

EFEKTIVITAS NATRIUM KARBONAT DAN NATRIUM HIDROKSIDA DALAM PEMISAHAN BITUMEN ASBUTON DENGAN SURFAKTAN ANIONIK

¹Yosita Dyah Anindita*

¹Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Bonang

*Penulis korespondensi: yosita.sunanbonang@gmail.com

Abstrak. Kebutuhan aspal nasional yang masih bergantung pada pasokan impor mendorong pemanfaatan sumber bitumen alam lokal, salah satunya Asbuton. Namun, diperlukan proses pemisahan untuk meningkatkan pemanfaatannya sebagai bahan pengikat. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai alkaline atau alkaline modifier terhadap pemisahan bitumen yang terdapat dalam Asbuton menggunakan metode pemisahan media air panas dengan bantuan Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDBS). Proses pemisahan dilakukan dengan penambahan Pelarut Solar-Dex, SDBS 0,125% sebagai surfaktan anionik, serta Na_2CO_3 dan NaOH pada konsentrasi 0,25% dan 0,5% sebagai alkaline modifier dengan variasi temperatur 60, 70, 80, dan 90°C. Media air panas berperan menurunkan viskositas bitumen dan mempercepat pelepasan bitumen dari mineral, sedangkan SDBS membantu menurunkan tegangan antarmuka antara bitumen, air, dan mineral. Na_2CO_3 dan NaOH digunakan untuk memodifikasi alkalinitas sistem, tetapi keduanya menunjukkan efek yang berbeda terhadap persen recovery bitumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Na_2CO_3 lebih efektif dibandingkan NaOH , ditunjukkan oleh peningkatan recovery seiring kenaikan temperatur. Nilai recovery tertinggi diperoleh pada penggunaan Na_2CO_3 0,5% pada temperatur 90°C sebesar 70,04%. Sebaliknya, NaOH cenderung menurunkan recovery pada temperatur tinggi, terutama pada konsentrasi 0,5%. Dengan demikian, Na_2CO_3 lebih sesuai digunakan sebagai alkaline modifier dalam pemisahan bitumen Asbuton menggunakan media air panas.

Kata kunci: Bitumen, Asbuton, Natrium Karbonat, Natrium Hidroksida

Abstract. Indonesia's continued dependence on imported asphalt has encouraged the utilization of local natural bitumen resources, particularly Asbuton. However, requiring a separation process to improve its applicability as a binder material. This study aims to evaluate the effects of sodium carbonate (Na_2CO_3) and sodium hydroxide (NaOH) as alkaline alkaline modifier on the separation of bitumen from Asbuton using a hot-water-based method assisted by Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDBS). The separation process was carried out using Solar-Dex as a penetrating agent, SDBS at 0.125% as an anionic surfactant, and Na_2CO_3 and NaOH at concentrations of 0.25% and 0.5%, with temperature variations of 60, 70, 80, and 90°C. The hot-water medium reduced bitumen viscosity and enhanced bitumen release from the mineral matrix, while SDBS lowered the interfacial tension between bitumen, water, and minerals. Na_2CO_3 and NaOH were used to modify the alkalinity of the system; however, both agents showed different effects on bitumen recovery. The results showed that Na_2CO_3 was more effective than NaOH , as indicated by the increase in recovery with increasing temperature. The highest bitumen recovery was obtained using 0.5% Na_2CO_3 at 90°C, reaching 70.04%. In contrast, NaOH tended to reduce recovery at higher temperatures, particularly at a concentration of 0.5%.

Therefore, Na_2CO_3 is more suitable as an alkaline modifier for separating bitumen from Asbuton using hot-water method.

Keywords: Bitumen, Asbuton, Sodium Carbonate, Sodium Hydroxide

1. Pendahuluan

Kebutuhan aspal di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan percepatan Pembangunan infrastruktur jalan dan fasilitas publik lainnya (Miswanto et al., 2023). Kebutuhan aspal nasional pada tahun 2024 mencapai sekitar 1,056 juta ton, kemudian pada tahun 2025 mengalami peningkatan kebutuhan aspal sebesar 1,5 juta ton karena perluasan proyek konstruksi khususnya jalan di berbagai wilayah di Indonesia. Sedangkan produksi aspal dalam negeri dari kilang minyak seperti Pertamina Refinery Unit belum cukup memenuhi seluruh kebutuhan domestik. Pada tahun 2024 produksi aspal dalam negeri sebesar 200.000 ton. Selisih kebutuhan aspal nasional ini dicukupi negara dengan cara impor bitumen. Data impor nasional menunjukkan bahwa pada periode Mei 2024 hingga April 2025, Indonesia melakukan impor bitumen dari Uni Emirat Arab, Singapura dan Negara lainnya, sehingga hal ini menunjukkan ketergantungan yang kuat terhadap pasar luar negeri.

