

Antisipasi Pencegahan Retakan Beton Pada Ruang Linac Rumah Sakit Umum Daerah Badung

I Putu Ariawan¹, I Ketut Sukarata², I Ketut Nuraga³

^{1,2,3} Universitas Pendidikan Nasional, Indonesia

e-mail : putuariawan@undiknas.ac.id

ABSTRAK

Rumah Sakit Umum Daerah Badung merupakan instansi pemerintah yang melayani fasilitas kesehatan publik, untuk meningkatkan pelayanan khususnya di bidang radio terapi, RSUD Badung akan memasang Alat Linac yang menggunakan tenaga nuklir. Alat ini merupakan alat untuk terapi kanker tanpa melakukan pembedahan dan memerlukan ruangan khusus. Ruangan khusus tersebut terbuat dari beton mutu K 500 density 2,35 ton/ m³ dengan dinding Primer tebalnya 2,5 meter, dinding sekunder 1,5 meter, dak atap 3,5 meter dan beton tidak boleh retak. Tujuan penelitian adalah: Untuk mengetahui karakteristik beton tidak retak, dan juga untuk mengetahui langkah yang diambil dalam mengantisipasi keretakan beton pada ruang linac tersebut. Lokasi penelitian di 3 batching plan dan 1 di lokasi pembangunan Ruang Linac Rumah Sakit Umum Daerah Badung. Metode penelitian dengan mengumpulkan data primer yang didapat langsung di lapangan dan data sekunder di dapat dari vendor baik suplayer maupun laboratorium. Hasil penelitian ini adalah untuk memenuhi persyaratan beton mutu tinggi K-500 density 2,35 ton/m³ digunakan material lokal baik agregat halus maupun agregat kasar yang diambil dari Grogak Singaraja, material ini dihasilkan dari pemecahan batu kali sehingga berat jenis materialnya tinggi, keausan kecil, penyerapan kecil, kuat tekannya tinggi serta kandungan lumpurnya dibawah 1 %. Untuk menurunkan suhu beton awal sampai 4°C digunakan air dengan dicampur es balok. Pengendalian dan pengawasan sumber daya manusia saat pengecoran harus benar diperhatikan, mengingat faktor tenaga kerja akan mempengaruhi kualitas beton, dan melakukan curing dengan merendam beton setelah 3 jam pengecoran (saat beton mulai mengeras).

Kata kunci : Beton mutu K-500 density 2,35 ton/m³, Suhu, Material dan Sumber daya manusia.

ABSTRACT

The Badung Regional General Hospital is a government agency that serves public health facilities, where to improve service, especially in the field of radio therapy, the Badung Regional General Hospital will install a Linac device that uses nuclear power. This linac tool is a tool for cancer therapy without surgery and requires a special room. In connection with that special room which is made of K 500 quality concrete with a density of 2,35 ton / m³ with primer walls 2,5 meters thick, secondary walls 1,5 meters, No roof of 3,5 meters and concrete should not crack, the aims of the research are : To know the characteristics of uncracked concrete, and also to find out the steps taken to anticipate cracking of the concrete in the linac. The research location were in 3 batching plans and 1 in the construction site of the Linac room at Badung regency General Hospital. The research method is to collect primer data obtained directly in the field secondary data obtained from vendor, both suppliers and laboratories. The result of this study are that to meet the requirement of high quality K-500 concrete and a density 2,35 ton/m³, local material, both fine aggregate and coarse aggregate taken from Grogak Singaraja, are used, considering that this material is produced from the breakdown of river stone so that the specific gravity of the material is high, thirst smalls, small absorption, high compressive strength and mud content below 1%. To lower the initial concrete temperature to 4°C, water is used with a mixture ice cube. Also by controlling human resources during casting considering the labor factor will affect the quality of the concrete, as well as curing by soaking the concrete after 3 hours of casting (when the concrete start to harden).

Keywords: K-500 high quality concrete density 2,35 ton/m³; temperature; material and human resources.

Pendahuluan

Rumah sakit adalah instansi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna, oleh karena itu dalam rangka meningkatkan pelayanan khususnya dibidang

radio terapi, Rumah Sakit Umum Daerah Badung berencana untuk menginstal pesawat teletherapy linier accelerator (Linac) energy 6 dan 10 MV yang dapat melakukan penyinaran Image Modulated Radiotherapy (IMRT) [1]. Sesuai dengan regulasi ketenaganukliran yang berlaku di Indonesia, pesawat teletherapy Linac tersebut harus dipasang di ruangan radioterapi yang telah mendapatkan izin konstruksi dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) [2][3]. Dokumen perhitungan ketebalan dinding ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan persetujuan konstruksi dari BAPETEN [4]. Alat Linac dapat dijelaskan sebagai alat terapi kanker dengan tidak melakukan pembedahan dimana alat ini bekerja dengan program komputer dan akan menyinari pasien dengan sinar laser menembus kulit tulang dan daging tanpa merusak sel sehat dan akan menghancurkan sel kanker saja, dan membuangnya melalui urin dan keringat [5][6][7][8].

