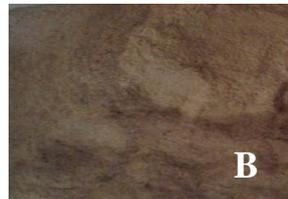


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Preparasi Serbuk

Pembuatan komposit bahan gesek kampas rem dibuat dengan menggunakan serbuk serabut kelapa sebagai *filler* dan serbuk tembaga sebagai *reinforcement*. Serabut kelapa yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 didapat dari Kebumen, Jawa Tengah. Serabut kelapa yang didapat berwarna coklat tua, sudah dalam kondisi bersih dari gabus serat kelapa dan kering. Setelah serabut kelapa dijadikan serbuk kemudian di ayak menggunakan ayakan 120 Mesh agar dihasilkan serbuk yang halus dan sisa serat yang masih ada tidak ikut digunakan. Serbuk serabut kelapa yang dihasilkan memiliki warna coklat tua dengan ukuran ± 125 mikron atau 0,0049 inci.

Untuk serbuk tembaga didapatkan dari lempengan tembaga yang dikikir menggunakan kikir baja. Setelah didapatkan serbuk kemudian di ayak menggunakan ayakan 60 Mesh dan dihasilkan serbuk berwarna jingga kemerahan dengan ukuran butiran yang seragam, yaitu ± 250 mikron atau 0,0098 inchi. Digunakan ayakan 60 Mesh dikarenakan serbuk yang didapatkan setelah dikikir mempunyai ukuran terkecil untuk ayakan 60 Mesh.



Gambar 4. 1 Gambar (a) serabut kelapa yang digunakan (b) serbuk serabut kelapa yang digunakan



Gambar 4. 2 Serbuk tembaga yang digunakan

4.2 Hasil Pembuatan Spesimen Komposit

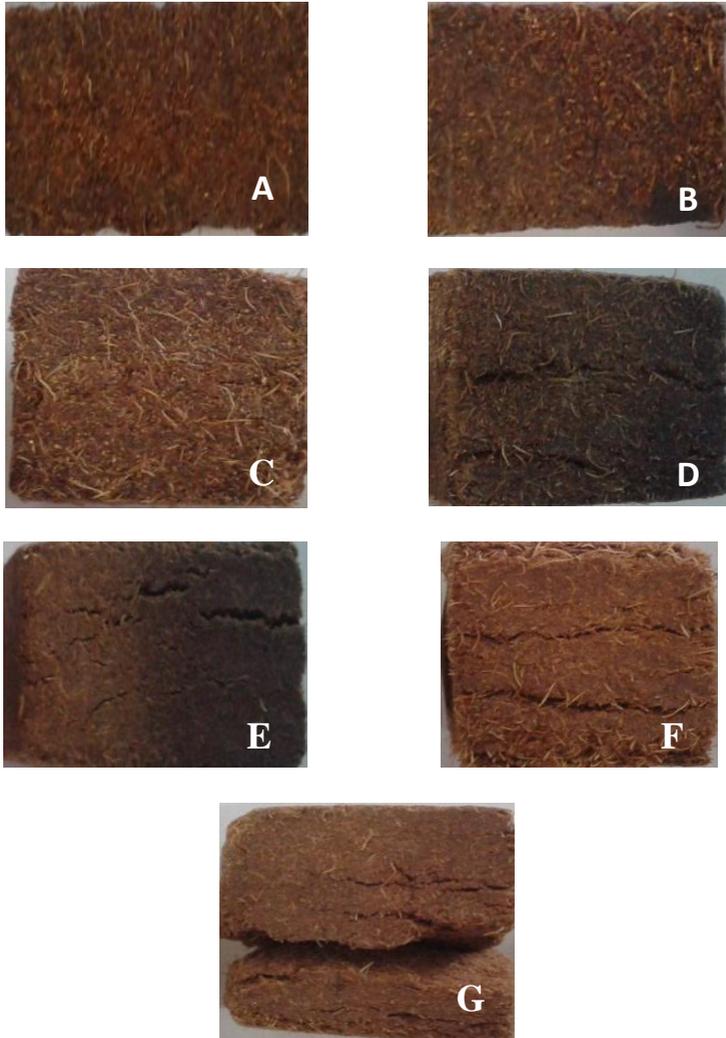
Pembuatan komposit bahan gesek kampas rem menggunakan metode *compression molding* menghasilkan spesimen dengan panjang 7 cm dan lebar 2 cm. Ketebalan spesimen yang dihasilkan bervariasi bergantung dengan komposisi serbuk serabut kelapa dan serbuk tembaga yang digunakan. Semakin bertambah komposisi serbuk serabut kelapa maka semakin kecil massa sampel komposit yang dihasilkan, dan semakin kecil massa sampel komposit maka semakin tebal sampel komposit yang dihasilkan. Akan tetapi, pada sample S5 dan S6 ketebalan sampel komposit yang dihasilkan lebih rendah daripada sampel S4. Hal ini kemungkinan diakibatkan kurang padatnya pada saat pengisian campuran bahan ke dalam cetakan (*Dies*). Massa sampel komposit yang dihasilkan bervariasi antara $20,665 \pm 0,189$ cm sampai $8,742 \pm 0,180$ cm, sedangkan ketebalan sampel komposit yang dihasilkan bervariasi antara $1,41 \pm 0,02$ cm sampai $2,24 \pm 0,08$ cm.

