

# PENGARUH KOMBINASI MIKRO SILIKA DENGAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SLUMP FLOW DAN KUAT TEKAN REACTIVE POWDER CONCRETE

Yulius Rief Alkhaly<sup>1</sup>, M. Kabir Ihsan<sup>2</sup> Misnayah<sup>3</sup>

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, e-mail: yr.alkhaly@unimal.ac.id<sup>1</sup>*

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, e-mail: ihsankb@gmail.com<sup>2</sup>*

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, e-mail: misnayah39@gmail.com<sup>3</sup>*

## ABSTRAK

Material posolan yang reaktif merupakan komponen yang penting dalam campuran Reactive Powder Concrete (RPC). Mikro silika (silica fume) dan abu sekam padi merupakan dua posolan yang bersifat reaktif dengan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) tinggi. Pada penelitian ini, dalam campuran RPC digunakan mikro silika berkadar 25% dari berat semen yang dikombinasikan dengan abu sekam padi sebesar 3%, 5%, 7%, 10% dari berat semen. Abu sekam padi yang digunakan berukuran maksimum 75 mikron berasal dari Desa Reuleut, Aceh Utara. Material lokal lainnya berupa pasir kuarsa dari Pantai Lhok Nga berukuran 600 mikron digunakan sebagai filler. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui besarnya slump flow dan kuat tekan dari kombinasi penggunaan abu sekam padi dalam campuran RPC berkadar semen rendah ( $635 \text{ kg/m}^3$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan perawatan normal sampai umur 28 hari diperoleh kuat tekan maksimum kubus 70,7 mm adalah sebesar 118 MPa dan slump flow 200 mm pada kombinasi abu sekam padi 7%. Hasil ini memperlihatkan bahwa kombinasi mikro silika dengan abu sekam padi sampai 10% memberikan pengaruh yang baik terhadap nilai slump flow dan kuat tekan RPC berbahan lokal.

*Kata Kunci: mikro silika, abu sekam padi, slump flow, kuat tekan, kadar semen rendah.*

## 1. PENDAHULUAN

*Reactive powder concrete* (RPC) merupakan generasi beton terbaru dari jenis *Ultra High Performance Concrete* (UHPC), pertama kali dikembangkan oleh Richard dan Cheyrezy di Laboratorium Bouyques Perancis pada tahun 1995, kemudian pengembangannya di Indonesia diawali oleh Harianto Hardjasaputra pada tahun 2009 dengan rancangan campuran UHPC bermaterial lokal.

*Reactive powder concrete* dapat diproduksi menggunakan campuran material yang terdiri dari semen portland, pasir kuarsa, *superplasticizer* dan mikro silika (*silica fume*) atau bahan posolan lain yang berupa: *fly ash*, *steel slag powder* (Yanzhou, 2010), *ground granulated blast furnace slag* (Yazici, *et al.*, 2010), *rice husk ash* (Tuan, *et al.*, 2011), *glass powder* (Kushartomo, *et al.*, 2015), dan *lime stone* (Huang, *et al.*, 2017). Campuran RPC dirancang dengan kandungan rasio air-perekat (*water binder ratio*, w/b) sangat rendah (interval 0,14 – 0,25) sehingga dibutuhkan *superplasticizer* (SP) dalam jumlah besar untuk kemudahan pengerjaan; penggunaan *silica fume* dalam jumlah banyak (20 - 30% dari berat semen); serta penggunaan semen dalam kadar tinggi sampai  $1.000 \text{ kg/m}^3$  (Yu, *et al.*, 2014). RPC juga tidak menggunakan agregat kasar, agregat terbesar berukuran < 800 mikron (Richard & Cheyrezy, 1995). Dilihat dari ukuran agregat yang digunakan, RPC merupakan mortar dengan kekuatan tekan sangat tinggi.

