

Pengaruh Jumlah *Blade* Dan *Angle Impeller* Terhadap Pola Aliran Dan Homogenitas Pada Proses Pencampuran CaCO_3 Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic*

Danawati Hari Prajitno ^{*)}, Dika Rohman Sholeh dan Baktias Fitriani

Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

^{*)} *Corresponding author*: dana@chem-eng.its.ac.id

Abstract

Mixing processes have been widely applied in various industries to produce high-quality, low-energy products. The importance of this process in an industrial process encourages the need for optimization in applying the mixing process. Side entry mixing is *one* of the most used mixing tools because of its low installation and operating costs. However, the mixing time to get homogeneous is quite long compared to the top mixer because of the mixing circulation factor. Therefore, this study aimed to predict the effect of the number of propeller blades combined with the impeller angle on the flow pattern and homogeneity in the CaCO_3 dilution process using Computational Fluid Dynamic method. This study used a propeller-type impeller with 3 and 4 blades, 60 cm for the height of the tube and 40 cm for the tube diameter. The angle used is 0° , 5° , 10° and 15° . Based on research, the greater angle and the number of blades tend to produce a quick return flow pattern where faster mixing times and a high degree of homogeneity are obtained. Thus, the results of this modelling can be used for optimizing the mixing process, especially for side entry mixing in the CaCO_3 dilution process.

Abstrak

Proses mixing telah banyak diaplikasikan dalam berbagai industri. Pencampuran yang salah juga akan menghasilkan produk bermutu rendah dan pemborosan energi. Pentingnya proses mixing di suatu proses industri mendorong perlunya pengoptimalan dalam pengaplikasian proses *mixing*. *Side entry mixing* menjadi salah satu alat *mixing* yang umum digunakan karena biaya instalasi dan operasinya yang rendah. Namun dalam pengaplikasiannya masih memiliki kekurangan yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menuju homogen cukup lama jika di bandingkan dengan *top mixer*, hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor sirkulasi pengadukan yang dihasilkan dari putaran *blade*. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh jumlah blade propeller yang di kombinasikan dengan angle impeller terhadap pola aliran dan homogenitas pada proses pengenceran CaCO_3 menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic*. Pada penelitian ini digunakan *impeller* jenis *propeller* dengan jumlah blade 3 dan 4. Dan dengan spesifikasi tinggi tabung dan diameternya 60 cm dan 40 cm serta tinggi fluida pada tangka 40 cm. Variabel angle yang digunakan yaitu 0° , 5° , 10° dan 15° . Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa Semakin besar derajat angel dan semakin banyak jumlah blade maka pola aliran cenderung *quick return flow*. Pola aliran ini akan menghasilkan proses pencampuran dengan waktu yang lebih cepat dan tingkat homogenitas yang tinggi.

Kata kunci: *Angle, Blade, Computational fluid dynamic, Mixing, Propeller,*

PENDAHULUAN

Dalam sebuah industri, mesin dan peralatan merupakan sarana penunjang yang paling penting bagi kelancaran produksi. Untuk dapat bersaing, industri harus bekerja secara efektif dan efisien. Cara kerja yang demikian dapat dicapai apabila industri tersebut didukung oleh sistem manajemen proses yang baik dan juga bantuan mesin dan alat penunjang produksi yang tepat[1]. Salah satu proses yang ada di industri adalah proses *mixing*. Di dunia industri proses *mixing* sangatlah umum dijumpai, misalnya seperti di industri kimia,minyak,oil dan gas, *pulp* dan *paper*, serta di industri fermentasi[2][1]. Salah satu proses yang ada di industri adalah proses *mixing*. Di dunia industri proses *mixing* sangatlah umum dijumpai, misalnya seperti di industri kimia,minyak,oil dan gas,*pulp* dan *paper*, serta di industri fermentasi[2]. Proses *mixing* di dalam suatu industri disebut dengan *core process*. Hal ini karena proses *mixing* biasanya menjadi awal dari suatu proses sehingga keberhasilan proses secara keseluruhan tergantung pada proses *mixing* yang efektif antara fluida-fluida yang terlibat. Dalam proses pencampuran perlu adanya alat pengaduk, sehingga perlu kita ketahui bahwa setiap peralatan pencampuran selalu dilengkapi dengan *impeller* sebagai pengaduknya, *impeller* ini lah yang mempercepat proses pencampuran fluida, dikarenakan dengan adanya *impeller* sebagai pengaduk, dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan energi yang berupa panas, baik yang disertai reaksi kimia maupun tidak dengan merubah energi mekanik dari motor penggerak menjadi sirkulasi aliran fluida pada ujung-ujung *blade impeller*[3].