Indonesia memiliki potensi sumber daya lokal aspal alam yang diperkirakan mencapai sekitar 694 juta ton di daerah Buton, Sulawesi Tenggara. Cadangan aspal alam ini dikenal dengan sebutan Asbuton (Aspal batu Buton). Pemanfaatan Asbuton ini masih belum maksimal karena kualitas asbuton tidak seperti bitumen yang berasal dari minyak bumi. Pada tahun 2025 pemanfaatan Asbuton aktual hanya sekitar 21 ribu ton per tahun dan asbuton olahan sebesar 58 ribu ton per tahun (Gusty et al., 2024). Bitumen alam pada Asbuton memiliki kandungan hidrokarbon yang sama dengan aspal dari minyak bumi karena pada dasarnya Asbuton sendiri terbentuk dari proses protekum alami yang pernah aktif. Studi geologi dan geokimia menjelaskan bahwa endapan aspal Buton merupakan minyak bumi yang telah terbiodegradasi. Namun apabila digunakan secara langsung sebagai tambahan aspal jalan tanpa mengalami proses pengolahan terlebih dahulu hasil yang didapat belum memenuhi standar kekuatan jalan (Mabui et al., 2024). Hal tersebut terjadi karena kandungan mineral yang terkandung dalam Asbuton. Asbuton dikenal dengan *rock asphalt*, yaitu campuran bitumen alam dengan mineral. Kandungan bitumen dalam asbuton rata-rata sekitar 20%, sedangkan sisanya berupa material mineral padat. Mineral padat pada Asbuton antara lain silika, tanah liat dan oksida besi yang dapat menurunkan sifat mekanik. Kandungan mineral inilah yang menyebabkan apabila diaplikasikan langsung sebagai Aspal jalan kualitas asbuton tidak sebaik campuran aspal minyak.

Aspal jalan yang umumnya digunakan adalah aspal minyak yang dicampur dengan agregat, bahan pengisi/filler, bahan aditif atau stabilizer bila diperlukan (Chen and Liu, 2019). Bina Marga mengatur bahwa filler tambahan dapat berupa batu kapur, dolomit, semen atau fly ash, dengan kadar 1-2% terhadap berat total agregat. Dalam aspal minyak, bitumen langsung berfungsi sebagai binder yang menyelimuti agregat, mengisi rongga, dan membantu ketahanan terhadap air. Sedangkan pada Asbuton, Sebagian bitumen masih berada di dalam butiran mineral. Mineral yang terkandung dalam Asbuton dapat mengganggu gradasi agregat.

Cara memanfaatkan potensi bitumen alam Asbuton secara efektif, yaitu dengan metode pemisahan bitumen alami dari mineralnya. Salah satu metode yang paling efisien adalah dengan metode media air panas dengan tambahan pelarut solar-Dex. Metode ini

melibatkan pemecahan ikatan fisik dan penghambatan adsorpsi bitumen oleh mineral melalui peningkatan energi kinetik di fase cair. Air panas bekerja sebagai medium untuk menurunkan viskositas bitumen, melemahkan gaya adhesi antarmuka bitumen dan permukaan batuan mineral selanjutnya memisahkan bitumen dengan mineral dengan perbedaan massa jenis larutan (Rao and Liu, 2013). Pelarut organik seperti solar-Dex digunakan sebagai co-solvent karena kemampuan pelarutnya yang tinggi terhadap hidrokarbon, sifat polaritas yang cocok, dan titik didih yang memungkinkan fase cair yang stabil tanpa degradasi termal bitumen. Solar dex membantu memecah lapisan bitumen dari permukaan mineral sehingga fase bitumen lebih mudah dipisahkan oleh perbedaan densitas antara bitumen-solar dan fase berair.