Kekuatan yang sangat tinggi dari RPC tidak mungkin dapat dicapai tanpa adanya material posolan dalam campuran. Sampai saat ini, *silica fume* masih menjadi posolan terbaik dalam hal keaktifannya dibanding dengan material posolan lainnya. *Silica fume* merupakan material aktif berukuran mikro yang berguna untuk memperbaiki karakteristik campuran

RPC, yaitu mengisi ruang kosong diantara material lainnya, dan dapat memproduksi *Calcium Hidrat Silicate* (CHS) sekunder dari reaksi posolan (Lee & Chisholm, 2005). Untuk mendapatkan kuat tekan tertinggi, jumlah kadar optimum *silica fume* yang disarankan adalah sebesar 25% dari berat semen (Richard & Cheyrezy, 1995; Wille, *et al.*, 2011; Ángel, *et al.*, 2015).

Dari segi material campuran, faktor lain yang berpengaruh terhadap kuat tekan adalah rasio air perekat (w/b). Secara umum, semakin kecil jumlah air yang digunakan dalam adukan, maka kuat tekan semakin tinggi dan *workability* semakin rendah. Kadar air dalam campuran RPC sangat kecil, air yang sedikit tidak cukup untuk proses hidrasi semen sehingga mengurangi konsistensi pasta semen. Penambahan air akan meningkatkan konsistensi dan kelecakan, akan tetapi jumlah pori-pori semakin banyak dan akan mengakibatkan kuat tekan menurun. Guna mengatasi hal tersebut, *superplasticizer* dibutuhkan sebagai agen pengaktif permukaan (*surface active agent*) untuk mencapai *flow* yang diinginkan. *Superplasticizer* yang memiliki kualitas terbaik adalah jenis *polycarboxilate* dengan kadar optimum 1,4% sampai 2,4% dari berat semen (Wille, *et al.*, 2011). Berdasarkan Ahmad, *et al.*, (2014) rentang *slump flow* dengan pengujian *flow table* adalah 180 mm sampai 220 mm untuk mencapai *workability* yang baik tanpa mengalami segregasi.

Setelah material campuran, faktor yang juga menentukan kuat tekan adalah perlakuan pasca pengecoran, yang dikenal dengan perawatan beton. Perawatan yang baik akan menjamin kondisi beton tetap lembab sehingga proses hidrasi semen terjaga. Pemilihan metode perawatan merupakan salah satu kunci untuk mendapatkan kuat tekan RPC yang tinggi.

Ada tiga metode perawatan yang dapat digunakan, yaitu perawatan dengan perendaman (*normal curing*), perawatan dengan uap (*steam curing*), dan perawatan dengan *autoclave* (*autoclaved curing*). Kekuatan RPC tertinggi didapat dengan penerapan metode perawatan *autoclave* (Yigiter, *et al.*, 2012). Namun demikian, perawatan dengan metode perendaman merupakan perawatan yang paling sederhana dan murah dibanding kedua metode perawatan lain, serta tidak membutuhkan peralatan khusus.

Sebagaimana telah singgung di atas, abu sekam padi dapat juga digunakan sebagai material posolan dalam pembuatan RPC. Sekam padi adalah bahan limbah padat pertanian yang dihasilkan dari pengolahan padi. Indonesia menghasilkan sekitar 18 juta ton sekam padi pada tahun 2013 (Aprianti S, 2017), jumlah ini sangat potensial diolah menjadi material posolan. Pada pembakaran sampai 700 °C, kandungan silika yang terdapat dalam abu sekam padi terbilang cukup tinggi, yaitu berkisar 80,70% - 95,87% (Aprianti S, 2017). Tuan, *et al.*, (2011) melaporkan bahwa UHPC berposolan abu sekam padi dengan ukuran partikel rata-rata antara 3,6 micron dan 9,0 micron, kekuatan tekan dapat mencapai lebih dari 150 MPa pada perawatan normal. Tuan, *et al.*, (2011) juga menyatakan bahwa abu sekam padi termasuk salah satu posolan yang reaktif setelah *silica fume*.