Tabel 4. 1 Nama dan komposisi spesimen

Nama Spesimen	Perbandingan serbuk serabut kelapa dan serbuk tembaga
S1	0,5 : 6,5
S2	1 : 6
S3	2 : 5
S4	3 : 4
S5	4 : 3
S6	5 : 2
S7	6 : 1

Tabel 4. 2 Massa dan ketebalan spesimen

Nama Spesimen	Massa (gram)	Ketebalan (cm)
S1	$20,665 \pm 0,189$	$1,41 \pm 0,02$
S2	$19,583 \pm 0,223$	$1,18 \pm 0,02$
S3	$19,525 \pm 0,204$	$1,96 \pm 0,01$
S4	$16,511 \pm 0,261$	$2,07 \pm 0,01$
S5	$10,480 \pm 0,143$	$1,56 \pm 0,01$
S6	$9,103 \pm 0,036$	$1,87 \pm 0,04$
S7	$8,742 \pm 0,180$	$2,24 \pm 0,08$



Gambar 4. 3 Sampel komposit (a) komposisi 0,5:6,5 (b) komposisi 1:6 (c) komposisi 2:5 (d) komposisi 3:4 (e) komposisi 4:3 (f) komposisi 5:2 (g) komposisi 6:1

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya komposisi serbuk serabut kelapa, maka sampel yang dihasilkan akan semakin rapuh. Pada komposisi 0,5:6,5 terlihat sampel yang dihasilkan padat dan keras. Sampel yang dihasilkan

juga memiliki warna coklat tua, hal ini dikarenakan serbuk serabut kelapa yang digunakan berwarna coklat tua serta komposisi serbuk tembaga yang besar. Pada komposisi 1:6 sampel yang dihasilkan padat dan keras. Adanya penambahan komposisi serabut kelapa menyebabkan permukaan sampel agak sedikit kasar. Sampel komposit dengan komposisi 2:5 mempunyai sifat yang padat dan mulai terlihat serbuk serabut kelapa yang dominan. Warna komposit yang dihasilkan tidak setua seperti yang dihasilkan pada S1 dan S2, hal ini disebabkan komposisi serbuk tembaga yang semakin berkurang sehingga warna yang dihasilkan tidak terlalu tua.

