



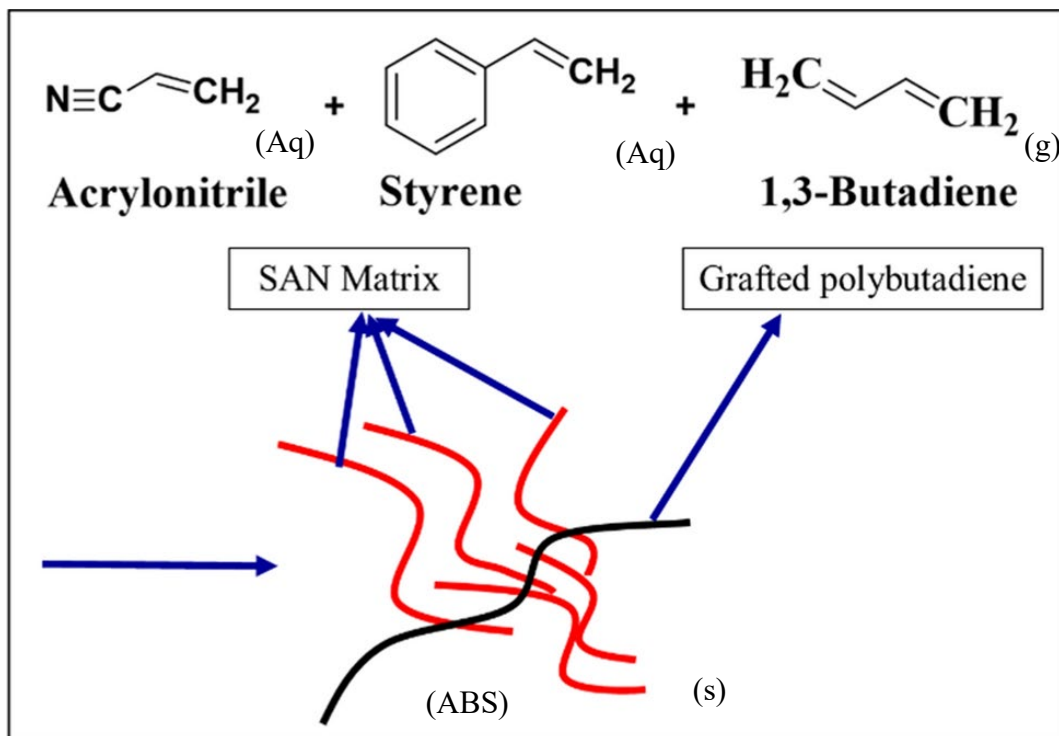
PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene* dengan *Proses Polimerisasi Emulsi*”

BAB II

URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

ABS dapat diproduksi dengan beberapa proses dari awal bahan baku hingga mendapatkan produk yang paling optimal. ABS diproduksi dari monomer butadiene, acrylonitrile, dan styrene dengan reaksi polimerisasi oleh inisiator radikal bebas. Reaksi umum pembentukan ABS dari monomer styrene sebagai berikut.



Gambar II.1 Reaksi Acrylonitrile, Butadiene, dan Styrene menjadi ABS (Kumar, dkk., 2024)

Reaksi polimerisasi terdiri dari 3 tahapan yakni sebagai berikut (Lovell, 2020).

1. Inisiasi

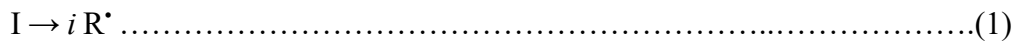
Tahapan awal dari pembuatan ABS adalah inisiasi. Inisiasi terdiri dari 2 tahap yakni pembentukan radikal bebas dan pemecahan ikatan rangkap 2. Pembentukan radikal bebas diawali dengan dekomposisi senyawa t-BHP oleh *sodium formaldehyde sulfoxylate* dengan mekanisme reduksi oksidasi (*redox*)



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari
Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene dengan Proses
Polimerisasi Emulsi”

agar menjadi radikal bebas yang reaktif ($R^\bullet$). Selanjutnya radikal bebas dari senyawa t-BHP menginisiasi monomer butadiene untuk memecah ikatan rangkap dari butadiene, sehingga menghasilkan radikal baru di ujung rantai. Reaksinya sebagai berikut.



