

BAB 4

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian spesimen yang didapat dibandingkan dengan dua referensi utama yakni rujukan laboratorium dan artikel ilmiah yang relevan. Untuk aspek kemudahan dalam penulisan, asam lemak minyak kedelai terkadang ditulis sebagai *soybean oil*.

4.1. Pengamatan Visual dan Waktu Kering

Dari hasil penelitian pendahuluan didapatkan bahwa formula yang harus dibuat adalah campuran *premix* (NaturaBit70 + *xylene*) dalam perbandingan 80:20) dengan asam lemak minyak kedelai dibawah 5% berat dan ditambahkan katalis pengering sejumlah 0.1% berat terhadap asam lemak minyak kedelai. Jenis katalis yang dipakai adalah campuran antara Pb (*lead octoate*) 30% berat, Co (*cobalt octoate*) 8% berat, Ca (*calcium octoate*) 5% berat. [3]



Gambar 4.1 Visual film coating tiap spesimen dari NB-10 sampai NB-50

Primer coating kemudian diaplikasikan dengan cara spray ke permukaan baja karbon. Hasilnya disajikan pada gambar 5.1 yang menunjukkan visual film coating tiap spesimen dari NB-10 sampai NB-50. Dari kanan ke kiri adalah spesimen no. 1 (NB-10) sampai spesimen 5 (NB-50). Sampel NB-10 merupakan

komposisi dengan asam lemak minyak kedelai 1% berat dan seterusnya NB-50 merupakan komposisi tertinggi dengan kadar asam lemak minyak kedelai 5% berat. Secara umum semua film yang terbentuk adalah mulus, rata dan kilap.

Spesimen menunjukkan hasil yang baik pada komposisi maksimum 3% berat asam lemak minyak kedelai. Komposisi coating dengan asam lemak minyak kedelai lebih dari 3% akan menyebabkan sedikit gejala lengket atau *tacky*, namun tidak menempel jika disentuh dengan jari. Walaupun pada komposisi 4% dan 5% ada efek *tacky*, primer tersebut masih bisa dipakai pada aplikasi primer sebagai adhesif untuk bahan perekat pembungkus pipa. Pembungkus pipa yang dimaksud disini adalah bahan plastik campuran *polyethylene* dan *polypropylene*.

Waktu kering yang didapat adalah berkisar antara 15 sampai 30 menit. Hasil waktu kering ini termasuk cepat dalam aplikasi industri. Dari referensi yang ada kering sentuh yang memadai adalah maksimal 1 jam dan untuk kering keras maksimal 7 jam. [17] [6]

Tabel 4.1 Pengamatan visual dan waktu kering sentuh

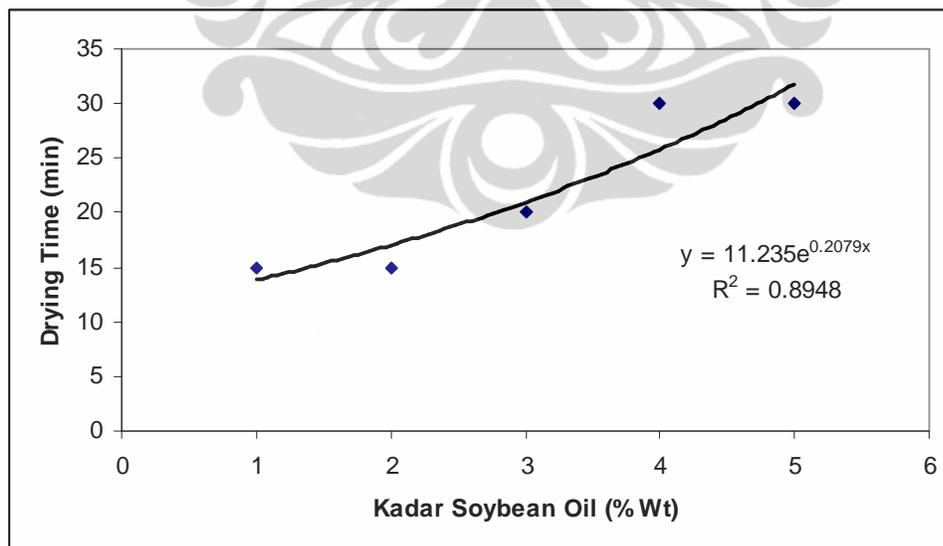
No.	Test	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.Lab. [20][8]
1	Visual	Mulus, rata, kilap	Mulus, rata, kilap	Mulus, rata, kilap	Mulus, rata, kilap <i>tacky</i>	Mulus, rata, kilap <i>tacky</i>	Mulus, rata, kilap
2	Waktu kering (menit)	15	15	20	30	30	60

