

3. FABRIKASI KOMPONEN-KOMPONEN BCS DI PABRIK DAN APLIKASINYA

3.1. Fabrikasi *Beam, Column, Slab* di Pabrik

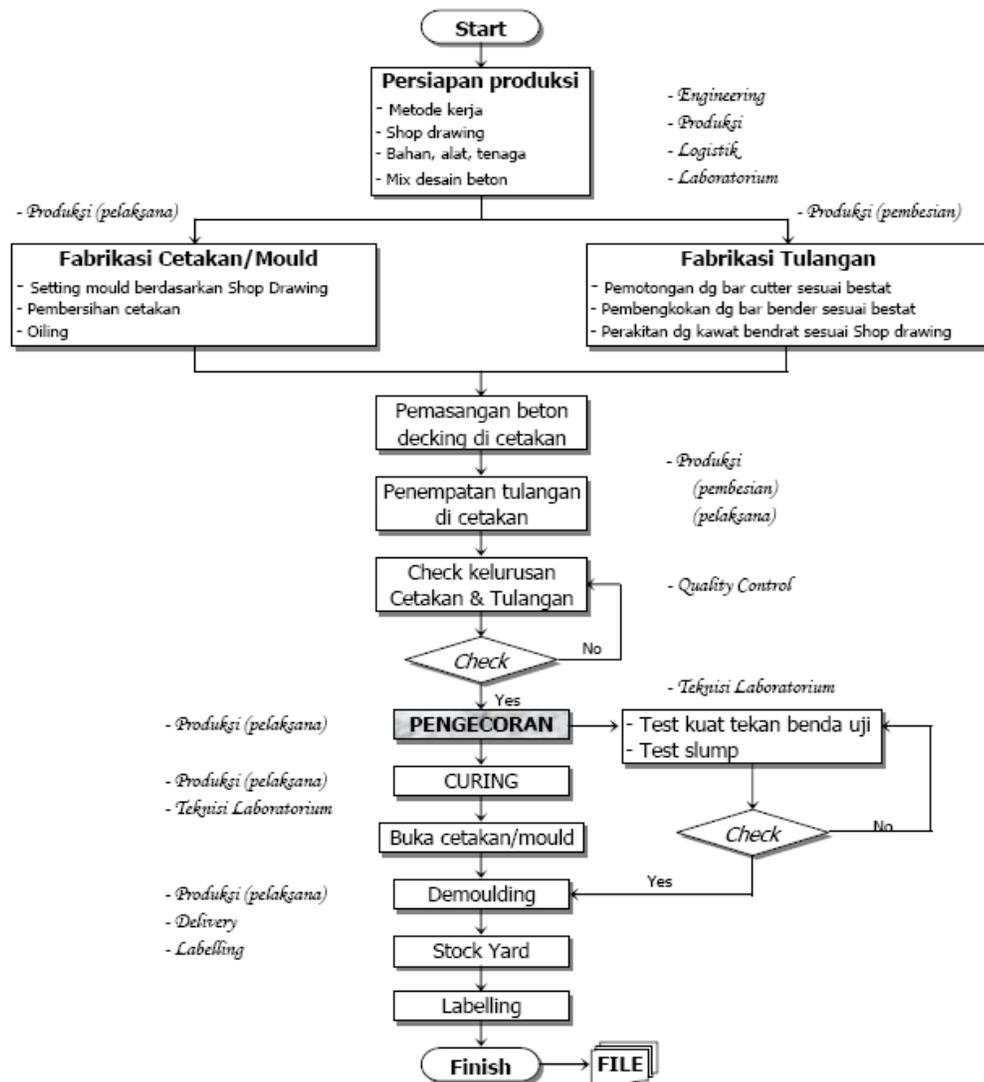
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses produksi pracetak:

1. Jenis dan jumlah komponen
Tipe-tipe yang akan diproduksi di pabrik serta jumlah dari masing-masing tipe tersebut, akan mempengaruhi produksi unit-unit pracetak yang dibutuhkan.
2. Waktu produksi dan luas lahan di lapangan
Waktu produksi harus sesuai dengan jadwal pemasangan di proyek, jangan sampai produksinya terlambat dan mengganggu jalannya pelaksanaan konstruksi di lapangan. Luas area yang tersedia untuk penyimpanan komponen pracetak di lapangan juga mempengaruhi produksi unit pracetak di pabrik. Jika area yang tersedia cukup luas, maka komponen yang dapat diproduksi pun lebih banyak, daripada jika area yang tersedia terbatas.
3. Detail komponen
Adanya gambar *bar bending schedule* yang benar dan jelas sangat penting untuk kelancaran jalannya produksi unit-unit pracetak. Gambar *bar bending schedule* tersebut meliputi: panjang dan diameter tulangan masing-masing tipe, jumlah tulangan, bentuk modul/unit pracetak, dll.
4. Perencanaan cetakan
Perencanaan cetakan yang baik akan mempengaruhi kelancaran proses produksi di pabrik. Pemilihan bahan yang akan digunakan sebagai cetakan, bentuk cetakan, ukuran cetakan, semuanya akan berpengaruh terhadap proses produksi. Cetakan harus direncanakan seefektif dan seefisien mungkin.
5. *Quality Control*
Selama proses produksi, diperlukan adanya tim *quality control* yang bertugas untuk mengontrol mutu dari unit pracetak yang diproduksi. Sebelum dan sesudah pengecoran dilakukan evaluasi apakah yang dikerjakan telah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

6. Catatan Tambahan

Catatan khusus harus diberikan apabila unit pracetak yang diproduksi memiliki kekhususan, misalnya permintaan khusus untuk tes kekuatan beton, permintaan campuran beton khusus, juga permintaan khusus untuk *finishing* beton.

Bagus tidaknya produk yang dihasilkan bergantung dari proses perencanaan dan fabrikasi. Ada pun secara garis besar proses pabrikasi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1. Flow Chart Proses Umum Produksi Sistem BCS

Tahapan proses produksi tersebut secara umum sama untuk produksi beton pracetak, baik untuk balok, kolom, maupun untuk pelat. Tahapan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Proses persiapan produksi:

- Harus dibuat suatu metode kerja oleh bagian *engineer*, yang menjadi acuan untuk pelaksanaan proses pabrikasi. Metode kerja tersebut termasuk bagaimana perakitan cetakan/bekisting, mempersiapkan bahan/material dan alat-alat, proses *mixing* dan penuangan beton, serta cara perawatan beton pracetak tersebut.
- Dipersiapkan pula *shop drawing* (contoh dapat dilihat pada lampiran 3) unit pracetak yang akan dibuat, yang telah disetujui oleh kontraktor/konsultan (pihak ekstern), yang dikoordinir oleh bagian *engineering*. *Shop drawing* yang dibuat meliputi gambar kerja lengkap untuk pembuatan dan pemasangan setiap unitnya, termasuk gambar rencana pengangkatannya. Gambar kerja juga harus memberikan semua informasi, seperti dimensi dan batas toleransinya. Gambar haruslah menunjukkan ukuran, jumlah, dan letak penulangan; detail dan letak sambungan dan metode untuk menyambung; letak dan detail rencana titik angkat dan penulangan khusus untuk pengangkatan; detail pada setiap *insert*/tambahan, penggabungan, dll., serta metode pengangkeran; detail dan material sambungan; *finishing* beton; dan metode untuk melindungi permukaan yang terekspos selama penyimpanan dan transportasi.
- Bahan/material dipersiapkan sesuai dengan perkiraan dari *bill of quantity* untuk proses produksi. Untuk membuat beton diperlukan bahan seperti portland semen, agregat, dan air. Bahan *admixture*, seperti *retarder*, *accelerator*, *pozolan*, dll., dapat ditambahkan sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan semen disesuaikan dengan lokasi pelaksanaan proyek, bisa semen tipe I atau II. Jika diinginkan *early strength* atau untuk mengurangi waktu *curing*, dapat digunakan semen tipe III. Agregat haruslah: (1) bersih, bebas dari partikel atau zat yang dapat melemahkan, kotor, atau dapat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan beton; (2) memiliki kekuatan, ketahanan, dan kekerasan yang cukup untuk melawan

pembebanan yang direncanakan; (3) memiliki ketahanan untuk tidak membeku dan mencair, terhadap perubahan temperatur, dan terhadap perubahan kelembapan di permukaan; dan (4) memiliki gradasi yang seragam dari ukuran agregat halus hingga kasar untuk menciptakan campuran yang lecah (*workable*), ekonomis, dan seragam. Air yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang telah diberikan.

- Peralatan yang akan digunakan berada dalam keadaan siap pakai, di bawah pengawasan dari bagian peralatan/mechanik. Jumlah dan kualifikasi pekerja dipersiapkan sesuai dengan perencanaan SOE (*Site Office Engineer*).
- *Mix design* yang dikerjakan sesuai dengan spesifikasi teknis yang diberikan oleh bagian laboratorium.

Berikut ini adalah contoh *mix design* untuk 1 m³:

Beton dengan Karakteristik 350 pada umur 28 hari (K-350).

Slump yang digunakan 16 cm.

Proportion defective 2,5 %.

Tipe agregat halus: pasir lumajang dengan penurunan 10-20% (uncrushed).

Tipe agregat kasar: kerikil mojokerto ukuran maksimal 20 mm (crushed).

Tabel 3.1. Contoh Perhitungan *Mix Design*

<i>Item</i>	<i>References of Calculation</i>	<i>Values</i>
1.1. <i>Characteristic strength</i>	<i>Specified</i>	35 N/mm ² at 28 days proportion defective 2,5 %
1.2. <i>Standart deviation</i>	<i>Fig. 1</i>	8 N/mm ²
1.3. <i>Margin</i>	<i>C₁</i>	(K= 1,96) 1,98 x 8 = 16 N/mm ²
1.4. <i>Target mean strength</i>	<i>C₂</i>	35 + 16 = 51 N/mm ²
1.5. <i>Cement type</i>	<i>Specified</i>	OPC/SRPC/RHPC
1.6. <i>Agregat type: coarse</i>		<i>crushed</i>
<i>Agregat type: fine</i>		<i>uncrushed</i>
1.7. <i>Free-water/cement ratio</i>	<i>Table 1, Fig. 2</i>	0,55
1.8. <i>Maximum free water/Cement ratio</i>	<i>Specified</i>	—
		<u>0,55</u>

2.1. Slump	Specified	16 mm		
2.2. Maximum agregat size	specified	20 mm		
2.3. Free-water content	Table 2.			190 kg/m ³
<hr/>				
3.1. Cement content	C ₃	190 / 0,55 = 345,45 kg/m ³		
3.2. Maximum cement content	Specified	—		
3.3. Minimum cement content	specified	—		<u>345,45kg/m³</u>
3.4. Modified free-water/cement ratio		—		
<hr/>				
4.1. Relative density of Agregate (SSD)		2,7 asumed		
4.2. Concrete density	Fig. 3	2430 kg/m ³		
4.3. Total agragate content	C ₄	2430 –345,45 –190= 1894,55 kg/m ³		
<hr/>				
5.1. Grading of fine agregate	percentage passing 600 mm sieve			70 %
5.2. Proportion of fine agregate	Fig. 4			28 %
5.3. Fine agragate content	C ₅	1894,55 x 0,28 =	<u>530,474 kg/m³</u>	
5.4. Coarse agregate content	C ₅	1894,55 – 530,474 =	1364,076 kg/m ³	
<hr/>				
Quantities	Cement	Water	Fine Agregate	Coarse Agregate (kg)
	(kg)	(kg)	(kg)	20 mm
Per m ³	345,45	190	530,474	1364,076

Keterangan:

Specified: data diperoleh dari percobaan di laboratorium atau telah ditetapkan sebelumnya.

Semua *figure* dan *table*, serta rumusan dalam perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran 4.

Contoh perhitungan ini dibuat dengan berdasar pada referensi *Practice Direction of Concrete Technology* oleh *Concrete and Construction Laboratory*, Universitas Kristen Petra.

2. Fabrikasi cetakan/mould:

Cetakan yang digunakan sesuai dengan *shop drawing* yang telah disetujui. Cetakan dapat terbuat dari baja, kayu, *fiber-glass*, dan juga beton. Pemilihan cetakan disesuaikan dengan bentuk dan jumlah yang akan dibuat, serta yang menjadi pilihan dari produsen.

Cetakan baja layak digunakan saat dibutuhkan penggunaan cetakan yang berulang, dan tidak diperlukan bentuk permukaan yang rumit dan bersudut. Selain itu baik digunakan apabila beton akan mengalami *steam curing*. Cetakan ini efektif apabila penggunaannya lebih dari 100 kali.

Fiberglass dapat dibentuk menjadi bentuk yang rumit dan dapat digunakan berulang kali. Material ini kuat tetapi membutuhkan perancah untuk memberi kekakuan. Permukaan beton dicetak menghadap *fiberglass* yang baru, sehingga menghasilkan permukaan beton yang rata dan mengkilap.

Cetakan kayu dapat dengan mudah difabrikasikan dengan detail-detail yang rumit, tetapi tidak seawet cetakan baja atau *fiberglass* untuk penggunaan yang berulang. Diperlukan lapisan sebagai pembungkus untuk melindungi kayunya. Efektif digunakan apabila komponen pracetak yang diproduksi memiliki bentuk rumit dan digunakan kurang dari 40 kali.

Cetakan beton dibuat dengan mencetak berlawanan dengan contoh dari beton, kayu, atau plester. Mungkin terjadi penyusutan pada cetakan dari beton ini. Cetakan beton juga perlu diberi *wax* dan dibungkus agar lebih awet.

Untuk fabrikasi sistem BCS ini, sebagian besar menggunakan cetakan baja, karena lebih awet dan pada sistem BCS tidak ada bentuk yang rumit. Penggunaan cetakan baja dinilai lebih ekonomis. Untuk pabrikan balok, lebih umum digunakan cetakan dari multipleks, dikarenakan bentuk dan dimensi balok yang bervariasi, sehingga lebih efektif jika digunakan cetakan dari multipleks yang dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan. Dalam pelaksanaannya, jenis cetakan apa pun haruslah mendapat perhatian yang baik sebelum digunakan. Pemberian minyak dan pembersihan cetakan dari sisa pemakaian sebelumnya wajib dilaksanakan, untuk mempermudah saat pelepasan cetakan dan menghasilkan beton *expose*.