Dalam penelitian ini, RPC yang dihasilkan bermaterial lokal, yaitu sekam padi berasal dari Desa Reuleut, Kabupaten Aceh Utara dan pasir kuarsa dari pantai Lhok Nga, Kabupaten Aceh Besar. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh mikro silika berkadar 25% dari berat semen yang dikombinasikan dengan abu sekam padi sebesar 3%, 5%, 7%, 10% dari berat semen terhadap *slump flow* dan kuat tekan RPC.

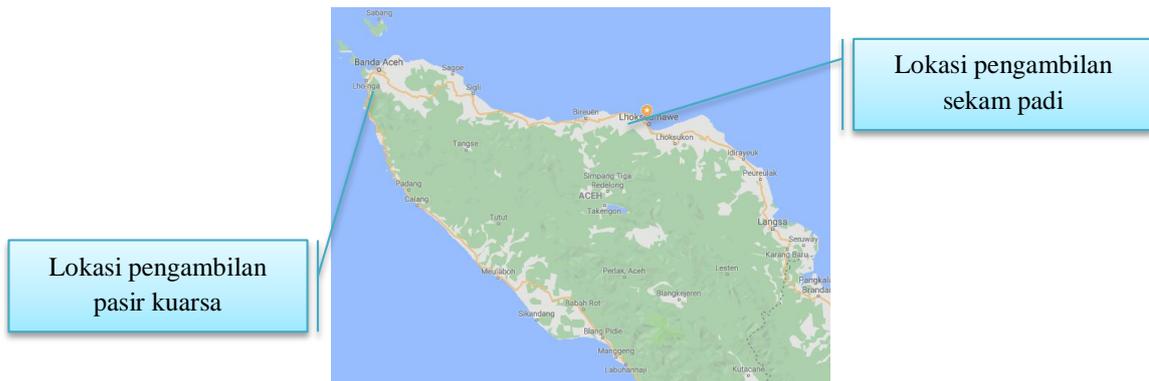
## 2. METODE PENELITIAN

### Material

Material yang digunakan dalam rancangan campuran RPC berupa semen Andalas tipe 1. Pasir kuarsa dari pantai Lhok Nga dengan butiran maksimum 600 mikron digunakan sebagai filler, dan posolan alam dipilih abu sekam padi berasal daerah Reuleut, Aceh Utara (lokasi asal material diperlihatkan dalam Gambar 1). Abu sekam padi dikalsinasi pada suhu 700 °C selama 2 jam, kemudian disaring lolos ayakan 75 mikron. *Silica fume* dan superplasticizer masing-masing digunakan dari produksi Sica<sup>®</sup>fume<sup>®</sup>, dan Sica<sup>®</sup>Viscocrete<sup>®</sup> 8045. Data material yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 1.

### Proporsi campuran RPC

Pada penelitian ini, rancangan campuran dibuat berpedoman pada hasil rancangan Yu, *et al.*, (2014) dengan penyesuaian/modifikasi sesuai berat jenis material yang digunakan. Yu, *et al.*, (2014) menggunakan metode *modified Andreasen & Andersen packing model* untuk mendapatkan campuran RPC dengan kandungan semen rendah. Berdasarkan pada teori volume absolut, diperoleh komposisi material untuk masing-masing jenis RPC sebagaimana diperlihatkan dalam Tabel 2. Proporsi campuran RPC1 memiliki kandungan *silica fume* sebesar 25% dari berat semen dan tanpa abu sekam padi. Selanjutnya dengan kandungan *silica fume* tetap, RPC2 sampai RPC5 ditambahkan abu sekam padi mulai 3% sampai 10% dari berat semen.