Hasil waktu kering sentuh tergolong cepat sehingga pemakaian pelarut *white spirit* dalam pembuatan premix dapat dipertimbangkan. Saat ini industri coating lebih menyukai *white spirit* yang merupakan pelarut komersial yang murah dibanding dengan *xylene*. Aplikasi *white spirit* diramalkan menjadi lebih

baik lagi jika komposisi *saturates* dalam NaturaBit70 bisa dikurangi hingga menjadi kurang dari 5% berat. Aplikasi proses distilasi vakum direkomendasikan untuk mengurangi kadar *saturates* dalam NaturaBit70 [9].

Pengamatan di laboratorium yang disajikan pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa waktu kering akan semakin bertambah atau lebih lama seiring dengan bertambahnya kadar asam lemak minyak kedelai dalam *premix*. Hasil ini disebabkan oleh meningkatnya kadar asam lemak minyak kedelai jenuh dan reaktan berlebih yang tidak menghasilkan *crosslinking* pada lapisan film. Dalam terminologi struktur aspal dapat juga dipahami sebagai efek bertambahnya kadar *saturates* [5]. Efek lain yang muncul yang disebabkan bertambahnya kadar *saturates* adalah efek *tacky*.

Lebih lanjut jika data tersebut dimodelkan menghasilkan model tak linier seperti yang disajikan pada Gambar 5.2. Dengan tingkat korelasi $R^2 = 0.8948$ dapat dikatakan masih mempunyai korelasi yang baik dalam batas rentang pengujian.



Gambar 4.2. Grafik persentase *soybean oil* vs waktu kering sentuh

Pemodelan dengan model linier dapat juga dilakukan namun tidak terlalu tepat dengan makna fisika. Pada model linier kita akan dapat mengekstrapolasikan

kurva sehingga kita akan selalu mendapatkan waktu kering pada setiap kadar asam lemak minyak kedelai. Ini tertolak oleh penelitian awal bahwa pada konsentrasi 16% berat asam lemak minyak kedelai didapati bahwa permukaan tidak pernah kering [3]. Dari data ini dipilihlah model tak linier. Argumen ini didukung juga oleh data bahwa semakin tinggi kadar asam lemak minyak kedelai semakin terlihat tendensi lengket seperti yang disajikan pada Tabel 4.1, terlihat bahwa spesimen coating dari NB-40 dan NB-50 mempunyai kecenderungan lengket.

4.2 Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan dengan menggunakan pensil disajikan pada Tabel 4.2 dan secara visual disajikan pada Gambar 4.3.

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekerasan yang bisa dicapai adalah maksimal 5B sehingga dapat disimpulkan bahwa film coating yang dihasilkan adalah jenis film coating yang lunak. Hasil ini sudah diperkirakan sebelumnya mengingat kadar *saturates* dalam Naturabit adalah 10% berat. Perbaikan kekerasan haruslah melibatkan perbaikan system proses pembuatan NaturaBit70 yakni dengan penambahan pompa vakum pada unit kolom distilasi [9].

Tabel 4.2. Hasil uji kekerasan

Sampel	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.Lab. [20]
Jenis Pensil	5B	5B	6B	6B	6B	HB - H

Tingkat kekerasan menurun seiring dengan meningkatnya persentase asam lemak minyak kedelai dalam primer coating. Efek ini disebabkan oleh makin meningkatnya kadar asam lemak minyak kedelai jenuh dan reaktan berlebih yang tidak bereaksi *crosslinking* pada waktu *curing* dan pada akhirnya mengendap sebagai komponen *saturates* [5].



