



Hot In-Place Recycling

Apakah itu Hot In-Place Recycling?

Hot In-Place Recycling (HIPR) ialah proses memanaskan dan memecahkan lapisan asphalt sedia ada, menggaol dan menurap semula asphalt tersebut dalam satu operasi.

HIPR merupakan pembaikan jenis pencegahan (preventive) bagi mengelakkan kerosakan permukaan jalan menjadi lebih teruk.



Hot In-Place Recycling.

Di manakah spesifikasi HIPR boleh dirujuk?

Spesifikasi HIPR boleh dirujuk melalui;

- JKR/SPJ/2008, Standard Specification for Road Works, Section 4: Flexible Pavement (Section 4.9).
- REAM – SP 2/2007, Specification for Hot In-Place Recycling.

Di manakah HIPR sesuai digunakan?

HIPR sesuai digunakan untuk merawat kerosakan jalan yang mengalami kegagalan fungsi seperti keretakan permukaan (kedalaman keretakan tidak melebihi 60 mm), minor rutting, raveling, delamination, bleeding dan permukaan jalan beralun yang tidak ketara.



Keretakan.



Rutting.



Delamination.



Bleeding.

Apakah kelebihan HIPR?

Kelebihan HIPR adalah;

- Kos efektif dengan mengguna semula bahan sedia ada.
- Memulihara alam sekitar/sumber asli dengan menggunakan konsep kitar semula.
- Memendekkan waktu kerja dan mudah dilaksanakan dalam satu operasi.
- Mengurangkan pengangkutan untuk asphalt baru dari kuari (asphalt baru diperlukan sekiranya terdapat lekukan yang perlu diratakan).
- Menggunakan mesin yang mempunyai mobiliti yang tinggi.
- Mengurangkan gangguan ke atas lalu lintas.
- Tidak memerlukan tack coat disebabkan hot-on-hot joint. Hot-on-hot joint juga menjadikan ikatan antara lapisan asphalt menjadi lebih kuat.

Di mana HIPR tidak sesuai digunakan?

HIPR tidak sesuai digunakan pada/di mana;

- Pavemen dengan struktur yang lemah.
- Bitumen dalam asphalt sedia ada sudah menjadi terlalu keras (nilai penusukan < 20 mm).
- Terdapat masalah perparitan.
- Pavemen yang basah disebabkan paras water table yang tinggi ataupun ketika musim hujan.
- Pavemen yang mengandungi special mix seperti stone mastic asphalt (SMA), polymer modified asphalt (PMA), porous asphalt dan juga untuk jalan yang menggunakan chip seal.
- Permukaan jalan yang retak serius/lebar khususnya pada musim hujan di mana air yang memasuki celah keretakan tidak mudah kering dan akan menjejaskan suhu penurapan dan pemadatan dengan ketara.

Apakah bahan yang diperlukan untuk HIPR?

- Sekiranya bitumen dalam asphalt sedia ada telah menjadi keras sehingga mencapai nilai penusukan kurang dari 40 mm, sedikit rejuvenating agent akan ditambah untuk digaulkan dengan asphalt sedia ada yang telah dipanaskan dan dipecahkan.
- Selain daripada pavemen sedia ada (reclaimed), asphalt baru (virgin mix) digunakan untuk membaiki profile jalan seperti beralun dan rutting. Asphalt baru ini akan ditambah dan digaulkan dengan asphalt sedia ada yang telah dipanaskan dan dipecahkan sebelum diturap semula dan dipadatkan (remix). Asphalt baru juga diperlukan sekiranya rawatan jenis remix-plus (lapisan asphalt baru di atas lapisan HIPR, diturap serentak) dilaksanakan.

Apakah itu rejuvenating agent?

Rejuvenating agent adalah bahan untuk melembutkan bitumen yang telah keras dalam asphalt sedia ada disebabkan pengoksidaan.

Menurut REAM dan JKR/SPJ/2008, rejuvenating agent atau rejuvenator mengandungi kompaun hydrocarbon atau dari jenis cecair bitumen yang mempunyai ciri-ciri fizikal di mana apabila dicampurkan ke dalam campuran asphalt sedia ada yang telah dipanaskan dan dipecahkan, bitumen yang terhasil akan menjadi lembut dan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan iaitu mempunyai nilai penusukan antara 45 – 70 mm.