Namun, penggunaan media air panas saja sering kali belum memadai untuk memaksimalkan pemulihan bitumen, karena permukaan partikel bitumen cenderung bermuatan elektrostatis tertentu yang menyebabkan aglomerasi dengan mineral (Lin, Stoyanov and Xu, 2017). Untuk itu, penambahan surfaktan (agen penurun tegangan antarmuka) menjadi strategi efektif untuk meningkatkan efisiensi pemisahan. Surfaktan anionik seperti sodium dodecylbenzene sulfonate (SDBS) efektif digunakan karena muatan negatifnya mampu menstabilkan fase bitumen yang bermuatan positif atau netral, memperkecil tegangan antarmuka bitumen-air, dan membantu memisahkan fase bitumen dari mineral (Goel et al., 2019). Dalam penelitian sebelumnya, penggunaan surfaktan anionik menunjukkan peningkatan signifikan dalam persen recovery bitumen dibanding surfaktan non-ionik atau kationik, terutama pada sistem ekstraksi air panas (Rezaei et al., 2020).

Selain surfaktan, *alkaline modifier* ditambahkan untuk meningkatkan efisiensi pemulihan bitumen dalam proses ekstraksi. *Alkaline modifier* adalah zat yang berfungsi memodifikasi permukaan mineral dan/atau bitumen sehingga interaksi adhesif bitumen-mineral berkurang, sehingga fase bitumen lebih mudah dilepaskan. Dalam penelitian ini dua aditif alkali yang dievaluasi adalah natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) (Abramov et al., 2009). Berdasarkan literatur, natrium karbonat bekerja dengan menaikkan pH sistem sehingga memperkuat aksi ion karbonat terhadap lapisan mineral yang bersifat asam, sedangkan natrium hidroksida memberikan efek hidroksil yang kuat untuk mendekomposisi lapisan kompleks mineral-bitumen dan meningkatkan solubilisasi fraksi bitumen. Kedua agen ini dipilih karena potensinya untuk meningkatkan pemisahan bitumen dari mineral tanpa merusak struktur molekul bitumen itu sendiri.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengamati pengaruh jenis (Na_2CO_3 vs NaOH) dan konsentrasi *alkaline modifier* (0,25% dan 0,5%) terhadap efisiensi pemisahan antara bitumen dengan mineral di dalam Asbuton pada media air panas yang dibantu surfaktan SDBS 0,125%. Fokus utama adalah perbandingan penggunaan jenis *alkaline modifier* yang digunakan pada proses pemisahan bitumen dari mineralnya yang terdapat pada Asbuton dengan media air panas. Kondisi ini memberikan persen recovery bitumen yang tinggi, serta memahami mekanisme bagaimana masing-masing *alkaline modifier* berperan dalam proses ekstraksi.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

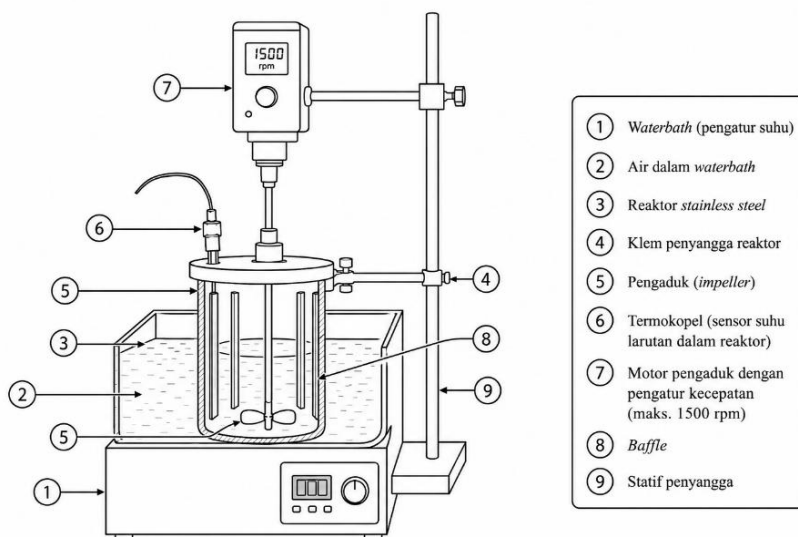
Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini ialah Asbuton yang berasal dari daerah Kabungka, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal Batu Buton (Asbuton) yang digunakan diayak sehingga didapat ukuran partikel 20-30 mesh. Bahan pelarut yang digunakan solar-Dex Pertamina (Pertamina Dex B0) sebagai penetrating agent sekaligus