Gambar 4.3 Pengerjaan uji kekerasan dengan pensil

4.3 Hasil Uji Ketahanan Abrasi

Uji tingkat ketahanan abrasi dilakukan dengan metoda *abrasive falling sand test* yang dilakukan dengan cara menjatuhkan pasir silica di atas spesimen film coating, sesuai dengan metode ASTM D 968. Hasil uji ketahanan abrasi tersebut disajikan pada Tabel 4.3.

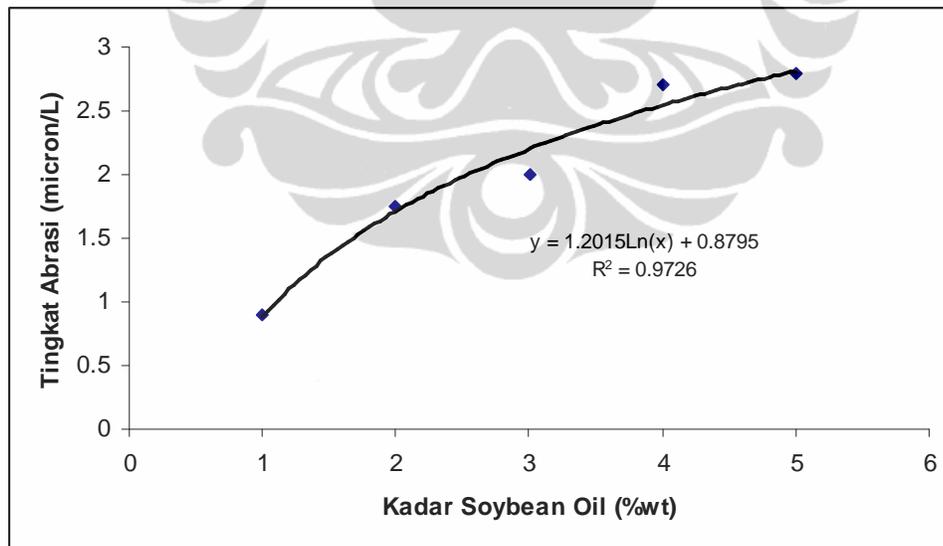
Tabel 4.3. Hasil uji ketahanan abrasi

Sampel	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50
Tebal terabrasi (mikron/liter)	0,9	1,75	2,0	2,7	2,8

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa setelah penaburan pasir silica, sampel dengan kadar asam lemak minyak kedelai tinggi (seperti NB-50) memiliki kecenderungan lebih terabrasi lebih banyak dibandingkan dengan NB-10. Hasil ini seiring dengan pengujian kekerasan yang menurun seiring dengan naiknya kadar asam lemak minyak kedelai dalam primer.

Tidak ada data laboratorium dan yang bisa dirujuk dalam pengujian ini karena uji ketahanan abrasi sangat jarang dilakukan serta biasanya hasil uji abrasi memiliki kesesuaian dengan uji kekerasan. Dari data dapat disimpulkan bahwa aplikasi asam lemak minyak kedelai maksimum 3% berat masih dapat dianggap memadai. Coating dengan bahan baku NaturaBit70 dengan kadar asam lemak minyak kedelai 4% berat adalah cukup kritis dikarenakan angka abrasinya tidak jauh berbeda dengan coating NaturaBit70 berkadar asam lemak minyak kedelai 5% berat.

Lebih lanjut jika dimodelkan maka grafik diatas lebih tepat jika dimodelkan dalam kurva logaritma dan didapat korelasi yang baik yakni $R^2 = 0.9726$. Model yang dipilih adalah model tak linier dikarenakan makna fisika dari percobaan ini. Dari pengerjaan di laboratorium, pada waktu kalibrasi alat, didapat bahwa pengujian ketahanan abrasi pada konsentrasi asam lemak minyak kedelai lebih besar dari 5% berat adalah tidak memungkinkan. Ini dapat dipahami karena pengujian ketahanan abrasi tidak bisa dilakukan pada permukaan yang lengket.