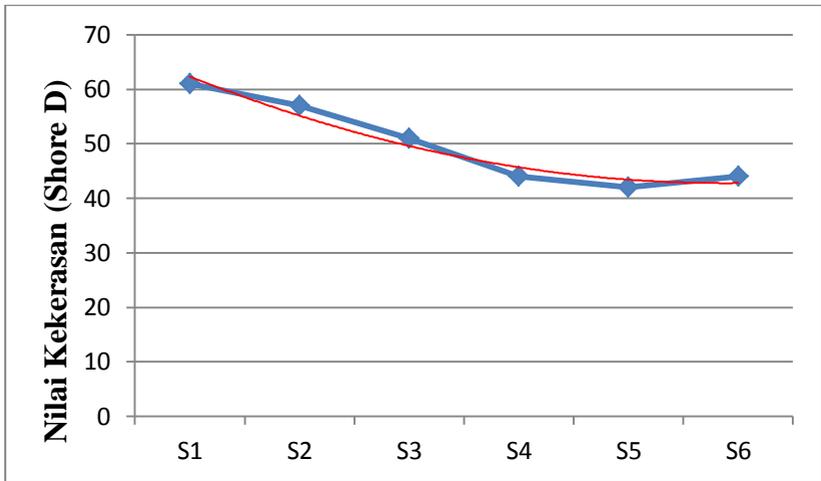
Pada komposisi 3:4 sampel komposit yang dihasilkan terlihat membentuk sedikit retakan (*cracking*), yang disebabkan adanya peningkatan komposisi serabut kelapa sehingga matrik tidak dapat optimal untuk mengikat *filler* dan *reinforcement* sehingga ikatan antara matriks, *filler* dan *reinforcemennya* menjadi lemah. Selain itu, komposit yang dihasilkan juga sedikit rapuh. Komposit dengan perbandingan 4:3 menghasilkan retakan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan perbandingan 3:4 dikarenakan komposisi serbuk serabut kelapa yang semakin meningkat. Selain itu, komposit yang dihasilkan juga rapuh dan permukaannya kasar. Pada komposisi 5:2 menghasilkan komposit dengan retakan yang lebih banyak dan lebih rapuh. Komposit dengan komposisi 6:1 menghasilkan komposit dengan permukaan yang kasar, memiliki banyak retakan dan sangat rapuh. Dapat disimpulkan bahwa seiring dengan kenaikan komposisi serbuk serabut kelapa maka sampel komposit yang dihasilkan akan semakin rapuh, terbentuk banyak retakan dan memiliki permukaan yang kasar.

4.3 Hasil Uji Kekerasan

Uji kekerasan dengan menggunakan Shore D Hardness menghasilkan data pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil uji kekerasan

Nama Sampel	Kekerasan (Shore D)
S1	61
S2	57
S3	51
S4	44
S5	42
S6	44



Gambar 4. 4 Nilai kekerasan terhadap komposisi komposit

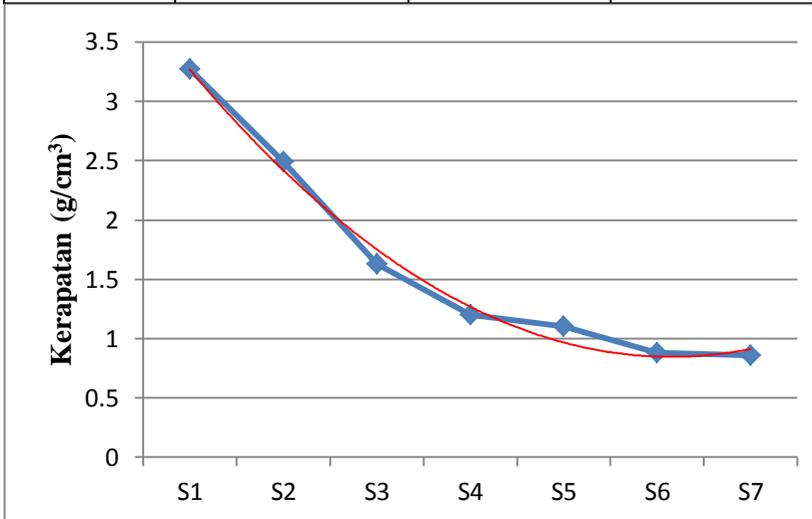
Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan bervariasi. Nilai kekerasan paling besar dihasilkan oleh sampel S1 sebesar 61 Shore D, dan yang paling rendah dihasilkan oleh sampel S5 yaitu sebesar 42 Shore D. Penurunan nilai kekerasan terjadi seiring dengan penambahan komposisi serbuk serabut kelapa, karena serbuk serabut kelapa memiliki nilai kekerasan yang jauh lebih rendah dibandingkan nilai kekerasan serbuk tembaga. Oleh karena itu, semakin banyak komposisi serbuk serabut kelapa maka kekerasan pada sampel komposit bahan gesek kampas rem akan semakin menurun. Semakin kecil nilai kekerasan dari sampel bahan gesek kampas rem, maka ketika diaplikasikan untuk bahan gesek kampas rem akan memiliki sifat yang mudah aus sehingga bahan gesek kampas rem tersebut akan cepat habis. Berdasarkan nilai kekerasannya, komposisi yang memiliki nilai kekerasan mendekati nilai kekerasan bahan gesek kampas rem konvensional adalah komposisi 0,5 : 6,5 (S1). Nilai kekerasan bahan gesek kampas rem konvensional adalah 94 Shore D sedangkan kekerasan pada komposisi 0,5 : 6,5 (S1) sebesar 61 Shore D.

