

JURNAL REKAYASA

TEKNIK SIPIL STTC

ANALISIS KINERJA SALURAN INDUK MANEUNGTEUNG KEPALA DAERAH IRIGASI CIKEUSIK KABUPATEN CIREBON <i>Suyatno¹, Sonie Apriyanto²</i>	6
EVALUASI KONSTRUKSI JALAN REL BAGIAN ATAS PETAK JALAN DARI STASIUN CIREBON SAMPAI DENGAN STASIUN CANGKRING <i>Dedi Sunendi¹, Dedi Hermawan²</i>	12
EVALUASI MANAJEMEN KONSTRUKSI TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN (STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG ADMINISTRASI DAN GEDUNG SERBAGUNA RSUD ARJAWINANGUN KABUPATEN CIREBON <i>Gusti Artha Gumilang¹, Asep Saefudin², Nandang Susanto³</i>	25
OPTIMALISASI KETERSEDIAAN AIR IRIGASI TERHADAP RENCANA POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI CIWARINGIN KABUPATEN CIREBON <i>Siti Nur Rohmah¹, Adam Safitri², Arif Hanif Hidayat³</i>	33
PERENCANAAN PEMASANGAN PIPA DISTRIBUSI HDPE Ø 300 MM CROSSING REL KERETA API DI JL. RA KARTINI KOTA CIREBON DENGAN METODE JACKING SYSTEM <i>Yuriska Nur Larasati¹, Lia Amaliah², Asep Kusmara³</i>	48
RENCANA PERBAIKAN RIGID PAVEMENT DI GERBANG TOL (GT) KANCI PT. JASA MARGA CABANG PALIMANAN-KANCI <i>Angga Aradea¹, Edi Rohadi², Dertawan Widagdo³</i>	62
KINERJA LALU LINTAS JL. SILIWANGI S/D JL. VETERAN AKIBAT PENGARUH REVITALISASI TAMAN KOTA KUNINGAN <i>Rizal Nurul Al'Fath¹, Adil Prayitno²</i>	75
ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR DI DISTRIK METER AREA (DMA) PERUM BUMI KEPONGPONGAN INDAH KABUPATEN CIREBON <i>Mahmud Yunus¹, Lia Amaliah², Elgri Yugawati Wisesa³</i>	81
ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR PASAR CILIMUS KABUPATEN KUNINGAN <i>Ineu Aisyah¹, Adil Prayitno²</i>	89
EVALUASI TRAYEK ANGKUTAN UMUM RUTE SADAMANTRA-KUNINGAN KOTA KABUPATEN KUNINGAN <i>Nila Juwita Rahmawati¹, Dedi Hermawan²</i>	97
EVALUASI KELAIKAN PEMASANGAN KARET BERPELINDUNG BAJA PADA BENDUNG KARET JAMBLANG KABUPATEN CIREBON <i>Adis Ramdhani¹, Sonie Apriyanto²</i>	104
ANALISIS DEBIT BENDUNG CISADAP UNTUK KEBUTUHAN AIR IRIGASI D.I BABAKAN KECAMATAN KETANGGUNGAN KABUPATEN BREBES <i>Wahyudi¹, Sonie Apriyanto²</i>	120
KEBUTUHAN PERALATAN MEKANIS DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH (TPAS) GUNUNG SANTRI DI KABUPATEN CIREBON <i>Imam Saofi¹, Nono Carsono², Dennis Bintang Nugroho³</i>	129



KATA PENGANTAR

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC adalah jurnal yang diperuntukan bagi mahasiswa dan dosen program studi teknik sipil dalam menyebarluaskan ilmu pengetahuan melalui penelitian dan pengabdian dengan ruang lingkup penelitian dan pengabdian mengenai ilmu teknik sipil diantaranya bidang keilmuan struktur bangunan, geoteknik, manajemen konstruksi, hidrologi, dan transportasi.

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC menyambut baik kontribusi yang mempromosikan pertukaran ide. dan wacana rasional antara pendidik, praktisi dan peneliti teknik sipil.

Hasil kajian dan penelitian dalam Jurnal ini didedikasikan untuk memajukan batas pengetahuan dan teknologi dengan mendorong penelitian lintas disiplin dan aplikasi inovatif dalam proyek-proyek rekayasa teknik sipil. Semoga hasil kajian dan penelitian pada **Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC** Volume 03 No. 01 April 2025 ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada keilmuan teknik sipil.

Hormat Saya,
Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM

TIM PENGELOLA

Penanggung Jawab

Ketua Program Studi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon, Indonesia

Sekretaris

Ir. Dertawan Widagdo, S.T., M.T., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Editor

Lia Amaliah, S.T., M.Si. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

H. Edi Rohadi, S.T., M.T. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Neti Nuryati, SPd., M.P.Mat. | Sekolah Tinggi Sains Islam Bina Cendekia Utama Cirebon

Ir. H. Sumarman, M.T. | Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

Managing Editor

Nono Carsono, ST, MT | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

IT Manager

R. Radian Baratasena, S.Kom., M.Kom | Sekolah Tinggi Ilmu Komputer POLTEK Cirebon

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

© Redaksi Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

Gd.Lt.1 Jl.Evakuasi No.11, Cirebon 45135

Telp. (0231) 482196 - 482616 Fax. (0231) 482196 E-mail jurnaltekniksipil@sttcirebon.ac.id

website : <http://ejournal.sttcirebon.ac.id/Jts>

MITRA BESTARI

Dr. Iwan Purnama, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Adam Safitri, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Eka Widiyananto, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Nurhidayah, S.T., M.Ars. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Ir. Atie Tri Juniati, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Pancasila Jakarta.

Dr. Ir., Martinus Agus Sugiyanto, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Dr. Jimat Susilo, S.Pd., M.Pd. | Prodi Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Abdul Khamid, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Muhadi Setiabudi Brebes.

Agung Biantoro, S.T., M.T. | Prodi Teknik Mesin | Universitas Mercu Buana Jakarta.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	2
TIM PENGELOLA	3
MITRA BESTARI	4
DAFTAR ISI.....	5
ANALISIS KINERJA SALURAN INDUK MANEUNGTEUNG KEPALA DAERAH IRIGASI CIKEUSIK KABUPATEN CIREBON <i>Suyatno¹, Sonie Apriyanto²</i>	6
EVALUASI KONSTRUKSI JALAN REL BAGIAN ATAS PETAK JALAN DARI STASIUN CIREBON SAMPAI DENGAN STASIUN CANGKRING <i>Dedi Sunendi¹, Dedi Hermawan²</i>	12
EVALUASI MANAJEMEN KONSTRUKSI TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN (STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG ADMINISTRASI DAN GEDUNG SERBAGUNA RSUD ARJAWINANGUN KABUPATEN CIREBON <i>Gusti Artha Gumilang¹, Asep Saefudin², Nandang Susanto³</i>	25
OPTIMALISASI KETERSEDIAAN AIR IRIGASI TERHADAP RENCANA POLA TANAM PADA DAERAH IRIGASI CIWARINGIN KABUPATEN CIREBON <i>Siti Nur Rohmah¹, Adam Safitri², Arif Hanif Hidayat³</i>	33
PERENCANAAN PEMASANGAN PIPA DISTRIBUSI HDPE Ø 300 MM CROSSING REL KERETA API DI JL. RA KARTINI KOTA CIREBON DENGAN METODE JACKING SYSTEM <i>Yuriska Nur Larasati¹, Lia Amaliah², Asep Kusmara³</i>	48
RENCANA PERBAIKAN RIGID PAVEMENT DI GERBANG TOL (GT) KANCI PT. JASA MARGA CABANG PALIMANAN-KANCI <i>Angga Aradea¹, Edi Rohadi², Dertawan Widagdo³</i>	62
KINERJA LALU LINTAS JL. SILIWANGI S/D JL. VETERAN AKIBAT PENGARUH REVITALISASI TAMAN KOTA KUNINGAN <i>Rizal Nurul Al'Fath¹, Adil Prayitno²</i>	75
ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR DI DISTRIK METER AREA (DMA) PERUM BUMI KEPONGPONGAN INDAH KABUPATEN CIREBON <i>Mahmud Yunus¹, Lia Amaliah², Elgri Yugawati Wisesa³</i>	81
ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR PASAR CILIMUS KABUPATEN KUNINGAN <i>Ineu Aisyah¹, Adil Prayitno²</i>	89
EVALUASI TRAYEK ANGKUTAN UMUM RUTE SADAMANTRA-KUNINGAN KOTA KABUPATEN KUNINGAN <i>Nila Juwita Rahmawati¹, Dedi Hermawan²</i>	97
EVALUASI KELAIKAN PEMASANGAN KARET BERPELINDUNG BAJA PADA BENDUNG KARET JAMBLANG KABUPATEN CIREBON <i>Adis Ramdhani¹, Sonie Apriyanto²</i>	104
ANALISIS DEBIT BENDUNG CISADAP UNTUK KEBUTUHAN AIR IRIGASI D.I BABAKAN KECAMATAN KETANGGUNGAN KABUPATEN BREBES <i>Wahyudi¹, Sonie Apriyanto²</i>	120
KEBUTUHAN PERALATAN MEKANIS DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH (TPAS) GUNUNG SANTRI DI KABUPATEN CIREBON <i>Imam Saofi¹, Nono Carsono², Dennis Bintang Nugroho³</i>	129