pelarut non polar untuk membantu pelunakkan fraksi bitumen dalam Asbuton. Campuran solar yang digunakan menggunakan rasio massa solar : Asbuton = 60 : 40. Solar yang ditambahkan sebanyak 300 gram dan Asbuton sebanyak 200 gram. Surfaktan anionik yang digunakan ialah Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDBS) dengan rumus molekul $C_{18}H_{29}NaO_3S$ dengan konsentrasi 0,125% dari berat total larutan dengan basis massa solar dan asbuton 500 gram. *Alkaline modifier* yang digunakan pada penelitian ini adalah Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH) keduanya merupakan bahan kimia pro analysis (p.a) produksi Merck, dengan 2 variabel konsentrasi yaitu 0,25% dan 0,5% berat total larutan dengan basis massa solar dan asbuton 500 gram. Pada media air panas ini juga ditambahkan air sebanyak 1 L untuk proses pemisahan dengan settling time 24 jam. Pada proses ekstraksi digunakan trichloroethylene (TCE) untuk menganalisa kadar bitumen dan membuat kurva kalibrasi densitas.

2.2. Metode

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu analisis kadar bitumen awal Asbuton, *pre-treatment* bahan baku, dan tahapan utama pemisahan kandungan bitumen dari mineral Asbuton dengan metode media air panas dengan surfaktan serta *alkaline modifier*. Bahan utama yang digunakan adalah Asbuton Kabungka sebagai sumber bitumen alam, Solar-Dex Pertamina sebagai *penetrating agent* dan pelarut nonpolar, Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDBS) sebagai surfaktan anionik, natrium karbonat (Na_2CO_3) p.a. Merck dan natrium hidroksida (NaOH) p.a. Merck sebagai *alkaline modifier*, air sebagai media pemisahan, serta trichloroethylene (TCE) p.a. sebagai pelarut pada analisis kandungan bitumen.

Tahap pertama adalah analisis kadar bitumen awal yang terdapat pada Asbuton. Analisis ini dilakukan dengan metode ekstraksi soklet dengan pelarut trichloroethylene (TCE) mengacu pada SNI 03-3640-1994. Pemanasan dilakukan pada kondisi refluks mengikuti titik didih TCE, yaitu sekitar 87°C, sehingga pelarut dapat menguap, terkondensasi, dan melakukan ekstraksi berulang terhadap bitumen yang terkandung dalam sampel Asbuton. TCE dipilih karena memiliki kemampuan melarutkan fraksi bitumen dan secara fisik memiliki titik didih 87°C. Tujuan tahap ini yaitu menentukan kadar dari bitumen awal yang terdapat pada Asbuton sebagai dasar perhitungan persen *recovery* bitumen pada tahap pemisahan. Berdasarkan prosedur penelitian, kadar bitumen awal dihitung dari perbandingan massa bitumen terekstrak terhadap massa Asbuton awal.



Gambar 1. Gambar rangkaian alat penelitian Asbuton dengan media air panas

Tahap kedua adalah *pre-treatment* bahan baku Asbuton. Tahapan ini dilakukan untuk menyeragamkan ukuran partikel Asbuton sehingga proses kontak antara Asbuton, solar, air, surfaktan, dan *alkaline modifier* berlangsung lebih merata. Asbuton terlebih dahulu diperkecil ukurannya. kemudian diayak hingga diperoleh ukuran partikel **20–30 mesh**. Penyeragaman ukuran ini penting karena ukuran partikel memengaruhi luas permukaan kontak dan efektivitas pelepasan bitumen dari matriks mineral selama proses *digesting*.

Tahap ketiga adalah pemisahan bitumen dari mineral Asbuton dengan menggunakan metode media air panas. Tahap pertama yaitu proses *pre-mixing*, yaitu pencampuran Asbuton dengan Solar-Dex Pertamina sebagai *penetrating agent*. Asbuton sebanyak 200 gram dicampur dengan solar menggunakan rasio massa solar : Asbuton = 60 : 40. Campuran dimasukkan ke dalam reaktor stainless steel berdiameter 10,8 cm dan tinggi 20 cm. Reaktor dilengkapi dengan *baffle* untuk mengurangi pembentukan *vortex*, serta *impeller* jenis *disc turbine* berdiameter 6 cm. Proses *pre-mixing* dilakukan pada kecepatan pengadukan 750 rpm selama 30 menit pada temperatur sesuai variabel penelitian, yaitu 60, 70, 80, dan 90°C.