2. Propagasi

Tahap selanjutnya dari reaksi polimerisasi adalah tahap propagasi, dimana radikal aktif yang terbentuk pada ujung rantai memecah ikatan rangkap dari monomer butadiene yang lain secara berulang dan radikal aktif tetap berada pada ujung rantai. Pada tahap ini terbentuk senyawa polybutadiene. Reaksinya sebagai berikut.



3. Chain transfer

Butadiena memiliki dua ikatan rangkap terkonjugasi sehingga sangat reaktif terhadap radikal bebas dari dekomposisi inisiator peroksida. Selama polimerisasi, dilakukan mekanisme *chain transfer*, yaitu perpindahan radikal aktif ke molekul lain yang menyebabkan terhentinya pertumbuhan rantai sementara dan terbentuknya rantai baru, sehingga berat molekul polimer dapat dikendalikan. Reaksinya sebagai berikut.



4. Propagasi

Radikal baru yang terbentuk dari *chain transfer agent* (CTA) akan memulai pertumbuhan rantai baru atau rantai cabang (*graft*) dengan monomer styrene dan acrylonitrile. Reaksinya sebagai berikut.





PRA RANCANGAN PABRIK

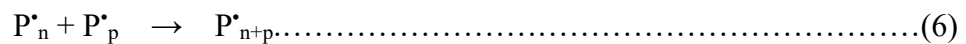
“Pabrik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet dari Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene dengan Proses Polimerisasi Emulsi”

5. Terminasi

Terminasi merupakan tahap akhir dalam polimerisasi radikal bebas ketika dua radikal rantai yang masih aktif saling bereaksi sehingga pusat radikalnya hilang dan terbentuk polimer yang tidak lagi dapat tumbuh (polimer mati). Proses ini dapat berlangsung melalui dua mekanisme utama, yaitu:

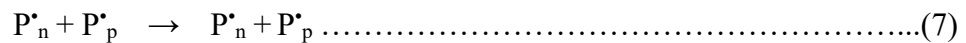
a. Kombinasi

Dua radikal bergabung membentuk satu rantai polimer yang lebih panjang.



b. Disproporsionasi

terjadi transfer atom hidrogen dari satu radikal ke radikal lain sehingga menghasilkan dua rantai polimer terpisah tanpa radikal.





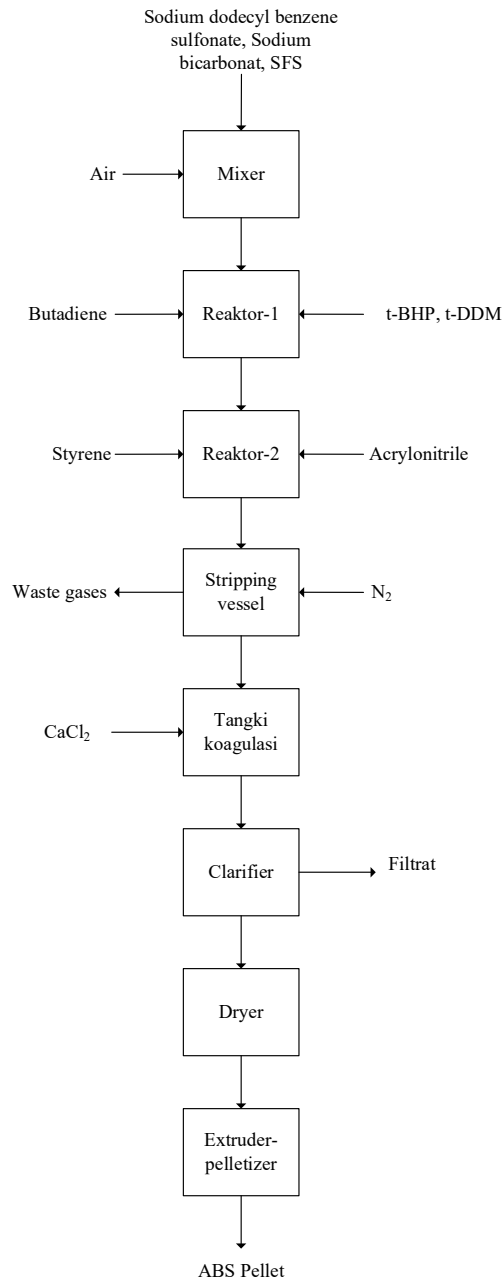
PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari Monomer *Acrylonitrile Butadiene* dan *Styrene* dengan Proses *Polimerisasi Emulsi*”

