

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geosintetik

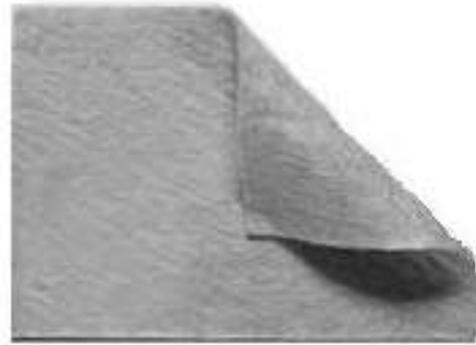
Geosintetik berasal dari kata *geo* yang berarti tanah dan *sintetik* yang berarti tiruan. Jadi geosintetik berarti bahan tiruan (sintetik) atau bahan yang bukan merupakan bahan alami yang penggunaannya berhubungan dengan tanah atau batuan (Suryolelono, 2000). Bahan sintesis ini dapat berupa bahan-bahan yang berasal dari polimerisasi hasil industri-industri minyak bumi, serat-serat sintesis, kain, baja dan lain lain. Dalam perkembangan selanjutnya geosintetik adalah bahan sintesis berupa serat-serat sintesis yang dianyam, tanpa anyam atau bentuk lainnya yang digunakan dalam pekerjaan pekerjaan tanah.

Geosintetik secara umum dibedakan berdasar sifat permeabilitasnya yaitu bahan lolos air (*permeable*) dikenal sebagai geotekstil dan bahan bersifat kedap air (*impermeable*) dikenal sebagai *geomembran*. Bentuk bahan geotekstil berupa lembaran dengan anyaman, tanpa anyaman dari kumpulan benang-benang sintesis. Sesuai dengan kebutuhan di lapangan, bentuk geosintetik semakin bervariasi, misalnya bentuk *grid*, dan bentuk komposit. Macam-macam bentuk geosintetik seperti terlihat pada Gambar 2.1.

Geosintetik secara luas digunakan dibidang teknik sipil, geoteknik, lingkungan, pertanian, sehingga bentuk maupun tipe geosintetik mengalami perkembangan sesuai dengan kebutuhan. Umumnya pemakaian geosintetik adalah untuk penanggulangan masalah erosi, sebagai pemisah dua material yang berbeda gradasinya, sebagai bahan *filter*, perkuatan tanah dasar fondasi pada pekerjaan timbunan, perkuatan dinding penahan tanah dan sebagai bahan kedap air (*geomembran*). Dalam perkembangan selanjutnya geosintetik juga digunakan sebagai perkuatan lapis perkerasan aspal, terutama sebagai pencegah perambatan retak pada pekerjaan *overlay* (Austin and Gilchrist, 1996; Button and Lytton, 2003; Grabowski and Pozarycki, 2008; dan Khodaii dkk., 2009).



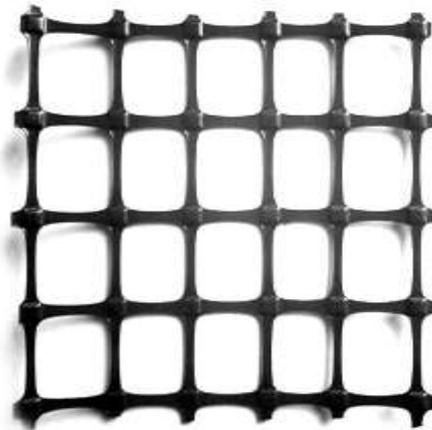
a. Geotekstil dengan anyaman



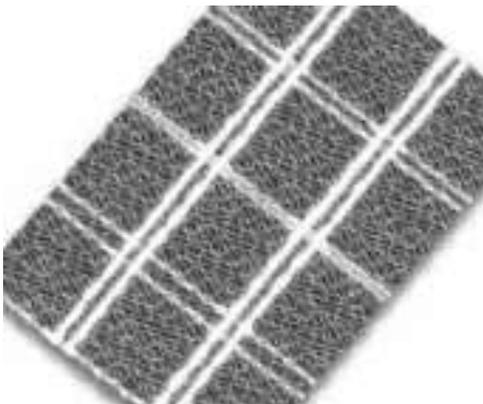
b. Geotekstil tanpa anyaman



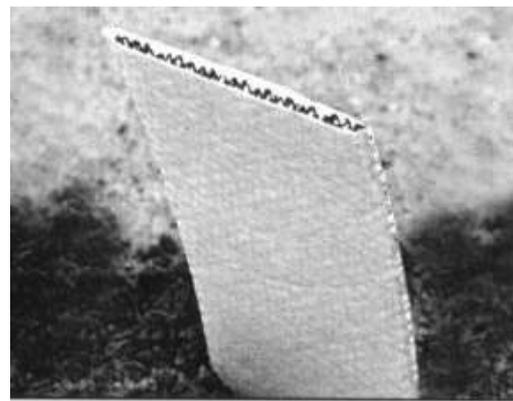
c. Geomembran



d. Geogrid



e. Geokomposit untuk perkuatan lapis aspal



f. Geokomposit untuk drainase

Gambar 2.1. Macam-macam Bentuk Geosintetik (PT.Tetrasa Geosinindo, 2005)

Secara garis besar peran geosintetik pada bangunan sipil dibagi menjadi dua yaitu peran mekanik dan peran hidrolis. Peran mekanik umumnya berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan struktur, antara lain perkuatan tanah, perataan beban dan pemisah dua

material yang berbeda gradasinya (anti kontaminasi). Sedangkan peran hidrolis berhubungan dengan fungsi geosintetik sebagai bahan drain dalam pekerjaan drainase dan sebagai *filter* untuk pekerjaan filtrase.

Kuat tarik, kuat geser yang tinggi serta nilai rangkai yang rendah merupakan bahan yang dapat dipergunakan untuk perkuatan tanah dalam arti memperbaiki sifat-sifat mekanis tanah tersebut. Sedangkan kuat tarik, kuat tembus (*puncture resistance*), dan kuat sobek (*bursts resistance*) merupakan karakteristik yang diperlukan dalam penggunaan geosintetik sebagai pemisah antara 2 lapisan bahan yang saling berhubungan seperti misalnya *subgrade* dan *subbase* pada struktur perkerasan jalan.