Gambar 1. Peta lokasi asal pasir kuarsa dan sekam padi

Tabel 1. Material yang digunakan

No	Material	Jenis/tipe/merek	Berat jenis
1	Semen	Andalas tipe 1	3,13
2	<i>Silica fume</i>	Sica <sup>®</sup> fume <sup>®</sup>	2,21
3	Posolan alam	Abu sekam padi	2,24
4	Pasir	Pasir kuarsa	2,64
5	<i>Superplasticizer</i>	Sica <sup>®</sup> Viscocrete <sup>®</sup> 8045 P	1,06

Tabel 2. Proporsi campuran RPC

No	Material	Berat material, kg/m <sup>3</sup>				
		RPC1	RPC2	RPC3	RPC4	RPC5
1	Semen	635,0	635,0	635,0	635,0	635,0
2	<i>Silica fume</i>	158,8	158,8	158,8	158,8	158,8
3	Abu sekam padi	-	19,1 (3%)	31,8 (5%)	44,5 (7%)	63,5 (10%)
4	Air	150,8	150,8	150,8	150,8	150,8
5	Pasir kuarsa	1432,1	1409,9	1395,0	1363,0	1339,4
6	<i>Superplasticizer</i>	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1

**Prosedur Pengadukan**

Proses pengadukan material RPC dimulai dengan adukan material kering menjadi adukan basah sebagaimana disajikan dalam Gambar 2. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan *planetary mixer* kapasitas 5 liter. Total waktu 16 menit untuk menyelesaikan pengadukan, kecepatan mixer diatur 76 rpm dari menit pertama sampai menit ke sebelas diselangki jeda untuk pembersihan pinggiran mangkok. Pengadukan akhir selama 5 menit dengan kecepatan 112 rpm.

**Pengujian slump**

Segera setelah pengadukan selesai, campuran RPC dilakukan pengujian *slump* (Gambar 3) sesuai dengan prosedur ASTM C 1437, (2007) tanpa pemadatan. Adukan RPC basah dimasukkan ke dalam mini slump cone dan diletakkan tengah *flow table*, kemudian cone ditarik perlahan ke arah vertikal dan *flow table* dijatuhkan dengan jumlah ketukan 25 kali jatuh, dan diukur diameter alirannya.

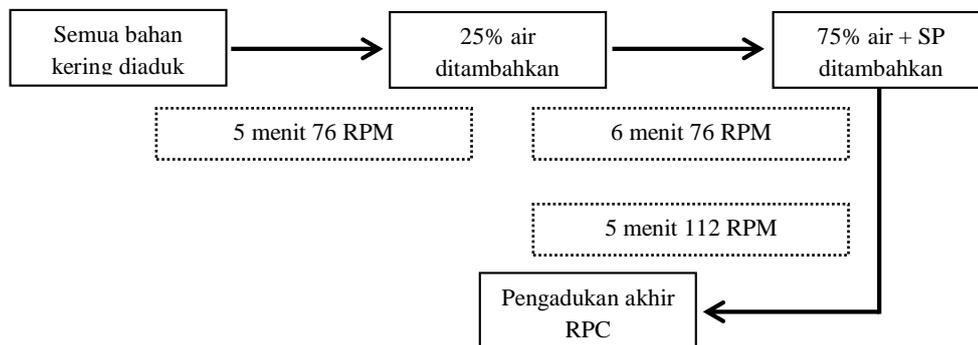
**Pengecoran sampel dan uji kuat tekan**

Seusai pengujian slump, campuran RPC dicor ke dalam kubus 70,7 mm x 70,7 mm x 70,7 mm dan dipadatkan menggunakan meja penggetar selama 2 menit. Kubus didiamkan 24 jam setelah pengecoran dan dilakukan perawatan dengan metode perendaman sampai umur 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin uji tekan kapasitas 1.500 kN.

**3. HASIL dan PEMBAHASAN**

**Slump flow**

Tabel 3. menunjukkan pengaruh dari penambahan abu sekam padi terhadap *slump flow* pada campuran RPC basah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar kadar abu sekam padi semakin tinggi nilai slump flow. Hal tersebut terjadi karena penggunaan abu sekam padi mengurangi jumlah pasir kuarsa dalam adukan. Pengurangan jumlah pasir juga ikut mengurangi jumlah air yang terserap yang akhirnya mempengaruhi kekentalan adukan sehingga nilai slump RPC basah menjadi lebih tinggi sesuai dengan kadar abu sekam padi yang ditambahkan.