4.4 Hasil Penentuan Kerapatan

Penentuan kerapatan dengan menggunakan prinsip Archimedes menghasilkan data seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil uji kerapatan

Nama Sampel	Massa (g)	Volume (cm ³)	Kerapatan (g/cm ³)
S1	20,665±0,189	6,3±0,2	3,27±0,10
S2	19,583±0,223	7,9±0,3	2,49±0,10
S3	19,525±0,204	12,0±0	1,63±0,02
S4	16,511±0,261	13,8±0,3	1,20±0,03
S5	10,480±0,143	9,6±0,2	1,10±0,03
S6	9,103±0,036	10,3±0,2	0,88±0,02
S7	8,742±0,180	10,2±0,1	0,86±0,02

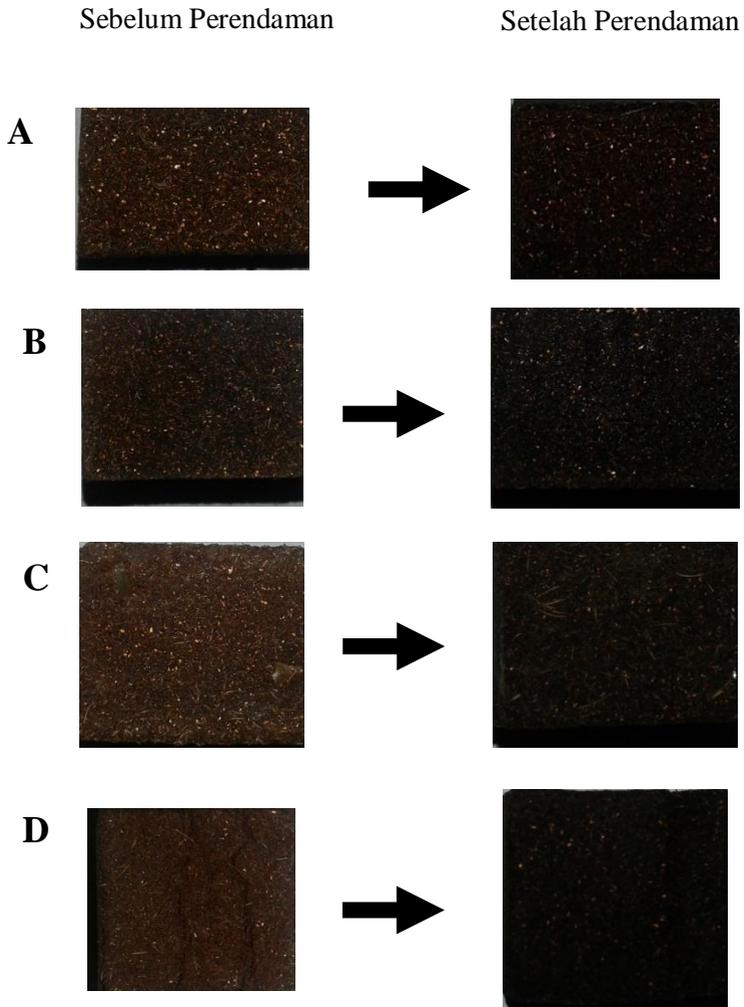


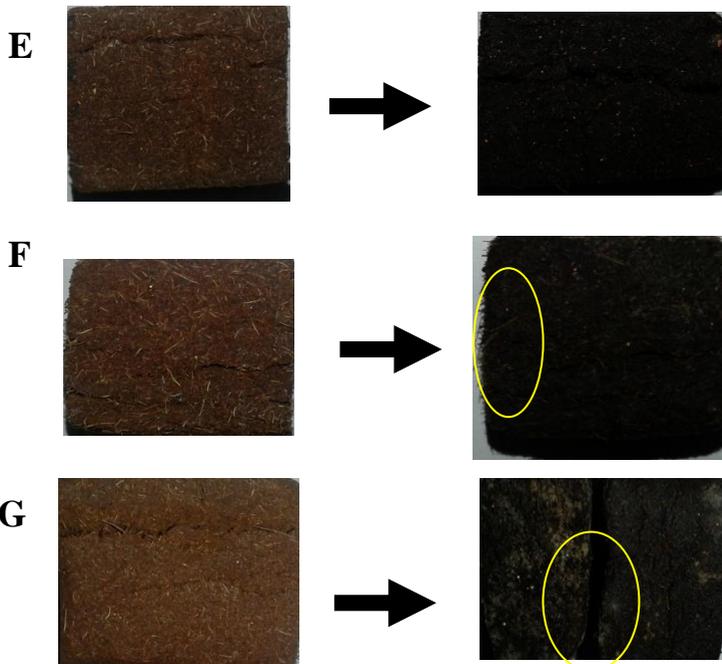
Gambar 4. 5 Nilai kerapatan terhadap komposisi komposit

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai kerapatan komposit semakin menurun seiring bertambahnya komposisi serbuk serabut kelapa. Nilai kerapatan tertinggi sebesar $3,27\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$ pada komposisi 0,5:6,5 (S1), sedangkan nilai kerapatan terendah yaitu $0,86\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ pada komposisi 6:1 (S7). Nilai kerapatan bahan gesek kanvas rem konvensional sebesar $1,89 \text{ g/cm}^3$, sedangkan pada penelitian ini sampel komposit yang mempunyai nilai kerapatan mendekati nilai kerapatan bahan gesek kanvas rem konvensional adalah komposit dengan komposisi 2:4 (S3) yaitu sebesar $1,63\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$. Nilai kerapatan dari sampel komposit akan menurun seiring dengan semakin banyak kandungan serbuk serabut kelapa dalam sampel komposit, hal ini dikarenakan

nilai kerapatan serabut kelapa lebih rendah dibandingkan dengan nilai kerapatan tembaga. Semakin kecil nilai kerapatan dari sampel bahan gesek kampas rem, maka ketika bahan diaplikasikan untuk bahan gesek kampas rem kinerjanya tidak dapat maksimal dikarenakan bahan tersebut akan mudah menyerap fluida.