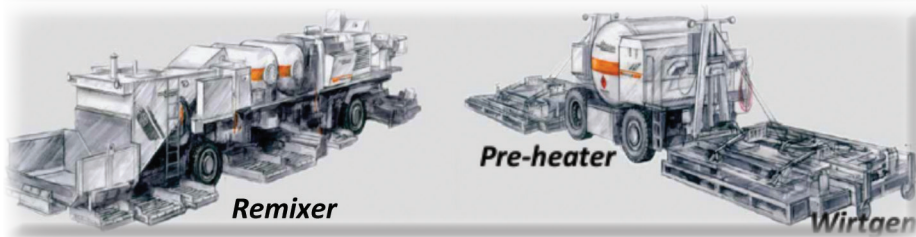
Kandungan rejuvenating agent yang perlu ditambah bergantung pada nilai penusukan bitumen dalam asphalt sedia ada. Kebiasaannya, rejuvenating agent yang ditambah adalah kurang daripada 1% dari berat asphalt sedia ada.



Rejuvenating agent dituang ke dalam mixer.

Apakah mesin dan peralatan yang diperlukan untuk HIPR?

Mesin dan peralatan yang diperlukan untuk HIPR adalah pre-heater dan mixer, yang merupakan mesin khas yang berupaya memanaskan permukaan jalan sehingga mencapai suhu setinggi 180 °C, memecahkan, menggaul dan menurap semula. Turapan dipadatkan dengan mesin menggelek tandem roller dan pneumatic tyre roller.



Pre-heater dan remixer.



Pre-heater/panel heating

- Mempunyai keupayaan pemanasan tidak langsung (infra-red) yang efisien yang mampu memberikan pemanasan yang sekata dan kecerunan suhu (temperature gradient) yang dikehendaki dalam lapisan asphalt setebal 60 mm.
- Mekanisma pemanasan haruslah berupaya melembutkan asphalt sedia ada supaya mudah untuk dipecahkan tanpa merosakkan partikel aggregate, menghanguskan bitumen dan menghasilkan bahan pencemar (pollutants) yang tidak diingini.
- Suhu pemanasan tidak melebihi 180 °C.



Remixer/hot recycler

- Meneruskan proses pemanasan dari pre-heater untuk mengekalkan suhu yang dikehendaki.
- Suhu semasa proses pecah/gaul hendaklah antara 120 °C – 180 °C.
- Lebar maksimum 5 m untuk setiap pass.
- Boleh melaksanakan kerja overlay di mana remixer berfungsi seperti mesin paver.



Tandem & pneumatic tyre rollers

- Suhu mula gelekkan tidak kurang daripada 120 °C.
- Mencapai compacted density tidak kurang dari 98% Marshall density.

Nota: Spesifikasi untuk pemadatan adalah sama dengan kerja penurapan asphalt.



Lori tangki liquid petroleum gas (LPG)

- Diperlukan bagi menyimpan bekalan LPG di tapak. Ketiadaan lori tangki LPG ini khususnya di lokasi yang sukar memperoleh bekalan akan melambatkan kemajuan kerja di tapak.



Shovel

- Diperlukan untuk pemecahan pertama asphalt yang telah dipanaskan oleh pre-heater supaya memudahkan remixer untuk masuk dan meneruskan proses pemanasan dan proses seterusnya.
- Diperlukan untuk mengangkat tong rejuvenator ke atas remixer.



Nota: Walaupun mesin ini tidak terlibat secara langsung, ia adalah penting untuk melancarkan kerja HIPR.

Jadual 1: Mesin-mesin HIPR.

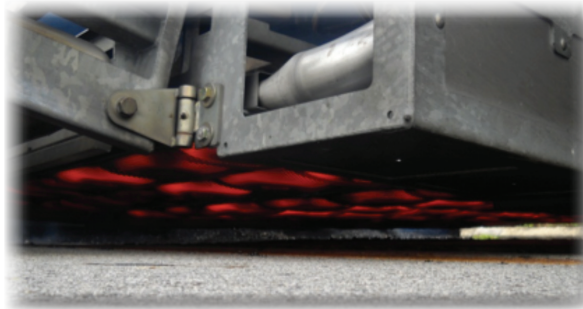


Apakah liquid petroleum gas (LPG) dan kegunaannya?

