

The Study of Liquid Smoke as Substitutions in Coagulating Latex to The Quality of Crumb Rubber

Gea, S., Azizah, N., Piliang, A. F., & Siregar, H. (2018). The Study of Liquid Smoke as Substitutions in Coagulating Latex to the Quality of Crumb Rubber. *Journal of Physics: Conference Series*, 1120(1), Article 012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012051>

Nghiên cứu về tác động của khói lỏng khi làm chất đông tụ thay thế đối với chất lượng của cao su vụn

Saharman Gea, Nur Azizah, Averroes F Piliang, Hanifa Siregar*

Khoa Hóa học, Khoa Toán và Khoa học Tự nhiên, Đại học Sumatera Utara, Indonesia

Khoa Vật lý, Khoa Toán và Khoa học Tự nhiên, Đại học Sumatera Utara, Indonesia

Email liên hệ: s.gea@usu.ac.id

Tóm tắt

Sử dụng axit fomic trong chế biến cao su tốn nhiều chi phí khi áp dụng ở quy mô đồn điền lớn. Tuy nhiên, nhu cầu về loại axit này ngày càng gia tăng do diện tích trồng cao su mở rộng. Để giải quyết thách thức này, khói lỏng được xem xét như một chất thay thế tiềm năng, mặc dù tỷ lệ sử dụng tối ưu vẫn chưa được xác định rõ ràng.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tác động của khói lỏng khi được sử dụng làm chất đông tụ trong ngành công nghiệp cao su. Các thí nghiệm được tiến hành bằng cách phối trộn chất đông tụ (là sự kết hợp giữa khói lỏng từ vỏ dừa và axit fomic) vào mủ cao su. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng cao su vụn sau đông tụ bao gồm độ dẻo ban đầu, chỉ số duy trì độ dẻo, hàm lượng tạp chất, hàm lượng tro, và hàm lượng cao su khô.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự kết hợp giữa khói lỏng và axit fomic có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình đông tụ, giúp tạo ra cao su vụn đạt tiêu chuẩn Cao su Indonesia (SIR) 20.

Từ khóa: axit fomic, khói lỏng, chất đông tụ, mủ cao su, tiêu chuẩn cao su Indonesia.

1. Giới thiệu

Theo Tiêu chuẩn Quốc gia Indonesia (SNI 06-2047-2002), axit fomic là chất đông tụ được khuyến nghị sử dụng trong quá trình đông tụ mủ cao su tự nhiên, nhờ vào đặc tính an toàn không ảnh hưởng đến chất lượng cao su. Một chất đông tụ khác cũng được sử dụng rộng rãi là axit axetic, tuy nhiên, nó có thể gây hại đến chất lượng cao su. Quan trọng là, việc sử dụng hợp chất hóa học nào để đông tụ cần phải đảm bảo không làm suy giảm chất lượng cao su vụn.

Như đã đề cập, axit fomic có hiệu quả đông tụ tốt vì nó không làm giảm chất lượng cao su. Tuy nhiên, chi phí sử dụng axit fomic khá đắt đỏ khi áp dụng ở quy mô đồn điền lớn. Để giảm chi phí, một số hợp chất khác đã được thử nghiệm như axit sulfuric và axit khói. Nhiều nỗ lực đã được thực hiện nhằm tìm kiếm các giải pháp thay thế. Ví dụ, một số nông dân tại Indonesia đã thử nghiệm sử dụng phân bón Triple Super Phosphate (TSP) và tinh chất dừa làm chất đông tụ, nhưng chưa được đánh giá rộng rãi. Tuy nhiên, bất kỳ chất đông tụ nào được sử dụng đều cần đảm bảo tính an toàn và chi phí hợp lý.

Quá trình đông tụ cao su chịu ảnh hưởng lớn bởi độ axit. Việc bổ sung các hợp chất axit có thể làm giảm giá trị pH đến điểm đẳng điện, khiến các hạt cao su mất điện tích và kết tụ lại. Do đó, các hợp chất hóa học sử dụng trong quá trình đông tụ cần duy trì sự ổn định của điện tích trong các hạt cao su để đảm bảo hiệu quả kết dính. Một yếu tố quan trọng khác cần được quan tâm là độ sạch của cao su, bao gồm khả năng chống nấm mốc.