3. Fabrikasi tulangan:

Area fabrikasi tulangan sebaiknya berada di dalam, dekat dengan area pengecoran beton pracetak. Tulangan dipotong, dibengkokkan, dan dirakit dengan bantuan kawat bendrat sesuai dengan *shop drawing* atau *bar bending schedule* yang telah disetujui. Tulangan-tulangan yang telah difabrikasi diberi

label, bisa dengan penomoran, untuk mempermudah mengidentifikasi tipe penulangan pada tiap jenis unit beton pracetak. Tulangan yang digunakan harus merupakan besi beton sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditentukan.

4. Pemasangan selimut beton di cetakan:

Setelah cetakan disiapkan dan tulangan dipasang di dalam cetakan yang sudah dibersihkan, diberi selimut beton yang terbuat dari plastik, yaitu HDPC (*Heavy Duty Plastic Chair*) dan HDPW (*Heavy Duty Plastic Wall*). Besarnya selimut beton yang dipasang sesuai dengan *shop drawing* yang telah disetujui.

5. Cek kelurusan tulangan dan cetakan:

Setelah semuanya dipasang, sebelum dilakukan pengecoran, bagian QC (*Quality Control*) akan mengadakan pengecekan cetakan dan tulangan. Yang dicek antara lain: kebersihan cetakan, pemasangan tulangan, pemasangan beton *decking*, kelurusan cetakan, kelurusan tulangan, dan dimensi tulangan. Jika telah sesuai dengan dengan *shop drawing*, maka pengecoran dapat dilakukan.

6. Proses pengecoran:

Setelah pemasangan selimut beton dan tulangan pada cetakan selesai, serta telah diperiksa dan memperoleh persetujuan QC, maka tahap selanjutnya adalah pengecoran. Urut-urutan kerja pengecoran adalah sebagai berikut:

- Penakaran

Penakaran adalah proses untuk mengukur proporsi dari material-material beton. Besarnya proporsi masing-masing bahan didapat dari perencanaan campuran (*mix design*).

• Semen

Pada umumnya dipakai silo semen yang dapat dipindah (*portable*). Tergantung dari jenis silo dan jenis pencampur (*mixer*), maka semen dapat secara langsung dimasukkan ke dalam *hopper* dari silo maupun *hopper* dari *mixer*.

- Agregat

Untuk agregat diusahakan seragam, dan sedapat mungkin menghindari terjadinya pemisahan (*segregation*). Terutama pada agregat yang diameternya bermacam-macam.

Agregat tidak selalu kering atau dilindungi dari air, dan kadar lengas yang terkandung dalam agregat akan bervariasi. Dua koreksi atas proporsi campuran mungkin diisyaratkan. Satu, jika beton dibuat untuk faktor air/semén tertentu, jumlah air yang ditambahkan ke pengaduk akan harus dikurangi oleh jumlah air yang sama dengan agregat yang ditimbang. Kedua, jika agregat ditimbang secara masal, mungkin bahwa masa agregat akan harus ditambahi dengan jumlah yang sesuai dengan kadar lengas total.

- Air

Air kita butuhkan dalam campuran untuk dua tujuan, yaitu untuk membuat beton dapat dikerjakan (*workable*), dan untuk reaksi dengan semen. Namun hanya separuh dari air itu dibutuhkan untuk reaksi kimia, sisanya akan tetap tinggal atau menguap secara bertahap pada waktu beton mengeras, meninggalkan lubang-lubang kecil. Tidak heran, bila makin banyak air di dalam campuran maka makin lemah pula betonnya.

Tujuan kita adalah membuat campuran beton yang seragam, sehingga total air yang dibutuhkan adalah tetap. Jadi jumlah air total harus kita kurangi dengan jumlah air yang terkandung di dalam agregat. Agregat itu bisa basah atau kering, sangat bervariasi, dan juga tergantung pada kondisi setempat. Rata-rata kadar air di dalam pasir adalah 6 atau 7%. Namun bila basah, misalnya baru diangkat atau kena hujan, bisa menjadi 12 atau 15%. Demikian juga yang terjemur bisa berkadar 2% saja. Dengan demikian air yang kita tambahkan bisa berubah-ubah.

- Pencampuran/pengadukan (*mixing*)

- Urutan:

Sebenarnya kalau pencampuran sempurna, maka urutan yang bagaimanapun akan menghasilkan adukan yang merata. Namun dalam

praktek waktu pencampuran juga terbatas, maka urutan perlu diperhatikan. Ide pencampuran “*sandwich*”, dengan pengertian bahwa material yang mahal, yaitu semen, kita bungkus dengan agregat agar terjamin merata.

Umumnya lebih cenderung memasukkan agregat kasar terlebih dahulu, kemudian semen, lalu agregat halus. Air ditambahkan terakhir. Alasannya adalah ketika akan dikeluarkan, maka bahan yang masuk pertama akan keluar belakangan. Karenanya lebih baik jika agregat kasar dapat mendorong agregat halus dan semen keluar di depannya.

Pada umumnya kita mulai dengan memasukkan sedikit air sebelum material dimasukkan, dan sisa air ditambahkan setelah semua material masuk.

- Waktu

Waktu harus cukup lama untuk mendapatkan campuran yang seragam. Waktu pencampuran tergantung pada jenis pengaduk. Misalnya lama pencampuran sekitar 3 menit untuk pengaduk *free-fall*. PBI 89 mensyaratkan minimal 1,5 menit.

Campuran dengan *workability* rendah mungkin perlu waktu pengadukan yang lebih lama. Agregat yang menyerap air, seperti yang dipakai untuk beton ringan, dapat juga memerlukan waktu lebih lama untuk pori menyerap air.

Setelah campuran beton jadi, dilakukan tes kuat benda uji maupun *test slump* untuk menjamin keakuratan campuran yang ingin dicapai pada beton tersebut.

- Penuangan ke dalam cetakan dan pematatan (*compacting*)

Setelah proses penakaran dan pencampuran selesai, maka beton yang telah jadi dituang ke dalam cetakan yang ada. Dalam hal ini cetakan balok, kolom, dan pelat.

Peralatan : - *Bucket cor, External/internal vibrator*
 - Batang perata
 - *Portal Crane*

Metode : - Tuang beton segar pada cetakan

- Getarkan hingga merata (dengan menggunakan *vibrator*)
- Ratakan permukaan atas

Perhatian : - Tinggi jatuh beton maksimal 50 cm

- Lama penggetaran adalah 2 detik tiap periode
- Yakinkan bahwa titik angkat tetap pada posisinya yang benar

7. Proses perawatan (*curing*):

Curing adalah perawatan terhadap beton dengan menjaga kelembabannya sehingga reaksi hidrasi dapat terus berlangsung.