Karena alat ini memanfaatkan tenaga nuklir membutuhkan ruangan khusus yang konstruksinya terbuat dari beton dan tidak boleh retak, sehingga paparan sinar laser tidak dapat menembus baik dinding primer, dinding sekunder dan atap, dinding primer adalah dinding yang kena paparan sinar laser dari alat secara langsung, sedangkan dinding sekunder dinding yang menerima pantulan sinar dari dinding primer dan ketebalan dinding primer 2,5m, dinding sekunder 1,5 m dan dak atap 3,5 m [9]–[14].

Mutu beton yang dipakai dalam pembangunan Ruang Linac ini beton mutu tinggi K-500 density 2,35 ton/m³, untuk mendapatkan beton mutu tinggi K-500 dengan density 2,35ton/m³ tidak mudah apalagi ketebalan dinding beton nya tidak normal sehingga memerlukan penanganan dari pemilihan material bahan beton, penanganan suhu beton awal semenjak produksi, pengiriman ke lapangan penuangan di lapangan dan penanganan setelah beton dituang [15].

Metode

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi Data Primer dan Data Sekunder. Data Primer didapat dari hasil penelitian langsung di lapangan dengan mengecek langsung, wawancara foto-Foto, mencatat, membuat list dan Trayel. Dan Data Sekunder didapat dari Vendor seperti rekanan, Suplayer, Batching Plan dan Laboratorium [16][17].

Lokasi dan waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di tiga batching Plan yaitu Adi Jaya Beton di Suwung, PT Merak Beton di Ungasan dan PT Harapan Jaya Beton di Jln Ida Bagus Mantra serta di Pembangunan Gedung D,F dan G Rumah Sakit Umum Daerah Badung lokasi Pembangunan Ruang Linac nya, serta waktu penelitian jam kerja dari jam 8.0 wita s/d jam 17.00 wita [8][18].

Sumber dan Jenis Penelitian

Dari penelitian ini ada dua sumber yaitu Data Primer dan Data Sekunder, Data Primer didapat dari hasil penelitian di lapangan dengan berkoordinasi, wawancara, dengan vendor, suplayer kemudian mengambil dokumentasi dengan camera serta melakukan trayel langsung mengecek kondisi material, cek kadar lumpur, check suhu kemudian mencatat dan membuat list[19].

Data Sekunder didapat dari vendor dan Laboratorium seperti Job Mix, hasil test material, sertifikat bahan, dari data sekunder ini kita kombinasi kan dengan kajian pustaka dan trayel pembuatan benda uji, untuk mendapat hasil yang di inginkan setelah pengujian.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti Pasir atau agregat halus, koral atau agregat kasar, air bersih, Es balok, semen. Pasir dan koral yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari berbagai sumber seperti Karangasem, Kintamani, Lombok dan Grogal Singaraja untuk membuat benda uji dari hasil desain mix dari vendor.

Instrument Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini seperti: Alat pengukur suhu termometer jarum, termometer stik, termometer papan, Ceroncong dan tongkat, botol aqua, meteran dan alat tulis. Semua alat ini untuk mengecek suhu air normal, mengecek suhu air setelah dicampur es balok, mengecek suhu beton awal, mengecek suhu beton tiba di lapangan, mengecek slam test serta botol aqua untuk cek kadar lumpur secara manual.

Hasil dan Pembahasan

Tinjauan Umum

Dalam pembangunan ruang linac pada RSUD Badung yang dibangun di lantai basement gedung F, dari Pembangunan Gedung D, F dan G, mengingat ruang linac ini memanfaatkan tenaga nuklir sehingga dibutuhkan ruangan khusus yang konstruksinya terbuat dari beton dan tidak boleh retak sehingga diperlukan penanganan serius dalam hal pemilihan material bahan beton, pengendalian dan penanganan suhu dari beton diproduksi sampai beton dituang dan phase mengeras, serta pengendalian sumber manusianya yang akan mempengaruhi juga kualitas hasil yang diharapkan.