Với đặc tính chống oxy hóa, khói lỏng được coi là một lựa chọn thay thế đầy tiềm năng. Các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng khói lỏng có khả năng ức chế sự phát triển của vi sinh vật và côn trùng, nhờ vào các hợp chất phenolic có trong nó. Thành phần chính của khói lỏng bao gồm phenol (4,13%), carbonyl (11,3%), và axit hữu cơ (10,2%). Đặc biệt, độ pH của khói lỏng dao động từ 1,76 – 2,97, hoàn toàn phù hợp để thúc đẩy quá trình đông tụ mủ cao su.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tác động của khói lỏng trong quá trình đông tụ mủ, dựa trên các tiêu chuẩn chất lượng cao su vụn do SNI ban hành.

2. Thực nghiệm

2.1. Vật liệu

Mủ cao su sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ các đồn điền địa phương tại Simpang Empat, huyện Sei Rampah, tỉnh Serdang Bedagai, Bắc Sumatra, Indonesia. Axit fomic (94%) được cung cấp bởi PT Sintas Kurama Perdana, còn khói lỏng (**loại 3**) được lấy từ Coco Production House.

Ngoài ra, để phục vụ cho quá trình chuẩn bị mẫu, đội ngũ nghiên cứu còn sử dụng dầu thông khoáng (mineral turpentine) và Curio Ts Sol (36%), được mua từ PT Batanghari Tebing Pratama.

2.2. Quy trình đông tụ bằng axit fomic và khói lỏng

Ba lít mủ cao su được chia thành sáu bình chứa, mỗi bình 100 mL, theo phương pháp của Suwardin và Purbaya.

- Axit fomic 4% được pha với tỷ lệ 30 mL trên mỗi lít mủ cao su.
- Khói lỏng được sử dụng với tỷ lệ 10% (v/v) trên 100 mL mủ cao su.

Tỷ lệ kết hợp giữa axit fomic (FA) và khói lỏng (LS) được trình bày trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Tỷ lệ kết hợp giữa axit fomic và khói lỏng

Mã mẫu	Tỷ lệ FA/LS (%)	Thể tích FA/LS (mL)
A	100/0	3/0
B	80/20	2.4/2
C	60/40	1.8/4
D	40/60	1.2/6
E	20/80	0.6/8

Sau khi bổ sung chất đông tụ vào từng bình, hỗn hợp được khuấy đều cho đến khi mủ đông tụ hoàn toàn. Quá trình này được theo dõi và ghi lại thời gian đông tụ bằng đồng hồ bấm giờ.

Các mẫu cao su đông tụ sau đó được nghiền sáu lần bằng thiết bị nghiền lăn. Tiếp theo, cao su được phơi khô dưới ánh nắng mặt trời trong 10 ngày, sau đó tiếp tục sấy ở 100°C trong lò để loại bỏ hoàn toàn độ ẩm còn lại.

Cuối cùng, mẫu cao su khô được nghiền thêm ba lần, sẵn sàng để thực hiện các kiểm tra đánh giá về độ dẻo, độ nhớt Mooney và độ tinh khiết của cao su.

2.3. Đánh giá đặc tính cao su

2.3.1. Xác định độ dẻo

Các mẫu cao su khô được chuẩn bị bằng cách cân 15 g mẫu, sau đó tiến hành nghiền ba lần để đảm bảo độ đồng nhất. Tiếp theo, cao su được gấp đôi lại, sau đó ép nhẹ bằng tay để tạo hình dạng phẳng.

Sau khi ép, các mẫu được cắt bằng dụng cụ đột Wallace để tạo thành sáu mẫu thử, mỗi mẫu có đường kính 13 mm. Sau đó, độ dẻo ban đầu và độ dẻo sau khi xử lý được đo lường để đánh giá tính chất cơ học của cao su.