II.1 Macam-Macam Proses Pembuatan ABS

Ada beberapa macam proses produksi ABS ditinjau dari proses pembuatan dan produk akhir dari ABS, yaitu antara lain proses:

1. Proses emulsi



Gambar II.2 Blok Diagram Pembuatan ABS dengan Proses Emulsi



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet dari Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene dengan Proses Polimerisasi Emulsi”

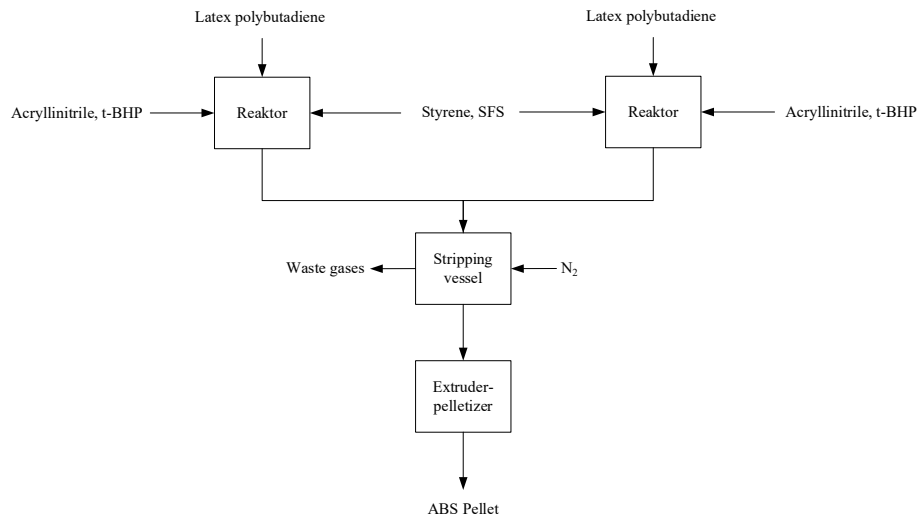
Pada tahap pertama dilakukan pembentukan latex polybutadiene. Monomer butadiene dipolimerisasi dalam medium air menggunakan emulsifier dan inisiator radikal bebas. Reaksi ini menghasilkan partikel polybutadiene yang sangat kecil yang terdispersi dalam air dan membentuk sistem latex. Konsentrasi polimer dalam latex biasanya sekitar 30–50% berat, sedangkan sisanya merupakan air dan komponen tambahan seperti surfaktan serta agen transfer rantai untuk mengontrol berat molekul polimer dan menghasilkan konversi reaksi sebesar 93%. Tahap berikutnya adalah polimerisasi graft styrene dan acrylonitrile. Monomer styrene dan acrylonitrile dimasukkan ke dalam reaktor yang berisi latex polybutadiene. Inisiator menghasilkan radikal bebas yang memulai polimerisasi monomer tersebut sehingga terbentuk kopolimer styrene-acrylonitrile (SAN). Sebagian rantai SAN kemudian tercangkok secara kimia pada permukaan partikel polybutadiene sehingga membentuk struktur graft copolymer dan mencapai konversi reaksi sebesar 99,5%. Proses graft ini penting karena meningkatkan interaksi antara fase karet dan matriks plastik. Setelah reaksi polimerisasi selesai, campuran reaksi masih berbentuk latex ABS dan monomer yang tidak bereaksi di hilangkan di unit stripper. Kemudian dilakukan koagulasi dengan menambahkan koagulan yang menyebabkan partikel polimer menggumpal. Gumpalan polimer kemudian dipisahkan melalui filtrasi atau sentrifugasi. Produk yang masih mengandung air selanjutnya dikeringkan dan diproses lebih lanjut melalui ekstruder untuk menghasilkan pellet ABS yang siap digunakan dalam industri plastic (Othmer, 1990).