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk memodifikasi proses *mixing* agar didapatkan proses pencampuran yang paling optimal, pengoptimalan *mixing* kebanyakan dilakukan dengan memodifikasi *impeller* yang digunakan, baik memodifikasi jenis ataupun diameter dari *impeller*. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Ahangari (2016), yang membahas tentang perbandingan dari proses pencampuran dengan dua jenis *impeller* yaitu *impeller* jenis *propeller* lima *blade* dengan *impeller* cekung, hasilnya menyatakan bahwa faktor yang paling efisien dalam mengurangi waktu pencampuran adalah kecepatan putaran, dengan bertambahnya kecepatan putaran, zona mati yang dipengaruhi oleh sirkulasi akan hilang dan homogenitas terjadi lebih awal sehingga waktu pencampuran menjadi lebih singkat^[4]. Berdasarkan penelitian Sugianto (2022, kinerja *side entry mixer* sendiri dengan *blade propeller* berjumlah 3, angle 0 derajat dan dengan kecepatan putaran 400 rpm untuk mencapai kondisi homogen memerlukan *mixing time* hingga 70 menit dengan tingkat homogenitasnya 99%.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melengkapi upaya pengoptimalan kinerja dari alat pencampuran atau *mixing process* khususnya pada *side-entry mixer* yang diaplikasikan pada proses pencampuran CaCO_3 yang dilakukan dengan skala laboratorium menggunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD). CaCO_3 atau kalsium karbonat merupakan zat kimia yang ditemukan dalam jumlah yang besar di dalam batu kapur. Senyawa ini adalah mineral yang sangat dasar dan tidak mengandung silikon serta menjadi sumber utama produksi komersial senyawa kalsium[5]. Pada penelitian ini jenis *impeller* ditetapkan yaitu *impeller* jenis *propeller* dengan variasi jumlah *blade* yang dikombinasikan dengan *angle impeller*. Modifikasi dari penelitian ini dilakukan pada bagian *blade*, didasarkan atas literatur yang menyatakan bahwa jumlah *blade* pada *impeller* memberikan kontribusi dalam menghasilkan wilayah distribusi kecepatan sirkulasi pada liquid yang dicampurkan sehingga dapat meningkatkan efektifitas dari proses pencampuran[6]. Dalam penelitian ini digunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan *software Ansys*, dimana metode ini merupakan metode analisis sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer. Penggunaan CFD dipilih karena lebih fleksibel dan mudah untuk memodifikasi konfigurasi dan dimensi tangki, orientasi, kecepatan *impeller*, dan properti fluida[7].

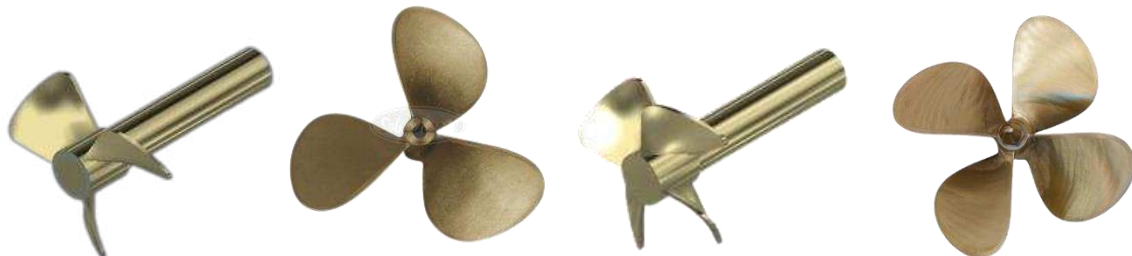
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah blade pada impeller yang dikombinasikan dengan angle impeller terhadap pola aliran fluida pada proses pencampuran kalsium karbonat pekat dan air dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*. Untuk mengetahui pengaruh jumlah blade pada impeller yang dikombinasikan dengan angle impeller terhadap pola alir pada proses pencampuran kalsium karbonat dan air dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan tangki berpengaduk jenis *Side Entering Mixer* (SEM) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah blade impeller yang dikombinasikan dengan angle impeller terhadap pola alir, waktu pencampuran, dan homogenitas fluida dalam berbagai titik persebaran pada tangki. Pola alir dalam tangki berpengaduk dengan *Side Entering Mixer* (SEM) dipengaruhi oleh sudut putar *impeller*, jumlah blade pada *impeller*, jenis impeller, geometri tangki, jenis fluida, sifat fluida, letak atau posisi poros *impeller*. Meskipun pada umumnya, impeller diposisikan dekat dasar tangki, arah poros *impeller* secara horizontal atau vertikal sangat mempengaruhi karakteristik aliran dalam tangki berpengaduk dengan *Side Entering Mixer* (SEM). *Impeller* yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis impeller dan 3-blade *propeller*, dan 4-blade *propeller*, Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yaitu analisis sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam sistem ini meliputi variabel bebas yang terdiri atas *Side entry angle* yaitu $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ dan jumlah *blade propeller* yaitu 3 *blade propeller* dan 4 *blade propeller*. Sedangkan untuk variabel tetapnya meliputi kecepatan putaran *propeller* yang di buat 400 rpm.



Gambar 1. Desain *Impeller*

Bahan Penelitian

Bahan baku dalam penelitian ini adalah air dan CaCO_3 dengan properties dari kedua bahan tersebut sebagai berikut:

Tabel 1. Properties air yang digunakan

Keterangan	Nilai	Satuan
Suhu	32	$^\circ\text{C}$
Densitas	998,2	kg/m^3
Viskositas	$1,003 \times 10^{-3}$	kg/m.s

Tabel 2. Properties CaCO_3 yang digunakan

Keterangan	Nilai	Satuan
Densitas	2800	kg/m^3

Sumber: [8]

Alat Penelitian

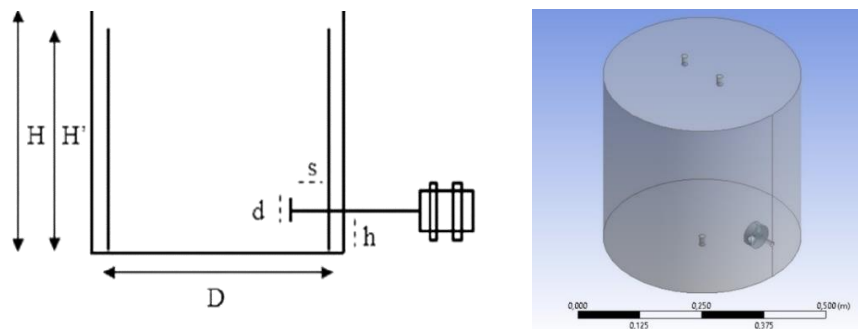
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola alir, waktu pencampuran, dan homogenitas fluida dalam tangki berpengaduk. Dalam penelitian ini digunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) sehingga diperlukan alat berupa perangkat lunak ANSYS. CFD adalah metode komputasi yang digunakan untuk mempelajari dinamika fluida. Sifat properti material, kondisi operasi, reaksi yang terjadi serta bentuk geometri ruang tempat fluida mengalir akan sangat mempengaruhi dinamika fluida pada saat fluida tersebut berpindah. Metode CFD dapat memberikan informasi dinamika fluida seperti kecepatan fluida, arah alir fluida, tekanan, temperatur serta konsentrasi secara simultan. Hasil perhitungan dapat ditampilkan dalam bentuk degradasi warna, plot kontur atau vektor kecepatan^[9]. Desain dari tangki berpengaduk yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Spesifikasi Desain *Impeller*