RENCANA PERBAIKAN *RIGID PAVEMENT* DI GERBANG TOL (GT) KANCI PT. JASA MARGA CABANG PALIMANAN-KANCI

Angga Aradea¹, Edi Rohadi², Dertawan Widagdo³

Program Studi Teknik Sipil – Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

aradea.angga@yahoo.com¹, eedirohadi@yahoo.com², binasaranautama.001@gmail.com³

ABSTRAK

Jalan memiliki peran penting sebagai penghubung antar daerah dan indikator mobilitas ekonomi suatu negara. Jalan tol hadir sebagai solusi untuk mengatasi kemacetan yang semakin meningkat, termasuk di Indonesia. Gerbang Tol Kanci PT. Jasa Marga Cabang Palimanan-Kanci merupakan salah satu titik penting dalam pelayanan transaksi tol yang saat ini mengalami kerusakan pada struktur perkerasannya. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi kondisi kerusakan existing struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*) di area gerbang Tol Kanci menggunakan metode analisa *Pavement Condition Index* (PCI) (2) Menganalisis kerusakan pada struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*). (3) Mengetahui jenis perbaikan serta tahapan dan cara penanganan kerusakan pada struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*). Hasil penelitian menunjukkan adanya berbagai jenis kerusakan struktur dan non-struktur seperti kerusakan rigid patah, retak memanjang, retak melintang dan non-struktur seperti tambalan (*patching*) dan retak *joint*. Berdasarkan penilaian kondisi jalan dengan menggunakan metoda PCI, tingkat kerusakan rata-rata masuk kedalam rentang **49,33%** dengan Kriteria (*Fair*). Dari hasil perhitungan tebal perkerasan berdasarkan nilai LHR (Lalu lintas Harian Rat-rata) pada saat ini, tebal perkerasan *Rigid Pavement* yang di dapat adalah **23 cm**. Sedangkan tebal *Rigid Pavement* Existing di Lokasi Gerbang Tol (GT) Kanci PT. Jasa Marga Cabang Palimanan-Kanci adalah **27 cm** dengan tulangan double Wire Mesh. Maka penyebab kerusakan bukan dari kurangnya tebal perkerasan *Rigid Pavement* itu sendiri melainkan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain karakteristik bahan penyusun perkerasan, perilaku terhadap perkerasan, iklim, tanah dasar, serta proses pada saat pengerjaan perkerasan. Metode perbaikan yang direkomendasikan mengacu pada pedoman Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (*rigid*) No. 10/T/BNKT/1991 dan Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol antara lain, jenis penanganan rekonstruksi untuk kerusakan struktur yang cukup parah, penanganan *grouting* semen untuk tingkat kerusakan yang sedang, penanganan *sealant asphaltic plug* untuk kerusakan yang cukup rendah.

Kata Kunci : Perkerasan Kaku, Kerusakan Jalan, Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

ABSTRACT

Roads have an important role as a link between regions and an indicator of a country's economic mobility. Toll roads are present as a solution to overcome increasing congestion, including in Indonesia. Kanci Toll Gate of PT Jasa Marga Palimanan-Kanci Branch is one of the important points in toll transaction services which is currently experiencing damage to its pavement structure. This research aims to: (1) Identify the existing damage condition of the rigid pavement structure in the Kanci Toll gate area using the *Pavement Condition Index* (PCI) analysis method (2) Analyze damage to the rigid pavement structure. (3) Knowing the type of repair and the stages and ways of handling damage to the rigid pavement structure. The results showed various types of structural and non-structural damage such as rigid fractures, longitudinal cracks, transverse cracks and non-structural damage such as patching and joint cracking. Based on the assessment of road conditions using the PCI method, the average level of damage falls into the range of 49.33% with Criteria (*Fair*). From the calculation of pavement thickness based on the current LHR (Average Daily Traffic) value, the Rigid Pavement thickness obtained is 23 cm. While the thickness of the Existing Rigid Pavement at the Kanci Toll Gate (GT) Location of PT Jasa Marga Palimanan-Kanci Branch is 27 cm with double Wire Mesh reinforcement. So the cause of damage is not from the lack of thickness of the Rigid Pavement itself but is caused by several factors including the characteristics of the materials that make up the pavement, the behavior of the pavement, the climate, the subgrade, and the process during the pavement work. The recommended repair method refers to the guidelines for Rigid Pavement Maintenance Procedures No. 10/T/BNKT/1991 and Minimum Service Standards for Toll Roads, among others, the type of reconstruction handling for severe structural damage, cement grouting handling for moderate damage, asphaltic plug sealant handling for fairly low damage.

Keywords: Rigid Pavement, Road Damage, Pavement Condition Index (PCI) Method

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu sarana penghubung antar daerah dan salah satu indikator yang mempengaruhi tingkat mobilitas perekonomian dalam satu Negara. Jalan tol adalah salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi kemacetan yang semakin meningkat di Indonesia. Proyek pembangunan jalan tol semakin ditingkatkan guna mengimbangi pergerakan masyarakat yang selalu mengalami perpindahan dari satu tempat ke tempat lain.

Dalam Penyelenggaraan Jalan Tol sendiri meliputi kegiatan Pengaturan Jalan Tol, Pembinaan Jalan Tol, Pengusahaan Jalan Tol, dan Pengawasan Jalan Tol. Dalam melaksanakan kewenangan sebagai Penyelenggara Jalan Tol, pemerintah menyerahkan sebagian wewenang penyelenggaraan jalan tol kepada Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) untuk mendorong investasi di bidang jalan tol, sehingga pengembangan jaringan jalan tol dapat lebih cepat terwujud.

Kerusakan jalan tol yang terjadi di berbagai daerah saat ini merupakan permasalahan yang kompleks dan kerugian yang diderita sungguh besar terutama bagi pengguna jalan tol, salah satu perusahaan yang dipercaya oleh pemerintah untuk mengelola jalan tol adalah PT. Jasa Marga (Persero) Tbk. Yang semula otorisator pengembang dan operator, berubah menjadi pengembang serta operator dari jalan tol. PT. Jasa Marga telah terbukti dan berpengalaman dalam membangun dan mengoperasikan jalan tol di Indonesia selama empat puluh dua tahun.

Kerusakan jalan tol yang terjadi di berbagai daerah saat ini merupakan permasalahan yang kompleks dan kerugian yang diderita sungguh besar terutama bagi pengguna jalan tol, salah satu perusahaan yang dipercaya oleh pemerintah untuk mengelola jalan tol adalah PT. Jasa Marga (Persero) Tbk. Yang semula otorisator pengembang dan operator, berubah menjadi pengembang serta operator dari jalan tol. PT. Jasa Marga telah terbukti dan berpengalaman dalam membangun dan mengoperasikan jalan tol di Indonesia selama empat puluh dua tahun.

Kerusakan jalan yang terjadi khususnya pada jalan tol disebabkan oleh beberapa faktor antara lain karakteristik bahan penyusun jalan itu sendiri, usia jalan, perilaku terhadap jalan, iklim, tanah dasar, serta proses pengerjaan jalan. Dalam rangka meningkatkan mutu pelayanan yang sesuai dengan standar operasional terhadap pengguna Jalan Tol Palimanan - Kanci, PT Jasa Marga (Persero) Tbk memberikan kewenangan terhadap anak perusahaannya yang bernama PT. Jasa Marga Toll Road Maintenance untuk melakukan beberapa pemeliharaan pada Ruas Jalan Tol Palimanan - Kanci, khususnya Pemeliharaan Periodik.