Sebagai bahan drainase geosintetik dapat mengalirkan air melalui tampang geosintetik (arah *transversal*), baik secara horisontal maupun vertikal dengan dan tanpa kolektor. Fungsi *drain* juga untuk menurunkan tegangan air pori, sehingga tegangan efektif serta lekatan tanah dapat dipertahankan. Selain itu geosintetik juga dapat berfungsi sebagai *filter*, yaitu mengijinkan air lewat dengan mudah melalui bahan geosintetik, tetapi bahan tersebut dapat menahan butiran butiran tanah. Pengaliran melauai bahan ini merupakan pengaliran normal, yaitu tegak lurus lembaran geosintetik. Bentuk, peran, fungsi, dan aplikasi geosintetik yang diperlukan pada bangunan teknik sipil dapat dilihat pada Tabel 2.1.

2.2. Hasil-hasil Penelitian Penggunaan Geosintetik untuk Perkerasan Jalan Raya

Fungsi geosintetik salah satunya adalah untuk perkuatan tanah lunak. Akan tetapi pada perkembangan selanjutnya geosintetik juga digunakan untuk perkuatan lapisan campuran aspal terutama pada pekerjaan *overlay* diatas perkerasan lama yang mengalami retak. Pada uraian selanjutnya pada bab ini akan disajikan penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan geosintetik pada lapis perkerasan jalan.

2.2.1. Peran geosintetik dalam menambah ketahanan perkerasan aspal terhadap jejak roda.

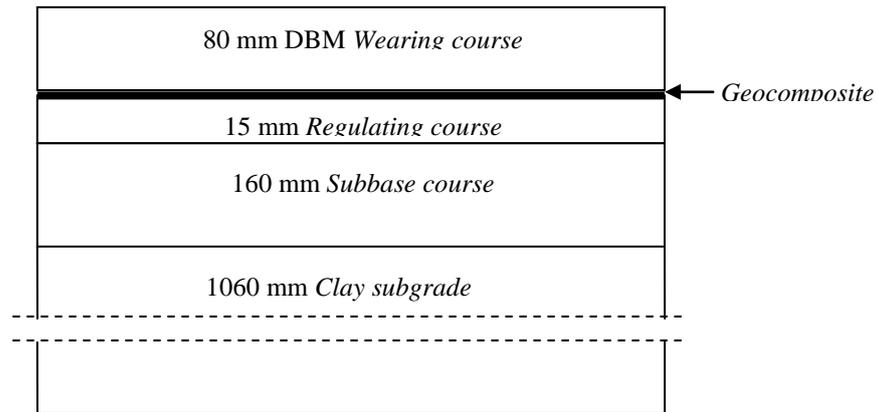
Austin and Gilchrist (1996) telah meneliti peningkatan kinerja perkerasan dengan menggunakan *geocomposite* yang terletak di atas tanah dasar lunak. Penelitian dilakukan dengan skala penuh. Model perkerasan aspal dibuat dengan ukuran panjang 7 m dan lebar 2,4 m. Struktur perkerasan terdiri dari tanah dasar lempung setebal 1,06 m, *subbase* 160 mm, campuran aspal lapis perata 15 mm, dan paling atas adalah *Dense Bitumen Macadam*

(DBM) setebal 80 mm (Gambar 2.2). DBM digelar diatas *subbase* dengan tiga cara masing-masing adalah : tanpa perkuatan, dengan perkuatan *geocomposite* di tengah lapisan DBM, dan dengan perkuatan *geocomposite* terletak di dasar lapisan DBM.

Tabel 2.1. Bentuk, Peran, Fungsi, dan Aplikasi Geosintetik.

Bentuk Geosintetik	Peran	Fungsi	Aplikasi
Geogrid	Mekanis	Perkuatan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perkuatan tanah untuk lereng 2. Perkuatan tanah utk timbunan tanah lunak 3. Perkuatan lapisan beton aspal 4. Stabilisasi Sugrade
Geotekstil	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mekanis 2. Hidrolis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perkuatan 2. Anti kontaminasi 3. Filter 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sebagai sistem perkuatan tanah pada lereng 2. Sebagai lapisan kedap pada lapis ulang aspal 3. Sebagai lapisan pemisah utk timbunan di atas tanah lunak 4. Sebagai stabilisasi subgrade jalan raya 5. Sebagai filtrasi pd sistem tata salir bawah permukaan
Geomembran	Mekanis	Anti kontaminasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penampungan air minum, limbah cair 2. Sistem saluran irigasi dan bendungan 3. Jalan raya diatas tanah kembang susut
Geokomposit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mekanis 2. Hidrolis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perkuatan 2. Filter 3. Drainase 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perkuatan lapisan beton aspal 2. Kontrol erosi pada lereng 3. Tata salir horisontal pada jalan raya, jln KA, lapangan olah raga 4. Tata salir vertikal utk percepatan konsolidasi 5. Tata salir struktural pada basement bangunan

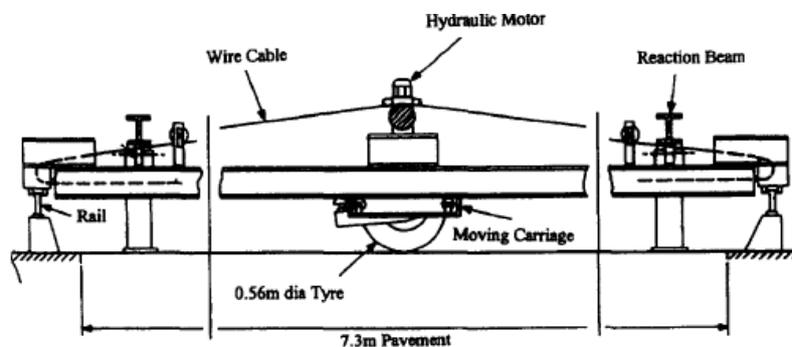
Sumber : Koerner (1990)



Gambar 2.2. Benda Uji Perkerasan Aspal Diatas *Subgrade* Tanah Lunak (Austin and Gilchrist, 1996)

Pembebanan di lakukan dengan menjalankan beban roda tunggal sebesar 6 kN dengan tekanan kontak berkisar 300 kPa. Gambar 2.3. menunjukkan model pembebanan dengan roda yang dilakukan secara menerus sampai jumlah lintasan sebanyak 25.000 kali.