Spesifikasi Impeller	Keterangan	Satuan
Jenis Impeller	<i>Propeller</i>	-
Jumlah Blade	3 dan 4	-
Jenis Mixer	<i>Side entry</i>	-
Diameter Impeller	5	cm

Tabel 4. Spesifikasi Desain Tangki

Spesifikasi Tangki	Keterangan	Satuan
Bentuk Tangki	Silinder	-
Bentuk Dasar Tangki	Datar	-
Diameter	40	cm
Tinggi Tangki	60	cm
Tinggi Liquid	40	cm
Jarak impeller ke dasar tangki	4	cm



Gambar 2. Desain Tangki

Prosedur Penelitian

A. Tahap *Pre-Processing*

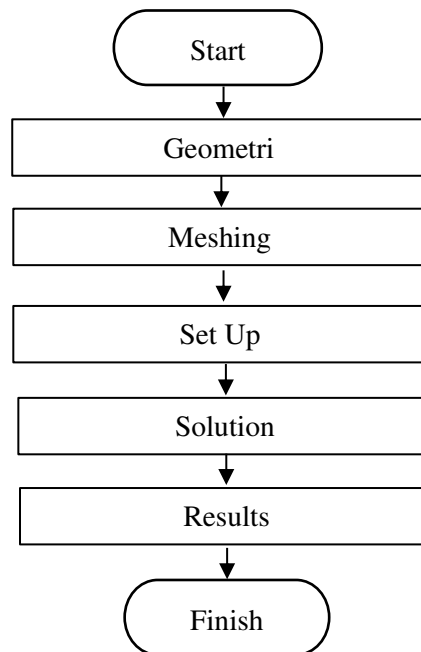
Membuat model geometri. Membuat grid menggunakan *Meshing*[®] untuk *stationary zonedan moving zone* untuk aliran fluida, dan mendefinisikan boundary condition. *Meshing* berfungsi sebagai pembagi control volume geometri menjadi elemen yang lebih kecil dan halus dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih konvergen pada analisa^[10].

B. Tahap *Solving*

Membaca mesh dari *stationary zone* kemudian melakukan *append case* untuk membaca dan menggabungkan dengan *moving zone*. Memilih persamaan yang akan digunakan, yaitu *k-ε* realizable dan *Moving Frame References* (MRF). Membuat bidang pengamatan secara vertikal. Mendefinisikan material yang akan digunakan dalam simulasi. Menentukan kondisi operasi dan kondisi batas pada sistem yang diuji. Mengatur penyelesaian parameter-parameter yang mengontrol yaitu *solution method*: PISO dan *solution control*. Menghitung penyelesaian berdasarkan perhitungan matematis pada program *Fluent* yang telah dikontrol dengan iterasi. Membuat bidang pengamatan dan mengatur *solution animation*[8].

C. Tahap *Post Processing*

Memperoleh hasil simulasi berupa gambar dan data. Kemudian menganalisa gambar dan data yang didapat



Gambar 3. Tahapan Proses Pada ANSYS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Propeller merupakan jenis baling-baling yang memberikan kekuatan dengan mengubah rotasi gerak dan gaya dorong^[11]. *Propeller* terdiri dari beberapa *blade* dan beroperasi seperti perputaran sekrup[12]. Jumlah dari *blade* sendiri mempengaruhi terhadap pola pencampuran dan konsumsi daya listrik dalam sebuah proses pencampuran. semakin banyak jumlah *blade* yang dipakai maka *stretching* yang dihasilkan juga semakin panjang dan jumlah folding yang dihasilkan juga semakin banyak sedangkan konsumsi daya listrik yang dipakai semakin sedikit[13].