Gerbang Tol Kanci PT. Jasa Marga Cabang Palimanan-Kanci adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pengguna jalan tol yang terdiri dari 6 gardu (Entrance & Exit) dan sarana perlengkapan lainnya yang merupakan bagian penting dalam sebuah sarana transportasi pada Ruas Jalan Tol Palimanan - Kanci, dengan beban lalu lintas yang cukup tinggi dan kemungkinan terjadinya beban berlebih (Overload) maka di perlukan perencanaan yang baik dalam menentukan struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*) di area Gerbang Tol Kanci agar dapat menerima beban lalu lintas secara maksimal.

Seiring berjalannya waktu, kondisi struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*) di area Gerbang Tol Kanci mulai mengalami kerusakan, terdapat munculnya beberapa retakan baik yang masih kecil maupun sudah parah, seperti kerusakan struktur di antaranya slab terbagi oleh retak (*divided slab*), retak memanjang dan melintang ada juga yang mengalami deformasi. Kerusakan tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor, diantaranya kekuatan (mutu) dan tebal beton kurang, material bahan yang kurang baik, beban kendaraan yang berlebihan (Overload), air hujan yang tidak mengalir pada drainase dengan baik mengakibatkan lapisan tanah dasar menjadi jenuh, kehilangan daya dukung tanah dasar, dan kondisi tanah yang labil atau mudah berubah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan penelitian untuk mengetahui factor apa yang mempengaruhi kerusakan struktur perkerasan kaku (*rigid pavement*) di area Gerbang Tol Kanci PT. Jasa Marga Cabang Palimanan-Kanci, dan metode perbaikan apa yang sekiranya efektif, efisien dan menghasilkan umur yang sesuai rencana serta diharapkan mampu mengatasi adanya kelemahan-kelemahan perkerasan *rigid pavement*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

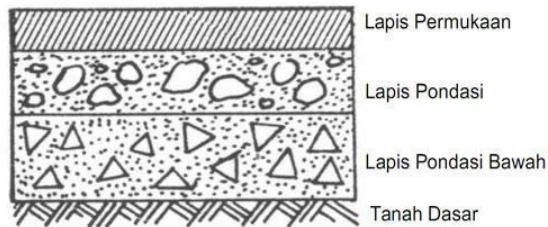
Perkerasan jalan adalah merupakan lapisan perkerasan yang berada diantara lapisan tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan yang fungsinya menahan beban lalu-lintas kemudian menyebarkan beban baik kearah vertikal maupun kearah horizontal. Dan akhirnya meneruskan beban ke tanah dasar (*Subgrade*) sehingga beban tanah dasar tidak melampaui beban daya dukung tanah yang diijinkan. Lapis perkerasan suatu jalan terdiri dari satu atau beberapa lapis material batuan dan bahan ikat, bahan batuan dapat terdiri dari fraksi bahan batuan yang direncanakan sehingga memenuhi ketentuan yang ditetapkan.

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat berupa aspal, yang bersifat lentur terutama pada saat panas. Perkerasan ini menggunakan aspal dan agregat yang ditebar di jalan pada suhu tinggi (sekitar 100°C) sebagai bahan pengikatnya.

Perkerasan lentur menyebabkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang dipadatkan melalui beberapa lapisan diantaranya:

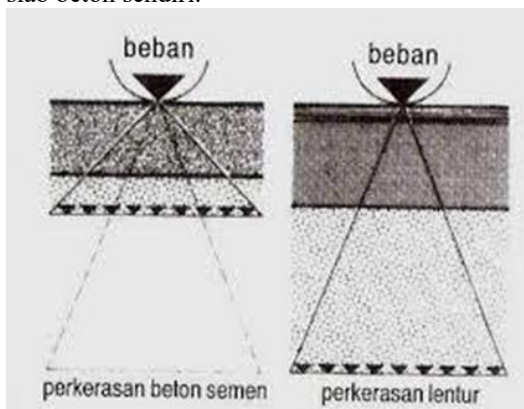
- Lapisan tanah dasar (*subgrade*)
- Lapisan Pondasi bawah (*sub base course*)
- Lapis Pondasi (*base course*)
- Lapis Permukaan (*surface course*)



Gambar 1. Struktur perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal, yang bersifat kaku. Perkerasan kaku berupa plat beton dengan atau tanpa tulangan diatas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas diteruskan keatas plat beton. Dimana bahan pengikatnya yang mempunyai nilai kekakuan (nilai modulus elastisitas) yang cukup besar dan akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri.



Gambar 2. Penyebaran beban

Sumber: Anas Aly *Perkerasan Beton Semen* 2004

2.2 Kerusakan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Dalam melakukan pemeliharaan dan perbaikan perkerasan kaku sangat penting diketahui penyebab kerusakannya. Jalan beton atau yang sering disebut rigid pavement dapat mengalami kerusakan pada slab, lapis pondasi dan tanah dasarnya. (Silvia Sukirman,1999)

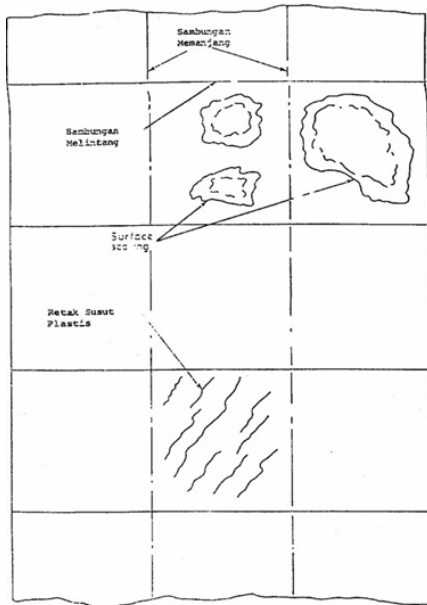
Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh :

- Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban dan repetisi beban.
- Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik, naiknya air akibat sifat kapilaritas.
- Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini dapat disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh system pengolahan bahan yang tidak baik.
- Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang dapat merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
- Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya yang memang jelek.
- Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

2.3 Jenis – jenis kerusakan pada perkerasan kaku (*rigid pavement*) menurut Bina Marga

Menurut Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid) No. 10/T/BNKT/1991 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, jenis-jenis kerusakan pada perkerasan beton terdiri dari :

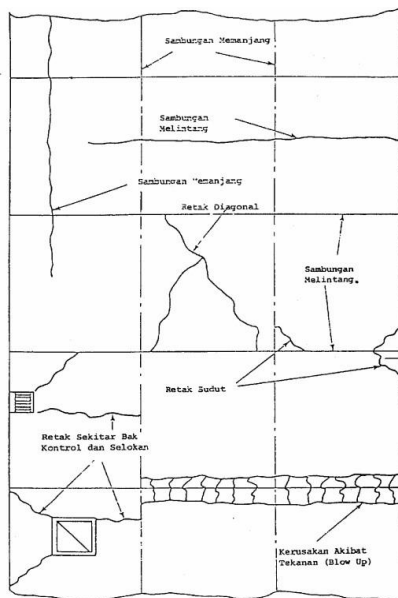
- Kerusakan disebabkan oleh karakteristik permukaan
 - Retak setempat, yaitu retak yang tidak mencapai bagian bawah dari slab.
 - Patahan (*faulting*), adalah kerusakan yang disebabkan oleh tidak teraturnya susunan di sekitar atau di sepanjang lapisan bawah tanah dan patahan pada sambungan slab, atau retak-retak.
 - Deformasi, yaitu ketidakrataan pada arah memanjang jalan.
 - Abrasi, adalah kerusakan permukaan perkerasan beton yang dapat dibagi menjadi:
 - Pelepasan Butir, yaitu keadaan dimana agregat lapis permukaan jalan terlepas dari campuran beton sehingga permukaan jalan menjadi kasar.
 - Pelician (polishing), yaitu keadaan dimana campuran beton dan agregat pada permukaan menjadi amat licin disebabkan oleh gesekan-gesekan.
 - Aus, yaitu terkikisnya permukaan jalan disebabkan oleh gesekan roda kendaraan.