4.5 Hasil Uji Daya Serap Air





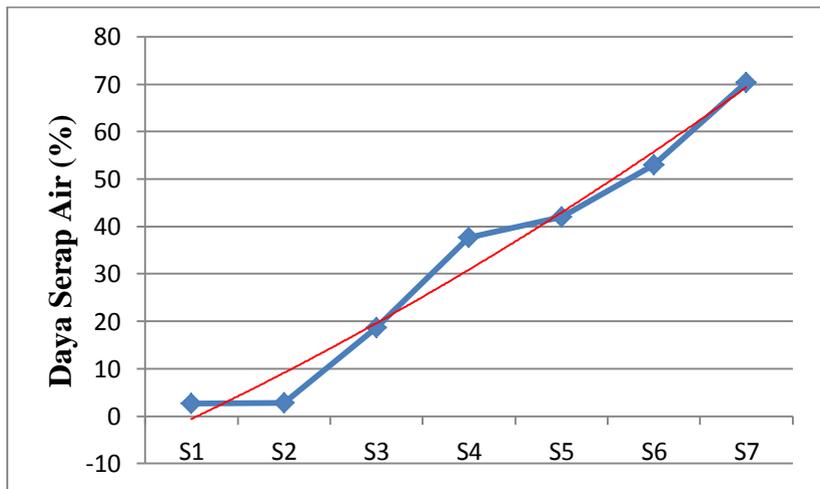
Gambar 4. 6 Sampel komposit (a) komposisi 0,5:6,5 (b) komposisi 1:6 (c) komposisi 2:5 (d) komposisi 3:4 (e) komposisi 4:3 (f) komposisi 5:2 (g) komposisi 6:1

Berdasarkan pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan perendaman, sampel komposit bahan gesek kampas rem akan berubah warna menjadi coklat tua. Pada komposisi 0,5:6,5 dan 1:6 sampel tidak mengalami banyak perubahan setelah perendaman baik dari segi warna dan ukuran, hal ini dikarenakan sampel dengan komposisi 0,5:6,5 dan 1:6 memiliki kemampuan penyerapan air yang rendah. Pada komposisi 2:5 terlihat adanya perubahan warna dari coklat muda menjadi coklat tua, namun sampel tersebut tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan. Pada komposisi 3:4 hingga 6:1 dapat terlihat adanya perubahan warna yang signifikan dari coklat muda ke coklat tua, serta terjadi perubahan bentuk pada sampel karena ada bagian permukaan dari sampel yang terkikis. Selain itu, pada komposisi 5:2 dan 6:1 sampel komposit bahan gesek kampas rem mengalami perubahan ukuran menjadi lebih besar dibandingkan sebelum dilakukan perendaman, bahkan pada sampel dengan komposisi 6:1 setelah dilakukan perendaman sampel terbelah

menjadi 2 bagian. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak air yang terserap oleh sampel bahan gesek kampas rem, maka akan menghasilkan sampel yang memiliki sifat lebih rapuh.

Tabel 4. 5 Hasil penyerapan air

Nama Sampel	Massa Sebelum Perendaman (gram)	Massa Setelah Perendaman (gram)	Penyerapan Air (%)
S1	9,264±0,442	9,361±0,542	2,741±0,003
S2	9,567±0,340	10,765±0,436	2,793±0,004
S3	9,236±0,650	10,213±0,210	18,695±0,004
S4	7,180±0,091	14,071±1,018	37,653±0,011
S5	6,846±1,215	10,970±1,593	42,000±0,010
S6	4,693±0,268	9,028±0,816	52,923±0,010
S7	4,731±0,216	10,896±1,066	70,328±0,020



Gambar 4. 7 Nilai daya serap air terhadap komposisi komposit

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa terjadi pertambahan nilai penyerapan air yang sangat signifikan. Nilai penyerapan air terendah dihasilkan oleh sampel S1 yaitu sebesar 2,741±0,003%, sedangkan nilai tertinggi didapatkan oleh sampel S7 dengan nilai sebesar 70,328±0,020%. Kenaikan nilai yang sangat signifikan tersebut diakibatkan kandungan serbuk serabut kelapa

yang lebih banyak akan menghasilkan penyerapan air lebih tinggi karena serbuk serabut kelapa sendiri memiliki porositas, dan ketika komposisi serbuk serabut kelapa semakin banyak maka porositas yang dihasilkan pada sampel komposit bahan gesek kampas rem akan semakin besar sehingga sampel memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi. Selain itu, pada saat proses kompaksi resin keluar dari cetakan dan mengakibatkan kemampuan resin dalam mengikat serbuk serabut kelapa dan serbuk tembaga tidak maksimal, sehingga akan banyak pori yang dihasilkan pada sampel bahan gesek kampas rem.