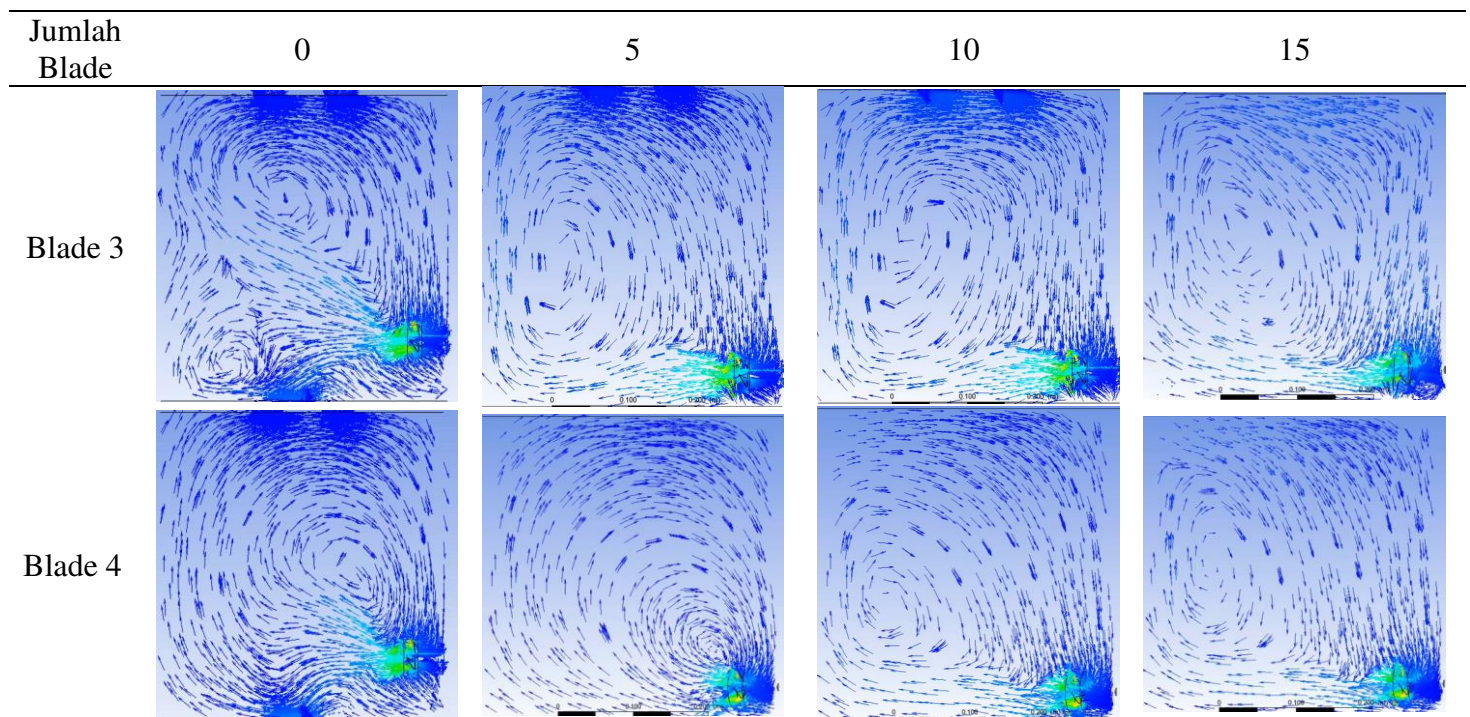
Pada penelitian ini menggunakan jenis pengamatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Data simulasi menggunakan *Ansys Fluent* dengan pemodelan geometri dan kondisi yang sama sebagaimana mode visual terjadi. Pada simulasi ini untuk pemodelan turbulensi menggunakan *k-ε*. *Time step* yang digunakan 0.05s, *number of time step* 600 serta *maximal iteration per time step* sebesar 150 .

Pengaruh Angle dan Jumlah Blade Impeller terhadap Pola Alir

Pola aliran bergantung pada beberapa faktor yaitu geometri tangki, jenis pengaduk, dan sifat fisik fluida[14]. *Propeller* akan membentuk aliran aksial. *Propeller* biasanya digunakan untuk

pencampuran bahan yang memiliki viskositas rendah. Pada tangki side entering mixer, yang dapat mempengaruhi pola alir salah satunya yaitu sudut masuk impeller. Ketika di dalam tangki yang lebih banyak daerah stagnan maka menyebabkan proses pencampuran terjadi dengan waktu yang lama[15].

Salah satu yang mempengaruhi pola alir dalam tangki *side entering mixer* adalah sudut masuk *impeller*. Sudut masuk *impeller* yang digunakan akan mempengaruhi pola alir yang terjadi di dalam tangki, jika didalam tangki daerah stagnan lebih banyak akan mengakibatkan proses pencampuran terjadi dalam waktu yang lama. Oleh karena itu pada proses pencampuran yang baik harus diperhatikan bukan hanya sudut masuk impeller tetapi bentuk dan dimensi pengaduk yang digunakan serta variabel *speed* motor akan mempengaruhi pola alir yang terjadi didalam tangki *side-entering mixer*. Secara umum pola aliran *impeller propeller* menimbulkan aliran aksial, arus aliran meninggalkan *impeller* secara kontinyu melewati fluida ke satu arah tertentu sampai dibelokkan oleh dinding atau dasar tangki. Kesalahan dalam menentukan arah sudut yang dibentuk akan menghasilkan aliran pusaran tangensial atau *vortex*, *vortex* pada permukaan zat cair dapat terjadi karena adanya sirkulasi aliran laminar cenderung membentuk stratifikasi atau kumpulan pada berbagai lapisan, yang dimana sirkulasinya kurang baik, hal ini akan sangat mempengaruhi terhadap homogenitas dari suatu pencampuran[16]. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh sudut masuk impeller dengan variasi sudut yaitu 0°, 5°, 10°, dan 15°. Berikut adalah gambar pola alir hasil dari simulasi yang dilakukan:



Gambar 4. Pengaruh *angle* dan jumlah *blade impeller* terhadap pola alir

Umumnya pola aliran pada proses *mixing* yang menggunakan side entry mixer dengan satu impeller akan menghasilkan pola aliran yang cenderung aksial dengan *oneloop circulation*. Dapat dikatakan *oneloop circulation* apabila aliran dari impeller menuju dasar tangki kemudian menyebar dan naik menuju permukaan liquid setelah menabrak dinding tangki. Aliran yang naik ke permukaan liquid kembali menuju impeller. Pada Gambar 4 kondisi *oneloop circulation* dapat diamati pada angle masuk impeller 0 derajat. Pada variabel angle 0 derajat dengan 3 blade propeller pola aliran semakin lama semakin membentuk pusaran yang dapat menimbulkan lokal vortex. Lokal vortex mengakibatkan tidak tercampurnya fluida secara sempurna pada daerah dekat

vortex[17]. Sedangkan pada variabel $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ derajat pola aliran menunjukkan *quick return flow* yaitu aliran dari discharge impeller menuju dinding, kemudian sebagian kecil dari aliran menuju ke daerah tengah tangki, sebagian yang lain bersirkulasi dalam tangki yang kemudian dalam waktu singkat menuju ke daerah impeller lagi sehingga pola yang ditunjukkan seragam menuju *impeller*.