Gambar 3. Retak permukaan pada perkerasan kaku (*rigid pavement*)

2. Kerusakan Struktur

- Retak – retak, yaitu retak – retak yang mencapai slab.
- Melengkung (*buckling*), yang terbagi menjadi :
 - Jembul (*blow up*), yaitu keadaan dimana slab menjadi tertekuk dan melengkung disebabkan tegangan dari dalam beton.
 - Hancur, yaitu keadaan dimana slab beton mengalami kehancuran akibat dari tegangan tekan dalam beton. Pada umumnya kehancuran ini cenderung terjadi di sekitar sambungan.



Gambar 4. Retak struktur pada perkerasan kaku (*rigid pavement*)

2.4 Cara Pereliharaan dan perbaikan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Jalan beton semen atau perkerasan kaku terdiri dari slab dan lapis pondasi beton. Apabila perkerasan kaku dipelihara dengan baik dan tetap dalam kondisi yang baik, maka jalan beton semen tersebut akan mempunyai umur lebih lama dari pada jalan aspal. Tetapi sekali jalan beton ini mulai rusak, maka kerusakan itu berlangsung sangat cepat. Oleh karena itu sangat penting untuk melakukan pemeliharaan yang bersifat pencegahan seperti menutup sambungan atau retakretak dan memperbaiki kerusakan- kerusakan, yang timbul, dan menemukan penyebab-penyebabnya dengan melakukan pemeriksaan (*inspeksi*) secara rutin. Berikut Klasifikasi Kerusakan Rigid dan cara perbaikannya:

Klasifikasi	Metoda Perawatan dan Perbaikan
Retak tidak mencapai dasar lapisan.	Penyumbatan dengan parafin, karet sintesis, resin sintesis, aspal emulsi dan sebagainya
Retak progresive berkembang sampai sadar lapisan.	Pengisian, Injeksi, Rekonstruksi parsial, pelapisan ulang, penambalan.
Ketidakteraturan dan patahan dari slab.	Injeksi, penambalan, overlay, rekonstruksi.
Kekasaran memanjang	Injeksi, Penambalan, overlay, rekonstruksi
Raveling (pelepasan butir)	Penambalan, perawatan permukaan, pelapisan dengan synthetic resin. Pelapisan ulang
Scaling (Exfoliation)	Penambalan, perbaikan permukaan, overlay.
Kerusakan material Joint Sealing.	Pemotongan dan injeksi dengan material sealing kembali.
Kerusakan pada sambungan pinggir.	Penambalan dengan adukan semen, adukan plastis atau beton, pengisian dengan campuran aspal.
Blow up	Rekonstruksi
Crushing	Penambalan, rekonstruksi
Slab yang jembul	Penambalan, rekonstruksi (termasuk perbaikan lapisan tanah dasar, lapisan pondasi).
Lobang	Tambal dengan mortar semen, mortar plastik atau beton. Isi dengan campuran aspal.

Gambar 5. Klasifikasi dan dan perbaikan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Sumber: Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (*Reigid Pavement*) NO. 10/T/BNKT/ 1991.

2.5 Penilaian Kondisi Jalan

Direktorat Penyelidikan Masalah Tanah dan Jalan (1979), sekarang Puslitbang jalan, telah mengembangkan metode penilaian kondisi permukaan jalan yang diperkenalkan didasarkan pada jenis dan besarnya kerusakan serta kenyamanan berlalu lintas. Jenis kerusakan yang ditinjau adalah retak, lepas, lubang, alur, gelombang, amblas dan belah. Besarnya kerusakan merupakan prosentase luar permukaan jalan yang rusak terhadap luas keseluruhan jalan yang ditinjau.

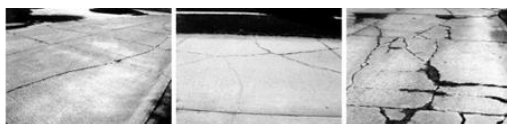
2.6 Pavement Condition Index (PCI)

Penelitian kondisi kerusakan perkerasan ini dikembangkan oleh U.S. Army Corp of Engineer (Shahin, 1994), dinyatakan dalam indeks kondisi perkerasan (*Pavement Condition Index*, PCI). Penggunaan PCI (*Pavement Condition Index*) untuk perkerasan jalan telah dipakai secara luas di Amerika. Metode survey dari PCI (*Pavement Condition Index*) mengacu pada ASTM D6433 (*Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Surveys*).

Pavement Condition Index (PCI) adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat dan luas kerusakan yang terjadi dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Nilai PCI ini memiliki rentang 0 sampai 100 dengan kriteria sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*) dan gagal (*failed*). (Suswandi, 2008).

a. Tingkat kerusakan (*severity level*)

- Slab terbagi oleh retak (*devided slab*)
Slab dibagi oleh retak menjadi empat atau lebih potongan karena overloading, atau dukungan tidak memadai, atau keduanya. Jika semua potongan atau retak yang terkandung dalam sudut istirahat, tekanan yang dikategorikan sebagai sudut istirahat parah.



Low Medium High

Gambar 6. Tingkat kerusakan

b. Kadar kerusakan (*density*)

Density atau kadar kerusakan adalah persentase luasan dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan suatu unit segmen yang diukur dalam meter persegi atau meter panjang. Nilai density suatu jenis kerusakan dibedakan juga berdasarkan tingkat kerusakannya.

Rumus mencari nilai density :

$$\text{Density} = \frac{Ad}{As} \times 100\%$$

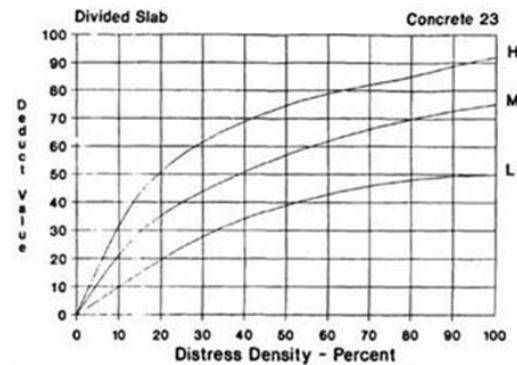
Keterangan :

Ad : Total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan

As : Jumlah slab dalam unit sampel

c. Nilai Pengurangan (*deduct value*)

Deduct value adalah nilai pengurangan untuk tiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dan *deduct value*. *Deduct value* juga dibedakan atas tingkat kerusakan untuk tiap-tiap jenis kerusakan.



Grafik 1. Grafik hubungan *density* dan *deduct value* untuk jenis kerusakan *divided slab*

d. Total deduct value (TDV)

Total deduct value adalah nilai total dari individual deduct value untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit penelitian

e. Nilai allowable maximum deduct value (m)

Sebelum ditentukan nilai TDV dan CDV nilai deduct value perlu dicek apakah nilai deduct value individual dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya atau tidak dengan melakukan perhitungan nilai allowable maximum deduct value (m), setelah didapat nilai m kemudian setiap deduct value dikurangkan terhadap m, jika terdapat nilai (DV-m) < m maka semua data dapat digunakan dengan rumus :

$$m = 1 + 9/98 (100 - HDV_i)$$

Keterangan :

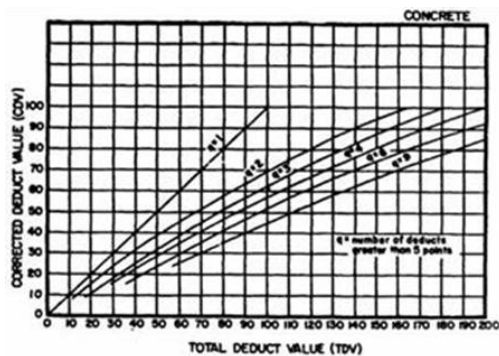
m : Nilai koreksi

HDV_i : Untuk deduct value nilai terbesar deduct value dalam satu sampel unit.

f. Corrected deduct value (CDV)

Corrected deduct value (CDV) diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dengan nilai CDV dengan pemilihan lengkung kurva sesuai dengan jumlah nilai *individual deduct value* yang mempunyai nilai lebih besar dari 2 (dua) yang disebut juga dengan nilai (q).