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene* dengan *Proses Polimerisasi Emulsi*”

2. Proses *Mass*



Gambar II.3 Blok Diagram Pembuatan ABS dengan Proses *Mass*

Polimerisasi mass atau bulk pada produksi ABS dilakukan tanpa menggunakan media air sebagai fase kontinu. Pada proses ini, polibutadiena terlebih dahulu dilarutkan dalam campuran monomer styrene, kemudian acrylonitrile ditambahkan untuk membentuk sistem reaksi homogen awal. Inisiator radikal bebas seperti peroksida organik digunakan untuk memulai reaksi pada temperatur sekitar 90–140 °C. Dalam proses *mass*, reaktor yang digunakan harus lebih dari 2 dikarenakan untuk mengontrol viskositas dari produk ABS yang seringkali menghasilkan viskositas yang tinggi jika menggunakan proses *mass*. Seiring berlangsungnya reaksi, terbentuk kopolimer SAN yang kemudian mengalami fenomena phase inversion, yaitu perubahan dari sistem homogen menjadi sistem dua fase dengan partikel karet terdispersi di dalam matriks polimer. Konversi monomer biasanya mencapai 98% sebelum campuran dialirkan ke unit devolatilizer untuk menghilangkan sisa monomer yang belum bereaksi. Kenaikan viskositas selama reaksi menjadi tantangan utama karena dapat mempersulit pengendalian panas dan pencampuran. Oleh karena itu, proses ini sering dijalankan secara kontinu dalam beberapa reaktor

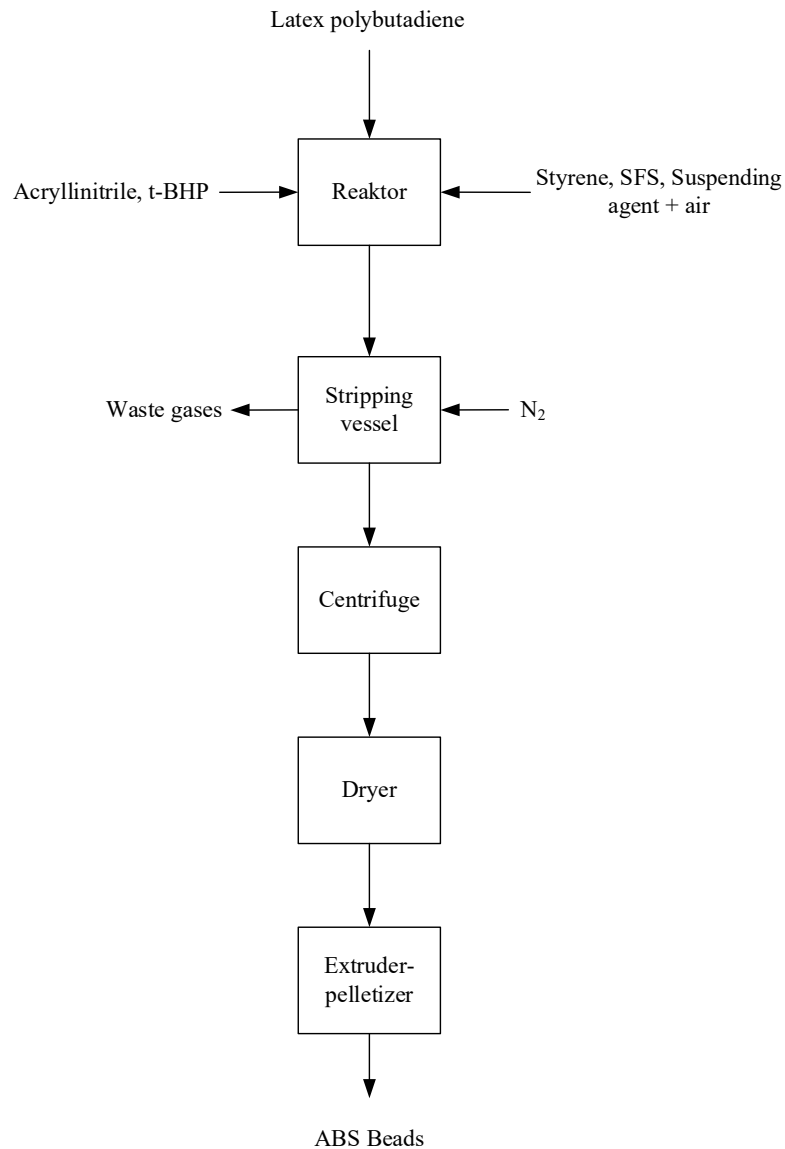


PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene* dengan *Proses Polimerisasi Emulsi*”

bertingkat untuk menjaga stabilitas termal. Produk akhir umumnya berbentuk pellet ABS dengan kandungan residu monomer rendah (Othmer, 1990).

