pengetrapannya secara percobaan dan perkiraan saja, namun hasilnya banyak yang telah memuaskan.

Pada akhir-akhir ini dimana ilmu penunjang lainnya seperti matematika, mekanika dll telah pesat berkembang, pengetrapan dalam bangunan teknik sipil yang didasarkan atas perkiraan dan percobaan saja dirasa belum memuaskan sebelum ilmu penunjang lain yang mendasarinya dapat memberikan bukti perhitungan yang meyakinkan.

Keyakinan yang membuahkan perencanaan yang matang akhirnya akan membawa penghematan dan keamanan. Penghematan dan keamanan inilah merupakan tujuan yang menentukan dalam konstruksi.

Salah satu diantara ilmu pendukung dalam bangunan sipil yang berpuh-puluh banyaknya dan yang dipakai bagi tercapainya dua tujuan sebagai tersebut diatas adalah ilmu yang menjabarkan dan akhirnya dapat mengtrapkan adalah masalah-masalah pengaruh gelombang dinamis dan getaran getaran pada bangunan sipil.

Beberapa pemecahan dan pengetrapan telah dapat diselesaikan dengan baik, seperti getaran akibat gempa bumi, angin dll, tetapi masih banyak pula yang baru sampai pada taraf permulaan dan bahkan ada yang belum dimulai sama sekali. Pemecahan yang baik sangat tergantung pula pada permasalahannya yang tepat apabila diinginkan pengetrapannya yang baik.

Kita yakin bahwa laju perkembangan teknik setapak demi setapak akan mampu memecahkan masalahnya sampai pada pengetrapannya yang tepat dan cepat.

II. Beberapa permasalahan pengaruh getaran/gelombang pada bangunan sipil.

Bapak² & Ibu Yth.

A. Pengertian

1. Getaran atau yang dalam bahasa asingnya disebut vibration, merupakan suatu gerak atau gerakan. Karena gerakan mempunyai segala macam ragamnya, maka perlu adanya pengertian yang betul mengenai gerakan yang kita maksudkan, agar dapat menuju sasarannya yang tepat dalam memsalahkan pengaruh getaran pada bangunan sipil dalam p d ato ini.

Getaran disini dapat diartikan sebagai suatu gerak atau gerakan berkala atau juga disebut pereodik terhadap suatu letak keseimbangan semula.

Setiap benda yang diam dapat/disebabkan karena adanya keseimbangan. Padahal keadaan diam ini sangat relatif bila ditinjau dari ruang yang lebih luas, karena setiap benda yang kita lihat diam, sebetulnya tidak diam atau berjalan terhadap matahari dll. Ini disebabkan karena dunia berjalan/berputar. Oleh karena itu arti keseimbangan disini adalah dalam arti terbatas atau dalam lingkungan terbatas.

Getaran timbul akibat yang bermacam-macam. Dalam dunia teknik sipil, sebab-sebab yang mempengaruhi dan yang menjadikan beraneka macam masalah, diantaranya adalah akibat adanya gempa bumi, angin, lalu lintas, pergerakan mesin, penumbuhan tiang pancang dan lain-lain.

2. Gelombang dan getaran sangat erat kaitannya, sehingga dapat disamakan dengan hubungan antara ayah dan anak atau sebaliknya.

Dalam ilmu physica gelombang ini dapat dilukiskan sebagai suatu gangguan (disturbance) yang berkenbang atau merambat dari titik dalam suatu media ketitik yang lain dalam media tersebut, tanpa memberikan suatu perubahan yang permanen pada media tersebut sebagai keseluruhan.

Berbagai-bagai macam gelombang dapat terjadi, baik penyebab maupun bentuk, media, waktu dan lain-lain, tetapi yang jelas adalah bahwa pergerakan gelombang ini hanya dapat terjadi pada media yang dapat menyimpan tenaga, baik tenaga kinetik maupun potensial.

B. Tingkat pengaruh gelombang/getaran pada manusia

Dalam dunia teknik sipil, kita kenal beberapa pengaruhnya, baik yang positif, negatif maupun indifference. Bila diadakan pembagian, pengaruhnya dapat dibagi atas beberapa tingkat, yang pada umumnya adalah :

1. Menguntungkan
2. Tak berpengaruh
3. Merugikan
4. Merusak.

B.1. Tidakkah selâlu, bahwa semua getaran dan bergeljaknya gelombang memberikan pengaruh yang negatif terhadap manusia dengan lingkungannya. Getaran/gelombang dapat langsung atau tidak langsung akan menimbulkan manfaat yang dapat dirasakan. Dalam perkembangan teknik sekarang ini manusia dapat menciptakan beberapa alat atau usaha sedemikian hingga getaran/gelombang ini dapat berguna. Sudah barang tentu timbullah suatu masalah tentang bagaimana cara-cara manusia dapat men-daya gunakannya atau dapat memberi keuntungan.

B.2. Disamping hal-hal yang menguntungkan sebagai tersebut diatas, sudah barang tentu ada pula yang sama sekali tidak memberikan pengaruhnya sedikitpun bagi manusia dan lingkungannya untuk sementara. Disini kita katakan sementara karena hal ini sangat tergantung pula akan perkembangan akal dan peri laku manusia dikemudian. Yang mula-mula dirasa tak mempengaruhi pada manusia, dikemudian hari dapat menjadi suatu gangguan atau dapat didaya gunakan.