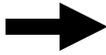
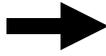
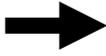
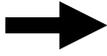
Sampel bahan gesek kampas rem dengan kemampuan daya serap air yang tinggi (melebihi standar) tidak dapat diaplikasikan untuk bahan gesek kampas rem. Ketika bahan gesek kampas rem memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi, kemampuan pengereman tidak akan maksimal. Bahan gesek kampas rem konvensional memiliki nilai penyerapan air sebesar 0,9%, sedangkan pada sampel komposit bahan gesek kampas rem ini nilai yang dihasilkan melebihi nilai kampas rem konvensional. Dari ke tujuh variasi komposisi yang digunakan komposisi 0,5 : 6,5 (S1) merupakan komposisi dengan nilai penyerapan air yang paling mendekati nilai bahan gesek kampas rem konvensional dengan nilai sebesar $2,741 \pm 0,003\%$.

4.6 Hasil Uji Daya Serap Minyak Pelumas SAE

Sebelum Perendaman

Setelah Perendaman



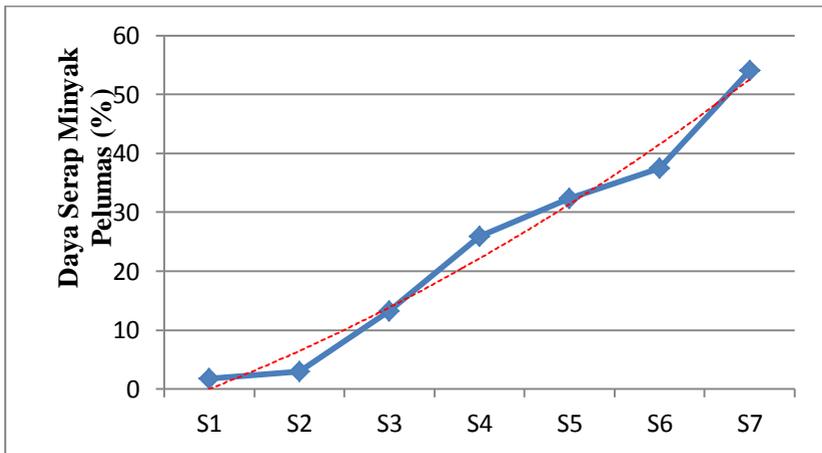


Gambar 4. 8 Sampel komposit (a) komposisi 0,5:6,5 (b) komposisi 1:6 (c) komposisi 2:5 (d) komposisi 3:4 (e) komposisi 4:3 (f) komposisi 5:2 (g) komposisi 6:1

Berdasarkan pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa pada sampel sesudah perendaman mengalami perubahan warna menjadi coklat pekat, hal ini dikarenakan adanya minyak pelumas yang terserap dalam sampel komposit. Sampel dengan komposisi 0,5 : 6,5 tidak mengalami banyak perubahan warna dan ukuran, karena kemampuan sampel tersebut dalam menyerap minyak pelumas sangat kecil sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan pada sampel. Sampel dengan komposisi 1:6 terlihat adanya perubahan warna, meskipun perubahan warna yang dihasilkan tidak terlalu jauh dari sampel sebelum perendaman. Pada sampel dengan komposisi 2:5, 3: 4, 4:3, 5:2 dan 6:1 menghasilkan warna coklat pekat yang sangat berbeda jauh dari sebelum dilakukan perendaman. Pada sampel dengan komposisi 2:5 hingga 6:1, setelah perendaman terjadi perubahan bentuk pada sampel. Sampel akan bertambah besar seiring dengan banyaknya minyak pelumas yang terserap oleh sampel komposit bahan gesek kampas rem. Selain itu, pada sampel dengan komposisi 2:5 hingga 6:1, setelah dilakukan perendaman permukaan sampel menjadi lebih rapuh, bahkan pada komposisi 6:1 setelah dilakukan perendaman sampel terbelah menjadi 2 bagian. Dapat disimpulkan bahwa sampel komposit yang memiliki kemampuan penyerapan minyak pelumas yang tinggi, setelah perendaman akan memiliki sifat yang lebih rapuh.