Menurut (Shahin, 1994) sebelum ditentukan nilai CDV harus ditentukan terlebih dahulu nilai CDV maksimum yang telah terkoreksi dapat diperoleh dari hasil pendekatan *deduct value* dari yang terkecil nilainya dijadikan = 2 sehingga nilai q akan berkurang sampai diperoleh nilai q = 1 setelah itu nilai *deduct value* ditotalkan (TDV) kemudian hubungkan TDV dengan nilai q.



Grafik 2. Grafik hubungan CDV dan TDV untuk perkerasan kaku

Jika nilai CDV telah diketahui, maka nilai PCI untuk tiap unit dapat diketahui dengan rumus :

$$PCI(s) = 100 - CDV$$

dengan :

PCI (s) : nilai PCI untuk tiap unit

CDV : nilai CDV untuk tiap unit

Untuk nilai PCI secara keseluruhan :

$$PCI = \frac{\sum PCI(s)}{N}$$

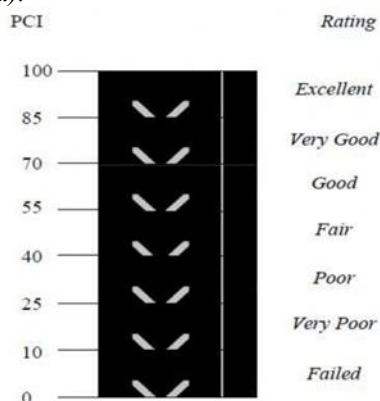
Dengan :

PCI : Nilai PCI perkerasan keseluruhan

PCI (s) : Nilai PCI untuk tiap unit

N : Jumlah unit.

Dari nilai PCI untuk masing-masing unit penelitian dapat diketahui kualitas lapis perkerasan unit segmen berdasarkan kondisi tertentu yaitu sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*), dan gagal (*failed*).



Gambar 7. Rating kondisi jalan berdasarkan metode PC

2.7 Gelombang

Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), dan lain sebagainya. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gayagaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Pasang surut juga merupakan faktor penting karena bisa menimbulkan arus yang cukup kuat terutama di daerah yang sempit, misalnya di teluk, estuari, dan muara sungai. Selain itu elevasi muka air pasang dan air surut juga penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai.

a. Teori Gelombang Amplitudo

Kecil Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Teori yang paling sederhana adalah teori gelombang amplitudo kecil yang diperkenalkan oleh Airy pada tahun 1985 sehingga gelombang ini sering disebut gelombang Airy.

b. Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin di masa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut karena terjadinya gelombang laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin. Pada daerah tiupan angin, terjadi peristiwa transfer energi angin ke air. Permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil diatas permukaan air, sebagai akibat dari ketegangan yang ditimbulkan oleh kecepatan angin pada permukaan laut. Dengan bertambahnya kecepatan angin, riak akan menjadi besar dan pada akhirnya terbentuk gelombang. Semakin lama angin berhembus, maka gelombang yang terbentuk akan semakin besar. Hindcasting gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan periode (T) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu.

c. Perhitungan Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Dalam analisis peramalan gelombang, pekerjaan awal yang harus dilakukan adalah mengetahui berapa panjang fetch dari setiap arah angin yang mungkin membangkitkan gelombang.

d. Estimasi Angin Permukaan

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai Wind Stress Factor (UA), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang.

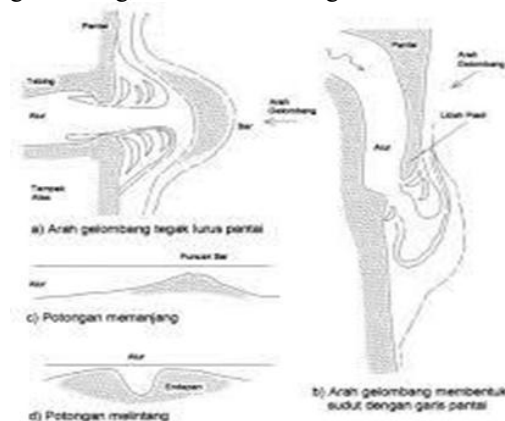
- e. Pembentukan Gelombang Laut Dalam
Pada kondisi fetch terbatas, angin bertiup secara konstan cukup lama untuk tinggi gelombang mencapai keseimbangan pada akhir fetch. Durasi terbatas, kondisi gelombang dibatasi lamanya angin bertiup.
- f. Deformasi Gelombang Dalam
Perambatan gelombang dari perairan dalam ke perairan dangkal, gelombang akan mengalami suatu perubahan tinggi, arah, kecepatan dan panjang gelombang yang disebabkan oleh proses pendangkalan dan refraksi gelombang. Refraksi dan pengaruh pendangkalan, difraksi, refleksi gelombang, dan gelombang pecah akan menentukan tinggi gelombang dan pola (bentuk) garis puncak gelombang di suatu tempat di daerah pantai.

2.8 Sedimentasi Dan Erosi

Muara sungai dapat dibedakan dalam tiga kelompok yang tergantung pada faktor dominan yang mempengaruhinya. Di suatu muara, ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan, tetapi biasanya salah satunya mempunyai pengaruh lebih dominan dari yang lainnya. Sedimentasi adalah proses pengendapan yang tidak diharapkan yang terjadi di luar garis pantai (muara sungai).

a. Didominasi Gelombang Laut

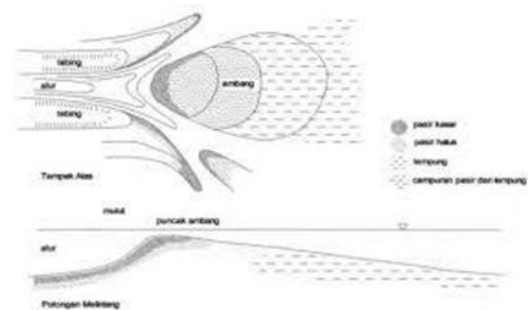
Tipe muara ini ditandai dengan angkutan sedimen menyusur pantai setiap tahun cukup besar. Pada tipe ini biasanya muara tertutup oleh lidah pasir dengan pola sedimentasi. Gelombang besar pada pantai berpasir dapat menyebabkan/menimbulkan angkutan (transpor) sedimen (pasir), baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar/sepanjang pantai. Dari kedua jenis transpor tersebut, transpor sedimen sepanjang pantai adalah yang paling dominan. Angkutan sedimen tersebut dapat bergerak masuk ke muara sungai dan karena di daerah tersebut kondisi gelombang sudah tenang, maka sedimen akan mengendap. Semakin besar gelombang, semakin besar angkutan sedimen.



Gambar 8. Muara didominasi gelombang laut (Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011)

b. Didominasi Aliran Sungai

Tipe muara ini ditandai dengan debit sungai yang menyusur setiap tahun cukup besar sehingga debit tersebut merupakan parameter utama pembentukan muara sungai di laut dengan gelombang relatif kecil. Sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar.



Gambar 9. Muara didominasi aliran sungai (Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011)

c. Didominasi Pasang Surut

Tipe muara ini ditandai dengan fluktuasi pasang surut yang cukup besar. Apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian, kecepatan arus selama air surut cukup besar, yang cukup potensial untuk membentuk muara sungai.

2.9 Angkutan Sedimen Pantai

Transport sedimen pantai adalah gerak sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus. Transpor sedimen pantai mengakibatkan perubahan garis pantai baik terjadinya akresi maupun erosi. Transpor sedimen pantai dapat berupa transpor sedimen sejajar pantai dan transpor sedimen tegak lurus pantai. Transpor sedimen sejajar pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai, sedangkan transpor sedimen tegak lurus pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus pantai.

a. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Angkutan sedimen sejajar pantai (Long shore transport) disebabkan oleh bergolaknya sedimen saat gelombang pecah, lalu bergerak terbawa arus dan komponen gelombang sejajar pantai. Pada suatu titik di pantai, ada sedimen yang datang dan ada sedimen yang pergi (terangkut). Ketika sedimen yang terangkut lebih besar daripada sedimen yang datang, maka akan terjadi erosi pantai. Rumus yang digunakan adalah: $S = 0,014.Ho^2.Co.K2RBR.\sin \alpha.br.\cos abr (1).$

b. Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Pengangkutan sedimen dibagi atas dua bagian yaitu angkutan sedimen yang menuju arah laut dalam (*offshore*) seperti yang terjadi pada saat badai, dan menuju ke arah pantai (*onshore*) seperti yang terjadi pada saat gelombang. Angkutan sedimen menuju ke arah laut dalam terjadi dengan cepat dan sedimen akan terbentuk bar yang akan berfungsi untuk meredam gelombang. Sedimen akan hilang bila pantainya curam sehingga tidak mungkin terjadinya bar. Rumus yang digunakan adalah :

$$\psi_{shields} = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)g.d} = \frac{U_0^2}{S.g.d} \quad (2)$$