B.3. Gemuruhnya kapal terbang yang hendak mendarat atau tinggal landas mungkin tidaklah merupakan gangguan bagi manusia s-lama manusia itu sendiri tidak bermukim didekatnya. Tetapi pengembangan tempat pemukiman sebagai akibat penambahan penduduk serta kepentingan-kepentingan lain, memaksa mereka mendekat dengan sumber suara tersebut sehingga mereka merasa terganggu atau dirugikan. Dengan demikian timbullah masalah baru mengenai cara pengatasannya.

B.4. Akhirnya tibalah saatnya untuk menguraikan pengaruh yang paling besar, yaitu yang merusak.

Gelombang yang menderu sepanjang masa dan menghantam pantai mungkin tidak merugikan, tetapi jelas merusak pantai karena secara berkala membentur dengan tenaga yang ada padanya. Tetapi gelombang panas dan getaran gempa tidak saja merusak tetapi juga merugikan, sehingga mendesak kita agar segera dapat menanggulangnya. Sampai berapa jauh usaha manusia untuk menanggulangi dan mengurangi pengrusakan merupakan tantangan bagi kita semua.

Tantangan terhadap pendaya gunaan dan pelenyapan/pengurangan gangguan dari tenaga gelombang/getaran dimasa mendatang.

Para hadirin yang saya hormati

Dari permasalahan-permasalahan sebagai yang saya sebutkan diatas, maka tibalah saatnya bagi kita semua untuk mengusahakan agar pengaruh-pengaruh gelombang dan getaran dapat dijinakkan sedemikian sehingga berguna bagi manusia, atau paling tidak hendaknya dapat melenyapkan/mengurangi pengaruh-pengaruhnya yang negatif menjadi indifferent atau tak mempengaruhi.

Bentuk dan macam getaran/gelombang yang menjadi perhatian dan bahkan menjadi sumber timbulnya kecemasan dan gangguan adalah banyak sekali. Diantara sekian banyaknya macam gelombang/getaran yang mencemaskan dan mengganggu adalah adanya getaran-getaran gempa, gelombang panas, gelombang angin, gelombang pasang, bising atau kegaduhan, guncangan/getaran lalu lintas dsb.

Dalam teknik sipil getaran gempa telah mengundang para cendekiawan untuk membuat beberapa macam bangunan menjadi tahan gempa. Karena setiap bangunan mempunyai bentuk, macam dan konstruksinya sendiri-sendiri, maka setiap bentuk dan macam bangunan memerlukan penyelidikan dan penyelesaiannya sendiri-sendiri terhadap getaran ini. Demikian pula halnya dengan masalah gelombang pasang, getaran lalu lintas dll.

Mengingat akan banyaknya permasalahannya, maka dalam pidato kami ini akan kita batasi dalam dua masalah saja, yaitu masalah bising atau kegaduhan dan masalah gelombang lautan.

III. BISING

Hadirin yang terhormat,

Saya tidur dan bermimpi bahwa hidup adalah keindahan.

saya bangun dan menemukan bahwa hidup adalah kuajiban.

A. Kadang-kadang kita ingin menanyakan sesuatu yang sebetulnya telah kita ketahui jawabannya. Hal yang demikian memang bukanlah merupakan hal yang ganjil dalam kehidupan kita sehari-hari, karena dengan menanyakannya hal tersebut kita lebih dapat mengetahui dengan jelas bahwa sebenarnya dalam jawaban tersebut tersimpul keragu-raguan, atau pertanyaan tersebut menimbulkan pertanyaan baru lagi, sehingga menjadi semacam pertanyaan dan jawaban beruntun atau berantai. Pertanyaan ini adalah : "Apakah betul bahwa bising atau kegaduhan merupakan sampah (afval produk) dari masyarakat kita yang modern, kemajuan teknologi sebagai yang kita kehendaki?" Sudah barang tentu jawaban ini dapat "ya" dan dapat "tidak".

Yang jelas bagi kita, bahwa kemajuan-kemajuan teknologi/masyarakat modern yang kita impi-impikan sebagai suatu keindahan, akan menimbulkan tantangan-tantangan dan kewajiban-kewajiban baru bagi kita.

Dalam alam, bising ini banyak sekali macamnya seperti, deru angin gemerciknya hujan, gemuruhnya gelombang lautan dsb. dsb. Tetapi, apakah ini sudah menjadi gangguan bagi manusia? Diluar bising alam yang telah jutaan tahun berjalan sebagai yang saya sebutkan diatas, masih terdapat banyak sekali bising lainnya sebagai hasil adanya peradaban manusia seperti, suara mesin, pembangunan, lalu lintas, kapal terbang dan lain-lain. Bahkan suara musik yang oleh sipemain merupakan suara yang merdu dan enak didengar, bagi orang lain yang tak berkepentinganpun dapat merupakan bising yang menjengkelkan. Dengan demikian maka sangatlah sulit untuk mengadakan Kriteria yang pasti mengenai bising atau kegaduhan ini.

Namun demikian tidaklah berarti bahwa tidak akan dapat diadakannya ukuran umum yang dianggap dapat memberikan nilai bising/ukuran bising ini.