Tabel 2.2. menyajikan hasil pengamatan kedalaman jejak roda (*rut depth*) setelah 25.000 kali lintasan. Penggunaan *geocomposite* mampu mengurangi ke dalaman jejak roda pada lapis perkerasan yang terletak di atas tanah dasar lunak. Menggunakan *geocomposite* di bawah lapisan perkerasan aspal DBM mampu mengurangi ke dalaman jejak roda sampai sebesar 33 % dibandingkan dengan jika tidak digunakan *geocomposite* sebagai perkuatan. *Geocomposite* telah mampu memperkuat lapisan DBM dalam menahan beban lalulintas, sehingga jejak roda yang timbul lebih kecil jika dibandingkan dengan DBM yang tanpa *geocomposite* (Austin and Gilchrist, 1996).



Gambar 2.3. Model Pembebanan Benda Uji (Austin and Gilchrist, 1996)

Tabel 2.2. Hasil Pengamatan Jejak Roda Setelah 25.000 Lintasan

Jenis perkerasan	<i>Rut depth</i> (mm)	Persentase
DBM tanpa perkuatan	60	100
<i>Geocomposite</i> di tengah lapisan DBM	48	80
<i>Geocomposite</i> di bawah lapisan DBM	20	33

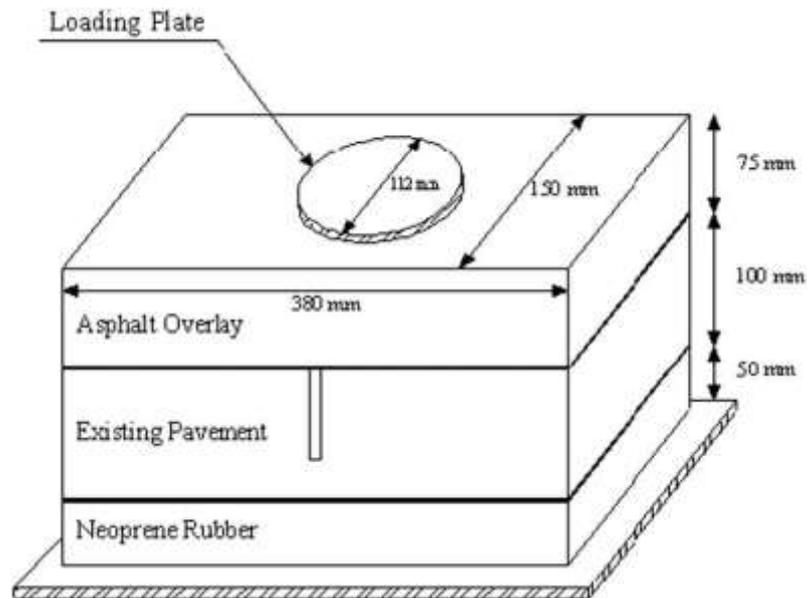
Sumber : Austin and Gilchrist (1996)

Penelitian hanya membahas pengaruh letak *geocomposite* terhadap kemampuannya memberikan perkuatan terhadap lapis perkerasan DBM. Pengaruh kuat tarik *geocomposite* dan peregangan awal saat pemasangan *geocomposite* terhadap perkuatan yang dapat diberikan terhadap lapis perkerasan aspal dalam menahan roda kendaraan masih memerlukan penelitian lanjutan. Mengingat produk *geocomposite* yang sangat bervariasi, maka jenis dan pola *geocomposite* juga akan mempengaruhi perkuatan yang akan disumbangkan terhadap lapis perkerasan aspal yang diperkuat dengan *geocomposite*.

2.2.2. Peran geosintetik dalam menghambat penjalaran retak

Khodaii dkk. (2009) telah melakukan penelitian pengaruh geosintetik terhadap pengurangan retak refleksi pada *overlay* campuran aspal. Penelitian dilakukan dengan cara membuat model struktur bahan perkerasan yang terdiri dari perkerasan lama yang retak setebal 100 mm yang kemudiam di*overlay* dengan campuran aspal setebal 75 mm seperti terlihat pada Gambar 2.4. Sebagai lapis fondasi digunakan bantalan karet (*neoprene rubber*) yang diletakkan di bawah lapisan perkerasan lama yang retak.

Sebagai bahan perkerasan lama (*existing pavement*) digunakan perkerasan beton semen dan perkerasan beton aspal. Sedang untuk bahan *overlay* digunakan campuran beton aspal. Sebagai penahan penjalaran retak digunakan geosintetik jenis *geogrid* yang dipasang pada bagian bawah lapisan *overlay*, sepertiga tebal lapisan *overlay*, dan pada tengah-tengah lapisan *overlay*. Lebar retak lapisan lama dibuat dengan lebar 10 mm, 15 mm, dan 20 mm baik untuk jenis lapis lama beton semen maupun beton aspal. Pembebanan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang dapat memberi beban secara berulang dengan frekwensi sebesar 10 Hz seperti terlihat pada Gambar 2.5. Penelitian dilakukan dengan variasi jenis perkerasan lama, lebar retak pada perkerasan lama, letak geosintetik, dan temperatur pengujian.