2.10 Tinjauan Teknis Perlindungan Pantai

Tujuan utama dari pengamanan dan perlindungan pantai ini adalah untuk mengamankan dan melindungi :

- Masyarakat yang tinggal di sepanjang pantai dari ancaman gelombang maupun banjir.
 - Fasilitas umum yang berada di sepanjang pantai.
 - Daerah pantai terhadap ancaman erosi pantai.
 - Terhadap pencemaran lingkungan perairan pantai yang dapat merusak biota pantai.
- a. Pengamanan Dengan Struktur Lunak Alam
- Umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai alami yang efektif. Contoh pengamanan dengan struktur lunak antara lain pengisian ulang pasir (*sand nourishment*), pendaaur-ulangan pantai (*sand by passing*), dan drainase pantai (*beach drains*).
- b. Pengamanan Dengan Struktur Keras
- Pengamanan

Pantai dengan struktur keras terdiri dari pengamanan sejajar pantai dan tegak lurus pantai. Pengamanan sejajar pantai contohnya pemecah gelombang, tembok laut, dan revetmen merupakan pengamanan pantai yang lazim dilihat di Indonesia. Bangunan ini terdiri dari struktur yang langsung menempel sepanjang garis pantai, atau dekat dan sejajar pada pantai untuk proteksi pantai dari serangan gelombang. Sedangkan pengamanan tegak lurus pantai contohnya groin dan jetti.

2.11 Bangunan Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada satu atau kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mencegah terjadinya luapan air sungai oleh endapan sedimen pantai. Selama proses pengendapan tersebut biasanya disertai dengan membeloknya muara sungai dalam arah yang sama dengan arah transpor sedimen sepanjang pantai.

Penanggulangan penutupan muara dibedakan atas penanggulangan untuk lalu lintas kapal (jeti panjang) dan penanggulangan penutupan mulut muara yang menyebabkan banjir (jeti pendek).

a. Jenis Bangunan

- Fix/Rigid Structure

Jenis konstruksi yang tidak bergerak yang mempunyai struktur masif, mempunyai kelebihan kemudahan dan kecepatan dalam pemasangannya, harga konstruksi lebih murah dan biaya pemeliharannya lebih rendah. Sedangkan kekurangannya terletak pada prosedur perencanaan yang lebih rumit, apabila terjadi bencana kerusakan yang terjadi tiba-tiba dan total, sulit untuk usaha perbaikannya. (Jatmoko, 2003).

- Flexible Structure

Jenis konstruksi yang bisa bergerak mempunyai keuntungan dan kemudahan dalam perencanaan, strukturnya relatif sederhana, faktor stabilitas tinggi, karena bisa mengabsorpsi sebagian besar energi gelombang yang menghantam permukaan bangunan, dan bangunan masih tetap berfungsi meskipun terjadi kerusakan yang berat, serta mudah untuk memperbaikinya. Sedangkan kekurangannya terletak pada ketersediaan material (bahan batuan) dalam jumlah volume yang besar untuk diameter dan kualitas yang diisyaratkan (biasanya membutuhkan diameter batuan besar dalam jumlah yang besar). (Jatmoko, 2003).

b. Detail Konstruksi

Bagian konstruksi pada bangunan pengarah dan penahan gelombang di outlet muara sungai, secara garis besar bisa dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu bagian konstruksi pokok dan bagian konstruksi pelindung.

- Perhitungan Berat Butir Batu Pelindung

Bagian kepala bangunan memerlukan berat butir batu pelindung yang lebih besar daripada bagian lengan bangunan. Hal ini mengingat bahwa kepala bangunan dapat menerima serangan gelombang dari berbagai arah. Nilai KD untuk bagian kepala bangunan lebih kecil daripada nilai KD di lengan bangunan. Berat butir batu pelindung dihitung dengan rumus Hudson dan Jackson 1962 (SPM, 1984) berikut:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (3)$$

- Perhitungan Tebal Lapis Pelindung

Dalam perencanaan jetty dibuat dalam 3 layer, yaitu lapis pelindung, lapis lindung kedua, dan lapis inti, dengan rumus tebal lapis pelindung berikut:

$$t = n.k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Perhitungan Jumlah Butir Batu

$$N = A.n.k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

Perhitungan Diameter Batu

$$D_{50} = k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

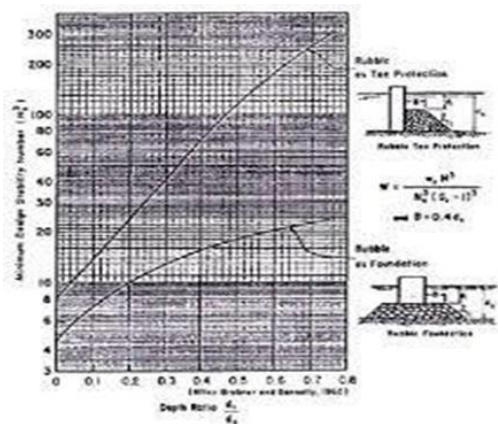
Perhitungan Lebar Bangunan Jetty

$$B = n.k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

- Berat Butir Batu Pondasi dan Pelindung Kaki Bangunan (*Toe Protection*)

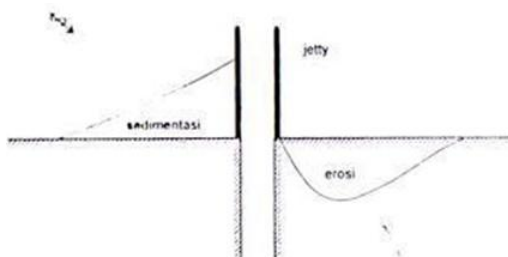
Tumpukan batu juga digunakan sebagai pondasi dan pelindung kaki bangunan pantai. Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan diberikan oleh persamaan berikut :

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (8)$$



Gambar 10. Stability Number untuk pondasi dan pelindung kaki (Triatmodjo, 1999)

- c. Dampak Pembuatan Jetty

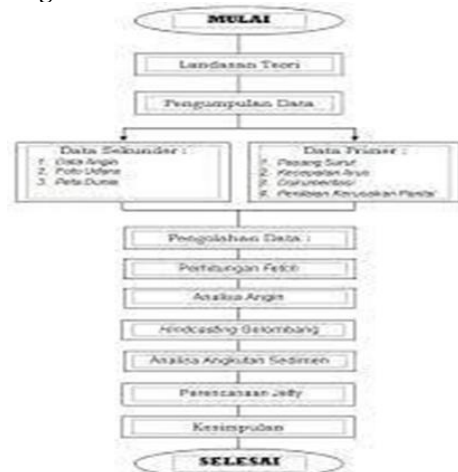


Gambar 11. Pengaruh jetty terhadap pantai sekitarnya (Triatmodjo, 1999)

Di pantai berpasir, pembuatan jetty yang mencorok cukup jauh ke laut dapat menyebabkan terhalangnya transpor sedimen sepanjang pantai. Akibatnya, sedimen yang bergerak dari sebelah kiri akan terhalang oleh jetty, sehingga pengendapan terjadi di daerah tersebut. Daerah di sebelah kanannya, gelombang yang datang membentuk sudut terhadap garis pantai menyebabkan terjadi arus sepanjang pantai. Arus tersebut dapat mengangkut sedimen. Tetapi di daerah ini tidak mendapatkan suplai sedimen, karena sedimen yang bergerak dari sebelah kiri terhalang oleh bangunan. Akibatnya pantai di sebelah kanan jetty akan mengalami erosi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 12. Bagan Alir Penelitian

3.2 Survey Pengumpulan Data

- a. Data Primer

Survey yang dilakukan adalah dengan pengamatan visual dan wawancara dengan masyarakat yang tinggal di sekitar muara sungai Ranoyapo Amurang.