Gambar 4.4 Grafik persentase *soybean oil* terhadap tingkat abrasi

4.4 Hasil Uji Kelekatan

Jenis uji kelekatan yang dilakukan adalah *cross-cut test*. Hasil pengujian *cross cut test* disajikan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil uji *cross-cut*

Sampel	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.[8]
% Terkelupas	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Hasil *cross-cut test* diatas menunjukkan tingkat kelekatan atau adhesi yang sempurna antara coating dan *base metal* pada semua konsentrasi asam lemak minyak kedelai oil yang dibuat. Dari data pada table 4.4 dapat disimpulkan bahwa NaturaBit70 mempunyai kinerja kelekatan yang baik pada semua konsentrasi asam lemak minyak kedelai.

4.5 Hasil Uji Fleksibilitas

Hasil uji fleksibilitas disajikan pada Tabel 4.5 dan secara visual disajikan pada Gambar 4.5.

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa setelah pembengkokan semua sampel secara visual tidak ada perubahan fisik pada permukaan film coating berupa retakan. Semua sampel yang diuji memiliki daya lentur yang baik dan tahan terhadap efek keretakan. Hasil ini sepadan dengan pengujian uji kelekatan sebelumnya yakni semua spesimen mempunyai kelekatan yang baik pada semua kadar asam lemak minyak kedelai. Dari Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa NaturaBit70 mempunyai kinerja fleksibilitas yang baik pada semua konsentrasi asam lemak minyak kedelai.

Tabel 4.5. Hasil uji fleksibilitas

Sampel	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.[8]
Hasil	Tahan, tidak retak					



Gambar 4.5. Tampak visual sampel setelah *bending*

4.6 Hasil Uji Kekuatan Tarik

Hasil uji kekuatan tarik disajikan pada Tabel 4.6. Tanda sign (-) menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari spesimen adalah besar sekali dan diluar rentang pembacaan alat atau dapat juga dikatakan bahwa tingkat adhesi dari spesimen lebih baik dari lem *araldite*.

Tabel.4.6 Hasil uji kekuatan tarik

No	Spesimen	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.Lab [20]
1	Tensile Streng Test (MPa)	(-)	(-)	(-)	(-)	0,9	(-)

Spesimen NB-10 sampai NB-40 mempunyai hasil kekuatan tarik yang superior. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat adhesi antara metal dan film coating yang tinggi karena pada saat indikator terlepas tidak ada lapisan yang

terkelupas. Laboratorium biasanya merujuk hasil ini sebagai indikasi apakah coating sudah memadai kemampuannya dan tidak perlu diformulasi ulang



Gambar 4.6. Elcometer dan spesimen

Pada NB-50 terlihat bahwa daya lekat lapisan terlihat kurang baik karena coating tercongkil atau rusak pada pemberian tarikan sebesar 0.9 MPa. Hasil ini mendukung pengujian sebelumnya bahwa daya lekat lapisan akan berkurang dengan semakin banyaknya kandungan asam lemak minyak kedelai pada coating

4.7 Hasil Uji Sembur Garam

Hasil uji sembur garam disajikan pada Tabel 4.7 dan secara visual disajikan pada Gambar 5.8

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa setelah pengkabutan larutan garam natrium klorida 5% berat selama 96 jam semua sampel secara visual tidak ada perubahan fisik pada permukaan coating berupa kerusakan lapisan coating yang pada akhirnya akan terjadi korosi pada base metal



Gambar 4.7. Visual sebagian spesimen setelah 96 jam uji sembur garam

Tabel 4.7. Hasil uji sembur garam

Spesimen	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.Lab. [20]
Hasil	tidak terjadi korosi					

Didukung pengujian sebelumnya yakni pengujian *cross cut test* dimana sampel mempunyai sifat kelekatan yang baik, maka pada test ini secara terbatas kita dapat menyimpulkan bahwa film coating pada semua kadar asam lemak minyak kedelai mempunyai ketahanan yang baik terhadap *species* agresif ion klor. Verifikasi lebih lanjut membutuhkan test dengan waktu yang lebih lama.