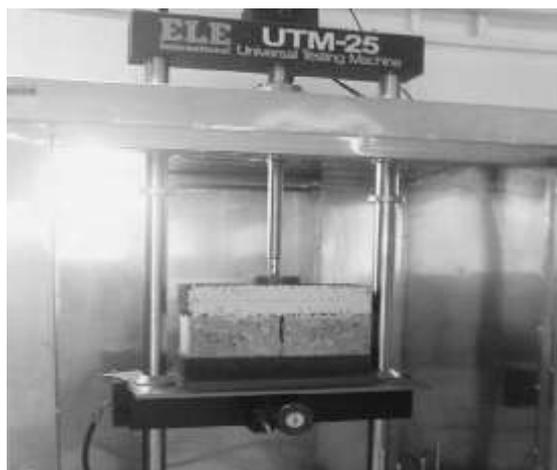


Gambar 2.4. Model Struktur Bahan Perkerasan (Khodaii dkk., 2009)

Tipe perkerasan lama dan letak geosintetik memberikan pola perambatan retak yang berbeda. Hasil penelitian Khodaii dkk. (2009) adalah sebagai berikut :

1. Perambatan retak di atas perkerasan lama beton semen lebih cepat dibanding di atas perkerasan lama beton aspal.
2. Letak optimum perkuatan geogrid adalah pada sepertiga dari alas lapisan tambahan beton aspal.
3. Stabilitas dinamis lapisan beton aspal dengan perkuatan geogrid 5,9 kali lapisan beton aspal tanpa perkuatan yang diletakkan di atas lapisan beton semen.
4. Jika diletakkan di atas lapisan beton aspal, stabilitas dinamis lapisan beton aspal dengan perkuatan geogrid 6,7 kali lapisan beton aspal tanpa perkuatan.
5. Semakin besar lebar retak yang terjadi pada perkerasan lama, akan semakin pendek umur kelelahan lapisannya.

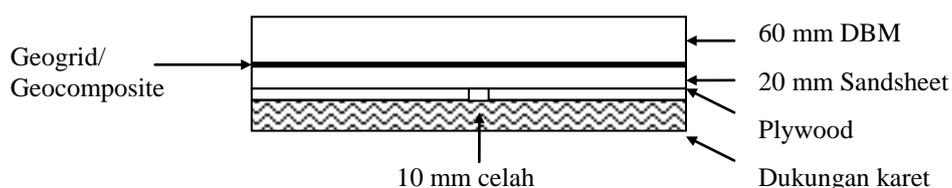
Pada temperatur 60°C penjalaran retak lapis tambahan beton aspal diatas perkerasan lama beton semen dimulai dari atas kebawah, sedangkan jika perkerasan lama dari beton aspal, penjalaran retak dari bawah ke atas.



Gambar 2.5. Pembebanan Benda Uji dengan *Universal Testing Machine*
(Khodaii dkk., 2009)

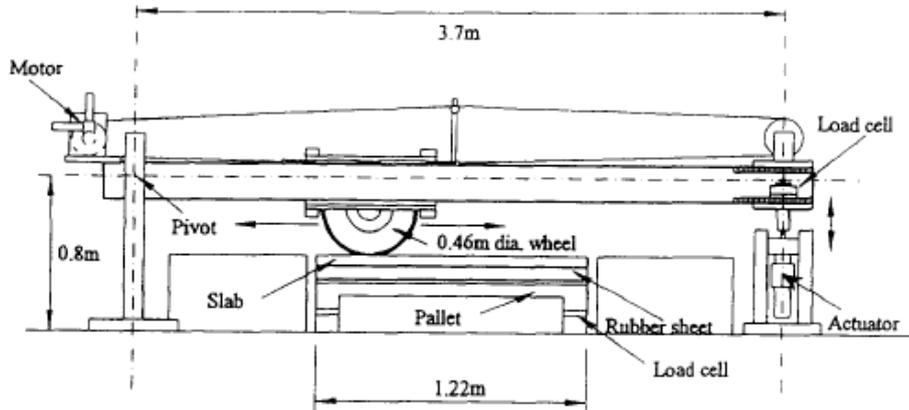
Austin dan Gilchrist (1996) telah membuat benda uji berupa lapis campuran aspal dengan ukuran panjang 1 m, lebar 0,2 m, dan tebal 0,08 m yang diletakkan di atas dukungan karet. *Plywood* dengan celah 10 mm di tengahnya diletakkan antara bantalan karet dan lapis campuran aspal seperti terlihat pada Gambar 2.6. Dukungan karet pada bagian bawah berfungsi memberikan lenturan kepada benda uji saat pembebanan. Benda uji selanjutnya diberi beban dengan kondisi tanpa perkuatan, dengan perkuatan *geogrid*, dan dengan perkuatan *geocomposite*.

Pembebanan benda uji dilakukan dengan cara memberikan beban roda seberat 3 kN yang dijalankan secara ulang alik. Proses buka tutup celah yang dibuat pada lapisan *plywood* saat beban dijalankan menghasilkan regangan berulang tarik maksimum pada lapisan *sandsheet*. Hal ini akan menyebabkan retak yang berkembang mulai dari ujung celah dan berkembang ke lapisan di atasnya. Model pembebanan benda uji pengendalian retak refleksi seperti terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6. Benda Uji Pengendalian Retak Refleksi (Austin dan Gilchrist, 1996)

Hasil pengujian benda uji disajikan dalam Tabel 2.3. Benda uji tanpa perkuatan menjadi retak pada lapisan *sandsheet* pada saat lintasan beban roda mencapai 1.700 kali. Penjalaran retak berlangsung secara cepat dan keseluruhan lapisan DBM mengalami retak semua saat lintasan jejak roda mencapai 3.300 kali.



Gambar 2.7. Alat Pengujian Benda Uji Pengendalian Retak Refleksi (Austin dan Gilchrist,1996)

Pada benda uji dengan perkuatan *geogrid*, retak mulai terjadi pada lapisan *sandsheet* pada 4.500 lintasan. Retak menjalar keatas seiring bertambahnya lintasan dan mencapai permukaan setelah 13.000 lintasan. Pada benda uji dengan perkuatan *geocomposite*, retak mulai terjadi pada lapisan *sandsheet* ketika jumlah lintasan mencapai 4.600 dan mencapai lapis permukaan pada lintasan ke 25.000.