2.3.2. Đo độ nhớt Mooney

Thiết bị đo độ nhớt được gia nhiệt trong 1 giờ trước khi tiến hành thử nghiệm.

- Mỗi tấm cao su thử nghiệm được cắt thành hai mẫu nhỏ bằng dụng cụ đột Wallace.
- Một rotor được đặt vào mẫu cao su đầu tiên sau khi đã đục lỗ.
- Mẫu thứ hai được đặt lên trên rotor và kẹp cố định vào rotor dưới.
- Khi hệ thống được đóng chặt, đồng hồ bấm giờ được kích hoạt.
- Sau đúng 1 phút, rotor bắt đầu quay.
- Sau 4 phút, giá trị độ nhớt Mooney được đọc trên thiết bị đo.

2.3.3. Xác định hàm lượng tro

Mẫu mủ đông tụ được cân 5 g, sau đó cắt nhỏ và cho vào chén sứ, chén này đã được làm khô và cân trước đó.

- Mẫu được nung trong lò nung Muffle ở 550°C trong 2 giờ, đến khi không còn cặn bay hơi.
- Sau đó, chén sứ được làm nguội trong bình hút ẩm đến nhiệt độ phòng, rồi được cân lại để xác định hàm lượng tro.

2.3.4. Xác định hàm lượng tạp chất

Mẫu cao su (10 g) được cho vào bình Erlenmeyer, sau đó thêm vào:

- 230 mL dầu thông khoáng (mineral turpentine)
- 1.2 mL Curio Ts Sol (36%)

Hỗn hợp được đun nóng trong buồng hồng ngoại ở 255°C trong 2 giờ, đồng thời lắc nhẹ định kỳ để đảm bảo cao su hòa tan hoàn toàn.

- Bộ lọc được cân trước khi sử dụng, số hiệu bộ lọc được ghi lại.
- Sau 2 giờ, dung dịch được lọc qua bộ lọc đã cân trước đó.
- Bình Erlenmeyer được rửa bằng bình xịt để đảm bảo không còn sót tạp chất.
- Bộ lọc chứa tạp chất được sấy trong lò ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ, sau đó cân lại để xác định

hàm lượng tạp chất.

2.3.5. Xác định hàm lượng cao su khô

Mủ cao su được cân để xác định khối lượng ban đầu.

- Mủ được làm khô bằng cách lăn ép khoảng 25 lần, tạo thành lớp cao su có độ dày 6.9 mm.
- Quá trình lăn ép giúp loại bỏ tạp chất như vỏ cao su, rêu, lá, cát và các tạp chất khác.
- Sau đó, cao su được cán bằng máy lăn, cuối cùng được cân lại để xác định hàm lượng cao su khô thực tế.

3. Kết quả & Thảo luận

3.1. Thời gian đông tụ

Bảng 2. Thời gian đông tụ của từng mẫu theo tỷ lệ axit fomic/khói lỏng

Mã mẫu	Tỷ lệ FA/LS (%)	Thời gian đông tụ
A	100/0	6 phút 46 giây
B	80/20	8 phút 1 giây
C	60/40	10 phút 11 giây
D	40/60	12 phút 15 giây
E	20/80	14 phút 26 giây

Quá trình đông tụ của mủ cao su phụ thuộc vào sự thay đổi điện tích của các hạt cao su trong dung dịch. Khi các hạt mất điện tích, chúng không còn khả năng đẩy nhau mà thay vào đó sẽ kết dính lại, hình thành khối đông tụ.