LPG adalah nama biasa untuk carbon-hydrogen propane, butane dan gabungan/campuran keduanya. Ia adalah bahan mineral (mineral substance) yang terhasil daripada proses penapisan minyak mentah.

LPG tidak beracun tetapi sekiranya dihidu dalam kuantiti yang banyak, ia boleh menyebabkan kesan narkotik disebabkan kekurangan oksigen.

LPG ini akan bertukar daripada bentuk cecair menjadi wap sebagai bahan bakar untuk menghasilkan pemanasan infra-red pada pre-heater dan remixer.



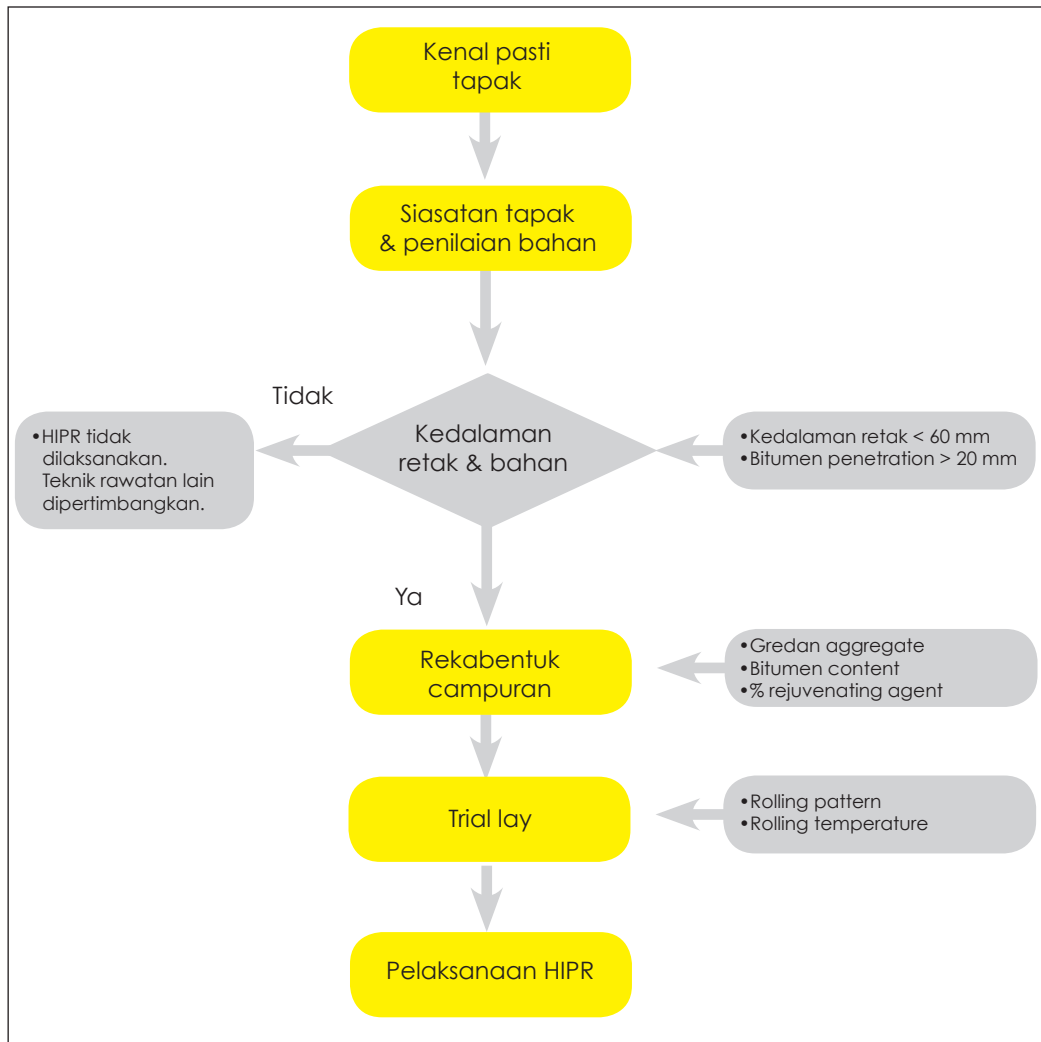
Pemanasan secara infra-red.