Manfaat *curing*:

Pengikatan dan pengerasan pada beton terjadi karena adanya reaksi hidrasi antara semen dan air. Terjadinya reaksi hidrasi ini tergantung dari jumlah air di dalam campuran beton. Sebenarnya jumlah air di dalam campuran beton sudah cukup untuk menyelesaikan reaksi hidrasi tersebut. Namun, pada umumnya air banyak yang menguap karena pengaruh temperatur luar dan juga angin. Kehilangan air ini dapat mengakibatkan reaksi hidrasi terhenti sehingga pada akhirnya dapat menurunkan mutu beton ataupun menyebabkan retak.

Curing diperlukan untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air sehingga reaksi hidrasi dapat terus berlanjut. Karena reaksi hidrasi relatif cepat pada hari-hari pertama, *curing* yang paling penting adalah pada umur mudanya.

Kondisi *curing* antara lain waktu, temperatur, dan kelembaban memberikan pengaruh penting terhadap perkembangan kekuatan beton. Semakin lama waktu *curing*, semakin tinggi kekuatan beton. Idealnya, *curing* dilaksanakan sampai beton mencapai kekuatan tetap.

Ada 3 jenis metode *curing* yang digunakan:

- Cara terus memberi air
 Dengan menggenangi, membuat empang, menyemprot, memasang *sprinkle*, memberi kabut, atau memberi penutup yang basah. Bila disemprot diberi kabut secara berkala, jangan sampai beton kering diantaranya, karena akan retak. Penutup bisa memakai pasir, karung goni, jerami, terpal yang basah.

- Cara mencegah hilangnya air dari permukaan
 Dengan lapisan tipis, dari kertas tak tembus air (misalnya dari kertas aspal) atau plastik, atau membran kimiawi, tanpa tambahan air. Merupakan perlindungan agar air di dalam tidak menguap keluar. Harus segera dipasang setelah beton cukup mengeras. Secara praktis harus selebar lembaran. Bagian tepi harus *overlap* beberapa sentimeter, lalu ditutup dengan rapat dengan pasir, papan, selotip, *mastic*, atau lem. Jenis ini juga melindungi beton dari aktivitas kontruksi.
 Pada beberapa kasus, plastik film dapat mengubah warna beton yang sudah mengeras. Membran kimiawi (*membrane-forming curing compound*) cair terbuat dari lilin, *resin*, karet *chlorinated*, dan *solvent*, yang memperlambat atau mengurangi penguapan. Bila memakai mesin untuk area yang luas, dengan *spray* atau *nozzle*. Umumnya cukup sekali semprot, 3,5-5 m² per liter.
- Cara mempercepat dicapainya kekuatan dengan memberi panas dan kelengasan
 Dengan uap air, *coil* pemanas atau bekisting yang dipanaskan secara elektris. Bila temperatur dinaikkan, maka hidrasi akan lebih cepat, sehingga didapat kekuatan awal yang tinggi. Sepintas kelihatannya kontroversial, mengingat telah dibicarakan bahayanya pengecoran dalam keadaan panas. Karena itu perlu diingat bahwa panas kita berikan dengan uap air, sehingga beton tetap dalam keadaan jenuh air. Secara teoritis kekuatan dapat dihubungkan dengan kematangan (*maturity*), yang tergantung pada faktor waktu dikalikan temperatur.
 Tujuan pemakaian uap air adalah untuk mendapatkan kekuatan awal yang tinggi dan supaya dapat cepat membongkar acuan/bekisting.
Steam curing dilakukan dalam ruang tertutup. Sering memakai terpal supaya panas/kelembaban tidak hilang. Dimulai sedikitnya 2 jam setelah pengecoran. Temperatur ditahan pada 70° C sampai dicapai kekuatan. Kekuatan tidak akan bertambah bila temperatur dinaikkan lagi. Pada tekanan atmosfer, kecepatan menaikkan dan menurunkan panas tidak boleh drastis.

Lama Perawatan:

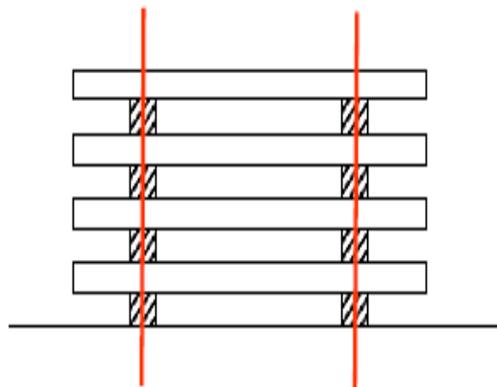
Lama perawatan tergantung pada jenis semen, kekuatan, cuaca, rasio permukaan *expose* per volume, dan kondisi exposure. Lama bisa 3 minggu untuk beton kurus (*lean*) yang mengandung bahan pozzolanic (untuk bangunan seperti bendung). Sebaliknya, hanya beberapa hari untuk beton kaya (*rich*), khususnya jika memakai semen jenis III. Dengan menggunakan *steam curing* juga bisa lebih pendek waktunya. Karena perawatan memperbaiki mutu beton, maka makin lama makin baik, selama praktis.

8. Buka cetakan/*demould*:

Setelah proses *curing* dilakukan kemudian dilanjutkan dengan membuka cetakan (*demoulding*). Cetakan baru dibuka apabila kekuatan beton telah mencapai 150 kg/cm^2 .

9. Penumpukan dan penyimpanan:

Penyimpanan produk ke *stock yard* dilakukan dengan dua alat bantu yaitu *forklift* untuk produk yang memiliki berat kurang dari 50 kg, dan alat kedua adalah *mobile crane* untuk produk yang memiliki berat lebih dari 50 kg. Di lokasi *stock yard*, produk harus diberi pengganjal menggunakan balok kayu dengan *leveling* rata dan bersih.



Gambar 3.2. Posisi Kayu Kaso Untuk Penumpukan Harus Sejajar

10. Proses *labeling*:

Setiap unit pracetak harus diberi label (*labeling*) dengan memberikan kode tanggal, tipe produksi, dan kode untuk menandakan lokasi dan peruntukannya di lapangan sesuai dengan gambar. *Labeling* akan mempermudah pada saat *delivery* dan pemasangan dilakukan.

3.2. Aplikasi Fabrikasi Sistem BCS

Berikut ini akan dibahas mengenai cara fabrikasi untuk sistem BCS , yang terdiri dari balok, kolom, dan pelat. Pada dasarnya pelaksanaan untuk fabrikasi balok, kolom, dan pelat ini tidak jauh berbeda.

3.2.1. Fabrikasi Komponen Balok

Fabrikasi balok pracetak pada sistem BCS, dapat dijabarkan sebagai berikut ini:

1. Proses persiapan produksi secara umum:

- Metode kerja untuk balok yang menjadi acuan pelaksanaan pekerjaan.
- *Shop drawing* yang telah disetujui oleh pihak kontraktor/konsultan (ekstern) yang dikoordinir oleh bagian *Engineering*.
- Kesiapan alat dalam kondisi siap pakai yang dikoordinir oleh bagian peralatan/mechanik. Bahan dan peralatan yang digunakan, antara lain:
 - 1) Untuk fabrikasi cetakan/bekisting: multiplek, pelat baja, paku, baut, kawat las dan alat las, besi siku, pemotong pelat baja, gergaji, dan 8-10 pekerja.
 - 2) Untuk fabrikasi tulangan: besi beton dengan ukuran yang telah ditentukan, *bar bender*, *bar cutter*, kawat bendrat, dan 5-7 pekerja.
 - 3) Untuk persiapan: minyak bekisting (*antisol*), kuas, *tie rod*, selimut beton, penggaris siku, meteran, gabus, *hammer*, dan 5-7 pekerja.
 - 4) Untuk proses *mixing*: semen tipe I (OPC), kerikil Mojokerto, pasir Lumajang.
 - 5) Untuk proses pengecoran: *truck mixer*, *bucket*, *vibrator internal* dan *eksternal*, *mobile crane*.