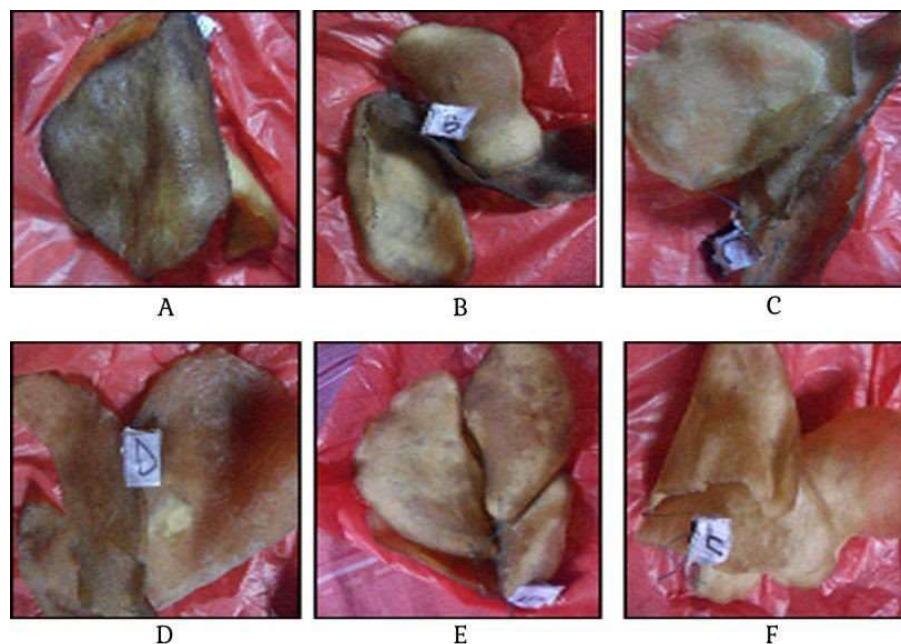
Dữ liệu trong Bảng 2 cho thấy, việc thay thế axit fomic bằng khói lỏng làm chậm quá trình đông tụ của mủ cao su. Cụ thể:

- Mẫu A (100% axit fomic) có thời gian đông tụ nhanh nhất (6 phút 46 giây), chứng tỏ axit fomic có khả năng hạ pH và tạo đông tụ hiệu quả.
- Mẫu E (80% khói lỏng, 20% axit fomic) có thời gian đông tụ lâu nhất (14 phút 26 giây), do khả năng giảm pH của khói lỏng không mạnh bằng axit fomic.

Sự khác biệt này là do axit fomic 4% có khả năng giảm pH hiệu quả hơn, giúp dung dịch mủ nhanh chóng đạt đến điểm đẳng điện (pH mà các hạt cao su mất điện tích và kết dính lại). Tuy nhiên, nếu nồng độ khói lỏng cao hơn hoặc axit fomic bị pha loãng hơn, điều kiện đông tụ có thể thay đổi.

Mục tiêu mong muốn là mủ cao su đạt đến điểm đẳng điện ở pH 4.5 - 4.8, giúp quá trình đông tụ diễn ra tối ưu. Theo nghiên cứu của Manday (2008), khoảng pH này thay đổi tùy theo giống cao su. Trong nghiên cứu này, các tỷ lệ phối trộn được điều chỉnh nhằm tìm ra nồng độ phù hợp nhất, giúp sản xuất cao su đông tụ có chất lượng tốt nhưng vẫn đảm bảo thời gian đông tụ nhanh hơn so với các chất đông tụ thay thế khác.

Quá trình đông tụ của mủ với từng tỷ lệ FA/LS được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Hình ảnh quá trình đông tụ của mủ cao su theo tỷ lệ FA/LS
(A) 100/0% – (B) 80/20% – (C) 60/40% – (D) 40/60% – (E) 20/80%

Dựa trên Hình 1, có thể quan sát sự thay đổi màu sắc của cao su đông tụ:

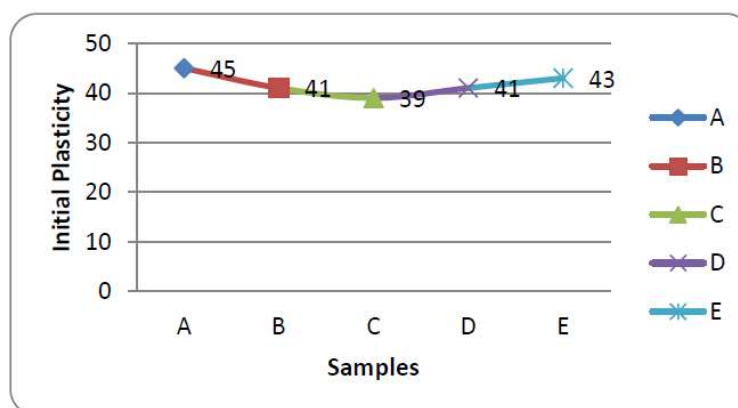
- Mẫu A (100% axit fomic) có màu sẫm nhất, do phản ứng đông tụ diễn ra nhanh và mạnh, tạo ra cấu trúc cao su đặc hơn.
- Khi tăng tỷ lệ khối lỏng, màu sắc cao su đông tụ sáng dần, với mẫu E (80% khối lỏng) có màu nhạt nhất.

3.2. Chất lượng cao su – Độ dẻo

Mức độ ảnh hưởng của khối lỏng khi thay thế axit fomic trong quá trình đông tụ lên độ dẻo ban đầu của cao su được thể hiện trong Hình 2.

Dựa trên các kết quả Hình 2, có thể thấy rằng:

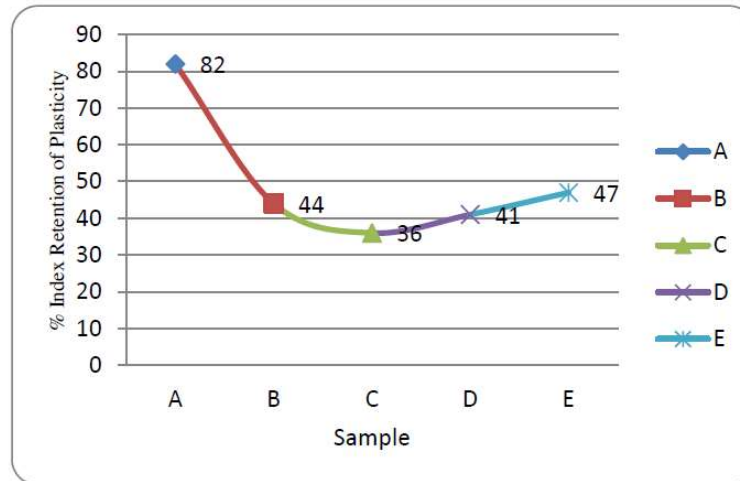
- Mẫu sử dụng 100% axit fomic có độ dẻo ban đầu cao nhất.
- Tất cả các mẫu đều đáp ứng tiêu chuẩn SNI 1903-2011, với giá trị độ dẻo ban đầu tối thiểu là 30.



Hình 2. Độ dẻo ban đầu (Initial Plasticity – Po)

Sự thay đổi độ dẻo ban đầu giữa các mẫu có liên quan đến hàm lượng khói lỏng được bổ sung. Nguyên nhân là do hiệu quả chống oxy hóa của khói lỏng bị suy giảm, do nồng độ phenol trong khói lỏng giảm khi pha loãng xuống mức 10%. Điều này khiến khói lỏng không còn khả năng bảo vệ chuỗi polyme khỏi quá trình oxy hóa.

- Giá trị độ dẻo giảm dần khi tỷ lệ khói lỏng tăng lên đến 40%.
- Tuy nhiên, khi tỷ lệ khói lỏng đạt 60%, độ dẻo lại tăng trở lại.



Hình 3. Chỉ số duy trì độ dẻo (Plasticity Retention Index - PRI)

Từ Hình 3, có thể thấy rằng:

- Mẫu sử dụng 100% axit fomic có giá trị PRI cao nhất (82%).
- Mẫu sử dụng 40% khói lỏng có giá trị PRI thấp nhất (36%).

Chỉ số duy trì độ dẻo (PRI) thể hiện khả năng chống suy giảm do oxy hóa của cao su. Nếu chỉ số này thấp, điều đó có nghĩa là cao su dễ bị oxy hóa và phân hủy hơn.