Pemilihan Material Bahan Beton

Berdasarkan kajian pustaka untuk memenuhi beton mutu tinggi K-500 density 2,35 ton/m³ pada pembangunan ruang linac perlunya dilakukan pemilihan material bahan beton, mengingat tidak semua material lokal bisa memenuhi syarat untuk mencapai seperti density yang sudah disyaratkan. Pemilihan material dilakukan dengan manual sederhana serta pengujian contoh ke laboratorium, seperti untuk mengetahui kadar lumpur pasir secara manual, masukan pasir ke dalam botol bersih kemudian diisi air bersih dan dikocok setelah itu diamkan seharian dan keesokan harinya akan kelihatan endapan lumpur pasir tersebut. melaksanakan pengujian material agregat halus dan agregat kasar ke laboratorium untuk mendapatkan berat jenis, keausan, penyerapan dan kuat tekan dari material yang kita test. setelah mendapat hasil data sekunder dari vendor kita membuat benda uji untuk di test agar mendapatkan hasil beton mutu K-500 dengan density 2,35 ton/m³. Dan dari sekian kali pengujian mendapatkan hasil material lokal bahan beton dari Grogak Singaraja yang masuk dan bisa dipakai mengingat material ini diproduksi dari pemecahan batu kali, yang hasilnya bisa dilihat di tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1 Hasil Test Agregat

Jenis Bahan	Agregat Kasar		
	Batu Pecah	Batu Pecah	Batu Mediem
Ukuran	1/2	3/4	0.5/1
Berat Isi SSD9 (Kg/m ³)	1464	1437	1496
Berat Jenis (Kg/m ³)	2445	2489	2446
Penyerapan (%)	2,034	1,97	2,334
Kadar Lumpur (%)	0,45	0,4	0,76
Kadar Air (%)	3,07	2,78	4,09
Keausan/Abrasi (%)	31,4	29,5	-
Gradasi	ø maks 40 mm	ø maks 40 mm	ø maks 12,5 mm
Modulus Kehalusan	7,228	7,94	5,918

Tabel 2 Hasil Perbandingan Material lokal bahan beton

Uraian	Material	
	Grogak Singaraja	Karangsem
	Batu Pecah 2/3	Batu Pecah 2/3
Berat Jenis Ssd (Kg/M ³)	2699	1437
Penyerapan (%)	0,716	1,97
Keausan/Abrasi (%)	23,1	29,5
Soudness (Kekalan)	0,58 (Kekal)	-
Kuat Tekan Retarata (Kg/M ³)	770	-

Tabel 3 Hasil Trayel test Density

Supplayer Beton	Material		
	Karang Asem	Lombok	Grogak
PT Adi Jaya Beton	2,15	2,235	2,54
PT Merak Jaya Beton	2,105	2,322	2,545
PT Harapan Jaya Beton	2,175	2,309	2,47

Pengendalian Suhu Beton Awal

Pengendalian suhu beton awal sangat diperlukan untuk mengantisipasi kenaikan suhu beton puncak melebihi dari 100°C sehingga pengendalian suhu beton harus dikendalikan dari awal beton dibuat dengan cara : mencampur air bersih dengan es balok untuk bahan air pencampur beton sehingga menurunkan suhu air dari 29°C sampai dibawah suhu 5°C, melakukan penyiraman terhadap agregat kasar untuk menurunkan suhu agregat dari 31°C menjadi 29°C, dari pencampuran air dengan es balok dan menyiram agregat kasar mampu menurunkan beton awal dari kondisi normal di suhu 40,66°C turun menjadi 36,36°C, serta untuk mempertahankan suhu saat pengiriman beton ke lokasi proyek dibawah mixer diberi es balok, hal ini mampu menekan suhu puncak beton ke 98,76°C.

Perhitungan suhu beton normal

- Ta (suhu agregat) = 29°C
- Tc (suhu semen) = 70°C
- TW (suhu air) = 0 °C
- WI (Berat Es) = 0.174 kg
- Wa (Berat Agregat) = 1.011 kg
- Wc (Berat semen) = 480 kg
- Ww (Berat Air) = 190 lt
- Wwa (Berat air terserap) = 28 lt
- L (rasio es Equivalent) = 80°C
- Dari data diatas didapat perkiraan suhu awal beton
- To rencana = $0,22 (Ta Wa + Tw ww + Ta wwa - LWi)$
 $= 0,22 (Wa+Wc+Ww+Wwa+Wi)$
 $= \frac{0,22(29 \times 1.011 + 70 \times 480 + 01 \times 190 + 29 \times 28 - 80 \times 0,174)}{0,22(1.011 + 480 + 190 + 28 + 0,174)}$
 $= 36,36^\circ\text{C}$ (suhu beton awal) yang mana biasanya suhu normal beton sampai 40,66°C .