Tabel 2.3. Hasil Pengujian Model Perkerasan dengan Beban Roda

Tipe perkerasan	Jumlah lintasan roda	
	Retak pada Sandsheet	Retak pada DBM
Tanpa perkuatan	1.700	3.300
Perkuatan <i>geogrid</i>	4.500	13.000
Perkuatan <i>geocomposite</i>	4.600	25.000

Sumber : Austin dan Gilchrist (1996)

Penggunaan *geogrid* sebagai perkuatan *overlay beton aspal mempunyai* kemampuan menahan retak refleksi sebesar 4 kalinya *overlay* yang tanpa perkuatan. Penambahan geotekstil pada *geogrid* sehingga menjadi *geocomposite* mampu memperbaiki

ketahanan retak refleksinya 8 kali jika dibandingkan dengan tanpa digunakannya perkuatan pada lapis tambahan (Tabel 2.3)

Grabowski dan Pozarycki (2008) telah melakukan penelitian penjalaran retak dengan sampel perkerasan aspal berdimensi besar yang diperkuat dengan geosintetik. Struktur perkerasan aspal yang digelar terdiri dari tiga lapisan meliputi :

1. 7 cm base course dengan ukuran nominal maksimum agregat 22 mm
2. 6 cm binder course dengan ukuran nominal maksimum agregat 16 mm
3. 5 cm wearing course dengan ukuran nominal maksimum agregat 12,8 mm

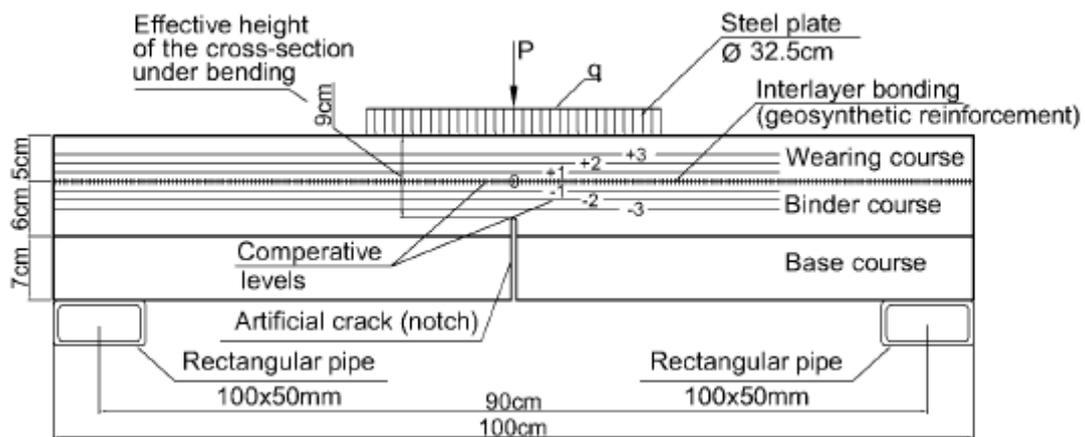
Sampel diambil pada perkerasan jalan yang sudah digelar dengan ukuran 1 m x 1 m. Gambar 2.8. memperlihatkan garis-garis di tengah perkerasan yang akan dipotong untuk pengambilan sampel.

Lapisan-lapisan beton aspal ini terletak di atas lapisan *granular base course* tebal 20 cm dengan ukuran nominal maksimum agregat 31,5 mm. Perkuatan dengan geosintetik yang terletak antara *binder course* dan *wearing course* dipasang pada areal-areal tertentu (Gambar 2.9). Jenis geosintetik yang diteliti adalah dari jenis geogrid dan geokomposit. Untuk meneliti kemampuan geosintetik menahan penjalaran retak pada tengah lapisan *base course* di buat retak buatan (*artificial crack*). Benda uji selanjutnya di beri beban tekuk berulang. Selama pembebanan berlangsung diamati jumlah siklus pembebanan dan panjang retak yang terjadi.

Hasil pengujian dengan beban berulang (Gambar 2.10.) menunjukkan bahwa retak diawali dari retak buatan yang dibuat pada *base course* yang kemudian menjalar pada lapisan *binder course*. Benda uji dengan perkuatan geokomposit memberikan waktu perambatan retak sekitar 2 kalinya benda uji tanpa perkuatan dan perkuatan dengan geogrid. Perkuatan *geogrid* memberikan ketahanan perambatan retak lebih baik dibandingkan dengan yang tanpa perkuatan. Akan tetapi perkuatan geokomposit lebih mampu menahan perambatan retak dibandingkan dengan perkuatan *geogrid*.

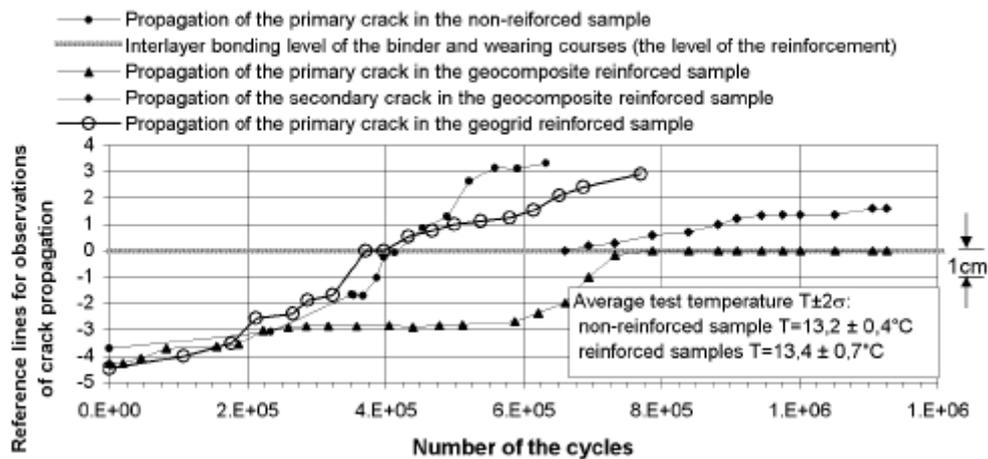


Gambar 2.8. Garis-garis di Tengah Perkerasan yang Berjarak 1 m Direncanakan untuk Sampel Pengujian di Laboratorium (Grabowski and Pozarycki, 2008)