Setelah proses *pre-mixing*, tahap dilanjutkan dengan proses *digesting* pada reaktor yang sama. Pada tahap ini ditambahkan larutan SDBS sebagai surfaktan anionik dengan konsentrasi tetap 0,125% berat total larutan (asbuton dan solar) dan *alkaline modifier* berupa Na_2CO_3 atau NaOH dengan konsentrasi 0,25% dan 0,5% berat total larutan (asbuton dan solar). Proses *digesting* dilakukan pada kecepatan pengadukan 1500 rpm selama 30 menit. Penggunaan SDBS bertujuan menurunkan tegangan antarmuka antara bitumen, mineral, dan air, sedangkan Na_2CO_3 dan NaOH digunakan untuk memodifikasi kondisi basa sistem sehingga interaksi adhesif antara bitumen dan mineral dapat dikurangi (Núñez-Rojas and Dominguez, 2016). Kombinasi media air panas, solar,

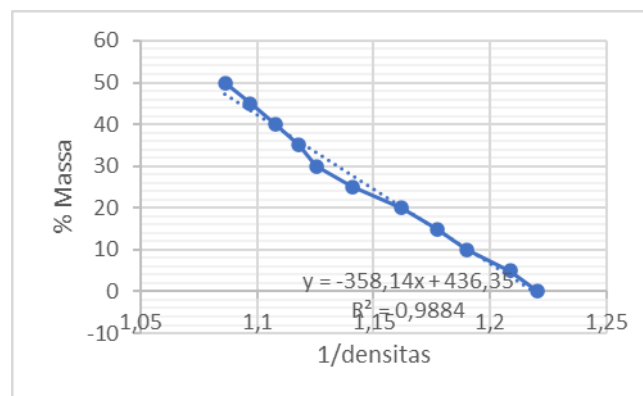
surfaktan, dan alkaline modifier diharapkan mampu meningkatkan pelepasan bitumen dari mineral Asbuton.

Setelah proses selesai, hasil campuran dituang ke beaker glass atau wadah kaca, setelah itu ditambahkan aquades sebanyak 1 liter lalu campuran larutan didiamkan hingga memiliki tiga lapisan dengan waktu tunggu selama 24 jam. Pada lapisan bagian atas yaitu campuran bitumen–solar. Filtrat hasil pemisahan dianalisis massa dan densitasnya untuk menentukan kandungan bitumen pada larutan bitumen–solar serta menghitung persen recovery bitumen menggunakan kurva kalibrasi. Penelitian dilakukan pengulangan duplo setiap variabelnya dan diambil data rata-rata untuk memastikan data yang diperoleh.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh jenis dan konsentrasi *alkaline modifier* terhadap pemisahan bitumen dari mineral pada Asbuton dengan media air panas berbantuan surfaktan anionik Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDBS). Parameter utama yang digunakan untuk menilai efektivitas proses pemisahan adalah persen *recovery* bitumen, yaitu perbandingan antara massa bitumen yang berhasil dipisahkan terhadap massa bitumen pada perhitungan awal yang terkandung dalam Asbuton. Pada penelitian ini, dua jenis *alkaline modifier* yang dibandingkan adalah natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium hidroksida (NaOH), masing-masing pada konsentrasi 0,25% dan 0,5%, dengan konsentrasi SDBS tetap sebesar 0,125%.

Variasi temperatur proses, yaitu 60, 70, 80, dan 90°C, digunakan untuk melihat pengaruh peningkatan suhu terhadap efektivitas pelepasan bitumen dari matriks mineral Asbuton. Secara teoritis, peningkatan temperatur dapat menurunkan viskositas bitumen, meningkatkan kemampuan penetrasi solar sebagai pelarut nonpolar, serta mempercepat interaksi antara surfaktan, *alkaline modifier*, air, dan permukaan mineral. Namun, efektivitas proses tidak hanya ditentukan oleh temperatur, melainkan juga oleh karakter kimia *alkaline modifier* yang digunakan. Oleh karena itu, pembahasan hasil difokuskan pada perbandingan tren *recovery* bitumen antara Na_2CO_3 dan NaOH pada konsentrasi yang sama.