- Kesiapan bahan material yang mencukupi untuk produksi sesuai dengan *Bill of Quantity*.
- Persiapan tenaga kerja yang dibutuhkan sesuai perencanaan SOE (*Site Office Engineering*)
- Pembuatan *mix design* beton sesuai spesifikasi teknis oleh bagian laboratorium.

2. Fabrikasi cetakan/*mould*

Dilakukan fabrikasi bekisting untuk balok sesuai dengan *shop drawing* yang telah disetujui. Bekisting untuk balok digunakan kombinasi bekisting baja dan multiplek. Bekisting bagian dalam digunakan baja, karena bentuknya yang sama, kemudian dikombinasi dengan bekisting dari multiplek untuk bagian luarnya, untuk menyesuaikan dengan bentuk balok yang beraneka ragam. Setelah bekisting balok selesai dipabrikasi, cetakan tersebut dibersihkan dan diberi minyak bekisting (*antisol*), agar mudah dalam proses *demoulding* dan memperoleh beton yang *expose*.



Gambar 3.3. Bekisting Balok Dari Kombinasi Baja (Bagian Dalam) dan Multiplek (Bagian Bawah dan Luar)

3. Fabrikasi tulangan di *workshop*

Fabrikasi tulangan di *workshop* pembesian sesuai *shop drawing* tulangan atau *bar bending schedule*, dengan lingkup pekerjaan sebagai berikut:

- Pemotongan tulangan dengan mempergunakan *bar cutter*.

- Pembengkokan (*bending*) tulangan dengan mempergunakan *bar bender*.
 - Perakitan tulangan dengan bantuan kawat bendrat sesuai *shop drawing*.
- Setelah itu, tulangan yang telah selesai dipabrikasi diberi label agar memudahkan pemasangannya dalam cetakan.



Gambar 3.4. Fabrikasi Besi Untuk Balok



Gambar 3.5. Pelabelan Pembesian Balok

4. *Setting* tulangan di dalam cetakan

Setelah bekisting siap, tulangan yang telah dirakit dimasukkan ke dalam bekisting dan di-*setting* di dalam bekisting. Diberi selimut beton setiap 1 meter. Selimut beton yang digunakan ada dua macam, yaitu: HDPC (*Heavy Duty Plastic Chair*), yang digunakan untuk selimut beton bagian bawah; dan HDPW (*Heavy Duty Plastic Wall*), yang digunakan untuk selimut beton

bagian dinding. Jadi pada beton pracetak tidak digunakan tahu beton dengan alasan, penggunaan HDPC dan HDPW ini lebih praktis dan tidak makan waktu untuk membuatnya lagi.



Gambar 3.6. *Setting* Tulangan Balok di Dalam Bekisting

Setelah tulangan tersebut lurus dan letaknya sesuai, pada pertemuan antar multiplek pada cetakan, harus diberi gabus dengan tujuan agar pada saat pengecoran, air dari beton tidak dapat keluar dari cetakan. Setelah itu, cetakan di-*clamp* menggunakan *tie rod*, dengan tujuan agar cetakan tidak melendut saat beton dituang ke dalam cetakan.



Gambar 3.7. HDPC (kiri) dan HDPW (kanan)

5. Proses pengecekan oleh *Quality Control*

Setelah pengerjaan selesai, akan dicek oleh bagian *Quality Control* (QC), apakah bentuk, ukuran, dan dimensi tulangan sudah sesuai atau tidak. Tim QC terdiri dari 2 – 3 orang. Diperlukan adanya sistem *quality control* yang baik untuk menjamin kualitas dari beton pracetak. Pembuatan *ready mix* menunggu hingga tahap persiapan selesai serta telah dicek dan disetujui oleh bagian QC. Untuk pekerjaan yang tidak sesuai harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu, baru boleh dicor. Setelah pengecoran selesai dan bekisting dibuka pun, bagian QC akan mengecek apakah unit pracetak yang dihasilkan layak atau tidak untuk dikirim.



Gambar 3.8. Pengecekan Balok Oleh QC Sebelum Dicor

6. Proses pengecoran

Untuk pengecoran biasanya dilaksanakan saat malam hari. Pengecoran langsung dari *tuck mixer*, dituang ke dalam cetakan. Apabila cetakan terlalu tinggi, dikarenakan profil yang cukup besar, sehingga pengecoran tidak dapat dilaksanakan langsung dari *truck mixer*, digunakan *bucket* dengan diangkat *mobile crane*. Selama proses pengecoran diperlukan adanya *vibrator*. Biasanya digunakan *vibrator internal*, *vibrator* ini dimasukkan ke dalam cetakan. Untuk profil tertentu yang sulit untuk mengeluarkan udara yang ada dalam cetakan seperti profil I, dapat ditambahkan penggunaan *vibrator eksternal*. *Vibrator* ini ditempelkan pada bagian luar cetakan.

Balok dicor hingga menyisakan tinggi sebesar tebal pelat. Sisanya ini akan dicor saat dipasang di lapangan. Sebelum pengecoran dilaksanakan, dilakukan *slump test* dengan hasil harus memenuhi ketentuan (biasanya ditentukan sebesar 16 ± 2 cm). *Slump test* ini akan dilaksanakan setiap 5 m^3 untuk mengetahui keakuratan campuran beton yang akan dicor.

Kemudian akan diambil sampel sebanyak lebih kurang 10 sampel. Yang terdiri dari: 2 buah sampel untuk pengetesan umur 16 jam, yang digunakan untuk merencanakan pengangkatan beton keluar dari cetakan; 3 buah sample untuk pengetesan umur 7 hari; dan 3 buah sampel untuk pengetesan umur 28 hari; jika diminta oleh klien dapat ditambahkan 3 buah sampel lagi untuk pengetesan umur 14 hari.

7. Proses perawatan (*curing*):

Setelah beton berumur 1 hari, dilakukan *curing* untuk beton. Untuk balok dilakukan *curing* dengan menggunakan karpet basah. Proses *curing* dengan cara terus diberi air ini, dilakukan hingga 3 hari, karena beton direncanakan hanya membutuhkan *curing* selama 3 hari. Untuk profil yang besar, dapat dilakukan *compound curing*.

Pada pabrik yang modern, yang dilengkapi dengan peralatan yang canggih, sistem *curing* ini dapat dilaksanakan dengan menggunakan sistem *steam curing*. *Steam curing* dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Terpal/*cover* dipasang hingga semua cetakan benar-benar tertutup rapat sehingga udara dari *steam* tidak banyak keluar.
- Alat *boiler* dihidupkan dan keran *steam boiler* dibuka.
- Uap dialirkan dan termometer dipasang pada cetakan untuk memonitoring suhu *steam*.
- Waktu yang digunakan dalam proses *steam curing*: 2 jam suhu ruangan; 5 jam suhu udara konstan 70°C ; dan 2 jam untuk *cooling down*.