Bising adalah suara yang kita dengar akibat adanya getaran udara yang berasal dari sumber getaran dan yang kemudian sampai pada telinga kita. Tidak semua getaran dapat kita terima menjadi suara seperti yang biasa kita dengar, melainkan ada batas-batas jumlah frekwensi dan amplitudo tertentu. Jumlah frekwensi yang dapat kita terima sebagai suara berkisar antara 10 sampai 20.000 getaran tiap detik, sedang amplitudonya berada antara 10^{-9} sampai 10^{-2} meter (sebagai perbandingan kita ambil diameter atom Hydrogen yang diameternya sebesar 10^{-10} meter. ✓

Sekarang timbul pertanyaan baru, mengenai suara mana dan ukuran apa yang dapat dipakai sebagai pedoman untuk menyatakan bahwa suara tersebut adalah bising atau tidaknya. Suara mempunyai ukuran intensitas atau tingkat suara yang dinyatakan dalam decibel atau disingkat dB. Bagi orang awam penggunaan ukuran ini mungkin agak sulit untuk difahami. Tetapi hal ini dapat lebih dimengerti apabila kita membandingkan dengan adanya ukuran bobot yang dinyatakan dalam kg, g, ton dsb.

Gemerciknya hujan lebih rendah tingkatan suaranya dari pada gemuruhnya mesin jet. Yang kedua ini mempunyai tingkat suara beribu-ribu kali dari pada yang pertama. Dibawah ini kita sajikan angka-angka mengenai besarnya tingkat suara dalam dB yang berasal dari beberapa sumber suara beserta effectnya.

Sumber suara	Besarnya tingkat suara dalam dB	Effectnya
Pesawat terbang pada jarak pendek	120	mendekati batas kesakitan pada telinga
Boor mesin pada jarak 1 m dekat lapangan udara	100	tak tertahan
Bis/truk pada jarak 7 m	90	Bahaya terhadap kerusakan pendengaran bila terus-menerus
Tempat tinggal dekat jalan besar/ramai	60	Seperti percakapan dgn. keras pada jarak 1,5 m
gemersiknya daun ²	20	pelan
padang pasir	10	Susah untuk diamati
Sunyi sepi	0	Batas tak dengar

Yth. Bapak² & Ibu² sekalian,

Sampailah sekarang untuk menyampaikan tentang sebab musabab apa sehingga bising perlu dihindari atau dikurangi pengaruhnya yang negatif.

Pengaruh/jangka panjang/menengah dari bising terhadap manusia adalah adanya kehilangan daya pendengaran. Makin tua umur manusia makin berkurang pendengarannya atau yang dalam istilah asingnya disebut Presbicusis. Bila seseorang sering mendapatkan gangguan bising yang tingkat bunyinya tinggi, maka makin cepatlah pengurangan pendengarannya. Demikian pula halnya pada frekwensi tinggi yang sangat peka bagi telinga, pengurangan pendengaran akan lebih cepat terjadi.

Mungkin setiap orang telah mengetahui, tetapi pada umumnya mereka tidak menyadari bahwa setiap tahun bising atau kegaduhan disekitar kita bertambah rata-rata dengan satu decibel (karena motor tambah, mesin tambah, pesawat tambah dll.) sehingga penambahan kegaduhan pada akhir abad ini dapat diharapkan mencapai sekitar 20 dB atau lebih.

Disamping hal-hal sebagai tersebut diatas, menurut pengamatan pada akhir-akhir ini, bising sangat mempengaruhi manusia baik secara psikologis maupun fisiologis.

Penyelidikan menunjukkan bahwa disekitar pelabuhan udara terjadi sakit (ziektegevallen) lebih besar prosentasenya dari pada didaerah lainnya. Juga angka keguguran kandungan lebih besar

Penyelidikan lain menyatakan pula bahwa serangan jantung banyak terjadi ditempat dimana sumber-sumber bising banyak terjadi.

Pengaruh lain yang merugikan adalah adanya kemerosotan prestasi pada para pekerja.

Menurut dr. P.G. Knipschild dalam disertasi untuk pengambilan titel doctornya menyatakan bahwa suara bukan alamiah dari pesawat terbang akan memperpendek umur manusia apabila sering/terusan didengar. (A.O. '76 no. 1607).

B. Setelah kita mengetahui semua pengaruh dan akibat kebisingan terhadap manusia, tidaklah berarti bahwa kita harus menghentikan segala kemajuan yang telah kita capai, walaupun kemajuan tersebut mengandung risiko penambahan bising baru yang mungkin lebih mencemaskan. Kita selalu berharap bahwa setiap akibat sampingan (aanzet produkt) sebagai hasil kemajuan teknologi harus dilawan dengan kemajuan teknologi baru lagi. Kecemasan seharusnya tidaklah perlu timbul, karena harapan dan kecemasan tidak dapat berjalan bersama.

Hadirin Yth.,

Dibawah ini saya ingin mengemukakan beberapa cara-cara-dasar pengatasan kebisingan yang mengandung tantangan-tantangan didalamnya untuk penyempurnaan dan kelengkapan selanjutnya. Diantara sekian banyak usaha penanggulangan, maka perencanaan tata ruang kota yang baik, penggu-

naan bahan-bahan bangunan dan ak stika yang tepat, pembuatan sekat-sekat atau bangunan pembendung/penahan dan cara penggunaan getaran suara merupakan cara-cara yang dalam waktu dekat telah dan akan dapat berhasil.