3. Proses *Mass-suspension*



Gambar II.4 Blok Diagram Pembuatan ABS dengan Proses *Mass-suspension*
Pada tahap awal dilakukan mass polymerization parsial terhadap campuran monomer styrene, acrylonitrile, dan polybutadiene. Reaksi ini biasanya



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet dari Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene dengan Proses Polimerisasi Emulsi”

dihentikan ketika konversi monomer mencapai sekitar 15–30%. Pada tahap ini mulai terbentuk kopolimer SAN dan sebagian struktur graft pada polybutadiene. Campuran reaksi yang masih bersifat viskos kemudian dimasukkan ke dalam medium air yang mengandung suspending agent sehingga membentuk droplet polimer dalam fase air. Droplet ini bertindak sebagai mikroreaktor tempat reaksi polimerisasi dilanjutkan hingga konversi monomer mencapai 98%. Selama tahap ini terbentuk partikel polimer berbentuk beads dengan ukuran relatif seragam. Setelah polimerisasi selesai, beads ABS dipisahkan dari fase air melalui proses filtrasi atau sentrifugasi. Produk kemudian dikeringkan dan dilelehkan kembali dalam ekstruder untuk membentuk pellet plastik ABS. Pengendalian ukuran bead sangat bergantung pada kondisi agitasi dan stabilitas suspensi, sehingga variasi parameter dapat memengaruhi keseragaman produk. Selain itu, penggunaan air memerlukan unit pemisahan dan pengeringan tambahan, yang meningkatkan kebutuhan utilitas dibanding proses mass tunggal (Othmer, 1990).



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene dengan Proses Polimerisasi Emulsi*”

II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian proses diatas, maka didapatkan perbandingan masing-masing proses berikut:

Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan ABS

Parameter	Proses		
	Proses emulsi	Proses mass	Proses <i>mass-suspension</i>
Bahan baku	Monomer acrylonitrile, butadiene, styrene, inisiator, air, CTA, emulsifier	Latex polybutadiene, monomer acrylonitrile dan styrene, inisiator, Pelarut organik,	Latex polybutadiene, monomer acrylonitrile dan styrene, inisiator, pelarut organik, air, suspending agent
Pengendalian panas	Mudah, karena ada media air	Sulit, karena tidak ada media air	Mudah, karena ada media air
Viskositas	Rendah	Tinggi	Sedang
Tekanan	2 – 10 atm	2 – 10 atm	2 – 10 atm
Konversi	99,5%	98%	98%
Aliran Proses	Sedang	Sederhana	Kompleks
Produk	Pellet	Pellet	Beads

(Othmer, 1990)

Berdasarkan perbandingan masing-masing proses diatas, maka dipilih pembuatan ABS dengan proses emulsion polymerization menggunakan bahan baku monomer acrylonitrile, butadiene, styrene dengan inisiator sodium persulfate dan surfaktan sodium dodecyl benzenesulfonate, dengan beberapa pertimbangan berikut:

1. Konversi reaksi dengan proses polimerisasi emulsi lebih besar dibanding proses lain.



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene* dengan *Proses Polimerisasi Emulsi*”

2. Temperatur reaksi polimerisasi yang digunakan relatif lebih rendah dibandingkan proses lain, yakni sekitar 50-80°C.
3. Aliran proses yang digunakan tidak terlalu kompleks

II.3 Uraian Proses

ABS pellet dibuat dengan proses emulsi menggunakan bahan baku monomer, inisiator, chain transfer agent, emulsifier, air, larutan buffer. Berikut adalah uraian proses pembuatan ABS pellet dengan proses emulsi (Vilasagar, 2003)

1. Tahap penyimpanan bahan baku

Bahan baku pembuatan ABS pellet, yaitu monomer (acrylonitrile, butadiene, dan styrene), inisiator redoks (t-BHP dan SFS), air, SDBS sebagai *emulsifier*, t-DDM sebagai senyawa *chain transfer agent*, *sodium bicarbonate* sebagai larutan *buffer*. Acrylonitrile, styrene, t-BHP, dan t-DDM disimpan di dalam tangki penyimpanan dengan fase cair pada kondisi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Butadiene disimpan di dalam tangki penyimpanan dengan fase gas pada kondisi suhu 25°C dan tekanan 4 atm. SFS, SDBS, dan *sodium bicarbonate* dimasukkan langsung kedalam tangki pencampuran untuk dicampurkan air. SFS, SDBS, dan *sodium bicarbonate* yang digunakan hanya sebagian kecil dari kapasitas produksi.