8. Buka cetakan/*demould*:

Cetakan dapat dibuka saat beton berumur 16 jam, saat beton mencapai kekuatan 150 kg/cm^2 . Tetapi sebelum itu perlu dilakukan pengetesan beton yang berumur 16 jam. Pengetesan ini bertujuan untuk mengetahui momen

crack (M_{cr}) yang dapat dipikul oleh beton. Dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$\frac{M_{cr}}{M_u} > 1,2 \quad (3.1)$$

$$M_{cr} = 0,7 \times \sqrt{f_{cr}}, \quad (3.2)$$

Dengan:

M_u adalah momen *ultimate* rencana

f_{cr} untuk beton umur 16 jam.

Untuk membuka cetakan, pertama *tie rod* yang terpasang harus dibuka terlebih dahulu. Kemudian cetakan dipukul-pukul dengan menggunakan *hammer*, untuk menghilangkan kepadatan beton pada cetakan. Setelah itu balok atau kolom atau pelat kan diangkat dengan menggunakan *mobile crane*. Pengangkatan dilakukan pada titik angkat yang telah direncanakan. Terdapat tulangan angkat, yang ditujukan untuk proses pengangkatan ini.



Gambar 3.9. Tulangan Angkat Pada Balok

9. Penumpukan dan penyimpanan:

Untuk penumpukan material pracetak pada lokasi *stock yard*, tiap jenis unit yang ditumpuk memiliki batasan masing-masing, bergantung dari kapasitas unit pracetak tersebut, karena jika berlebih dapat menimbulkan retak. Secara umum beton pracetak ini harus diletakkan secara rata, dengan dialasi kayu kaso terlebih dahulu. Untuk tempat penumpukan harus bebas dari *settlement*

tanah, pada tanah yang dipadatkan, sehingga peletakan unit pracetak tetap lurus dan rata. Posisi untuk meletakkannya pun haruslah selalu sejajar, kayu kaso yang digunakan sebagai penganjal harus lurus dalam satu garis. Area *stock yard* ini pun harus luas agar mempermudah mobilisasi. Dan disusun sesuai dengan urutan pelaksanaan, yang akan diangkut dan dipasang lebih dahulu diletakkan paling luar.



Gambar 3.10. Penumpukan Balok Pada *Stock Yard*

10. Proses *labeling*:

Setelah Beton dilepas dari cetaknya, segera diberi label agar memudahkan dalam pengiriman dan pemasangan di lapangan.



Gambar 3.11. Pelabelan Pada Balok

Baris pertama menunjukkan tanggal pengecoran, 01 04 08 berarti balok tersebut dicor pada tanggal 1 April 2008. Baris kedua menunjukkan panjang unit dan tipenya, 6025/ BG 12 D berarti balok tersebut memiliki panjang 6,025 meter dan tipenya adalah BG 12 D.

Pemberian label ini dapat bermacam-macam, bergantung dari pabrik yang membuat. Tetapi yang harus selalu tertera adalah, tanggal pengecoran, panjang unit, dan kode unit tersebut.

3.2.2. Fabrikasi Komponen Kolom

Fabrikasi kolom pracetak pada sistem BCS, dapat dijabarkan sebagai berikut ini:

1. Proses persiapan produksi secara umum:
 - Metode kerja untuk kolom yang menjadi acuan pelaksanaan pekerjaan.
 - *Shop drawing* yang telah disetujui oleh pihak kontraktor/konsultan (ekstern) yang dikoordinir oleh bagian *Engineering*.
 - Kesiapan alat dalam kondisi siap pakai yang dikoordinir oleh bagian peralatan/mechanik. Bahan dan peralatan yang digunakan, antara lain:
 - 1) Untuk fabrikasi cetakan/bekisting: multiplek, pelat baja, paku, baut, kawat las dan alat las, besi siku, pemotong pelat baja, gergaji, dan 8-10 pekerja.
 - 2) Untuk fabrikasi tulangan: besi beton dengan ukuran yang telah ditentukan, *bar bender*, *bar cutter*, kawat bendrat, dan 5-7 pekerja.
 - 3) Untuk persiapan: minyak bekisting (*antisol*), kuas, *tie rod*, selimut beton, penggaris siku, meteran, gabus, *hammer*, dan 5-7 pekerja.
 - 4) Untuk proses *mixing*: semen tipe I (OPC), kerikil Mojokerto, pasir Lumajang.
 - 5) Untuk proses pengecoran: *truck mixer*, *bucket*, *vibrator internal* dan *eksternal*, *mobile crane*.
 - Kesiapan bahan material yang mencukupi untuk produksi sesuai dengan *Bill of Quantity*.
 - Persiapan tenaga kerja yang dibutuhkan sesuai perencanaan SOE (*Site Office Engineering*)

- Pembuatan *mix design* beton sesuai spesifikasi teknis oleh bagian laboratorium.

2. Fabrikasi cetakan/*mould*

Dilakukan fabrikasi bekisting untuk kolom sesuai dengan *shop drawing* yang telah disetujui. Bekisting untuk kolom digunakan kombinasi bekisting baja dengan kayu kaso. Kayu kaso digunakan untuk menyangga pelat baja yang digunakan sebagai bekisting kolom. Setelah bekisting kolom selesai dipabrikasi, cetakan tersebut dibersihkan dan diberi minyak bekisting (*antisol*), agar mudah dalam proses *demoulding* dan memperoleh beton yang *expose*.



Gambar 3.12. Bekisting Kolom Dari Kombinasi Pelat Baja dan Kayu Kaso

3. Fabrikasi tulangan di *workshop*

Fabrikasi tulangan di *workshop* pembesian sesuai *shop drawing* tulangan atau *bar bending schedule*, dengan lingkup pekerjaan sebagai berikut:

- Pemotongan tulangan dengan mempergunakan *bar cutter*.
- Pembengkokan (*bending*) tulangan dengan mempergunakan *bar bender*.
- Perakitan tulangan dengan bantuan kawat bendrat sesuai *shop drawing*.

Setelah itu, tulangan yang telah selesai dipabrikasi diberi label agar memudahkan pemasangannya dalam cetakan.



Gambar 3.13. Fabrikasi Besi Untuk Kolom

4. *Setting* tulangan di dalam cetakan

Setelah bekisting siap, tulangan yang telah dirakit dimasukkan ke dalam bekisting dan di-*setting* di dalam bekisting. Diberi selimut beton setiap 1 meter. Selimut beton yang digunakan ada dua macam, yaitu: HDPC (*Heavy Duty Plastic Chair*), yang digunakan untuk selimut beton bagian bawah; dan HDPW (*Heavy Duty Plastic Wall*), yang digunakan untuk selimut beton bagian dinding. Jadi pada beton pracetak tidak digunakan tahu beton dengan alasan, penggunaan HDPC dan HDPW ini lebih praktis dan tidak makan waktu untuk membuatnya lagi.