Gambar 2. Kurva kalibrasi 1/densitas vs persentase massa bitumen dalam solar

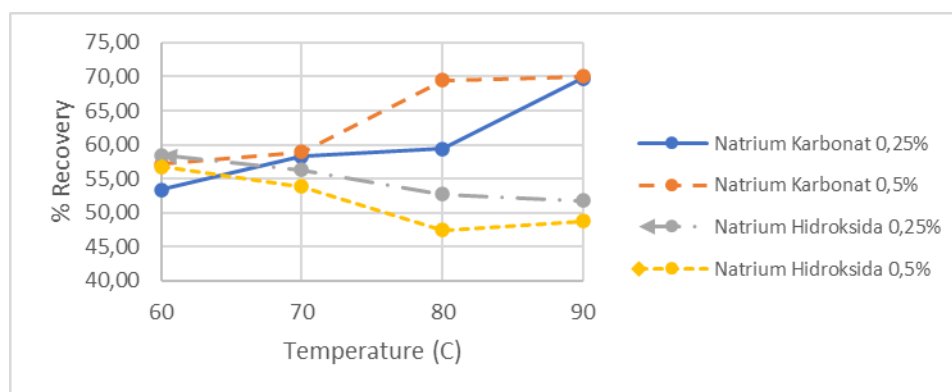
Data hasil penelitian disajikan dalam dua kelompok utama, yaitu hasil pemisahan bitumen menggunakan Na_2CO_3 dan hasil pemisahan bitumen menggunakan NaOH . Hasil persentase *recovery* didapatkan dari kurva kalibrasi pada gambar 2, yang diperoleh dengan melarutkan bitumen dari asbuton dengan pelarut solar. Penyajian ini bertujuan untuk memperjelas perbedaan pola kerja masing-masing *alkaline modifier* terhadap

pelepasan bitumen dari mineral Asbuton. Selanjutnya, nilai *recovery* dari kedua bahan tersebut dibandingkan untuk menentukan kondisi proses yang paling efektif dalam meningkatkan pemisahan bitumen.

Tabel 1. Hasil pemisahan bitumen menggunakan penambahan Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida

Alkaline modifier	Temperature	Konsentrasi penambahan	% Recovery
Natrium Karbonat	60	0,25%	53,75
		0,5%	57,16
	70	0,25%	58,31
		0,5%	58,98
	80	0,25%	59,44
		0,5%	69,49
Natrium Hidroksida	90	0,25%	69,76
		0,5%	70,04
	60	0,25%	58,49
		0,5%	56,80
	70	0,25%	56,33
		0,5%	53,87
Natrium Karbonat	80	0,25%	52,74
		0,5%	47,43
	90	0,25%	52,8
		0,5%	48,82

Dari tabel diatas kemudian didapatkan perbandingan Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida ditampilkan dalam grafik dibawah.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara % Recovery dan Temperature dari Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida dengan konsentrasi penambahan 0,25% dan 0,5%

Berdasarkan data pada tabel, penggunaan natrium karbonat (Na_2CO_3) menunjukkan kecenderungan peningkatan persen *recovery* bitumen seiring kenaikan temperatur. Pada konsentrasi 0,25%, nilai *recovery* meningkat dari 53,75% pada 60°C menjadi 69,76% pada 90°C. Pola serupa juga terlihat pada konsentrasi 0,5%, yaitu dari 57,16% pada 60°C menjadi 70,04% pada 90°C. Kenaikan ini menunjukkan bahwa peningkatan temperatur membantu proses pelunakan bitumen, menurunkan viskositas fase bitumen-solar, dan mempercepat pelepasan bitumen dari permukaan mineral Asbuton (Abramov et al., 2009). Dalam sistem ini, Na_2CO_3 berperan sebagai *alkaline modifier* yang kemungkinan membantu memperlemah interaksi antara bitumen dan mineral tanpa menyebabkan

gangguan pemisahan fase yang terlalu kuat. Kondisi tersebut membuat bitumen lebih mudah berpindah ke lapisan atas setelah proses *digesting* dan pemisahan (Rezaei et al., 2020).

Jika dilihat dari pengaruh konsentrasi, Na_2CO_3 0,5% secara umum memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan Na_2CO_3 0,25%. Rata-rata *recovery* pada konsentrasi 0,25% adalah sekitar 60,22%, sedangkan pada konsentrasi 0,5% meningkat menjadi sekitar 63,92%. Artinya, peningkatan konsentrasi Na_2CO_3 dari 0,25% menjadi 0,5% memberikan efek positif terhadap pemisahan bitumen. Namun, peningkatan tersebut tidak sepenuhnya linier pada setiap temperatur. Pada 90°C, selisih antara Na_2CO_3 0,25% dan 0,5% sangat kecil, yaitu hanya sekitar 0,28%, sehingga secara praktis kedua konsentrasi tersebut hampir memberikan efektivitas pemisahan yang sama pada temperatur tinggi. Ini penting: jangan langsung menyimpulkan bahwa 0,5% selalu jauh lebih baik. Kesimpulan yang lebih aman adalah Na_2CO_3 efektif meningkatkan *recovery* bitumen, terutama pada temperatur 80–90°C, tetapi pengaruh konsentrasinya cenderung mencapai titik mendatar pada temperatur 90°C.