Nghiên cứu này cho thấy, việc thay thế axit fomic bằng khói lỏng làm giảm đáng kể giá trị PRI.

Theo nghiên cứu của Fessenden & Fessenden [9], axit fomic là hợp chất mạnh nhất trong nhóm axit cacboxylic và có vai trò như một chất khử. Trong khi đó, nghiên cứu của Luditama [7] về thành phần khói lỏng từ vỏ dừa nướng ở 300°C bằng phương pháp phân tích GC-MS đã xác định 26 hợp chất chính, trong đó:

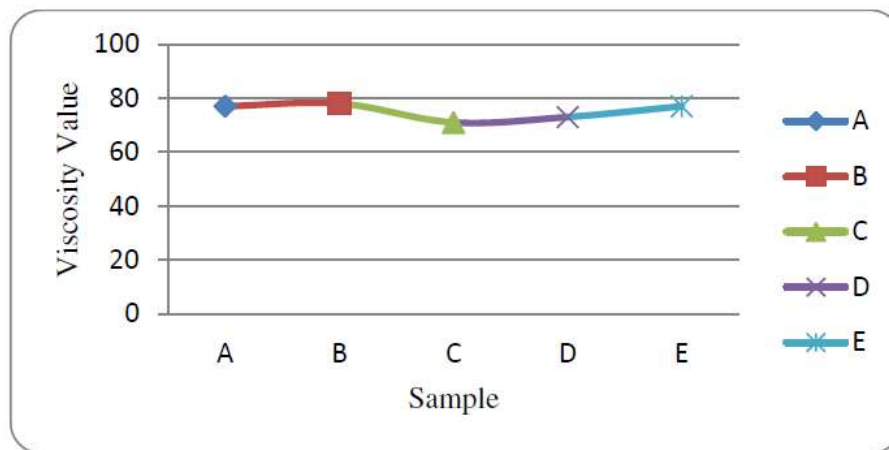
- Phenol chiếm 34.45%
- 2,6-dimethoxy phenol chiếm 12.58%
- 2-methoxy phenol chiếm 9.81%

Dữ liệu trên cho thấy cả axit fomic và khói lỏng đều có tính chất chống oxy hóa, giúp bảo vệ hạt cao su khỏi quá trình phân hủy. Tuy nhiên:

- Axit fomic có khả năng chống oxy hóa mạnh hơn.
- Khói lỏng ở nồng độ 10% không thể đạt được mức chống oxy hóa tương đương với axit fomic 4%.

3.3. Độ nhớt Mooney

Để đánh giá đặc tính lưu biến của cao su, các mẫu được kiểm tra độ nhớt Mooney. Kết quả được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Giá trị độ nhớt Mooney của các mẫu thử

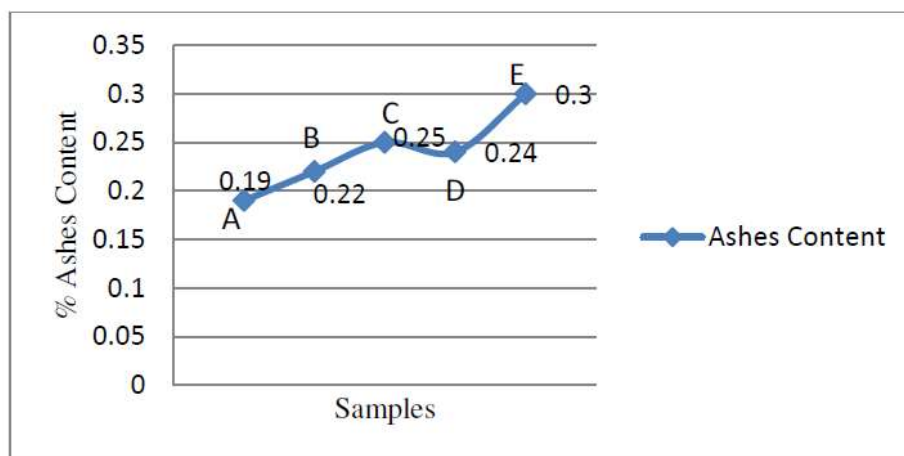
Từ Hình 4 có thể thấy:

- Mẫu sử dụng 100% axit fomic có giá trị độ nhớt tương đương với mẫu 80% khối lỏng / 20% axit fomic.
- Mẫu có 40% khối lỏng có giá trị độ nhớt thấp nhất (71).
- Mẫu có 20% khối lỏng có giá trị độ nhớt cao nhất (78).

3.4. Hàm lượng tro

Dữ liệu từ Hình 5 cho thấy:

- Mẫu có 80% khối lỏng có hàm lượng tro cao nhất (0,30% trọng lượng).
- Mẫu sử dụng 100% axit fomic có hàm lượng tro thấp nhất (0,19% trọng lượng).
- Tất cả các mẫu thử nghiệm đều đáp ứng tiêu chuẩn SNI 1903:2011 về hàm lượng tro trong cao su.



Hình 5. Hàm lượng tro của các mẫu thử

Dữ liệu từ Hình 5 cho thấy:

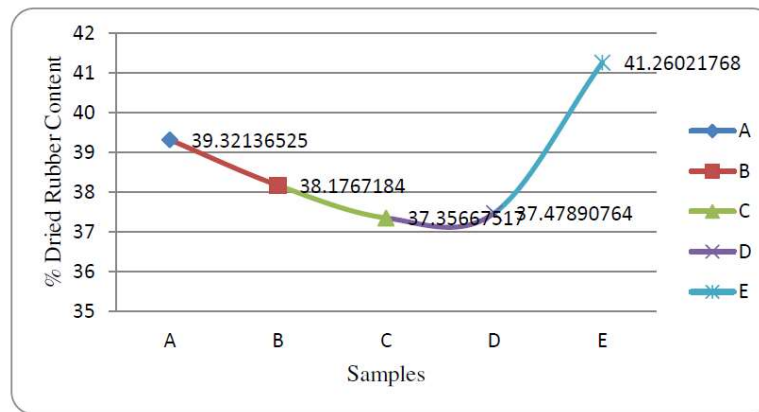
- Mẫu có 80% khối lỏng có hàm lượng tro cao nhất (0,30% trọng lượng).
- Mẫu sử dụng 100% axit fomic có hàm lượng tro thấp nhất (0,19% trọng lượng).
- Tất cả các mẫu thử nghiệm đều đáp ứng tiêu chuẩn SNI 1903:2011 về hàm lượng tro trong cao su.

Kết quả này cho thấy việc thay thế axit fomic bằng khối lỏng làm tăng hàm lượng tro. Theo nghiên cứu của Kartowardoyo (1980), yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng tro bao gồm:

1. Tạp chất ngoại lai xâm nhập trong quá trình chế biến.
2. Loại chất đông tụ được sử dụng.

Hàm lượng tro cao hơn trong mẫu có nhiều khối lỏng có thể do hàm lượng các khoáng chất tự nhiên có trong khối lỏng **loại 3**, tích tụ lại trong cao su trong quá trình thử nghiệm.

3.5. Hàm lượng cao su khô



Hình 6. Tỷ lệ cao su khô trong các mẫu thử nghiệm

Dữ liệu từ Hình 6 cho thấy:

- Mẫu có 80% khối lỏng có hàm lượng cao su khô cao nhất (41.26%), vượt giá trị kiểm soát của mẫu sử dụng 100% axit fomic.
- Mẫu có 40% khối lỏng có hàm lượng cao su khô thấp nhất (37.36%).

Điều này cho thấy, tác động của khối lỏng đến hàm lượng cao su khô không phải là tuyến tính – tức là không phải cứ tăng lượng khối lỏng thì hàm lượng cao su khô luôn giảm.