Gambar 3.14. *Setting* Tulangan Kolom di Dalam Bekisting

Setelah tulangan tersebut lurus dan letaknya sesuai, pada pertemuan antar multiplek pada cetakan, harus diberi gabus dengan tujuan agar pada saat pengecoran, air dari beton tidak dapat keluar dari cetakan. Setelah itu, cetakan di-*clamp* menggunakan *tie rod*, dengan tujuan agar cetakan tidak melendut saat beton dituang ke dalam cetakan.



Gambar 3.15. Pemasangan Gabus Pada Sela-sela Bekisting

5. Proses pengecekan oleh *Quality Control*

Setelah pengerjaan selesai, akan dicek oleh bagian *Quality Control* (QC), apakah bentuk, ukuran, dan dimensi tulangan sudah sesuai atau tidak. Tim QC terdiri dari 2 – 3 orang. Bagian QC akan mengisi *form* yang mencatat perihal apa saja yang telah mereka cek dan yang telah mereka setujui. Apabila sudah sesuai dengan *shop drawing* yang telah disetujui, dibuat bon permintaan beton, yang diteruskan kepada bagian *batching plant*, untuk dibuat *ready mix* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Jadi pembuatan *ready mix* menunggu hingga tahap persiapan selesai serta telah dicek dan disetujui oleh bagian QC. Untuk pekerjaan yang tidak sesuai harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu, baru boleh dicor. Setelah pengecoran selesai dan bekisting dibuka pun, bagian QC akan mengecek apakah unit pracetak yang dihasilkan layak atau tidak untuk dikirim.

6. Proses pengecoran

Untuk pengecoran biasanya dilaksanakan saat malam hari. Pengecoran langsung dari *tuck mixer*, dituang ke dalam cetakan. Apabila cetakan terlalu tinggi, dikarenakan profil yang cukup besar, sehingga pengecoran tidak dapat dilaksanakan langsung dari *truck mixer*, digunakan *bucket* dengan diangkat *mobile crane*. Selama proses pengecoran diperlukan adanya *vibrator*. Biasanya digunakan *vibrator internal*, *vibrator* ini dimasukkan ke dalam cetakan.

Berbeda dengan balok, yang dicor hingga menyisakan tinggi sebesar tebal pelat, kolom dicor sesuai dengan dimensinya. Sebelum pengecoran dilaksanakan, dilakukan *slump test* dengan hasil harus memenuhi ketentuan (biasanya ditentukan sebesar 16 ± 2 cm). *Slump test* ini akan dilaksanakan setiap 5 m^3 untuk mengetahui keakuratan campuran beton yang akan dicor.

Kemudian akan diambil sampel sebanyak lebih kurang 10 sampel. Yang terdiri dari: 2 buah sampel untuk pengetesan umur 16 jam, yang digunakan untuk merencanakan pengangkatan beton keluar dari cetakan; 3 buah sample untuk pengetesan umur 7 hari; dan 3 buah sampel untuk pengetesan umur 28 hari; jika diminta oleh klien dapat ditambahkan 3 buah sampel lagi untuk pengetesan umur 14 hari.

7. Proses perawatan (*curing*):

Setelah beton berumur 1 hari, dilakukan *curing* untuk beton. Untuk kolom dilakukan *curing* dengan menggunakan karpet basah. Proses *curing* dengan cara terus diberi air ini, dilakukan hingga 3 hari, karena beton direncanakan hanya membutuhkan *curing* selama 3 hari. Untuk profil yang besar, dapat dilakukan *compound curing*.

Pada pabrik yang modern, yang dilengkapi dengan peralatan yang canggih, sistem *curing* ini dapat dilaksanakan dengan menggunakan sistem *steam curing*. *Steam curing* dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Terpal/*cover* dipasang hingga semua cetakan benar-benar tertutup rapat sehingga udara dari *steam* tidak banyak keluar.
- Alat *boiler* dihidupkan dan keran *steam boiler* dibuka.

- Uap dialirkan dan termometer dipasang pada cetakan untuk memonitoring suhu *steam*.
- Waktu yang digunakan dalam proses *steam curing*: 2 jam suhu ruangan; 5 jam suhu udara konstan 70°C; dan 2 jam untuk *cooling down*.

8. Buka cetakan/*demould*:

Cetakan dapat dibuka saat beton berumur 16 jam, saat beton mencapai kekuatan 150 kg/cm². Tetapi sebelum itu perlu dilakukan pengetesan beton yang berumur 16 jam. Pengetesan ini bertujuan untuk mengetahui momen crack (M_{cr}) yang dapat dipikul oleh beton.

Untuk membuka cetakan, pertama *tie rod* yang terpasang harus dibuka terlebih dahulu. Kemudian cetakan dipukul-pukul dengan menggunakan *hammer*, untuk menghilangkan kepadatan beton pada cetakan. Setelah itu balok atau kolom atau pelat kan diangkat dengan menggunakan *mobile crane*. Pengangkatan dilakukan pada titik angkat yang telah direncanakan. Terdapat tulangan angkat, yang ditujukan untuk proses pengangkatan ini.



Gambar 3.16. Tulangan Angkat Horizontal (Kiri) dan Tulangan Angkat Vertikal (Kanan) Pada Kolom

9. Penumpukan dan penyimpanan:

Untuk penumpukan kolom pracetak pada lokasi *stock yard*, tiap jenis unit yang ditumpuk memiliki batasan masing-masing, bergantung dari kapasitas unit pracetak tersebut, karena jika berlebih dapat menimbulkan retak. Secara umum beton pracetak ini harus diletakkan secara rata, dengan dialasi kayu

kaso terlebih dahulu. Untuk tempat penumpukan harus bebas dari *settlement* tanah, pada tanah yang dipadatkan, sehingga peletakan unit pracetak tetap lurus dan rata. Posisi untuk meletakkannya pun haruslah selalu sejajar, kayu kaso yang digunakan sebagai penganjal harus lurus dalam satu garis. Area *stock yard* ini pun harus luas agar mempermudah mobilisasi. Dan disusun sesuai dengan urutan pelaksanaan, yang akan diangkut dan dipasang lebih dahulu diletakkan paling luar.



Gambar 3.17. Penumpukan Kolom Pada *Stock Yard*

10. Proses *labeling*:

Setelah Beton dilepas dari cetaknya, segera diberi label agar memudahkan dalam pengiriman dan pemasangan di lapangan. Contoh pada gambar 3.18, baris pertama menunjukkan tanggal pengecoran, 21 03 08 berarti balok tersebut dicor pada tanggal 21 Maret 2008. Baris kedua menunjukkan panjang unit dan tipenya, 3525/ K1-01 berarti balok tersebut memiliki panjang 3,525 m dan tipenya adalah K1-01.

Pemberian label ini dapat bermacam-macam, bergantung dari pabrik yang membuat. Tetapi yang harus selalu tertera adalah, tanggal pengecoran, panjang unit, dan kode unit tersebut.