Tangki simpanan LPG pada pre-heater and remixer.

Bagaimanakah pelaksanaan rawatan HIPR ditentukan?

Secara amnya, pelaksanaan rawatan HIPR ditentukan berdasarkan carta alir seperti Rajah 1.



Rajah 1: Carta alir penentuan pelaksanaan HIPR.

a. Penyiasatan tapak dan penilaian bahan.

Selepas lokasi dikenal pasti, penyiasatan tapak dilakukan bagi memastikan lokasi tersebut sesuai untuk HIPR dengan menjalankan ujian dan pemerhatian seperti surface condition survey (SCS), falling weight deflectometer (FWD) dan dynamic cone penetrometer (DCP). Sampel core diambil bagi menjalankan ujian seperti marshall density, grading, bitumen content, bitumen recovery dan bitumen penetration. Kedalaman keretakan juga boleh ditentukan dari sampel core. Jadual 2 menerangkan bagaimana untuk mendapatkan bitumen dari asphalt sedia ada dan seterusnya menentukan nilai penusukan.



Prosedur	Gambar	
Mengeluarkan atau mengasingkan bitumen daripada sampel core melalui ujian bitumen extraction/bitumen content.		
Cecair mengandungi campuran bitumen dan methylene chloride (bahan peluntur) diasingkan melalui ujian penyulingan (bitumen recovery).		
Ujian penusukan dibuat ke atas sampel bitumen yang diperolehi daripada ujian bitumen recovery.		

Jadual 2: Menentukan nilai penusukan bitumen dalam asphalt sedia ada.

b. Rekabentuk campuran.

Rekabentuk campuran dibuat setelah ciri-ciri asphalt dan bitumen sedia ada diketahui. Rejuvenating agent ditambah untuk mengembalikan ciri-ciri bitumen, dan asphalt baru ditambah sekiranya diperlukan untuk mengubah gradan aggregate atau sekiranya re-profile permukaan jalan perlu dibuat.

Rekabentuk campuran seharusnya mematuhi ketetapan seperti dalam Jadual 4.9.1, Aggregate Gradation for Blended Mix dan Jadual 4.9.2, Marshall Properties dalam JKR/SPJ/2008.



Mix Design	Type 1	Type 2
B.S. Sieve	% Passing by weight	
37.5	-	
28.0	-	100
20.0	100	76 – 100
14.0	80 – 95	64 – 89
10.0	68 – 90	56 – 81
5.0	52 – 72	46 – 71
3.35	45 – 62	32 – 58
1.18	30 – 45	20 – 42
0.425	17 – 30	12 – 28
0.150	7 – 16	6 – 16
0.075	4 - 10	4 - 8
Target bitumen content	5.0% - 7.0%	4.5% - 6.5%
Air voids	3.0% - 5.0 %	3.0% - 5.0%

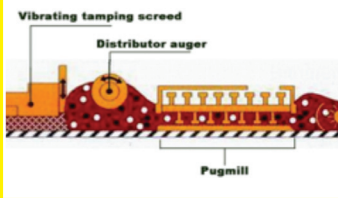
Jadual 4.9.1 JKR/SPJ/2008: Aggregate Gradation for Blended Mix.

Parameter	< 2 million ESA	> 2 million ESA
Stability, S	> 500 kg	> 700 kg
Flow, F	> 2.0 mm	> 2.0 mm
Stiffness, S/F	> 250 kg/mm	> 350 kg/mm
Air voids in mix	3.0% - 5.0%	3.0% - 5.0%
Voids in aggregate filled with bitumen	75% - 85%	75% - 85%

Jadual 4.9.2 JKR/SPJ/2008: Marshall Properties.

- c. Hamparan percubaan (trial lay).**
Panjang minimum hamparan percubaan adalah 150 m. Job mix formula ditentukan daripada campuran (blended mix) semasa proses hamparan percubaan ini.
- d. Pembinaan HIPR.**
Secara amnya, pembinaan HIPR (reshape/reform, iaitu rawatan asas) adalah berdasarkan kepada Jadual 3.