1. Perencanaan tata ruang/ k t a yang baik.

Tata ruang dan tata k t a di Indonesia telah mulai dikembangkan dengan baik, walaupun tidak semua atau belum semua dapat dilaksanakan. Masalah yang dihadapi hampir disetiap kota di Pulau Jawa sama, yaitu menghadapi keadaan yang telah tertanjur ada dan berkembang, tetapi keadaan dan perkembangannya telah tertanjur pula tidak menurut pola yang diharapkan. Dengan demikian penataannya merupakan penyesuaian atau bahkan dapat dikatakan sebagai tambal sulam. Untuk penataan diluar Jawa hal yang demikian masih dapat dihindari atau bahkan dapat diatur. Walaupun demikian, tidaklah berarti bahwa penataan kembali di Jawa yang padat ini asal saja (waton dalam bahasa Jawa) tetapi justru merupakan tantangan yang hebat bagi para ahli-ahli planologi dalam menghadapi keadaan pulau Jawa yang oleh para ahli (diantaranya bekas Menteri PUTL Prof Dr ir. Soetami) dikatakan rusak.

Pada saat ini mungkin masih banyak orang yang menganggap atau belum merasakan adanya gangguan bising ini, tetapi bila kita melihat perkembangan penduduk, penambahan pembangunan dan lain-lain, maka diperkirakan bahwa pulau Jawa menjelang tahun 2000 merupakan pulau kota yang merisaukan.

Pengelompokan bangunan-bangunan sumber bising harus sudah dimulai, pembuatan daerah-daerah penyangga (bufferzone) antara jalan-jalan besar dengan tempat pemukiman segera diperhatikan, penanaman atau penghijauan disekitar daerah-daerah industri perlu diadakan dan pemakaian system jalan-jalan buntu bagi daerah-daerah pemukiman akan membantu pula dalam penyelesaian pengurangan pengaruh bising terhadap lalu lintas (di Indonesia jarang yang memakai cara ini, dan kebanyakan memakai jalan tembus). Pembuatan skyways sebaiknya dihindarkan dan pembuatan subways lebih diutamakan dalam pemecahan masalah kepadatan lalu lintas dengan crosspassing (di negara kita baru bypass). Demikianlah

repintas gambaran akan pentingnya perencanaan/penataan ruang kota bagi pengaruh kebisingan

2. Pemakaian bahan-bahan penahan bising/ ak stika yang tepat

Hadirin Yth.

Sebelum kita mentrapkan penggunaan bahan-bahan bangunan yang dapat meresap getaran suara atau bunyi kita harus dapat mengetahui dengan tepat dimana dan berapa peresapan dari kebisingan yang harus ditanggulangnya.

Disamping hal tersebut kita mengenal bahwa perambatan getaran bunyi yang sampai pada telinga kita dibedakan menjadi 2 macam, yaitu yang kita kenal sebagai perambatan melalui udara (luchtgeluid) dan perambatan melalui persinggungan (kontakgeluid). Sekitar 60% kegaduhan dalam perumahan pada umumnya datang dari dalam perumahan/flat itu sendiri sedang 40% sisanya datang dari luar. Kegaduhan atau bising yang datang dari dalam dan yang disebabkan oleh perambatan karena persinggungan merupakan tantangan bagi para teknisi guna mengatasinya (contoh dari bunyi yang merambat melalui persinggungan ini adalah :

1). orang memukul paku kedalam tembok disebelah dan didengar oleh penghuni sebelah lainnya dari tembok. 2). Orang berjalan diatas lantai diatasnya dan didengar oleh penghuni dibawahnya dsb.). Guna mengatasi hal yang terakhir ini di beberapa negara telah dibangun beberapa perumahan flat yang menggunakan lantai layang, sedang guna mengatasi bunyi yang merambat melalui udara telah banyak penyelesaiannya, yaitu dengan penggunaan bahan-bahan yang meresap getaran suara, jendela yang rapat/rangkap, tembok-tembok pemisah ganda dsb. dsb. Walaupun demikian penyelesaian semacam ini sampai pada saat ini belum memuaskan sepenuhnya. Disamping itu manusia juga tidak selalu ingin dikekang berada didalam ruang/kamar hanya untuk menghindari bising, melainkan juga ingin menghirup udara segar dari luar, menikmati keindahan diluar dan lain-lain. Dengan demikian maka penggunaan bahan-bahan dan lain-lain sebagai yang saya utarakan sebelumnya tidak lagi berfungsi dan timbullah

tantangan baru guna mengatasinya. Usaha yang pada saat ini dapat dianggap tepat adalah pembuatan bangunan-bangunan atau konstruksi-konstruksi semacam tirai penahan bising.