- b. Data Sekunder

Pengumpulan data/survey data sekunder pada prinsipnya dilaksanakan dengan cara mengunjungi lembaga-lembaga atau instansi-institusi tertentu sebagai sumber data untuk dimintai keterangan dan bahkan data-data yang berhubungan dengan studi ini, ataupun dengan menggunakan *software-software* penunjang. Data- data yang dimaksud meliputi:

- Data kecepatan angin 11 tahun terakhir (2001-2011) dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kayuwatu Manado.
- Foto udara dari software Google Earth 2010.
- Peta dunia dari software Microsoft Encarta 2009.

3.3 Analisa Data Sekunder

a. Data Angin

Untuk peramalan gelombang diperlukan data angin. Data yang dipakai minimal data harian dalam 10 tahun, dan dalam penulisan ini diambil data angin 11 tahun terakhir. Data angin tersebut diambil dari BMKG Kayuwatu.

Yang diperlukan dari data angin yaitu kecepatan, arah dan durasi. Kecepatan angin dinyatakan dalam satuan knot, dimana 1 knot = 1 mil laut/jam, 1 mil laut = 6080 kaki (feet) = 1853.18 m dan 1 knot = 0.515 meter/detik. Arah angin dinyatakan dalam 8 penjuru arah angin (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat daya, Barat, Barat laut).

b. Peta Dunia

Dalam peramalan gelombang, perlu diketahui panjang fetch efektif dari tiap arah utama. Untuk melakukan pengukuran fetch, digunakan software Microsoft Encarta yang memiliki fasilitas peta dunia dan pengukur jarak. Untuk memudahkan penggambaran dilakukan menggunakan software AutoCad.

c. Foto Udara

Foto udara dari software *Google Earth* diperlukan untuk mengetahui posisi garis pantai terukur (*measured shoreline*).

3.4 Analisa Data Primer

a. Dokumentasi Lokasi Penelitian



Gambar 13. Muara sungai pada saat air pasang



Gambar 14. Muara sungai pada saat air surut

b. Penilaian Kerusakan dan Perencanaan Teknis Pantai Pengaman Pantai

Berdasarkan survey yang dilakukan, dapat diketahui bahwa permasalahan yang terjadi di sekitar muara sungai Ranoyapo adalah sering mengalami pengendapan pasir. Karena lokasi penelitian termasuk pantai berpasir, penutupan muara mengakibatkan terjadinya lidah pasir (*sand spit*) di muara.

c. Data Pengukuran Arus

Pengukuran arus dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran arus laut di lokasi, seperti kecepatan dominan dan arah arusnya.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

a. Perhitungan Fetch



Gambar 15. Perhitungan Fetch

b. Arah Utara

- Panjang garis fetch untuk sudut -200 adalah 13,6 km dan penggambaran fetch bisa dilihat pada Gambar 15. Untuk sudut -200 sampai 200 dapat dilihat pada tabel diatas.
- Nilai dari $\cos 200$ adalah 0.940, maka : $F \cos (a) = 13,6 \times 0,940 = 12,784$

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{12,780 + 12,016 + 10,760 + \dots + 9,491}{0,940 + 0,961 + 0,978 + \dots + 0,940} = 10,980 \text{ km}$$

c. Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum harian dalam selang waktu 11 tahun terakhir, yakni dari tahun 2001-2011. Setelah itu hasil yang diperoleh ditabulasi dalam bentuk prosentase dan digambarkan dalam bentuk histogram dan mawar angin (*windrose*).

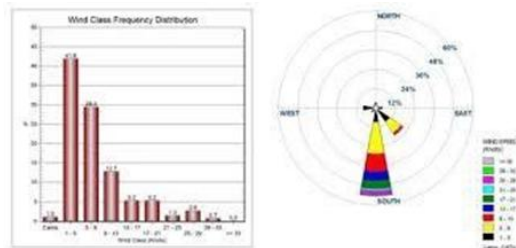
Tabel 1. Tabulasi Jumlah Distribusi Frekuensi Kecepatan Angin Bulan Juli 2001-2011

Wind Direction	1-5	5-9	9-13	13-17	17-21	21-25	25-29	29-33	≥ 33	Total
Utara	10	1	0	0	0	0	0	0	0	11
Timur Laut	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Timur	12	2	0	0	0	0	0	0	0	14
Tenggara	32	26	5	0	0	0	0	0	0	63
Selatan	27	60	34	16	16	4	8	2	0	167
Barat Daya	10	1	0	0	0	0	0	0	0	11
Barat	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
Barat Laut	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Calm										3
Total										306

(Sumber : Nuri Kigian)

Tabel 2. Tabulasi Prosentase Distribusi Frekuensi Kecepatan Angin Juli 2001-2011

Wave Direction	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	≥ 240	Total
Utara	20.27027	0	0	0	0	0	20.27027
Timur Laut	0	0	0	0	0	0	0
Timur	0	0	0	0	0	0	0
Tenggara	0	0	0	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0	0	0	0
Barat Daya	0	0	0	0	0	0	0
Barat	0	0	0	0	0	0	0
Barat Laut	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	20.27027	0	0	0	0	0	20.27027
0-40							79.72973
Total							100



Gambar 16. Histogram dan Mawar Angin Bulan Juli Tahun 2001-2011

Berdasarkan analisa distribusi frekuensi kecepatan angin yang sudah dilakukan, diketahui bahwa pada bulan Januari, Februari, Maret, dan April kecepatan dominan adalah arah Barat dan arah Utara. Dimana kecepatan angin terbesar arah Barat ialah pada bulan Januari dengan prosentase 51,3% dominan terjadi antara 1-5 knots, yang disusul kecepatan angin terbesar kedua ialah pada bulan April dengan prosentase 32% dominan terjadi antara 1-5 knots. Sedangkan kecepatan angin terbesar arah Utara ialah pada bulan Maret dengan prosentase 39,7% dominan terjadi antara 1-5 knots disusul kecepatan angin terbesar kedua pada bulan Februari dengan prosentase 37,1% dominan terjadi antara 1-5 knots.

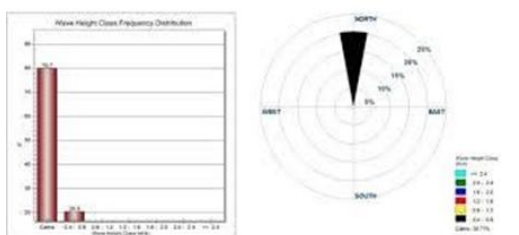
d. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Tabel 3. Tabulasi Jumlah Distribusi Frekuensi Tinggi Gelombang Bulan Januari 2001-2011

Wave Direction	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	≥ 240	Total
Utara	30	0	0	0	0	0	30
Timur Laut	0	0	0	0	0	0	0
Timur	0	0	0	0	0	0	0
Tenggara	0	0	0	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0	0	0	0
Barat Daya	0	0	0	0	0	0	0
Barat	0	0	0	0	0	0	0
Barat Laut	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	30	0	0	0	0	0	30
0-40							118
Total							148

Tabel 4. Tabulasi Presentase Distribusi Frekuensi Tinggi Gelombang Januari 2001-2011

Wave Direction	40-80	80-120	120-160	160-200	200-240	≥ 240	Total
Utara	20.27027	0	0	0	0	0	20.27027
Timur Laut	0	0	0	0	0	0	0
Timur	0	0	0	0	0	0	0
Tenggara	0	0	0	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0	0	0	0
Barat Daya	0	0	0	0	0	0	0
Barat	0	0	0	0	0	0	0
Barat Laut	0	0	0	0	0	0	0
Sub Total	20.27027	0	0	0	0	0	20.27027
0-40							79.72973
Total							100



Gambar 17. Tabulasi Presentase Distribusi Frekuensi Tinggi Gelombang Januari 2001-2011

Dari hasil hindcasting gelombang yang telah dilakukan untuk setiap data angin selang tahun 2001-2011, kemudian disusunlah rekapitulasi

arah, tinggi, dan periode gelombang dari masing-masing fetch.

e. Perhitungan Refraksi dan Gelombang Pecah

- Koefisien Refraksi

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}}$$

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos 20^\circ}{\cos 10,02^\circ}} = 0,977$$

- Tentukan nilai Koefisien Shoaling (Ks)

$$Ks = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}}$$

$$Ks = \sqrt{\frac{0,5.22,0887}{0,9095.11,257}} = 1,039$$

- Perhitungan Gelombang Pecah

Tentukan nilai H'o dan Hb : (Dari tabel A-1 Bambang Triatmodjo "Pelabuhan" didapat nilai H/Ho' berdasarkan nilai d/Lo)

d/Lo = 0,0453 ; H/Ho' = 1,042

Maka : H'o = Ho / (H/Ho') = 1,0703 / 1,042 = 1,027 m

Sehingga didapat :

H'o/gT2 = 1,0703 / (9,81 . 3,76292) = 0,0077

Nilai Hb didapat dari hasil plot antara nilai H'o/gT2 dengan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (hal. 96), Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo". Plot pada grafik untuk H'o/gT2 = 0,0077 dan m

= 0,2, didapat Hb/Ho = 1,025 dan Hb = 1,053 m Sehingga didapat :

Hb/gT2 = 1,053 / (9,81 . 3,76292) = 0,0076,

didapat db/Hb = 0,82 dan db = 0,863 m.