	Prosedur	Gambar
PANAS	Pre-heater memanaskan permukaan jalan dengan menaikkan suhu secara berperingkat (gradient temperature) sehingga mencecah suhu 170 °C (tidak melebihi 180 °C).	 Pre-Heater
PECAH	- Proses pemanasan diteruskan oleh re-mixer dengan mengekalkan suhu pada julat 120 °C – 180 °C. - Permukaan yang telah lembut dari pemanasan tadi dipecahkan sehingga kedalaman yang ditetapkan (tidak melebihi 60 mm).	 Remixer 
TAMBAH REJUVENATING AGENT	- Rejuvenating agent dicampur berpanduan kepada rekabentuk campuran. - Rejuvenating agent disembur sekiranya perlu, semasa menggaul asphalt lama yang dipanas dan dipecahkan.	 Rejuvenator spraying
GAUL	Menggaul asphalt dan rejuvenating agent dalam pugmill/mixer.	 Vibrating tamping screed Distributor auger Pugmill
TURAP & PADAT	Bahan yang telah siap digaul kemudiannya diturap sebelum dipadatkan dengan tandem dan pneumatic tyre roller.	

Jadual 3: Proses pembinaan HPR.



Torch digunakan untuk menghidupkan infra-red.



Pemanasan permukaan jalan sedia ada.



Asphalt baru ditambah jika perlu.



Pemecahan asphalt sedia ada.



Penurapan semula asphalt.



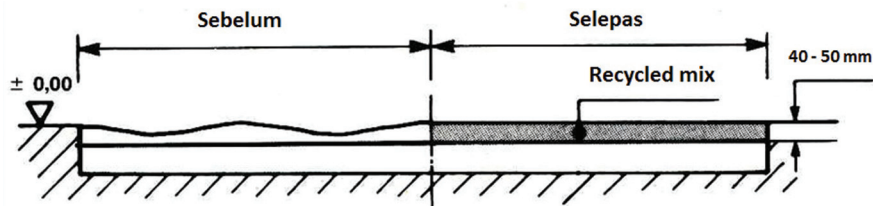
Pemadatan asphalt.



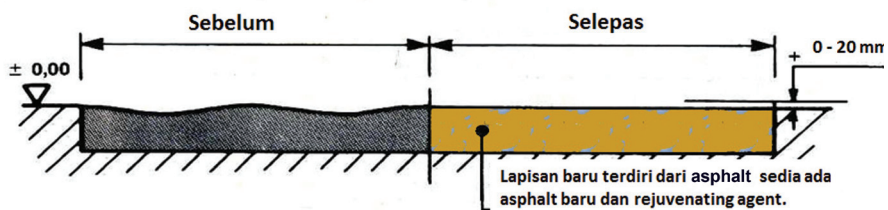
Berapakah pilihan rawatan yang boleh digunakan dalam HIPR?

Selain daripada pembinaan HIPR secara reshape/reform (rawatan asas), terdapat rawatan lain yang ditawarkan melalui teknik HIPR. Secara keseluruhan, pilihan rawatan yang boleh dilaksanakan dalam HIPR adalah seperti berikut;

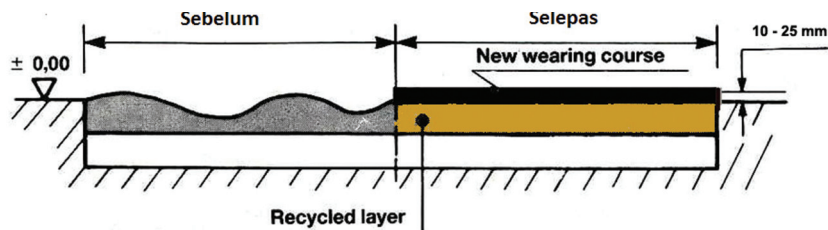
- a. Reshape atau reform – panas, pecah, gaul dan turap seperti Jadual 3.



- b. Remix – panas, pecah, gaul bersama asphalt baru dan turap.



- c. Remix-Plus – panas, pecah, gaul dan turap dengan tambahan satu lapisan asphalt baru di atas lapisan yang dikitar semula.