3. Bangunan/Konstruksi penahan bising.

Hadirin yang saya hormati,

Sebagaimana telah kita kemukakan diatas, bahwa sekitar 40% bising atau kegaduhan ini datang dari luar. Penyampaian bunyi dari luar kedalam ruang/rumah terjadi melalui perambatan udara terlebih dulu sampai pada dinding yang dengan perambatan persinggungan terjadi lagi bunyi yang didengar melalui perambatan udara

Melihat akan jalannya penyampaian getaran bunyi yang demikian dapatlah disimpulkan bahwa pengurangan bising telah banyak. Namun demikian kebisingan yang mempunyai tingkatan lebih dari 50 dB masih sangat mengganggu, (terutama bagi ruang yang tanpa akustika yang baik) apalagi bila kita berada diluar atau semua ruang terbuka jendelanya. Untuk ini maka bagi jalan-jalan yang ramai/runway sebaiknya berada atau dibuat lebih rendah permukaannya dari pada permukaan halaman perumahan/flat. Dengan demikian maka peninggian pada tebing-tebing jalan/runways merupakan penghalang bagi pengembangan getaran suara. Tetapi hal yang demikian tidak selalu mungkin, sehingga satu-satunya cara penanggulangan adalah dengan pembuatan tameng (tirai) bunyi pada setiap jalan yang ramai. Tameng atau tirai ini dapat berbentuk bermacam-macam, mulai dari tanaman yang rapat sampai pada dinding/pagar yang dapat memantulkan kembali dan meresap getaran bunyi

Dibeberapa negara telah/sedang diadakannya bangunan/konstruksi yang demikian, namun tantangan bagi penyempurnaannya selalu timbul karena setiap tahun selalu bertambah/ timbul sumber bising baru. Khusus bagi bising yang timbul akibat dari sedang di testnya/overhoulnya mesin telah dapat dibuat bangunan peredam yang dapat meresap 60% - 70% dari asalnya. Namun bagi pesawat yang hendak mendarat dan tinggal landas, pembuatan bangunan-bangunan penahan bising masih dalam pemikiran yang mendalam.

Tantangan akan makin berat dengan perkembangan frekwensi lalu lintas penerbangan dan makin besarnya/cepatnya pesawat dikemudian hari.

4. Sumber bunyi baru sebagai penanggulangan rasa bising.

Bapak² dan Ibu² sekalian,

Bila kita sedang mendengarkan musik atau lagu-lagu, maka kita tidak dapat mendengarkan dengan baik suara teman disebelah yang hendak berbicara dengan kita atau sebaliknya. Contoh lain yang serupa kita ambil dari seorang kepala kantor yang kantornya berada dipinggir jalan yang ramai.

Pada saat memasuki ruang kantornya dia mengeluh karena kegaduhan lalu lintas diluar. Tetapi keluhan ini berhenti setelah A.C. dalam ruang kantornya dinyalakan. Penghentian keluhan ini tidaklah semata-mata dikarenakan oleh dinginnya udara, melainkan karena suara A.C-nya yang seakan-akan menghapus/mengurangi (sebetulnya diukur tingkat bunyinya mungkin bertambah) bunyi bising/kegaduhan dari luar.

Dari pengalaman ini timbullah gagasan bahwa untuk memerangi bising harus dilawan dengan bising baru. Apakah hal ini merupakan suatu penyesuaian yang baik, sampai saat ini masih dalam perkembangan antara yang pro, kontra dan ragu-ragu. Pengurangan pengaruh bising akibat adanya bising baru/suara baru yang sengaja ditimbulkan, mungkin hanyalah semu (bukan yang sesungguhnya menurut ukuran teknis) atau hanya merupakan effect psychologis (pengalihan perhatian), tetapi dapat mungkin pula bahwa kedua bising yang bersamaan saling menghapus/mengurangi. Kesemuanya ini tergantung pada frekwensi dan amplitudo dari kedua sumber getaran bunyi atau bising yang bergetar bersamaan.

Dalam ilmu physika kita kenal resonansi dan Redaman yang saling berlawanan.

Sebuah benda yang bergetar dan mengeluarkan bunyi dapat menggetarkan benda lain sedemikian hingga benda ini turut membantu mengeluarkan bunyi yang menghasilkan suara bersama yang lebih besar tingkatnya

dari pada bunyi yang hanya ditimbulkan oleh benda pertama. kejadian inilah yang disebut resonansi. Sebaliknya redaman akan memperkecil tingkat bunyinya. Terjadinya resonansi atau teredamnya bunyi sangat tergantung frekwensi dan amplitudo yang dimiliki keduanya. Padahal getaran bunyi yang membisingkan mempunyai frekwensi dan amplitudo sendiri-sendiri yang berbeda-beda satu sama lain. Dengan demikian maka guna menghindari/mengurangi beberapa macam bising kita harus membuat getaran bising/bunyi yang bermacam-macam pula.

Dilihat dari segi ini maka penggunaan secara teknis dari getaran bunyi untuk melawan getaran bunyi yang lain menjadi suatu masalah yang memerlukan penelitian, pengamatan dan penyelesaian yang mendalam, bila kita menghendaki bahwa ditahun-tahun mendatang telinga kita tidak ingin mendengarkan dunia kita ini selalu menggumam.

IV. Gelombang laut

Hadirin Yth.

Marilah kita meninggalkan masalah bising dengan segala tantangannya dan menuju ke masalah gelombang air, terutama gelombang laut.