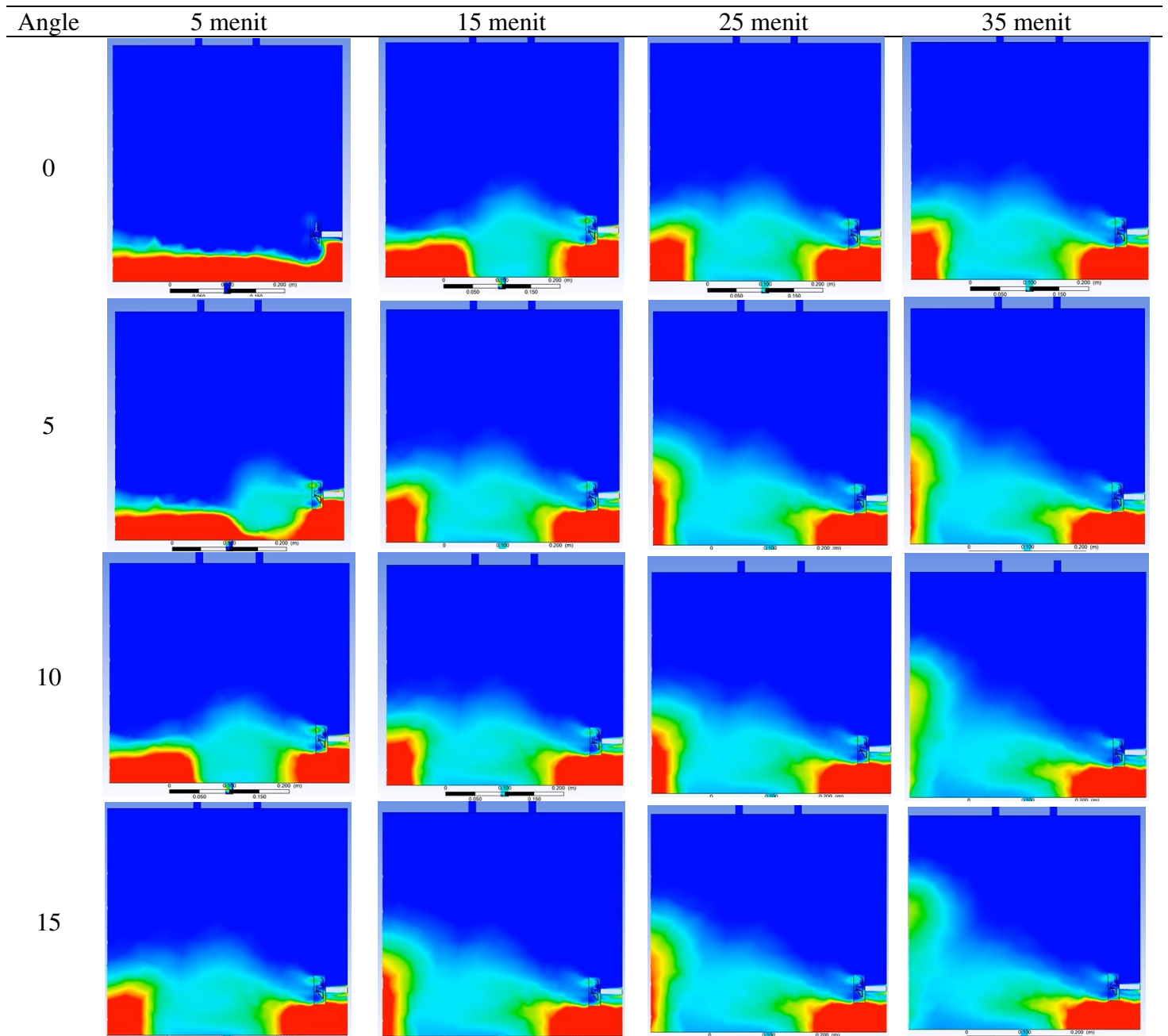
Pada variabel angle $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ dengan blade berjumlah 4 dan kecepatannya ditetapkan konstan 400 rpm menunjukkan pola aliran yang cenderung seragam yaitu pola aliran yang menuju ke dinding tangki kemudian bersirkulasi di dalam tangki dan akhirnya menuju ke daerah *impeller* dalam waktu singkat sehingga pola aliran terlihat lebih cenderung *quick return flow*. Ditunjukkan pula pada Gambar 4 bahwa fenomena zona diam atau *dead zone* tidak terjadi. Dari hasil pengamatan dapat dikatakan bahwa angle masuk impeller sangat mempengaruhi pola dari aliran pada proses pencampuran, angle sangat menentukan terciptanya pusaran yang dapat menimbulkan lokal *vortex* yang menurunkan efektifitas dari proses pencampuran tidak hanya itu *angle impeller* juga mempengaruhi timbul tidaknya *dead zone*. Hal ini sesuai dengan literatur terdahulu yang menyatakan bahwa Sudut masuk *impeller* (*side entry angle*) dan arah putar *impeller* mempengaruhi pola alir yang dihasilkan dan dapat menghilangkan ataupun menciptakan *vortex*[18].