4.8 Hasil Uji Ketahanan Panas

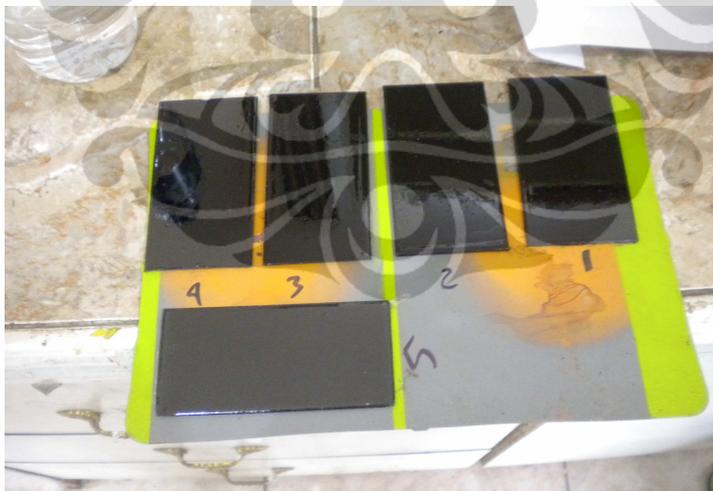
Hasil uji ketahanan panas disajikan pada Tabel 4.8 dan secara visual disajikan pada Gambar 4.8. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa setelah pemanasan semua sampel secara visual tidak ada perubahan fisik pada permukaan

coating baik berupa gelembung ataupun *blister* pada semua variasi kadar asam lemak minyak kedelai.

Tabel 4.8. Hasil uji ketahanan panas

Spesimen	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50	Ref.Lab. [20]
Hasil	<i>No visible change</i>					

Lebih lanjut terdapat tanda tanda perbaikan permukaan coating pada sampel NB-40 dan NB-50 yakni sifat *tacky* sudah berkurang jauh sehingga dapat disimpulkan bahwa metoda *baking* atau pemanasan dapat direkomendasikan untuk perbaikan kinerja. Gejala ini kemungkinan besar disebabkan oleh menguapnya kadar *saturates* fraksi ringan dalam film coating. Pendukung alasan ini adalah fakta bahwa flash point dari wax adalah 390 °F sedangkan flash point asam lemak kedelai adalah 500 °F [9].



Gambar 4.8. Tampak visual spesimen setelah pemanasan 8 jam

Hasil ini juga menunjukkan bahwa jika primer diaplikasikan pada pipa *flowline* bertemperatur 140 – 180 °F dapat dipastikan bahwa primer tidak akan mengalami kerusakan seperti terkelupas atau *blistering*.

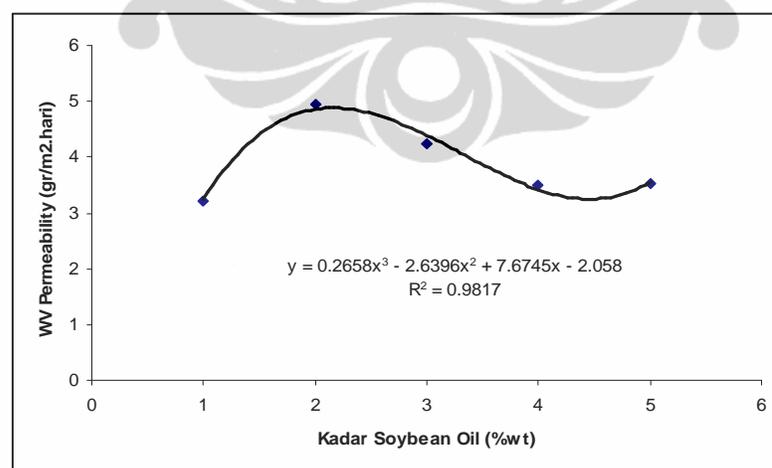
4.9 Hasil Uji Permeabilitas

Uji permeabilitas dilakukan dengan menggunakan metoda *Water vapour permeability test* yakni dengan melakukan pengamatan terhadap jumlah uap air yang menembus film dalam *moisture permeability cup*, sesuai dengan metode ASTM D 1653. Hasil uji permeabilitas disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil uji permeabilitas