Gambar 2.9. Potongan Melintang Sampel Struktur Perkerasan (Grabowski and Pozarycki, 2008)

Kemampuan geosintetik menahan penjalaran retak tentunya akan sangat tergantung dari kuat tarik geosintetik tersebut. Hasil penelitian baru menunjukkan fungsi jenis geosintetik dalam menahan penjalaran retak, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui fungsi kuat tarik geosintetik dalam menahan penjalaran retak.



Gambar 2.10. Penjalaran Retak pada Sampel Tanpa Perkuatan, dengan Perkuatan Geogrid, dan Perkuatan Geokomposit (Grabowski dan Pozarycki, 2008)

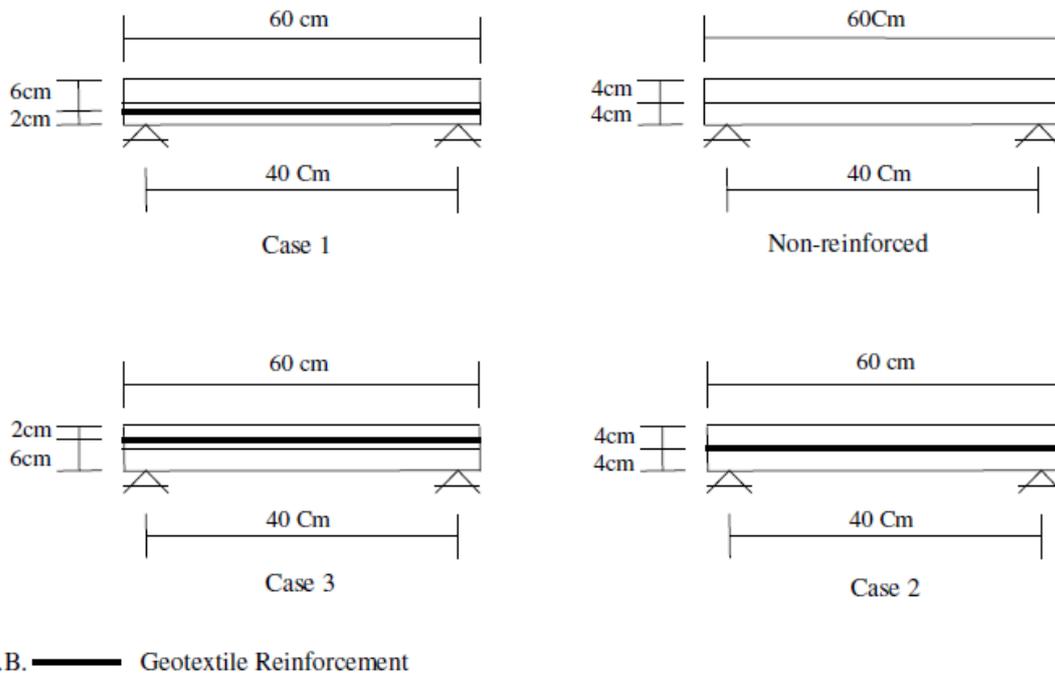
Pemberian sedikit tegangan tarik terhadap geosintetik diperlukan untuk menghindari terjadinya kerutan pada geosintetik sebelum di atasnya diberi lapisan beton aspal. Kerutan pada geosintetik akan menyebabkan terjadinya retak pada lapisan beton aspal di atasnya. Sebaliknya peregangan yang terlalu besar pada geosintetik juga tidak diperkenankan, karena akan mengurangi tebal geosintetik sehingga kemampuannya menyerap aspal menjadi berkurang (Misra dan Khan, 2010). Berdasarkan prosedur pelaksanaan beton aspal dengan perkuatan geosintetik tersebut di atas, maka pengaruh pemberian tegangan tarik awal pada geosintetik saat di pasang sebagai perkuatan beton aspal perlu di teliti pengaruhnya dalam menahan penjalaran retak atau meningkatkan kuat tarik beton aspal.

2.2.3. Letak optimum perkuatan geotekstil dalam lapisan beton aspal

Moussa (2003) telah meneliti perkuatan beton aspal dengan menggunakan geotekstil. Benda uji merupakan balok beton aspal yang terdiri dari 2 lapisan campuran aspal masing-masing 4 cm *binder course* dan 4 cm *surface course*. Ukuran balok beton aspal adalah 60 x 8 x 8 cm. Benda uji dibuat 4 macam seperti terlihat pada Gambar 2.11, masing-masing adalah tanpa perkuatan, dengan perkuatan geotekstil di tengah lapisan *binder course*, antara *binder course* dan *surface course*, dan ditengah-tengah lapisan *surface course*.