Dapat diamati pula perbedaan pola aliran yang terbentuk pada blade 3 dan blade 4, pada blade 3 pola aliran yang pertama kali muncul akan cenderung *one loop circulation*, pada variabel 0 derajat terbentuk dua lokal *vortex* sedangkan pada variabel selanjutnya yaitu angle $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ aliran membentuk *one loop* yang membentuk satu pusaran besar dan akhirnya hilang. Pada blade 4 pola aliran dari semua variabel cenderung langsung membentuk aliran *quick return flow*, sehingga alirannya secara serempak kembali menuju *impeller*. Dari penelitian yang sudah dilakukan jumlah *blade* sendiri dapat memberikan peran dalam pembentukan pola aliran. Dimana *impeller* dengan jumlah *blade* 4 akan memiliki kecenderungan lebih cepat dalam memberikan sirkulasi dalam proses pencampuran. Hal ini sesuai dengan percobaan yang telah dilakukan oleh Govendan, (2019) yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah sudu *impeller* mampu meningkatkan efisiensi pencampuran dan mempercepat proses pencampuran akibat dari sirkulasi yang diciptakan[19].

Pengaruh Angle dan Jumlah Blade Impeller terhadap Homogenitas

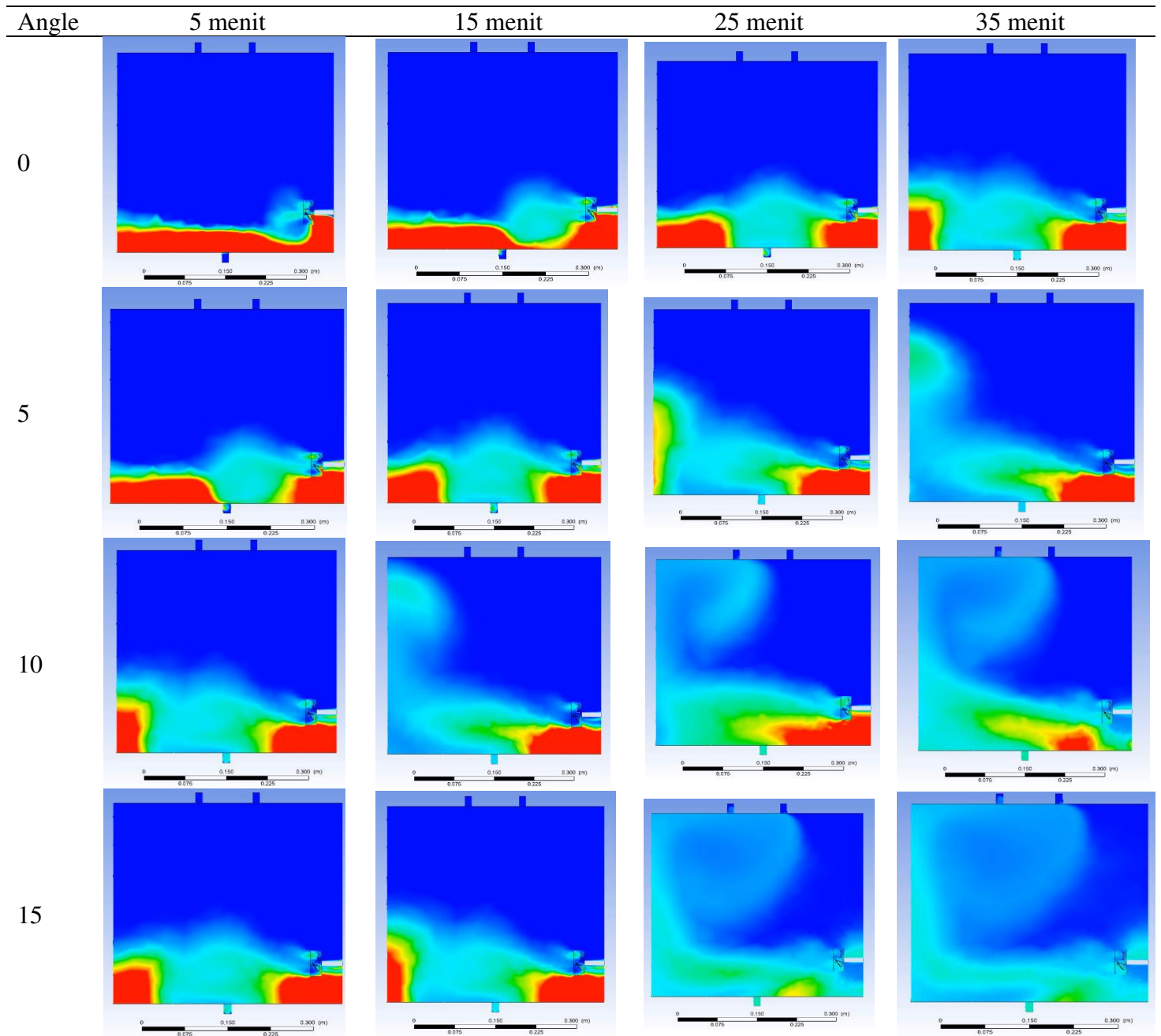
Homogenitas adalah suatu nilai yang menggambarkan distribusi konsentrasi atau biasa diartikan sebagai keseragaman dalam suatu area tertentu. Nilai homogenitas maksimal adalah 1 dimana hal tersebut menyatakan bahwa konsentrasi telah seragam / homogen. Pada penelitian ini nilai indeks homogenitas antara CaCO_3 dan air diperoleh dari data hasil simulasi FLUENT[20]. Dalam proses *mixing* homogenitas menjadi suatu hal yang sangat penting. Keseragaman dari campuran multifase dapat diukur dengan melakukan sampling di beberapa daerah pada campuran teraduk.