A Timbulnya gelombang

Gelombang laut yang selalu kita dengar derunya setiap hari telah berjalan sepanjang masa tanpa ada seorangpun yang akan mampu menghentikannya. Setiap orang mungkin telah mengetahui bahwa gelombang air yang bergerak setiap hari tersebut merupakan suatu akibat dari sebab yang lain. Namun orang jarang yang menginsyafi bahwa dunia kita yang selalu berputar sepanjang masa ini merupakan sumber enersi atau tenaga yang secara langsung belum banyak digali dan merupakan penyebab tak langsung dari berderunya gelombang.

Bila kita meneliti lebih lanjut maka pergerakan air yang seakan-akan bergulung-gulung atau ombak ini disebabkan langsung oleh beberapa sebab diantaranya : oleh pasang surut, air, gempabumi, angin dll. Dari sekian sebab-sebab ini maka anginlah yang mendominasi penyebabnya dan yang besarnya lebih dari 90% dari seluruh sebab-sebab. Pergerakan angin ini ter-

jadi karena beberapa sebab, tetapi sebab yang utama datang pula dari adanya perputaran bumi ini sehingga panas yang diterima oleh bumi dibeban merata tempat tidak sama dan ketidak samaan temperatur inilah yang menyebabkan udara bergerak atau yang biasa disebut angin. Jelaslah sekarang bahwa gelombang samudra yang menderu sepanjang masa merupakan gelombang angin (wind generated waves). Cepat tidaknya angin, menghembus, lama tidaknya angin meniuip, dan panjang pendeknya fetch akan mempengaruhi besar kecilnya tinggi gelombang yang terjadi, atau :

$$H = f(F,U,T).$$

Diantara faktor-faktor yang menentukan sebagai tersebut diatas maka panjangnya fetch memegang peranan yang sangat terasa (Fetch adalah luas daerah angin yang menghembus diatas air sehingga timbul gelombang. Lebar fetch tidak begitu menentukan sehingga dalam pemakaian rumus tinggi gelombang hanya dinyatakan oleh jarak angin/panjangnya angin yang menghembus diatas air)

Thomas Stevenson orang pertama yang membuat rumus hubungan antara tinggi gelombang yang timbul dengan panjangnya fetch (1864)

$$H = 1,5 \sqrt{F} \quad \text{Untuk } F > 30 \text{ mil}$$

$$H = 1,5 \sqrt{F} + 2,5 - \sqrt[4]{F} \quad \text{Untuk } F < 30 \text{ mil}$$

Kemudian Garillard memberikan rumus baru yang memasukkan faktor Kecepatan angin, tetapi rumus tersebut masih didapatkan atas dasar-dasar perumusan dari Stenvenson.

$$H = 0,17 \sqrt{uF} \quad \text{untuk } F > 20 \text{ mil}$$

$$H = 0,17 \sqrt{uF} + 2,5 - \sqrt[4]{F} \quad \text{untuk } F < 20 \text{ mil}$$

Pada tahun 1947 Sverdrup dan Munk membuat rumus hubungan antara tinggi gelombang yang timbul dengan besarnya fetch serta kecepatan angin dan yang merupakan hasil penyelidikan yang didasarkan atas transfer tenaga angin kepada air. Sebagai hasil dari konperensi ke 6 mengenai Coastal Engineering pada tahun 1958, telah diterbitkan suatu grafik yang menyatakan hubungan antara kecepatan angin, fetch, tinggi gelombang dan periode gelombang yang mendekati dengan rumus :

$$H = 0,055 U \sqrt{F} \text{ dan}$$

$$T = 0,5 \sqrt{U} \cdot \sqrt[4]{F}, \text{ dimana } U = \text{kecepatan angin, } F = \text{fetch dalam}$$

mil laut, H = tinggi gelombang dan T = periode gelombang.

Perlu dicatat bahwa rumus-rumus diatas hanya berlaku bagi laut yang dalam (dikatakan dalam apabila dalamnya sama atau lebih besar dari pada panjang gelombang) Bagi tempat-tempat yang dangkal, faktor-faktor geseran air dengan dasar laut dan masalah pecahnya gelombang akan mempengaruhi pula.

Kita hendaknya bersyukur pula bahwa matematika telah begitu berkembang hingga setelah berakhirnya perang dunia ke II segala bentuk, penjabaran, penyelesaian dan persoalan yang menyangkut masalah gelombang yang begitu ruwet dapat diterangkan secara matematika dengan lebih gamblang.

B Bentuk gelombang

Hadirin yang saya hormati

Sebelum kita membicarakan beberapa masalah dan tantangan-tantangan yang kita hadapi, perlulah kiranya kita mengetahui bentuk dari gelombang yang terjadi akibat adanya transfer tenaga angin kepada air.