Tabel 4. 6 Hasil penyerapan minyak pelumas SAE

Nama Sampel	Massa Sebelum Perendaman (gram)	Massa Setelah Perendaman (gram)	Daya serap minyak pelumas (%)
S1	9,744±0,447	9,850±0,542	1,728±0,003
S2	10,360±0,610	11,661±0,436	3,000±0,004
S3	11,379±0,949	11,481±0,210	13,255±0,004
S4	8,481±0,393	10,698±1,018	25.915±0,011
S5	4,522±0,335	7,076±1,593	32,395±0,010
S6	5,202±0,567	7,160±0,288	37.526±0,010
S7	6,219±0,648	7,474±1,066	54,124±0,020



Gambar 4. 9 Nilai daya serap minyak pelumas terhadap komposisi komposit

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai penyerapan minyak pelumas SAE semakin meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi serbuk serabut kelapa. Nilai penyerapan minyak pelumas yang terkecil dihasilkan oleh sampel dengan komposisi 0,5:6,5 (S1) sebesar $1,728 \pm 0,003\%$ dan akan semakin meningkat hingga nilai $54,124 \pm 0,020\%$ pada komposisi 6:1 (S7). Peningkatan nilai penyerapan minyak pelumas SAE dikarenakan serbuk serabut yang digunakan memiliki porositas, sehingga semakin banyak komposisi serbuk serabut kelapa yang digunakan maka porositasnya akan semakin lebar. Selain itu, pada saat proses kompaksi resin keluar dari cetakan, sehingga resin tidak dapat mengcover *filler* dan *reinforcement*nya dan mengakibatkan sampel komposit bahan gesek kampas rem tersebut memiliki sifat menyerap air. Resin sendiri memiliki sifat menolak air, sehingga ketika resinnya berkurang maka kemampuan penyerapan air dari sampel akan meningkat.

Sampel komposit bahan gesek kampas rem yang memiliki kemampuan penyerapan minyak pelumas SAE tinggi (melebihi standar) tidak dapat diaplikasikan untuk bahan gesek kampas rem, karena ketika bahan gesek kampas rem menyerap minyak pelumas dalam jumlah yang banyak akan mengakibatkan permukaan bahan gesek kampas rem menjadi licin, sehingga kinerja dari kampas rem akan menurun dan mengakibatkan blong. Pada kampas rem konvensional nilai penyerapan minyak pelumas SAE sebesar 0,3%.

Sampel komposit bahan gesek kampas rem pada penelitian ini, semua nilai yang didapat melebihi nilai penyerapan pada kampas rem konvensional. Namun dari ke tujuh variasi komposisi yang digunakan, variasi komposisi 0,6 : 6,5 merupakan variasi dengan nilai penyerapan minyak SAE yang paling mendekati nilai bahan gesek kampas rem konvensional.

Perbandingan keseluruhan nilai uji bahan gesek kampas rem yang dilakukan dalam penelitian ini dengan nilai bahan gesek kampas rem konvensional ditunjukkan pada tabel 4.7. Nilai uji yang digunakan pada penelitian ini adalah nilai uji dengan variasi komposisi terbaik, yaitu komposisi 0,6 : 6, 5 (S1).

Tabel 4. 7 Perbandingan nilai uji pada penelitian dengan nilai bahan gesek kampas rem konvensional

Properti	Bahan gesek kampas rem konvensional	Bahan gesek kampas rem pada penelitian
Kerapatan (g/cm^3)	1,89	3,268
Kekerasan (Shore D)	94	60
Daya serap air (%)	0,9	2,741
Daya serap minyak pelumas SAE(%)	0,3	1,728

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa bahan gesek kampas rem pada penelitian ini masih belum dapat diaplikasikan sebagai bahan gesek kampas rem dikarenakan nilai dari beberapa pengujian yang dilakukan masih jauh dari standar nilai yang diijinkan.