Campuran yang sempurna adalah ketika konsentrasi pada titik yang dipilih secara acak di dalam campuran adalah sama dengan konsentrasi *overall* nya. Dalam menciptakan campuran dengan homogenitas tinggi proses *mixing* dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya waktu pencampuran. Selain dipengaruhi oleh kecepatan, jumlah blade dan angle masuk *impeller* memiliki pengaruh terhadap homogenitas campuran hal ini karena blade dan angle memiliki peran dalam membuat sirkulasi dalam pencampuran[21]. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap pengaruh *angle* dan jumlah *blade* pada *impeller* terhadap homogenitas campuran CaCO_3 dan air yang diamati dari simulasi kontur dari Ansys.



Gambar 5. Pengamatan *angle* dan jumlah *blade* 3 terhadap homogenitas campuran

Kontur konsentrasi selama proses pengadukan terlihat pada Gambar 4 terlihat bahwa konsentrasi CaCO_3 terbesar berada tepat dibagian dasar tangki. Kemudian setelah proses pengadukan dimulai terlihat bahwa profil konsentrasi mulai menyebar ke seluruh bagian tangki akibat adanya dorongan dari sirkulasi yang dihasilkan dari putaran *impeller*. Dapat diamati bahwa pada variabel *blade* berjumlah 3 dengan *angle* masuk *impeller* $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$. Homogenitas campuran didapatkan dalam waktu yang cukup lama dimana pada 35 menit pengamatan masih terdapat padatan CaCO_3 Pada dasar tangki yang ditandai dengan adanya warna merah. Namun dapat dilihat pula bahwa semakin besar *angle impeller* tingkat homogenitas yang di hasilkan semain baik ditandai dengan perubahan warna kontur biru muda.



Gambar 6. Pengamatan *angel* dan jumlah *blade* 4 terhadap homogenitas campuran

Pada Gambar 6 terlihat bahwa konsentrasi CaCO_3 terbesar berada tepat dibagian dasar tangki. Kemudian setelah proses pengadukan dimulai terlihat bahwa profil konsentrasi mulai menyebar ke seluruh bagian tangki akibat adanya dorongan dari sirkulasi yang dihasilkan dari putaran impeller. Dapat diamati bahwa pada variabel *blade* berjumlah 4 dengan *angle* masuk impeller 0;5;10;15 derajat. Homogenitas campuran didapatkan dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan pada variabel *angel* yang sama dengan jumlah *blade* 3. Dimana variabel 15 derajat pada 35 menit pengamatan terlihat bahwa campuran yang didapatkan memiliki homogenitas yang lebih baik terindikasi dari tidak adanya padatan CaCO_3 yang tersisa pada dasar tangki yaitu warna merah pada dasar tangki.

Pencampuran yang efektif bisa dilihat dari aliran chaos. Secara harfiah chaos adalah ketidak beraturan suatu pola yang tidak dapat diprediksi.pada aliran laminar chaos dapat dihasilkan dengan berbagai cara salah satunya dengan memvariasikan jumlah *blade*. Dari perbandingan Gambar 5

dan Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah balde mempengaruhi panjang stretching dan jumlah folding yang dihasilkan. Semakin panjang stretching yang dapat dihasilkan dan semakin banyak jumlah *folding* yang dapat terbentuk maka semakin cepat pula proses pencampuran itu akan terjadi. Jumlah sudu atau blade pengaduk yang dipakai sangat mempengaruhi terhadap terciptanya *folding* dan *stretching*. Sedangkan semakin sedikit jumlah jumlah sudu yang dipakai maka stretching yang dihasilkan akan semakin pendek dan jumlah folding yang dihasilkan juga semakin sedikit sehingga proses pencampurannya akan menjadi semakin lama[13].

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Pada angle masuk *impeller* 0 derajat dengan 3 *blade propeller* menghasilkan pusaran yang menyebabkan vortex, sedangkan variabel angle 5,10 dan 15 derajat pola aliran cenderung membentuk *quick return flow*. Kemudian untuk variabel angle 0,5,10 dan 15 derajat pada jumlah *blade propeller* 4 pola aliran tidak terbentuk vortex dan aliran cenderung *quick return flow*. Sehingga dapat dikatakan bahwa angel masuk impeller pada *side-entering mixer* memiliki pengaruh terhadap pola alir yaitu mempengaruhi sirkulasi yang terbentuk. Pada penelitian ini hasil terbaik ditunjukkan pada variabel *angle impeller* 15 derajat dengan jumlah *blade* 4.
2. Pada *blade propeller* berjumlah 4, homogenitas dapat dicapai dalam waktu yang lebih singkat daripada proses *mixing* dengan menggunakan *propeller* dengan jumlah *blade* 3. Hal ini dikarenakan blade berjumlah 4 mampu menghasilkan sirkulasi dengan *stretching* yang lebih panjang dan jumlah *folding* yang lebih banyak. Dan pada penelitian ini proses *mixing* dengan waktu homogenitas terbaik didapatkan pada *blade* 4 dengan urutan variabel *angle* nya 15,10,5, derajat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan untuk kontributor yang membantu proses penelitian dan penyusunan makalah dan lembaga yang membiayai penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kadim, *Penerapan Manajemen Produksi Dan Operasi Di Industri Manufaktur*. 2017.
- [2] V. Mosorov, "Applications Of Tomography In Reaction Engineering (Mixing Process)," *Ind. Tomogr. Syst. Appl.*, Pp. 509–528, 2015, Doi: 10.1016/B978-1-78242-118-4.00019-8.
- [3] A. Haryanto, "Design Optimization Of Agitator For Hydroponic Nutrient Mixer," No. June, 2019, Doi: 10.26578/Jrti.V13i1.4762.
- [4] H. T. Ahangari, P. Noeparvar, And J. S. Moghadas, "The Effect Of Impeller Type On The Mixing Time Of The Non-Newtonian Fluids In Stirred Tanks," *Ctaij*, Vol. 4, No. January, Pp. 123–132, 2016.
- [5] Hariyati, A. Shofiyani, And M. A. Wibowo, "Ekstraksi Kalsium Karbonat (Caco 3) Dari Bahan Dasar Cangkang Kerang Ale-Ale (Meretrix Meretrix) Pada Temperatur Kalsinasi 500°C," *J. Kim. Khatulistiwa*, Vol. 8, No. 1, Pp. 54–58, 2019.
- [6] V. Boonkanokwong, B. Remy, J. G. Khinast, And B. J. Glasser, "The Effect Of The Number Of Impeller Blades On Granular Fl Ow In A Bladed Mixer," *Powder Technol.*, Vol. 302, Pp. 333–349, 2016, Doi: 10.1016/J.Powtec.2016.08.064.
- [7] A. A. Krisunaya And F. M. L. Nainggolan, "Simulasi Cfd Karakteristik Hidrodinamika