Dalam menggambarkan bentuk gelombang perlu dibedakan antara :

1. Gelombang pada perairan bebas yang dapat mengembangkan gelombang tanpa ada rintangan-rintangan dan
2. Gelombang yang mendapatkan rintangan dalam pengembangannya

Bentuk dari gelombang yang pertama dapat dijabarkan secara matematis menurut beberapa rumus, namun tidak semua rumus dalam matematika dapat dipakai sebagai penyelesaian selanjutnya. Dengan demikian maka hampir semua ahli telah menyepakati bahwa bentuk gelombang yang pertama sebagai suatu trochoida. Guna membayangkan dengan jelas bentuk ini dapat kita ambil suatu bentuk garis yang menghubungkan antara letak-letak sebuah pentil ban dari sebuah roda yang menggelinding. Letak-letak pentil ini akan berganti-ganti mulai diatas, ditengah, dibawah, ditengah, diatas dst. dst. Sehingga bila ditarik garis yang menghubungkan letak-letak pentil ini terjadilah bangun trochoid atau bentuk permukaan gelombang. Namun demikian tidaklah berarti bahwa tiap tiap partikel air juga bergerak seperti pergerakan pentil ban, melainkan bergerak melingkar/berputar yang bentuknya merupakan lingkaran atau ellips, tergantung pada dalam dan dangkalnya air. Pada air yang dalam pergerakan air merupakan lingkaran

yang jari-jarinya pada permukaan sebesar setengah tinggi gelombang. Makin kebawah makin kecil jari-jarinya dan didasar tidak terdapat pergerakan lagi. Pergerakan partikel-partikel air ditempat yang dangkal merupakan ellips dan yang makin kebawah ellips ini makin kecil dan makin pipih dasar bentuknya sudah merupakan garis lurus.

Bentuk gelombang yang mendapatkan rintangan sewaktu mengembang dapat berbeda-beda sesuai dengan macam rintangannya. Ditepi pantai dimana tanah dasarnya miring dan makin dangkal, bentuk permukaan gelombang makin tegak dan akhirnya pecah. Bentuk pecahnya gelombang dipantai pun ada 4 macam, yaitu spilling, plunging, collapsing dan surging. Bila gelombang menabrak dinding tegak pada air yang dalam terjadi suatu defleksi yang merubah bentuk gelombang menjadi tegak dan tidak pecah sehingga merupakan gelombang clapotis. Karena bentuk yang bermacam-macam ini, maka tinggi gelombang pun akan bermacam-macam pula.

C Gaya gelombang dan tenaga gelombang

Ibu-ibu dan Bapak-bapak yth.

Sampailah kita sekarang pada masalah tenaga yang timbul waktu gelombang bergerak dan gaya gelombang bila mendapatkan rintangan.

Banyak ahli yang telah mengadakan percobaan-percobaan, penelitian-penelitian dan yang akhirnya menentukan rumus bagi besarnya gaya gelombang bila menabrak dinding tegak atau dinding/bangunan yang miring seperti pemecah gelombang dll. Setiap ahli mencoba menetapkan rumus-rumusnya sendiri dan yang didasarkan atas pendapat yang berbeda-beda. Benedit misalnya, merumuskan besarnya gaya yang didasarkan atas adanya tenaga potensial karena letak ketinggian air dan tenaga kinetik sebagai akibat berputarnya partikel-partikel air.

Sainflou mendapatkan hasil risetnya berdasarkan atas teori dari Airy Boussinesq dan Stokes yang menyetujui adanya phenomena gelombang serta yang telah diamati pada permulaan abad ini.

Selain para ahli-ahli sebagai tersebut diatas, masih ada sederetan ahli-ahli seperti Minikin, D. Molitor, Bognold, Larras dan lain-lain yang tak mau ketinggalan dalam merumuskan besarnya gaya gelombang pada saat menabrak dinding. Walaupun demikian banyak pendapat dari para ahli

yang tidak dianut guna penyelesaian selanjutnya, tetapi hanya dari beberapa orang saja yang diambil dan yang dapat dianggap memenuhi. Di antaranya adalah hanya dari Sainflou, Molitor dan Minikinlah yang banyak digunakan.

Jumlah tenaga kinetik dari gelombang sebagai akibat Bergeraknya partikel air sepanjang puncaknya adalah sebanding dengan tinggi kwadrat dari gelombang dan sebanding lurus dengan panjang gelombang atau

$E = f \{L \cdot H^2\}$. Demikian pula halnya dengan tenaga potensialnya (Wi egel dan Johnson menyatakan besarnya tenaga tersebut dengan rumus :

$$E = 8LH^2 \left(1 - 4,935 C \frac{H^2}{L}\right), \text{ dimana koeisien } C \text{ tergantung pada da-}$$

lam tidaknya air serta juga tergantung pada perbandingan antara dalamnya air dengan panjang gelombang).

D. Penanggulangan dan pendaya gunaan gelomb ang.

Hadirin Yth.

Tibalah sekarang saatnya untuk menguraikan masalah-masalah penanggulangan dan pendaya gunaan gelombang yang setiap hari membuang tenaganya dengan bergulung-gulung tanpa berhenti.

Sebagaimana telah kita uraikan pada permulaan pidato saya, bahwa bangunan-bangunan di zaman lampau masih dibangun dan didasarkan atas pengalaman-pengalaman tanpa adanya perhitungan-perhitungan mekanis yang tepat. Dengan derai kian maka bangunan-bangunan masa lampau menjadi tidak ekonomis bila dikehendaki kuat, atau menjadi lemah karena kurang support-nya ilmu yang mendasari, terutama dalam mekanika tekniknya. Sebagai contoh kita ambil bangunan pemecah gelombang di Bilbao, Hawaii, Bizerta dan lain-lain yang hancur akibat gaya gelombang yang menghantamnya. Setelah timbul rumus-rumus Irribaren bagi besarnya batu-batu yang diperlukan dan yang kemudian ditrapkan pada pelabuhan-pelabuhan tersebut, ternyata tidak menampakkan adanya kehancuran lagi. Namun demikian orang tidak/belum puas dengan adanya rumus-rumus tersebut karena masih menghasilkan berat batu yang besar. Pada tahun

lima puluhan timbul bentuk-bentuk batu buatan baru yang disebut tetropod yang ternyata lebih ringan tetapi lebih dapat menahan serangan gelombang. Pada tahun-tahun berikutnya timbul bentuk-bentuk batu yang lain yang relatif lebih ringan lagi tetapi mempunyai kemampuan yang sama dengan tetropod. Bentuk-bentuk ini diantaranya adalah : Triban, Hexapod, quadripod, modified cube dan lain-lain.