Sampel	NB-10	NB-20	NB-30	NB-40	NB-50
Hilang uap, (g/m ² .hari)	3,22	4,95	4,25	3,51	3,53

Jika dilakukan pemodelan terhadap data maka model yang tepat adalah kurva polinom dengan orde 3 dan didapat korelasi yang sangat tinggi yakni $R^2 = 0.9817$. Model ini menjelaskan bahwa ada harga maksimum yang bisa dicapai dari nilai *water vapour permeability* yakni pada kadar asam lemak minyak kedelai 2.155% berat. Setelah harga maksimum tersebut nilai *water vapour permeability* akan menurun.



Gambar 4.9. Kurva korelasi kadar asam lemak minyak kedelai vs permeabilitas

Pada waktu kadar asam lemak minyak kedelai masih terlalu kecil yakni pada kadar 1% berat, reaksi *crosslinking* akan menghabiskan semua reaktan dan menyisakan sedikit *non drying oil* atau asam lemak jenuh yang mempunyai gugus C-C. Keadaan tersebut menyebabkan kerapatan molekul dalam struktur koloid tidak jauh berbeda dengan konsentrasi 0% berat asam lemak minyak kedelai. sehingga nilai *water vapour permeability* menjadi rendah atau struktur aspal dapat dianggap relative rapat namun masih meloloskan air. Literatur juga menjelaskan bahwa kelemahan aspal adalah rentan terhadap asam, basa dan larutan garam serta mempunyai kemampuan untuk mendifusikan air [1].

Pada saat nilai maksimum *water vapour permeability* yakni pada kadar asam lemak minyak kedelai 2.155% reaktan akan relative 'stoikiometris' sehingga kadar asam lemak minyak kedelai tak jenuh dari gugus C=C akan bereaksi lebih banyak sehingga fraksi *saturates* akan banyak meninggalkan fasa kontinyu dan berpindah menjadi fasa *maltene*. Argumen ini didukung oleh teori struktur koloid aspal yang menjelaskan bahwa *saturates* mempunyai fungsi sebagai *water proofing agent* [5].

Selanjutnya pada kadar asam lemak minyak kedelai melewati 2.155% berat maka *water vapour permeability* akan turun. Ini disebabkan oleh jumlah asam lemak minyak kedelai yang sudah terlalu banyak sehingga ada reaktan yang tidak bereaksi dan mengendap pada lapis bawah dan mendisperse asphaltene/maltene sehingga struktur aspal menjadi lebih sol. Keadaan ini menyebabkan permeabilitas menjadi turun. Argumen ini didukung pula oleh data uji kekerasan dimana terlihat bahwa kekerasan menjadi turun pada konsentrasi asam lemak minyak kedelai setelah 2% berat.

Menurut grafik pada gambar 4.9 kecenderungan dari kurva setelah konsentrasi asam lemak minyak kedelai 5% berat terlihat naik. Namun demikian kita harus berhati-hati dengan fakta ini. Pertama, secara numerik terlihat bahwa data permeabilitas NB-40 dan NB-50 tidaklah berbeda jauh. Kedua, menurut teori koloid dan mekanisme reaksi *crosslinking* maka keadaan yang mungkin terjadi adalah kecenderungan mendatar atau boleh jadi menurun [5] [13] . Kedua teori

tersebut menjelaskan bahwa jumlah fraksi *saturates* akan selalu meningkat karena bertambahnya fraksi asam lemak jenuh dan bertambah juga reaktan berlebih yang tidak beraksi *crosslinking* sehingga polaritas lapisan coating akan menjadi naik sehingga daya tembus air akan boleh jadi menjadi tetap atau malah menjadi turun.