- Fermentor Bioetanol,” 2017.
- [8] L. Qomariyah, D. H. Prajitno, M. Sugianto, And P. L. Novitasari, “Pengaruh Side Entry Angle Pada Reaktor Berpengaduk Samping Terhadap Karakteristik Pola Alir Fluida Menggunakan Compu-Tational Fluid Dynamic (Cfd) Effect Of Side Entry Angle On Side Stirred Reactor On Fluid Flow Pattern Characteristic Using Computational F,” *Semin. Nas. Soebardjo Brotohardjono*, Pp. 139–145, 2021.
 - [9] M. Z. A. Abidin, M. Z. A. Z. Abidin, And S. W. Adji, “Analisa Performance Propeller B-Series Dengan Pendekatan Structure Dan Unstructure Meshing,” *J. Tek. Its*, Vol. 1, No. 1, Pp. G241–G246, 2012.
 - [10] I. W. Yudhatama, M. I. P. Hidayat, And W. Jatimurti, “Simulasi Computational Fluid Dynamics (Cfd) Erosi Partikel Pasir Dalam Aliran Fluida Gas Turbulen Pada Elbow Pipa Vertikal – Horizontal,” *J. Tek. Its*, Vol. 7, No. 2, Pp. 134–139, 2018.
 - [11] D. Galih Akbar Rizki, “Pengaruh Jumlah Blade Impeller Terhadap Performasi Turbin Mikro Hidro 250 Watt,” *10th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, Vol. 10, No. 103, Pp. 437–443, 2019.
 - [12] A. Mohammad Danil, F. Danny, And O. Fanny, “Analisa Pengaruh Perubahan Pitch Ratio Dan Jumlah Blade Terhadap Kavitasasi Pada Controllable Pitch Propeller (Cpp),” *J. Sains Dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Darma Persada*, Vol. 9, No. 2, Pp. 63–74, 2019.
 - [13] B. H. Prasetyo, G. Rubiono, And U. Suryadhianto, “Pengaruh Jumlah Sudu Pengaduk Terhadap Pola Pencampuran Dan Konsumsi Daya Listrik Pada Mixer Vertikal,” *J. V-Mac*, Vol. 5, No. 1, Pp. 9–12, 2020.
 - [14] K. A. Nst, Chairul, And M. P. S, “Pengaruh Jenis Pengaduk Dan Waktu Fermentasi Terhadap Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan Yeast *Saccharomyces Cereviceae*,” *Jom Fteknik*, Vol. 2, No. 1, Pp. 1–7, 2015.
 - [15] F. Ali, I. S. Arief, And T. Bambang, “Analisa Aliran Fluida Pada Mixing Crude Oil Storage Tank Dengan Cfd,” *J. Perkapalan*, Pp. 1–10, 2016.
 - [16] M. Murtadho, Y. Ihsana, N. Fathonah, S. Winardi, And T. Nurtono, “Pengaruh Sudut Masuk Impeller Terhadap Pola Alir Dalam Reaktor Biogas Dengan Side Entering Mixer,” *Pengemb. Teknol. Kim. Untuk Pengolah. Sumber Daya Alam Indones.*, No. April, Pp. 1–7, 2017.
 - [17] Priyani Lustina Novitasari Mohamad Sugianto, *Side Entry Karakteristik Pola Aliran Fluida Dalam Tangki Berpengaduk Dengan Side-Entering Mixer Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (Cfd) Side Entry Karakteristik Pola Aliran Fluida Dalam Tangki Berpengaduk Dengan Side-Entering Mixer Mengguna. .*
 - [18] Y. Ihsana, “Pengaruh Side Entry Angle Terhadap Pola Alir Dalam Tangki Berpengaduk Dengan Side-Entering Mixer Mochammad Murtadho The Effect Of Side Entry Angle To Flow Pattern In Stirred Tank With Side- Entering Mixer By : Mochammad Murtadho,” 2017.
 - [19] N. Govendan, P. G. Scholar, E. C. A. D. Cam, M. Engineering, S. R. V. E. College, And I. Justin, “Influence Of Number Of Impeller Blades On The Performance Of Centrifugal Pumps By Using Ansys Software,” Vol. 7838, Pp. 164–187, 2019.
 - [20] Anugrah Budi Cahyani, “Simulasi Pencampuran Molasses Dan Air Pada Tangki Konis,” 2016.
 - [21] I. Bagus Et Al., “Pengaruh Suhu Pencampuran Dan Lama Pengadukan Terhadap Karakteristik Sediaan Krim,” Vol. 8, No. 2, Pp. 200–209, 2020.