Sebaliknya, tabel natrium hidroksida (NaOH) menunjukkan pola yang berbeda. Pada konsentrasi 0,25%, *recovery* bitumen justru menurun dari 58,49% pada 60°C menjadi 52,80% pada 90°C. Pada konsentrasi 0,5%, penurunan juga terlihat dari 56,80% pada 60°C menjadi 48,82% pada 90°C. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan temperatur tidak selalu meningkatkan efektivitas pemisahan apabila sistem menggunakan basa kuat seperti NaOH. Secara teknis, NaOH memiliki alkalinitas lebih tinggi dibandingkan Na_2CO_3 , sehingga pada kondisi tertentu dapat menyebabkan perubahan interaksi antarmuka yang terlalu kuat, pembentukan dispersi/emulsi, atau peningkatan stabilitas partikel halus dalam fase cair. Akibatnya, bitumen yang sudah terlepas dari mineral tidak seluruhnya terkumpul sebagai lapisan bitumen–solar yang mudah dipisahkan, sehingga nilai *recovery* terukur menjadi lebih rendah (Yaseen and Mansoori, 2018).

Pengaruh konsentrasi NaOH juga menunjukkan hasil yang kurang menguntungkan. Rata-rata *recovery* pada NaOH 0,25% adalah sekitar 54,84%, sedangkan pada NaOH 0,5% turun menjadi sekitar 51,73%. Dengan kata lain, peningkatan konsentrasi NaOH dari 0,25% menjadi 0,5% tidak meningkatkan *recovery*, tetapi justru menurunkannya. Penurunan ini menunjukkan bahwa penggunaan basa kuat dalam jumlah lebih tinggi tidak otomatis memperbaiki proses pemisahan bitumen dari Asbuton. Dalam konteks penelitian ini, NaOH tampaknya terlalu agresif terhadap sistem pemisahan, sehingga efek kimia yang dihasilkan tidak sejalan dengan tujuan utama, yaitu memudahkan pengumpulan bitumen pada lapisan atas.

Perbandingan langsung antara kedua *alkaline modifier* menunjukkan bahwa Na_2CO_3 lebih efektif dibandingkan NaOH, terutama pada temperatur tinggi (Kosior, Ngo and Xu, 2018). Pada konsentrasi 0,25%, NaOH memang lebih tinggi pada 60°C, yaitu 58,49%, dibandingkan Na_2CO_3 sebesar 53,37%. Namun setelah temperatur dinaikkan, Na_2CO_3 mulai memberikan hasil lebih baik. Pada 90°C, Na_2CO_3 0,25% mencapai 69,76%, sedangkan NaOH 0,25% hanya 51,80%. Perbedaan ini sangat besar, sekitar 17,96%. Pada konsentrasi 0,5%, perbedaannya bahkan lebih jelas. Na_2CO_3 0,5% mencapai 70,04% pada 90°C, sedangkan NaOH 0,5% hanya 48,82%, dengan selisih sekitar 21,22%.

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa kombinasi Na_2CO_3 , SDBS, solar, dan media air panas lebih sesuai untuk memisahkan bitumen dari mineral Asbuton dibandingkan kombinasi dengan NaOH. Proses *digesting* dalam penelitian ini memang dirancang untuk memanfaatkan kerja surfaktan dan *alkaline modifier* dalam media air,

dengan pengadukan 1500 rpm selama 30 menit, kemudian dilanjutkan pemisahan lapisan bitumen-solar sebagai dasar analisis *recovery*. Dalam kondisi tersebut, Na_2CO_3 memberikan peningkatan *recovery* yang konsisten terhadap kenaikan temperatur, sedangkan NaOH menunjukkan tren penurunan. Oleh karena itu, kondisi terbaik berdasarkan data yang tersedia adalah Na_2CO_3 0,5% pada temperatur 90°C, dengan *recovery* sebesar 70,04%. Namun, karena nilainya hampir sama dengan Na_2CO_3 0,25% pada 90°C sebesar 69,76%, konsentrasi 0,25% juga layak dipertimbangkan sebagai kondisi yang lebih efisien dari sisi penggunaan bahan kimia.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, Jenis *alkaline modifier* berpengaruh terhadap efektivitas pemisahan bitumen dari Asbuton menggunakan media air panas berbantuan SDBS. Natrium karbonat (Na_2CO_3) menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan natrium hidroksida (NaOH), ditunjukkan oleh peningkatan persen *recovery* seiring kenaikan temperatur.