Benda uji didukung di ujungnya dan diberi beban ditengahnya dengan kecepatan 12,7 mm/min. Pengujian dilaksanakan pada temperatur sekitar 20° C. Sistem pengujian

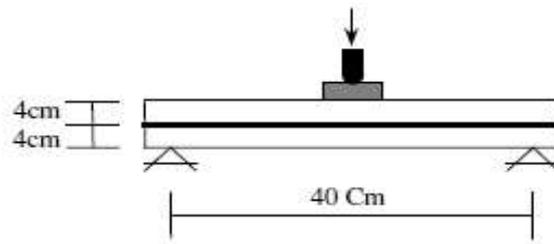
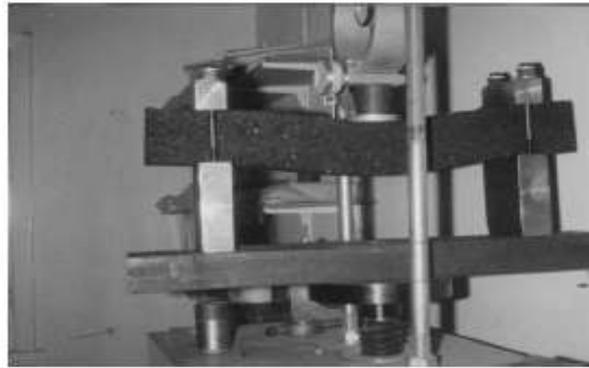
three point bending tests dengan beban statis dilakukan dengan alat Marshall seperti terlihat pada Gambar 2.12. Geosintetik yang digunakan sebagai perkuatan dari jenis tanpa anyaman dengan karakteristik berat 350 gram/m², tebal 4 mm, ukuran lobang 0,106 mm, dan kuat tarik antara 850-1500 N/m.



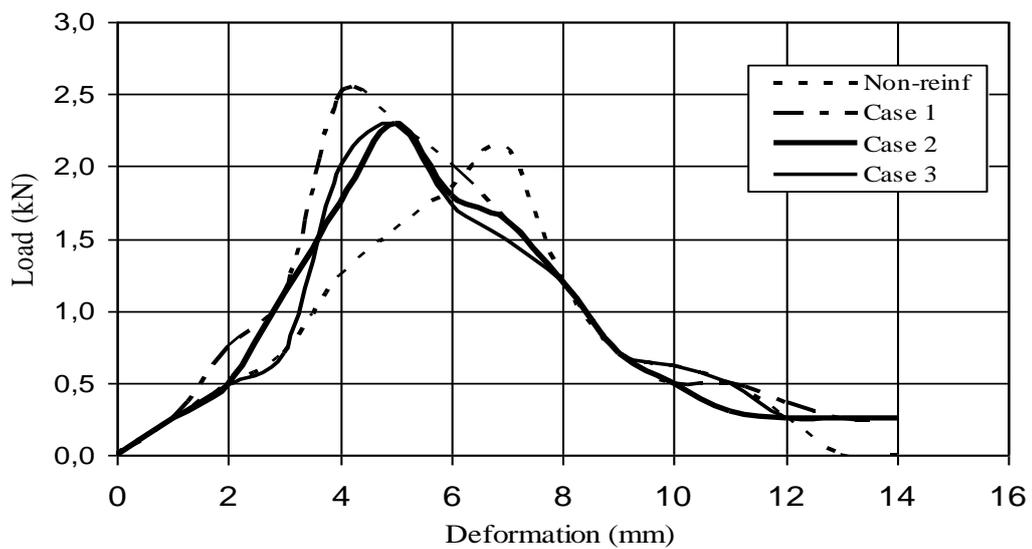
Gambar 2.11. Benda Uji dan Letak Perkuatan Geotekstil (Moussa, 2003)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil sebagai perkuatan memberikan beban maksimum yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang tanpa perkuatan geotekstil. Hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi pada benda uji diperlihatkan pada Gambar 2.13. Letak geotekstil paling bawah yang berada di tengah-tengah lapisan *binder course* memberikan perkuatan yang paling besar, sehingga letak geosintetis ini dapat dikatakan paling optimum (Moussa, 2003).

Hasil penelitian hanya menggunakan satu macam geotekstil sehingga hasil penelitian tidak bisa untuk membangun teori keterkaitan antara karakteristik geotekstil dengan perkuatan yang disumbangkan terhadap lapisan beton aspal. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan berbagai macam tegangan tarik geotekstil sehingga akan diketahui pengaruh tegangan tarik geotekstil terhadap kemampuan beton aspal menahan beban statis.



Gambar 2.12. Pembebanan Balok Beton Aspal dengan Alat Marshall (Moussa, 2003)



Gambar 2.13. Hubungan antara Beban (*Load*) dan Deformasi (*Deformation*) Batang Beton Aspal (Moussa, 2003)

2.3. Road Map Penelitian

Penelitian berkaitan dengan gradasi agregat campuran beton aspal terhadap karakteristik campuran dan workabilitas campuran telah dilakukan antara tahun 2000-2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi gradasi yang masih dalam batas-batas

spesifikasi tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap karakteristik dan workabilitas campuran beton aspal. Pada rentang tahun tersebut juga telah diteliti pengaruh gradasi agregat *base course* terhadap nilai CBR nya. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada pengaruh yang berarti terhadap nilai CBR base course selama gradasi agregatnya masih dalam batas-batas spesifikasi teknik.