Walaupun rawatan secara remix dan remix-plus menggunakan asphalt baru, ia masih mengekalkan konsep kitar semula kerana menggunakan semula asphalt sedia ada.

Apakah ciri-ciri keselamatan yang perlu ada untuk HIPR?

Selain daripada segi kualiti, soal keselamatan juga perlu diberi perhatian semasa melaksanakan HIPR kerana teknik rawatan ini melibatkan bahan mudah terbakar iaitu LPG dan mempunyai tangki simpanan LPG pada pre-heater dan remixer.

Oleh itu, langkah-langkah keselamatan perlu diambil dan dipatuhi bagi membendung perkara yang tidak diingini berlaku;

- a. Perlu ada safety officer/supervisor yang bertanggungjawab untuk;
 - Memaklumkan kepada jabatan yang berkaitan seperti DOSH dan Bomba & Penyelamat untuk membawa pre-heater dan remixer ke tapak, dan untuk melaksanakan HIPR.
 - Membuat pemeriksaan ke atas pre-heater dan remixer sebelum dan selepas HIPR bagi memastikan tiada sebarang kebocoran LPG atau minyak hydraulic. HIPR tidak boleh dimulakan selagi tidak mendapat kebenaran safety officer.
 - Mengambil tindakan sekiranya berlaku kemalangan/kecemasan.
 - Memastikan langkah-langkah keselamatan dipatuhi oleh para pekerja terutamanya larangan merokok dalam perimeter kawasan kerja.
- b. Alat pemadam api disediakan pada pre-heater dan remixer.



Alat pemadam api digunakan ketika kebakaran pada mesin.

- c. Digalakkan untuk membuat taklimat kepada pasukan Bomba sebelum memulakan HIPR di tapak bagi memastikan mereka mengetahui langkah yang perlu diambil sekiranya berlaku kecemasan kerana teknologi HIPR belum digunapakai secara meluas di negara ini.



Lawatan dari pihak Bomba di tapak HIPR.

- d. Bahan-bahan seperti road stud, thermoplastic road marking dan loop sensor untuk lampu isyarat harus dibuang terlebih dahulu untuk mengelakkan objek-objek ini dari terbakar semasa proses pemanasan.

Apakah spesifikasi ketebalan HIPR?

Untuk HIPR yang telah siap, ketebalan (compacted thickness) purata tidak kurang daripada ketebalan yang ditetapkan, dan ketebalan minimum pada mana-mana point tidak kurang daripada 5 mm daripada ketebalan yang ditetapkan.

Bolehkah HIPR dilaksanakan pada waktu hujan?

HIPR tidak boleh dilaksanakan ketika musim hujan terutamanya di lokasi yang mengalami keretakan kerana air yang meresap masuk melalui keretakan ini akan meningkatkan kelembapan lapisan bawah. Risiko untuk mencapai suhu semasa menggaul kurang daripada 120 °C adalah tinggi kerana bahagian lapisan bawah yang lembab ini akan mengambil masa yang lama untuk dikeringkan dan dipanaskan. Perlu diingatkan suhu pemanasan di bahagian bawah lapisan turapan adalah lebih rendah berbanding di permukaan.



Permukaan jalan yang basah selepas hujan dan air meresap masuk ke lapisan bawah melalui keretakan.

Bolehkah HIPR dilaksanakan pada waktu malam?

HIPR digalakkan untuk dilaksanakan pada waktu malam. Walaupun kos operasi bertambah untuk menyediakan lampu limpah dan sebagainya, namun produktiviti akan turut bertambah kerana memberi lebih keselesaan kepada para pekerja dengan suasana sekeliling yang lebih sejuk. Para pekerja akan cepat terhidrasi pada waktu siang kerana terdedah kepada bahang oleh suhu panas pre-heater/ remixer dan bahang panas matahari.



HIPR dilaksanakan pada waktu malam.

Apakah kadar kerja (production rate) untuk HIPR?

Kadar kerja bergantung kepada kelajuan mesin dan lebar bukaan mesin HIPR. Dengan kelajuan minimum mesin 2.5 m/minit dan bukaan mesin yang mampu merangkumi lebar jalan (per lane), untuk tempoh kerja ideal 8 jam, sejauh 1000 m – 1200 m per lane mampu dilaksanakan.