4.2 Analisa Angkutan Sedimen

a. Angkutan Sedimen Seajar

Perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dilakukan menggunakan metode CERC. Untuk parameter-parameter yang dipakai adalah parameter-parameter yang diperoleh berdasarkan pada perhitungan-perhitungan sebelumnya.

Hitung angkutan sedimen sejajar pantai :

$$S = 0,014 \cdot (24 \cdot 3600 \cdot 31) \cdot Ho^2 \cdot Co \cdot KRBR^2 \cdot \sin_{br} \cdot \cos_{br}$$

$$S = 0,014 \cdot 2678400 \cdot (1,0703)^2 \cdot 5,878 \cdot$$

$$(0,9877)^2 \cdot 0,3929 \cdot 0,9196$$

$$S = 72612,892 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

Dengan mengakumulasikan jumlah angkutan sedimen setiap bulan selama satu tahun, maka rekapitulasi total angkutan sedimen sejajar pantai adalah sebanyak 205837,70 m³/tahun dari arah Utara dan Barat Laut, namun angkutan sedimen yang lebih dominan yaitu dari arah Utara. Untuk arah Utara angkutan sedimen sebesar 203650,17 m³/tahun, dengan angkutan sedimen terbesar terjadi bulan Desember yaitu sebesar 32508,37

m³/tahun, dan terendah pada bulan Maret sebesar 218,11 m³/tahun. Sedangkan arah Barat Laut angkutan sedimen sebesar 2187,53 m³/tahun, dengan angkutan sedimen terbesar bulan April yaitu sebesar 503,71 m³/tahun dan terendah pada bulan Agustus.

b. Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen tegak lurus pantai, dengan mengakumulasi jumlah angkutan sedimen setiap bulan selama satu tahun, maka rekapitulasi total angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah sebanyak 677915,27 m³/tahun yang berasal dari arah Utara, dengan angkutan sedimen terbesar pada bulan Januari, yaitu sebesar 78042,98 m³/tahun dan angkutan sedimen terendah pada bulan Juli sebesar 31097,98 m³/tahun.

4.3 Perencanaan Jetty

a. Perencanaan Dimensi Jetty

Perhitungan Berat Batu Lapis Lindung

Tabel 5. Berat Batu Pelindung Sepanjang Ruas Jetty

Tampang	EL Dasar (m)	H _D (m)	K _D	W ₁ (ton)	W ₂ (ton)	W ₃ (ton)
Kepala Bangunan	-1,5	1,4709	1,9	0,542	0,0181	0,002575
Lengan Bangunan	-1,5	1,4709	2	0,401	0,0134	0,001905

Perhitungan Tebal Lapis Lindung

Tabel 6. Tebal Lapis Lindung Sepanjang Ruas Jetty

Tampang	ruas	EL Dasar (m)	H _D (m)	K _D	W ₁ (ton)	W ₂ (ton)	W ₃ (ton)	t ₁ (m)	t ₂ (m)	t ₃ (m)
Kepala Bangunan		-1,5	1,4709	1,9	0,542	0,0181	0,002575	1,36	0,63	0,23
Lengan Bangunan		-1,5	1,4709	2	0,401	0,0134	0,001905	1,23	0,57	0,21

Jumlah Batu Kepala bangunan : 42 bh / 10 m²

Lengan bangunan : 51 bh / 10 m².

Diameter Batu Kepala bangunan : 0,68 m Lengan bangunan : 0,61 m.

Perhitungan Lapis Lindung Kaki Bangunan

$$W = \frac{2,65 \cdot 1,33^3}{105 \left(\frac{2,65}{1,03} - 1 \right)^3} = 0,0377 \text{ ton}$$

Perhitungan Lebar Bangunan Jetty

$$B = 2,5 \cdot 1,15 \left[\frac{0,542}{2,65} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,69 \text{ m} \approx 2,0 \text{ m}$$

Perhitungan Panjang Jetty

$$\begin{aligned} \text{Panjang jetty} &= 1,56 \cdot T^2 \\ &= 1,56 \cdot 3,7629 = 22,0887 \text{ meter} \sim 25 \text{ meter} \end{aligned}$$

4.4 Tata Letak Bangunan

Untuk menentukan letak bangunan pengaman, yaitu dengan memperhatikan kondisi gelombang dan arus pantai pada yang ada di lokasi penelitian. Untuk mencegah terjadi pengakumulasi sedimen di

daerah muara, maka perlu pembuatan jeti pada kedua sisi muara sungai, dan ditambah juga jeti seri sebanyak 2 buah di pesisir pantai sebelah timur muara sungai, untuk mengantisipasi kerusakan daerah pesisir pantai Amurang, mengingat di sepanjang pesisir pantai terdapat pemukiman penduduk.



Gambar 18. Rencana Letak Jetty

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada muara sungai Ranoyapo sering mengalami pengendapan pasir yang terbentuk ketika gelombang dan arus dominan mengendapkan sedimen sehingga membentuk dataran yang memanjang dan berakibat pada penutupan muara sungai. Karena lokasi penelitian termasuk pantai berpasir, maka penutupan muara mengakibatkan terjadinya lidah pasir (sand spit) di muara, maka tipe muara ini didominasi oleh gelombang laut dan angin.
2. Tinggi dan periode gelombang maksimum yang terjadi pada tahun 2001 s/d 2011 adalah pada bulan Februari tahun 2001, yaitu dengan tinggi 1,070 m dan periode 3,763 detik yang berasal dari arah Utara. Demikian juga dengan gelombang dominan berasal dari arah Utara.
3. Dengan menggunakan metode CERC (Coastal Engineering Research Center) maka diperoleh laju angkutan sedimen sejajar pantai maksimum, yaitu sebesar 205837,70 m³/tahun yang berasal dari arah Utara. Selain itu juga diperoleh laju angkutan sedimen tegak lurus pantai maksimum, yaitu sebesar 677915,27 m³/tahun dari arah Utara.
4. Alternatif pemecahan masalah untuk muara sungai Ranoyapo yang bisa dilakukan adalah dengan cara menggunakan bangunan pelindung pantai berupa jeti. Dan yang digunakan berupa jeti pendek, dikarenakan daerah tersebut bukanlah daerah pelabuhan dimana tempat menambatkan kapal. Disana hanyalah terdapat perahu-perahu kecil yang kerap digunakan oleh para nelayan untuk kelangsungan hidup mereka. Dan pembangunannya pun lebih mudah dan ekonomis.
5. Jeti dibangun pada kedua sisi muara sungai, ditambah dengan dua buah jeti di pesisir pantai sebelah timur muara sungai. Hal tersebut untuk

mencegah pengakumulasian sedimen akibat angkutan sedimen yang jauh lebih besar dibanding dengan debit sungai.

5.2 Saran

1. Pada bangunan pengarah (jetty) di muara sungai diperkirakan terjadinya overtopping, terutama terjadi pada saat badai berlangsung, sehingga perlu diperhatikan untuk perencanaan jenis konstruksinya meskipun overtopping tidak terlalu besar.
2. Diadakan studi inventarisir kerusakan di daerah pantai Amurang, untuk mengetahui lebih lanjut tentang kerusakan pantai yang akan terjadi pada periode waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Jatmoko, H. 2003. *Konstruksi Jetty*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Jakarta. Kementerian Pekerjaan Umum. 2010.
- Pedoman Perencanaan Teknis Pengamanan Pantai*. Jakarta.
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual (SPM '84)*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.