Gambar 3.18. Pelabelan Pada Kolom

3.2.3. Fabrikasi Komponen Pelat (*Preslab*)

Fabrikasi pelat prategang (*preslab*) pracetak pada sistem BCS yang akan dijelaskan pada bagian ini, merupakan proses fabrikasi dengan cara modern. Proses tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut ini:

1. Proses persiapan produksi secara umum:
 - Metode kerja untuk balok yang menjadi acuan pelaksanaan pekerjaan.
 - *Shop drawing* yang telah disetujui oleh pihak kontraktor/konsultan (ekstern) yang dikoordinir oleh bagian *Engineering*.
 - Kesiapan alat dalam kondisi siap pakai yang dikoordinir oleh bagian peralatan/mekanik. Bahan dan peralatan yang digunakan, antara lain:
 - Kesiapan bahan material yang mencukupi untuk produksi sesuai dengan *Bill of Quantity*.
 - Persiapan tenaga kerja yang dibutuhkan sesuai perencanaan SOE (*Site Office Engineering*)
 - Pembuatan *mix design* beton sesuai spesifikasi teknis oleh bagian laboratorium.
2. Persiapan cetakan sesuai dengan standar yang telah ditentukan, dengan melakukan pembersihan dan pemberian minyak bekisting (*Antisol*) pada cetakan pelat.



Gambar 3.19. Pembersihan dan Pemberian Minyak Bekisting Pada Meja Cetakan

3. Fabrikasi tulangan di *workshop*

Fabrikasi tulangan di *workshop* pembesian sesuai *shop drawing* tulangan atau *bar bending schedule*, dengan lingkup pekerjaan sebagai berikut:

- Pemotongan tulangan dengan mempergunakan *bar cutter*.
- Pembengkokan (*bending*) tulangan dengan mempergunakan *bar bender*.
- Perakitan tulangan dengan bantuan kawat bendrat sesuai *shop drawing*.



Gambar 3.20. Fabrikasi Tulangan Pelat

4. *Separator* diletakkan sesuai dengan dimensi yang akan dibuat, dikunci pada kedua sisinya hingga benar-benar kokoh dan tidak bergerak.



Gambar 3.21. Peletakan *Separator* Pada Meja Cetakan

5. *Setting Tulangan dan Proses Prestressing*

Besi bulat (As) diletakkan di atas cetakan sebagai penahan *wire* yang akan ditarik dan sebagai selimut beton *preslab*. Dimensi dan jumlah *wire* yang akan digunakan, disesuaikan dengan desain yang telah ada. *Wire* dimasukkan ke dalam lubang separator ujung dengan ketentuan jarak yang ada dalam desain. Pada bagian ujung *wire* diberi panjang 40 cm untuk keperluan *stressing*. *Wire* ditarik dengan menggunakan mesin *jack gun* yang dioperasikan secara elektrik. Pekerjaan tersebut dilakukan hingga semua *wire* yang ditarik telah terpasang semua. Pada bagian ujung *wire* diberi panjang 40 cm untuk keperluan *stressing*.



Gambar 3.22. *Setting Tulangan* Pada Meja Cetakan

Pekerjaan *stressing* dengan menggunakan alat *jack gun*. Besarnya gaya tarik disesuaikan atau dapat dilihat dalam spesifikasi yang telah ditentukan oleh bagian teknik. Sistem penarikan dilakukan dari sisi pinggir menuju ke arah tengah dan diulangi sampai semua *wire* tertarik.

6. Proses pengecekan oleh *Quality Control*

Dilakukan pemeriksaan oleh QC, hingga benar-benar dapat disahkan untuk dilakukan pengecoran. Sebelum dilakukan penuangan beton di cetakan, harus diuji *slump* terlebih dahulu sesuai dengan syarat yang telah ditentukan. Untuk pengecoran dengan peralatan modern ini, *slump*-nya dapat direncanakan hingga 0 cm. Pengujian dilaksanakan tiap 5 m³ sekali untuk mengetahui keakuratan campuran.

7. Pekerjaan Pengecoran

Pekerjaan pengecoran dilakukan menggunakan mesin dan dikontrol secara komputerisasi. Pematatan dilakukan dengan menggunakan *vibrator eksternal*, yang ditempelkan pada sisi meja cetakan.



Gambar 3.23. Penuangan Beton ke Meja Cetakan (Kiri) dan Pematatan Dengan *Vibrator Eksternal* (Kanan)

8. Pekerjaan Pengasaran Permukaan

Pekerjaan pengasaran permukaan cetakan yang dicor. Pada *preslab* ini, permukaannya dibuat kasar dengan tujuan agar terjadi lekatan yang baik antara *preslab* dengan beton yang dicor di lapangan, sehingga kedua pelat yang terpasang merupakan pelat yang monolit. Setelah pekerjaan pengasaran permukaan selesai, *separator* yang ada diangkat dari meja cetakan.



Gambar 3.24. Pengasaran Permukaan Beton

9. Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton (*curing*) dengan menggunakan *steam curing*, dengan tahapan sebagai berikut:

- Terpal/*cover* dipasang hingga semua cetakan benar-benar tertutup rapat sehingga udara dari *steam* tidak banyak keluar.



Gambar 3.25. Penutupan Beton Dengan Terpal Untuk Proses *Curing*

- Alat *boiler* dihidupkan dan keran *steam boiler* dibuka.
- Uap dialirkan dan termometer dipasang pada cetakan untuk memonitoring suhu *steam*.

- Waktu yang digunakan dalam proses *steam curing*: 2 jam suhu ruangan; 5 jam suhu udara konstan 70°C; dan 2 jam untuk *cooling down*.
10. Buka cetakan/*demould*:
- Proses *demoulding* dilakukan dengan menggunakan *crane* dan *lifting frame*.



Gambar 3.26. Proses *Demoulding*

11. Penumpukan dan penyimpanan:
- Untuk penumpukan *preslab* pada lokasi *stock yard*, tiap jenis unit yang ditumpuk memiliki batasan masing-masing, bergantung dari kapasitas unit pracetak tersebut, karena jika berlebih dapat menimbulkan retak. Secara umum beton pracetak ini harus diletakkan secara rata, dengan dialasi kayu kaso terlebih dahulu. Untuk tempat penumpukan harus bebas dari *settlement* tanah, pada tanah yang dipadatkan, sehingga peletakan unit pracetak tetap lurus dan rata. Posisi untuk meletakkannya pun haruslah selalu sejajar, kayu kaso yang digunakan sebagai penganjal harus lurus dalam satu garis. Area *stock yard* ini pun harus luas agar mempermudah mobilisasi. Dan disusun sesuai dengan urutan pelaksanaan, yang akan diangkut dan dipasang lebih dahulu diletakkan paling luar.



Gambar 3.27. Penumpukan *Preslab* Pada *Stock Yard*

12. Proses *labeling*:

Setelah Beton dilepas dari cetaknya, segera diberi label agar memudahkan dalam pengiriman dan pemasangan di lapangan.

Kode 06 05 08/RC *Plate/Type* 1 A/S-2, berarti balok tersebut dicor pada tanggal 6 Mei 2008. Tipenya adalah *RC Plate* tipe 1 A/S-2. Pemberian label ini dapat bermacam-macam, bergantung dari pabrik yang membuat.



Gambar 3.28. Pelabelan Pada *Preslab*