2. Tahap pembentukan ABS

Reaksi pembentukan ABS pellet di bagi menjadi 2 bagian. Pada bagian pertama adalah pembentukan latex polybutadiene yang berjalan di dalam *continue stirred tank reactor* dengan kondisi operasi 56°C - 74°C dan tekanan 7,4 atm. Tahap pertama dari pembentukan latex polybutadiene adalah tahap nukleasi dimana SDBS dicampurkan terlebih dahulu dengan air, *sodium bicarbonate* sebagai larutan penyangga, dan SFS sebagai inisiator reduktor. Tujuan di larutkannya SDBS adalah untuk memperoleh larutan misel dan kemudian di alirkan menuju reaktor-1.



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene* dengan *Proses Polimerisasi Emulsi*”

Selanjutnya butadiene di alirkan dengan kompresor menuju reaktor. Lalu, t-BHP sebagai inisiator oksidator di alirkan untuk memulai reaksi polimerisasi butadiene menjadi polybutadiene dan dialirkan juga t-DDM sebagai *chain transfer agent* untuk mengontrol *crosslinking* dari butadiene sekaligus mengontrol berat molekul dari polybutadiene. Waktu reaksi polimerisasi butadiene adalah 6 jam dengan konversi 93% dan reaksinya bersifat eksotermis, sehingga di perlukannya jaket pendingin untuk mengontrol panas. Reaktor-1 di desain bertekanan 7,4 atm karena untuk menjaga butadiene tidak berubah fase selama bereaksi dan setelah reaksi selesai, butadiene di yang berubah fase di *recycle* kembali menuju reaktor-1. Setelah mencapai waktu reaksi dari polimerisasi butadiene, produk reaktor-1 di alirkan menuju tangki penyimpanan latex polybutadiene agar proses selanjutnya bisa berjalan secara kontinyu. Kemudian latex polybutadiene di alirkan menuju reaktor-2 bersamaan dengan di alirkannya monomer styrene dan acrylonitrile untuk membentuk fase cangkok / *graft*. Waktu reaksi polimerisasi styrene dan acrylonitrile sekitar 40 menit dengan konversi reaksi 99,5%. Reaksi ini bersifat eksotermis sehingga digunakan air pendingin yang dialirkan melalui jaket pendingin untuk mengontrol panas reaktor-2.

3. Tahap pemurnian

Setelah melalui tahapan reaksi, produk di alirkan menuju unit *stripping vessel* untuk menghilangkan monomer yang tidak bereaksi dengan bantuan gas N₂. *Stripping vessel* beroperasi pada suhu 100°C dan tekanan 0,2 atm. Hasil keluaran dari stripping vessel adalah gas N₂ yang membawa monomer yang tidak bereaksi dan di alirkan menuju unit flash drum untuk memisahkan antara monomer dan gas N₂ agar gas N₂ bisa di gunakan kembali dan di *recycle* menuju *stripping vessel*. Hasil produk keluaran stripping vessel di alirkan menuju tangki koagulasi. Tangki



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Pellet* dari *Monomer Acrylonitrile Butadiene dan Styrene* dengan *Proses Polimerisasi Emulsi*”

koagulasi berfungsi untuk memisahkan partikel polimer ABS dari emulsi cairnya dengan cara merusak kestabilan sistem koloid menggunakan bahan kimia koagulan berupa CaCl_2 . Tangki koagulasi beroperasi pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm. Kemudian produk di alirkan menuju clarifier untuk memisahkan filtrat yang mengandung *emulsifier* dan sedikit monomer dari polimer ABS. Clarifier beroperasi pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm. Filtrat di buang menuju unit pengolahan limbah untuk di olah dan produk ABS di alirkan menuju *rotary dryer* untuk menurunkan kadar air hingga 2% sekaligus *pre-heater* sebelum masuk kedalam unit extruder-pelletizer. Extruder digunakan untuk melelehkan polimer ABS dengan cara menaikkan temperatur hingga melewati T_g dari polimer ABS. Pelletizer digunakan untuk memotong polimer ABS yang sudah leleh agar menjadi bentuk pellet yang seragam. Extruder-pelletizer beroperasi pada suhu 230°C dan tekanan 1 atm. Kemudian produk ABS yang sudah menjadi bentuk pellet di bawa ke silo untuk proses pengemasan / *packaging* dan dimasukkan kedalam *warehouse* untuk disimpan.