Hasil tertinggi, dalam rentang batas parameter yang diuji, diperoleh pada penggunaan Na_2CO_3 konsentrasi 0,5% pada temperatur 90°C, dengan *recovery* bitumen sebesar **70,04%**. Sementara itu, penggunaan NaOH cenderung menghasilkan penurunan *recovery* pada temperatur yang lebih tinggi, terutama pada konsentrasi 0,5%.

Dengan demikian, Na_2CO_3 lebih sesuai digunakan sebagai *alkaline modifier* dalam pemisahan bitumen Asbuton dibandingkan NaOH. Kondisi operasi yang direkomendasikan adalah penggunaan Na_2CO_3 pada konsentrasi 0,25–0,5% dengan temperatur 90°C dan SDBS 0,125%.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboratorium yang telah menyediakan fasilitas, peralatan, dan bahan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta pihak-pihak yang telah membantu dalam penyediaan sampel Asbuton, pelaksanaan pengujian, dan pengolahan data penelitian.

References

- Abramov, O. V., Abramov, V.O., Myasnikov, S.K. and Mullakaev, M.S., 2009. Extraction of bitumen, crude oil and its products from tar sand and contaminated sandy soil under effect of ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, [online] 16(3), pp.408–416. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2008.10.002>.
- Chen, Q. and Liu, Q., 2019. *Bitumen Coating on Oil Sands Clay Minerals: A Review*. *Energy and Fuels*, <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00852>.
- Goel, S., Joshi, N., Uddin, M.S., Ng, S., Acosta, E. and Ramachandran, A., 2019. Interfacial Tension of the Water-Diluted Bitumen Interface at High Bitumen Concentrations Measured Using a Microfluidic Technique. *Langmuir*. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b02253>.

- Gusty, S., Israil, Ahmad, S.N. and Tumpu, M., 2024. Assessing Open-Graded Asphalt's Resistance To Degradation Via Cantabro Test in Hot-Mix Cold Laid Asbuton. *International Journal of GEOMATE*, 27(120), pp.60–68. <https://doi.org/10.21660/2024.120.4488>.
- Kosior, D., Ngo, E. and Xu, Y., 2018. Aggregates in Paraffinic Froth Treatment: Settling Properties and Structure. *Energy and Fuels*, 32(8), pp.8268–8276. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b01656>.
- Lin, F., Stoyanov, S.R. and Xu, Y., 2017. Recent Advances in Non-Aqueous Extraction of Bitumen from Mineable Oil Sands: A Review. Available at: <<http://pubs.acs.org>>.
- Mabui, D., Tumpu, M., Widodo, S., Rusmin, M., Rangan, P.R. and Mansyur, 2024. Optimization of Asphalt Content Through Marshall Characteristics Using Modified Asbuton. *International Journal of GEOMATE*, 26(117), pp.116–123. <https://doi.org/10.21660/2024.117.4133>.
- Miswanto, A., Suherman, I., Suseno, T. and Pravianto, W., 2023. Study of supply-demand of Indonesia buton asphalt. *Indonesian Mining Journal*, 26(1), pp.49–59. <https://doi.org/10.30556/imj.vol26.no1.2023.1364>.
- Núñez-Rojas, E. and Dominguez, H., 2016. Computational studies on the behaviour of anionic and nonionic surfactants at the SiO₂ (silicon dioxide)/water interface. *Condensed Matter Physics*, 19(1), pp.1–8. <https://doi.org/10.5488/CMP.19.13602>.
- Rao, F. and Liu, Q., 2013. Froth treatment in athabasca oil sands bitumen recovery process: A review. *Energy and Fuels*, 27(12), pp.7199–7207. <https://doi.org/10.1021/ef4016697>.
- Rezaei, A., Riazi, M., Escrochi, M. and Elhaei, R., 2020. Integrating surfactant, alkali and nano-fluid flooding for enhanced oil recovery: A mechanistic experimental study of novel chemical combinations. *Journal of Molecular Liquids*, [online] 308, p.113106. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113106>.
- Yaseen, S. and Mansoori, G.A., 2018. Asphaltene aggregation due to waterflooding (A molecular dynamics study). *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 170(November), pp.177–183. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.06.043>.