Bukaan maksimum mesin HIPR = 4.5 m.



Apakah masalah yang mungkin dihadapi dalam melaksanakan HIPR?

Masalah yang mungkin dihadapi dalam melaksanakan HIPR adalah seperti berikut;

a. Lokasi tidak mematuhi kriteria HIPR.

Lokasi yang dipilih untuk menggunakan kaedah HIPR ini mesti mematuhi segala kehendak HIPR seperti kedalaman keretakan tidak melebihi 60 mm, tidak melibatkan kegagalan struktur dan tidak boleh dilaksanakan sekiranya jalan basah/ketika musim hujan. Sekiranya kehendak HIPR tidak dipatuhi, ia akan mengakibatkan kegagalan dalam masa singkat ke atas lokasi yang dibaikpulih.



HIPR dilakukan selepas hujan/ke atas permukaan jalan yang basah dan mengalami keretakan.

Masalah ini mungkin berpunca daripada ketidaktelitian semasa melakukan siasatan tapak/pada peringkat awal. Oleh itu, siasatan tapak merangkumi keadaan/kekuatan struktur pavemen harus dilakukan dengan teliti dan sempurna.



Penyiasatan tapak.

b. Bitumen dalam asphalt sedia ada terbakar/hangus semasa kerja pemanasan.

Bitumen dalam asphalt sedia ada boleh terbakar atau hangus sekiranya terjadi situasi seperti berikut;

- Suhu pemanasan terlalu tinggi.
- Pre-heater/remixer statik di suatu spot untuk tempoh yang lama.
- Di kawasan bleeding.

Nota: Bitumen yang hangus di permukaan jalan ini hendaklah dibuang dan digantikan dengan asphalt baru sebelum HIPR diteruskan berdasarkan kepada JKR/SPJ/2008.



Bitumen hangus.



Membuang bitumen hangus.

Masalah ini boleh diatasi dengan memeriksa suhu pemanasan dari semasa ke semasa. Untuk membaikpulih lokasi bleeding, rejuvenating agent kebiasaannya tidak ditambah.

c. Tidak cukup bahan untuk recycle semasa kerja penurapan.

Mesin remixer direka khas untuk re-profile jalan yang dibaiki secara automatik. Sekiranya jalan yang dibaiki mengalami rutting/depression atau beralun, asphalt baru diperlukan untuk re-profile jalan ini. Masalah tidak cukup bahan recycle (asphalt sedia ada) timbul apabila tiada asphalt baru dibekalkan ke dalam hopper remixer.



Bahan recycle yang tidak mencukupi semasa penurapan.



d. Tiada LPG tanker/bekalan LPG.

LPG tanker diperlukan untuk memastikan bekalan LPG sentiasa ada di tapak terutamanya di kawasan yang jauh daripada pembekal LPG. Namun, bilangan LPG tanker yang ada di negara ini sangat terhad. Sekiranya tiada LPG tanker ini, perancangan rapi adalah penting bagi memastikan pembekal LPG datang pada masa yang ditetapkan untuk pam LPG terus ke tangki pre-heater dan remixer.



LPG tanker.

Untuk tujuan keselamatan, tangki LPG pada pre-heater/remixer tidak boleh diisi melebihi 90% kapasiti tangki.

e. Tiada operator yang mahir.

Walaupun mesin remixer dan pre-heater beroperasi secara automatik, ia tetap memerlukan pekerja mahir (skilled worker) dan terlatih. Oleh kerana teknologi ini belum digunakan secara meluas di negara ini, pekerja mahir juga adalah terhad.



Hanya operator mahir dan terlatih dibenarkan mengendalikan remixer.

f. Penghasilan asap berlebihan.

Asap berlebihan terjadi apabila permukaan jalan yang basah dipanaskan disebabkan proses pengewapan, dan juga apabila bitumen dalam asphalt sedia ada hangus. Asap berlebihan ini akan memberi ketidakselesaan kepada para pekerja, pengguna jalanraya dan penduduk setempat.



Asap berlebihan dari pre-heater.



Para pengarang bergambar di atas mesin remixer.