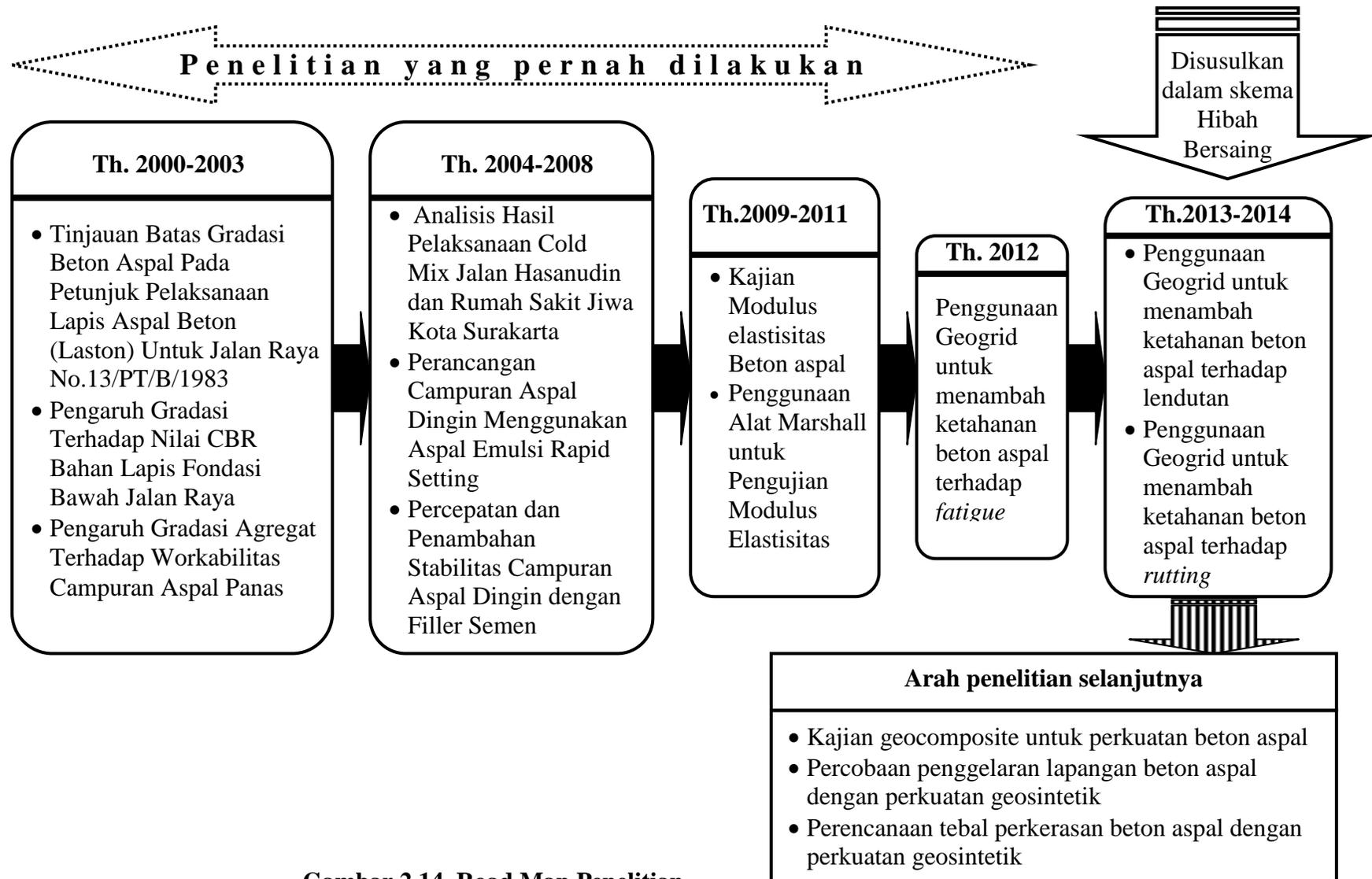
Berkaitan dengan isu lingkungan, antara tahun 2004 sampai dengan tahun 2008 penelitian dilakukan terhadap campuran dingin beton aspal. Pada campuran dingin ini sebagai bahan pengikat digunakan aspal emulsi. Hasil penelitian terhadap campuran aspal dingin yang telah terhampar menunjukkan bahwa kontraktor pelaksana masih belum paham mengenai aspal emulsi yang hanya mengandung aspal efektif sebesar kurang lebih 65 %. Sebagai akibatnya campuran aspal dingin yang terhampar kadar aspal efektifnya sangat kecil. Campuran aspal dingin mempunyai kelemahan dalam hal pencapaian stabilitas maksimumnya. Stabilitas maksimum akan tercapai setelah semua air dalam campuran aspal dingin menguap sehingga yang tertinggal aspal efektifnya yang berada dalam aspal emulsi. Kandungan aspal efektif dalam aspal emulsi penetrasinya juga tinggi sehingga stabilitas campuran yang diperoleh lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran aspal panas yang menggunakan aspal keras sebagai bahan pengikat. Pada tahun 2007 sampai tahun 2008 telah diteliti penggunaan filler semen untuk mempercepat dan meningkatkan stabilitas campuran aspal dingin. Filler semen sebesar 3 % dalam campuran aspal dingin telah mampu meningkatkan dan mempercepat stabilitas campuran aspal dingin bergradasi rapat.

Antara tahun 2009 dan tahun 2011 kajian terhadap modulus elastisitas dilakukan terhadap modulus elastisitas beton aspal. Modulus elastisitas bitumen akan mempengaruhi modulus elastisitas campuran beton aspal. Modulus elastisitas yang kecil menyebabkan campuran beton aspal cepat mengalami kelelahan (*fatigue*) sehingga akan retak saat menerima beban berulang. Fenomena ini terlihat dengan banyaknya jalan yang mengalami retak awal. Mengingat alat uji modulus elastisitas campuran beton aspal masih jarang dipunyai oleh kontraktor jalan, maka diteliti penggunaan alat Marshall sebagai penguji modulus elastisitas beton aspal. Dengan merekam proses terjadinya keruntuhan beton aspal saat pengujian Marshall, dapat digambarkan hubungan tegangan dan remangan beton aspal. Dari gambar tegangan remangan ini ditentukan modulus elastisitas beton aspal.

Mulai tahun 2012 penelitian difokuskan pada pengembangan penggunaan geosintetik sebagai perkuatan beton aspal. Penelitian dimulai dengan penggunaan geogrid

sebagai penambahan kuat tarik beton aspal. Pada skema Hibah Bersaing ini diusulkan penggunaan geogrid sebagai perkuatan beton aspal untuk menahan lendutan akibat beban kendaraan dan untuk menambah ketahanan beton aspal terhadap timbulnya jejak roda (*rutting*)

Arah penelitian ke depan tetap berkonsentrasi pada penggunaan bahan geosintetik untuk perkuatan beton aspal, sampai diperolehnya petunjuk aplikasi penggunaan geosintetik sebagai perkuatan beton aspal di lapangan dan metode perencanaan tebal perkerasan yang menggunakan geosintetik sebagai bahan perkuatan beton aspal. Gambar 2.14 menunjukkan Road Map Penelitian yang pernah dilakukan, diusulkan dalam skema Hibah Bersaing, dan yang akan dilakukan pada masa mendatang.



Gambar 2.14. Road Map Penelitian