Cụ thể:

- Ở tỷ lệ khối lỏng thấp (40%), hàm lượng cao su khô có xu hướng giảm.
- Nhưng khi tỷ lệ khối lỏng tăng lên đến 80%, hàm lượng cao su khô lại tăng cao hơn cả mẫu sử dụng hoàn toàn axit fomic.

Theo nghiên cứu của Kartowardoyo, quá trình gia nhiệt trong cao su có thể làm đứt gãy chuỗi phân tử cao su.

- Khi cấu trúc phân tử bị phá vỡ, các gốc tự do được hình thành và có xu hướng liên kết với oxy

trong không khí, khiến chuỗi polyme bị rút ngắn và làm giảm trọng lượng phân tử của cao su.

- Khả năng chống oxy hóa của chất đông tụ đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì cấu trúc phân tử của cao su.

Do đó, tác động của khói lỏng lên hàm lượng cao su khô phụ thuộc vào tỷ lệ sử dụng, và mức 80% dường như là tối ưu trong nghiên cứu này.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu, có thể kết luận rằng việc sử dụng khói lỏng từ vỏ dừa thay thế axit fomic có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cao su vụn.

Những thay đổi quan trọng nhất do khói lỏng tác động bao gồm:

- Tỷ lệ cao su khô cao hơn, đạt mức tối đa 41%.
- Chỉ số duy trì độ dẻo (PRI) đạt 47%, thấp hơn so với axit fomic nhưng vẫn trong tiêu chuẩn.
- Các đặc tính khác gần tương đương với mẫu sử dụng axit fomic.

Nhìn chung, việc thay thế một phần axit fomic bằng khói lỏng trong quá trình đông tụ có thể tạo ra cao su vụn đạt tiêu chuẩn Indonesian Rubber (SIR) 20, mở ra tiềm năng ứng dụng thực tế cho ngành công nghiệp cao su.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn đến Ban quản lý phòng thí nghiệm PT Batanghari Tebing Pratama đã tạo điều kiện cho quá trình nghiên cứu, và Giám đốc Coco Production House đã cung cấp khói lỏng để phục vụ thử nghiệm

Tài liệu tham khảo

- L. L. Best and S. H. Morrell, "Effect of Sulfuric Acid Coagulation on Properties of Natural Rubber," *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 28, no. 4. pp. 1185–1192, 1955.
- V. S. Ferreira *et al.*, "The use of smoke acid as an alternative coagulating agent for natural rubber sheets' production," *Bioresour. Technol.*, 2005.
- H. Handayani, "Pengaruh Berbagai Jenis Penggumpal Padat Terhadap Mutu Koagulan dan Vulkanisat Karet Alam," *J. Penelit. Karet*, vol. 1, no. 32, pp. 74–80, 2014.
- I. Zuraida, Sukarno, and S. Budijanto, "Antibacterial activity of coconut shell liquid smoke (CS-LS) and its application on fish ball preservation," *Int. Food Res. J.*, 2011.
- W. F. W., A. Arik, and Witjaksono, "Activity of coconut-shell liquid-smoke as an insecticide on the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens*)," *ARPN J. Agric. Biol. Sci.*, 2014.
- "Kajian pemanfaatan asap cair tempurung kelapa sebagai bahan koagulan lateks dalam pengolahan," 2010.
- E. Noor, C. Luditama, and G. Pari, "Isolasi dan pemurnian asap cair berbahan dasar tempurung dan sabut kelapa secara pirolisis dan distilasi," *Pros. Kkonfrensi Nas. Kelapa*, vol. VIII, pp. 93–102, 2006.
- D. Suwardin and P. Purbaya, "Jenis bahan penggumpal dan pengaruhnya terhadap parameter

mutu karet spesifikasi teknis," vol. 34, no. 2, pp. 147–160, 2015.

R. J. Fessenden and J. S. Fessenden, "Organic Chemistry," in *Organic Chemistry*, 1998.

S. Kartowardoyo, *Penggunaan Wallace Plastimeter untuk Penentuan Karakteristik- Karakteristik Pematangan Karet*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 1980.