Gambar 2. Prosedur pengadukan campuran RPC

Tabel 3. Nilai slump flow

No	Jenis RPC	Slump Rata-rata (mm)
1.	RPC1	192
2.	RPC2	195
3.	RPC3	201
4.	RPC4	203
5.	RPC5	212



Gambar 3. Pengujian slump flow

**Kuat tekan**

Pengujian kuat tekan RPC dilakukan terhadap sampel 15 kubus, masing-masing 3 sampel untuk RPC1 sampai RPC5, kondisi sampel sebelum dan setelah pengujian terlihat seperti pada Gambar 4. Hasil kuat tekan rata-rata RPC disajikan dalam Tabel 4 dan Gambar 5. Hasil kuat tekan menunjukkan bahwa kombinasi *silica fume* dengan abu sekam padi dapat mempengaruhi besarnya kemampuan sampel RPC dalam memikul beban yang diberikan. Rerata kuat tekan RPC1 dengan komposisi tanpa abu sekam padi didapat sebesar 97,5 MPa. Pada RPC2 dan RPC3 rerata kuat tekan meningkat sekitar 5% dari RPC1. Selanjutnya pada RPC4 dan RPC5 kuat tekan meningkat masing-masing 21% dan 14%. Terlihat bahwa pada kombinasi abu sekam padi 7% (RPC4), memberikan hasil kuat tekan optimum. Penggunaan abu sekam padi 10% (RPC4) membuat kuat tekan

kembali menurun, namun masih lebih tinggi dari pada RPC1, RPC2 dan RPC3. Dengan demikian, kombinasi *silica fume* dengan abu sekam padi memberikan pengaruh yang baik terhadap kuat tekan RPC, hasil ini sejalan dengan penelitian dari Tuan, *et al.*, (2011).

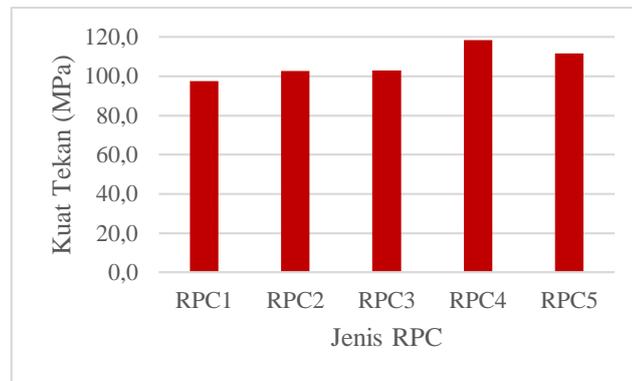
Hasil penelitian RPC yang dilakukan oleh Yu, *et al.*, (2014) dengan metode perawatan perendaman pada suhu 21 °C, jumlah semen yang digunakan 612,4 kg/m<sup>3</sup>, diperoleh rerata kuat tekan RPC sebesar 88 MPa. Sedangkan pada penelitian ini dengan kondisi perawatan perendaman, didapat kuat tekan rata-rata sebesar 97,5 MPa (RPC1), lebih tinggi 10,78%. Lebih lanjut, bila dilihat rasio kuat tekan terhadap jumlah semen yang digunakan, penelitian Yu, *et al.*, (2014) didapat sebesar 0,144, dan penelitian ini sebesar 0,153. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan semen dalam penelitian ini lebih efektif.