Apakah penemuan bentuk-bentuk akan berlangsung terus tanpa suatu batas kemampuan ? Kita sebagai teknisi merasa ditantang untuk membuktikannya.

Semua yang saya singgung secepat ini baru saja berupa penanggulangan dan belum sampai pada pendaayagunaan. Sebagaimana saya tuliskan diatas, gelombang yang bergerak merupakan tenaga terpendam yang belum digunakan. Indonesia merupakan kumpulan dari pulau-pulau yang jumlah garis pantainya mencapai panjang beribu-ribu kilometer.

Disetiap pantai tentu kita jumpai gelombang yang tenaganya berjumlah beribu-ribu ton meter. Walaupun demikian guna memaafkannya tidaklah begitu mudah, melainkan harus menggunakan teknologi maju yang selalu menantang dihadapan kita. Tantangan ini terutama datang dan terletak pada masalah tidak periodiknya gerakan gelombang, teknik pen-transferan tenaga gelombang ketenaga sebagai yang kita kehendaki (dari bergulungnya menjadi perputaran roda, misalnya), tak selalu samanya tinggi gelombang, panjang gelombang, waktu gelombang dsb. dsb.

Di beberapa negara telah dicoba untuk mengubah gerakan gelombang menjadi penggerak dyuamo yang merupakan sumber listrik/tenaga baru. Bagaimana dengan negara kita yang merupakan negara pantai yang panjangnya ribuan kilometer ? Tantangan selalu menghantui kita dan semoga tantangan ini dapat kita hadapi dengan berhasil. Amien

V. Penutup.

Bapak² dan Ibu² semuanya.

Dalam setiap lingkungan hidup manusia atau yang dalam bahasa asingnya juga yang kita maksudkan sebagai Gemenschaft, satu dengan lain

nya mempunyai hubungan kait-mengait sedemikian hingga yang satu terpaksa, harus atau dengan sukarela memberikan jasa kepada lainnya atau sebaliknya, demi untuk kepentingan bersama.

Disamping itu tidaklah berlebih-lebihan kiranya bila kita sebagai pancasilais menyatakan bahwa segala kejadian sebagai akibat tersebut diatas masih perlu adanya penentu lain diluar kita, yaitu DIA.

Dengan demikian maka untuk itu semua sangatlah tidak wajar apabila dalam penutup dari pidato saya ini tidak saya akhiri dengan kata-kata syukur kepada Tuhan dan ucapan terima kasih kepada semua fihak yang telah mendorong, membantu dan lain-lainnya sehingga terjadi pengangkatan saya sebagai Guru Besar.

Sudah barang tentu terima kasih ini terutama saya tujukan kepada pimpinan Fakultas Teknik Undip beserta seluruh sevititas akademinya, yaitu yang telah dengan gigih mendorong dan memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melangkah lebih maju. Terima kasih juga pada pimpinan Universitas beserta senat Universitasnya, serta seluruh civitas akademika yang telah membantu dan yang akhirnya dapat menerima pengangkatan saya.

Saya ucapkan terima kasih pula pada Departemen P&K c.q. Pemerintah yang telah mempercayakan pada diri saya guna memangku jabatan Guru Besar pada fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.

Achirnya tidak lupa pula saya ucapkan terima kasih saya yang sebesar-besarnya kepada para guru, guru besar dan orang tua saya yang telah men didik saya.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa menyertai kita dalam menunaikan ke wajiban seterusnya Amien.

Tak lupa sekali lagi ucapan terima kasih saya atas perhatian hadirin semuanya.

Wassalam.

Riwayat s ngkat.



- Dilahirkan pada 15 Januari 1930 di Solo.
- Antara tahun 1945 sampai dengan 1950 sebagai Tentara Pelajar Be 17 yang kemudian pada clash ke II menjadi Bat. 55 Be 5.
- Lulus dari Fakultas Teknik bagian Sipil Universitas Gadjah Mada pada tahun pelajaran 1954/1955.
- Tahun 1955 s/d tahun 1957 menjabat sebagai pegawai tinggi pada Kementerian Perhubungan.
- Tahun 1958 s/d tahun 1961 menjabat Direktur Pelabuhan daerah VIII (Indonesia bag. Timur kecuali Bali Lombok).
- Tahun 1962 — 1966 sebagai Lektor tetap pada Fak. Teknik Undip.
- Tahun 1966 — s/d 1977 diangkat sebagai Lektor Kepala pada Fak. Teknik. Undip.
- April 1977 — sekarang sebagai Guru Besar tetap pada Fak. Teknik Undip.

SEMARANG