Tabel 4. Kuat tekan RPC

No.	Jenis RPC	Kuat Tekan (MPa)				Rerata	Varian KT (%)
		#1	#2	#3			
1	RPC1	99,3	96,6	96,6	97,5	-	
2	RPC2	98,0	106,0	104,0	102,7	5,3	
3	RPC3	100,3	108,3	100,3	103,0	5,6	
4	RPC4	120,4	124,6	110,5	118,5	21,5	
5	RPC5	108,7	112,5	113,7	111,6	14,5	



Gambar 4. Sampel RPC sebelum dan setelah pengujian kuat tekan



Gambar 5. Grafik rerata kuat tekan RPC

#### 4. PENUTUP

##### *Kesimpulan*

Kombinasi silika fume 25% dengan abu sekam padi sampai 10% dari berat semen dalam campuran RPC memberikan pengaruh yang baik terhadap *slump flow* dan kuat tekan dibandingkan dengan RPC tanpa penggunaan abu sekam padi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa RPC berbahan lokal dengan kadar semen rendah ( $635 \text{ kg/m}^3$ ) dan penggunaan perawatan metode perendaman sampai umur 28 hari dapat mencapai kuat tekan lebih dari 110 MPa. Sejalan dengan kuat tekan, kombinasi silika fume dengan abu sekam padi juga menunjukkan *workability* yang cukup baik, ditandai dengan nilai *slump flow* mencapai 200 mm.

##### *Saran*

Penelitian ini telah menghasilkan RPC berbahan lokal tanpa penggunaan serat baja dan hanya menggunakan perawatan normal. Penelitian dapat dikembangkan lebih lanjut dengan perawatan lain seperti perawatan uap dan *autoclave* serta penambahan serat dalam adukan sehingga dicapai kuat tekan RPC yang lebih tinggi dari 110 MPa.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S., *et al.* (2014) Development of UHPC Mixtures Utilizing Natural and Industrial Waste Materials as Partial Replacements of Silica Fume and Sand, *The Scientific World Journal*, Vol. 2014, pp. 1–8.
- Ángel, M., *et al.* (2015) Effect of Silica Fume Fineness on the Improvement of Portland Cement Strength Performance, *Construction and Building Materials*, Vol. 96, pp. 55–64.
- Aprianti S, E. (2017) A Huge Number of Artificial Waste Material Can Be Supplementary Cementitious Material (SCM) for Concrete Production – a Review Part II, *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd.
- ASTM C 1437 (2007) Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar, *Annual Book of ASTM Standards*. West Conshohocken: American Society for Testing and Materials International.
- Huang, W., *et al.* (2017) Effect of Cement Substitution by Limestone on the Hydration and Microstructural Development of Ultra-High Performance Concrete (UHPC), *Cement & Concrete Composites*. Elsevier Ltd.
- Kushartomo, W., *et al.* (2015) Mechanical Behavior of Reactive Powder Concrete with Glass Powder Substitute, *Procedia Engineering*, Vol. 125, pp. 617–622.
- Lee, N. P. and Chisholm, D. H. (2005) Reactive Powder Concrete: Study Report, Vol. 146 (146), p. 35.
- Richard, P. and Cheyrezy, M. (1995) Composition of Reactive Powder Concretes, *Cement and Concrete Research*, Vol. 25 (7), pp. 1501–1511.
- Tuan, N. Van, *et al.* (2011) The Study of Using Rice Husk Ash to Produce Ultra High Performance Concrete, *Construction and Building Materials*. Elsevier Ltd, Vol. 25 (4), pp. 2030–2035.
- Wille, K., *et al.* (2011) Ultra-High Performance Concrete with Compressive Strength Exceeding 150 MPa (22ksi): A Simpler Way, *ACI Materials Journal*, Vol. 108 (1), pp. 46–53.
- Yanzhou, P. (2010) Preparation of Reactive Powder Concrete Using Fly Ash and Steel Slag Powder 1 Introduction 2 Experimental, pp. 0–5.
- Yazici, H., *et al.* (2010) Mechanical Properties of Reactive Powder Concrete Containing High Volumes of Ground Granulated Blast Furnace Slag, *Cement and Concrete Composites*, Vol. 32 (8), pp. 639–648.
- Yigiter, H., *et al.* (2012) Mechanical Performance of Low Cement Reactive Powder Concrete (LCRPC), *Composites Part B: Engineering*, Vol. 43 (8), pp. 2907–2914.
- Yu, R., *et al.* (2014) Mix Design and Properties Assessment of Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC), *Cement and Concrete Research*, Vol. 56, pp. 29–39.



ELKAWNIE

Journal of  
Islamic Science and Technology

# SERTIFIKAT

Diberikan Kepada

**YULIUS RIEF ALKHALY**

Atas partisipasinya sebagai

**Pemakalah**

Pada kegiatan **SENASTEK SAMUDRA 2019** dengan tema  
“**Inovasi Sains dan Teknologi**” yang diselenggarakan oleh  
Fakultas Teknik Universitas Samudra

Langsa, 24 September 2019

Dekan  
Fakultas Teknik  
Universitas Samudra

Ir. Yulina Ismida, M.T  
NIP. 195607271994032001

Ketua Panitia



Zulfan Arico, S.Si., M.Si  
NIDN. 0020018802

# SENASTEK SAMUDRA 2019

Seminar Nasional Sains dan Teknologi  
"Inovasi Sains Dan Teknologi"

SELASA,  
**24** SEPTEMBER  
2019

08.00 - 16.00 WIB

GEDUNG SERBAGUNA  
UNIVERSITAS SAMUDRA LANGSA, ACEH



**Keynote Speaker 1**

Prof. Dr. Marwan Ramli, M.Si  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA



**Keynote Speaker 2**

Dr. Eng. Himsar Ambarita, S.T., M.T  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA



**Keynote Speaker 3**

Dr. Ir. Hamdani, MT  
UNIVERSITAS SAMUDRA

## Topik

### MIPA Dan Aplikasinya



### Teknik Rekayasa

## Tanggal Penting

21 Juli - 20 September 2019  
Pendaftaran Online

21 Juli - 05 September 2019  
Penerimaan Full Paper

26 Juli - 15 September 2019  
Notifikasi Penerimaan Full Paper

21 Juli - 20 Agustus 2019  
Pembayaran Early bird

21 Agustus - 20 September 2019  
Pembayaran Reguler

## Fasilitas

Lunch, Snack, Seminar Kit, Sertifikat dan Paper terpilih akan terbit pada

1. JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi) / S3
2. Jurnal Neutrino / S3
3. Jurnal Elkawnie / S4
4. CESS (Journal of Computer Engineering System and Science) / S3

## Biaya Seminar

No	Kategori	Early Bird	Reguler
1.	<b>Pemakalah</b>		
	Dosen/Peneliti/Umum	Rp. 350.000	Rp. 450.000
	Mahasiswa S2/S3	Rp. 350.000	Rp. 450.000
2.	<b>Non - Pemakalah</b>		
	Mahasiswa S1	Rp. 100.000	Rp. 250.000
	Dosen/Peneliti/Umum	Rp. 150.000	
3.	<b>Penyaji Poster</b>		
	Mahasiswa S2/S3	Rp. 150.000	
	Mahasiswa S1	Rp. 50.000	
	<b>Penyaji Poster</b>		
	Dosen/Peneliti/Umum	Rp. 200.000	Rp. 250.000
	Mahasiswa S2/S3	Rp. 200.000	Rp. 250.000
	Mahasiswa S1	Rp. 80.000	Rp. 150.000

Biaya pendaftaran ditransfer ke Nomor Rek BRI 394501014961532 an. Fazrina Saumi.  
Bukti transfer dapat dikirim melalui WA 085260407282.

## INFORMASI SELENGKAPNYA DAN PENDAFTARAN

<http://senastek.unsam.ac.id>

Contact Person :  
085262458345 (Andri)  
082301127794 (Liza)

E-mail :  
[senastek.unsam@gmail.com](mailto:senastek.unsam@gmail.com)