Perhitungan suhu puncak (Tp)

- Tp = To+kadar semen/100xf
- Tp = tempratur puncak
- To = tempratur beton awal
- F = faktor untuk keseimbangan suhu beton dimana
 - Beton tanpa ply ash (12-14)°C
 - Beton dengan ply ash + (10-12)°C
 - F = diambil 13°C (beton tanpa ply ash)

TP = To + (kadar semen /100)x f
 Tp = 36,6 + (480/100)x13
 Tp = 98,76°C

Pengendalian Sumber Daya Manusia

Peranan Sumber daya manusia atau man power pada setiap kegiatan pekerjaan sangat berperan penting dan sangat mempengaruhi kelancaran suatu pekerjaan dan untuk menampilkan kualitas sebuah hasil pekerjaan .Dengan skil atau keahlian sumber daya manusia sudah tentu akan menghasilkan kualitas



pekerjaan yang baik asal di minid dikelola dengan baik. Dalam pembangunan ruang linac pada Rumah Sakit Umum Daerah Badung membutuhkan tenaga ahli antara lain : Tenaga Struktur yang terdiri dari Tukun Pasang dinding Batako untuk begisting sloop, Tukang Begisting untuk memasang perancah kerja dan memasang begisting girder dinding dan dak, tukang besi untuk memasang pembesian dari pile cap, slop, lantai, dinding dan dak ruang linac,serta tukang cor yang dipakai untuk pengecoran ruang linac dari pile cap sampai dak beton.Dalam pelaksanaan pekerjaan ruang linac ini setiap minggu nya diadakan komunikasi dengan mandor dan tenaga untuk memastikan semua yang dikerjakan sesuai rencana,tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pengecoran 60 orang yang dibagi menjadi 2 shit dan sudah diatur posisinya mengingat kita cor pakai concrete pump,Adapun struktur pengawasan pekerjaan Ruang Linac bisa dilihat Gambar 1.

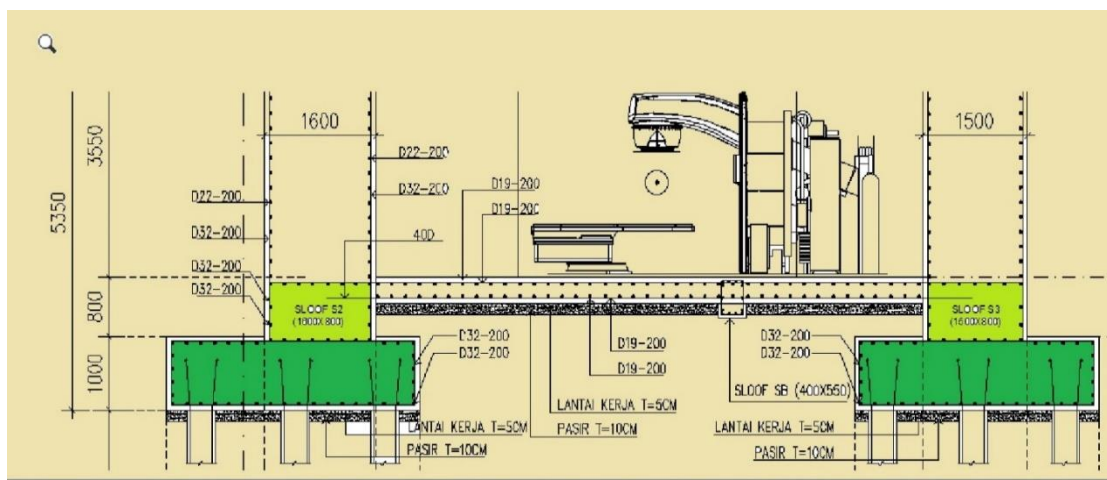
Pembangunan Ruang Linac RSUD Badung

Tahapan pembangunan ruang linac Rumah Sakit Umum Daerah Badung setelah hasil perhitungan dari fisikawan keluar yang selanjutnya dikelola oleh konsultan perencana untuk menerbitkan gambar kerja terkait tebal dinding, besarnya pembesian, posisi conduit , posisi cable tray dan untuk selanjutnya diserahkan ke BAPETEN untuk mendapatkan ijin kontruksi.Setelah itu Pekerjaan pembangunan ruang linac dapat diuraikan menjadi :

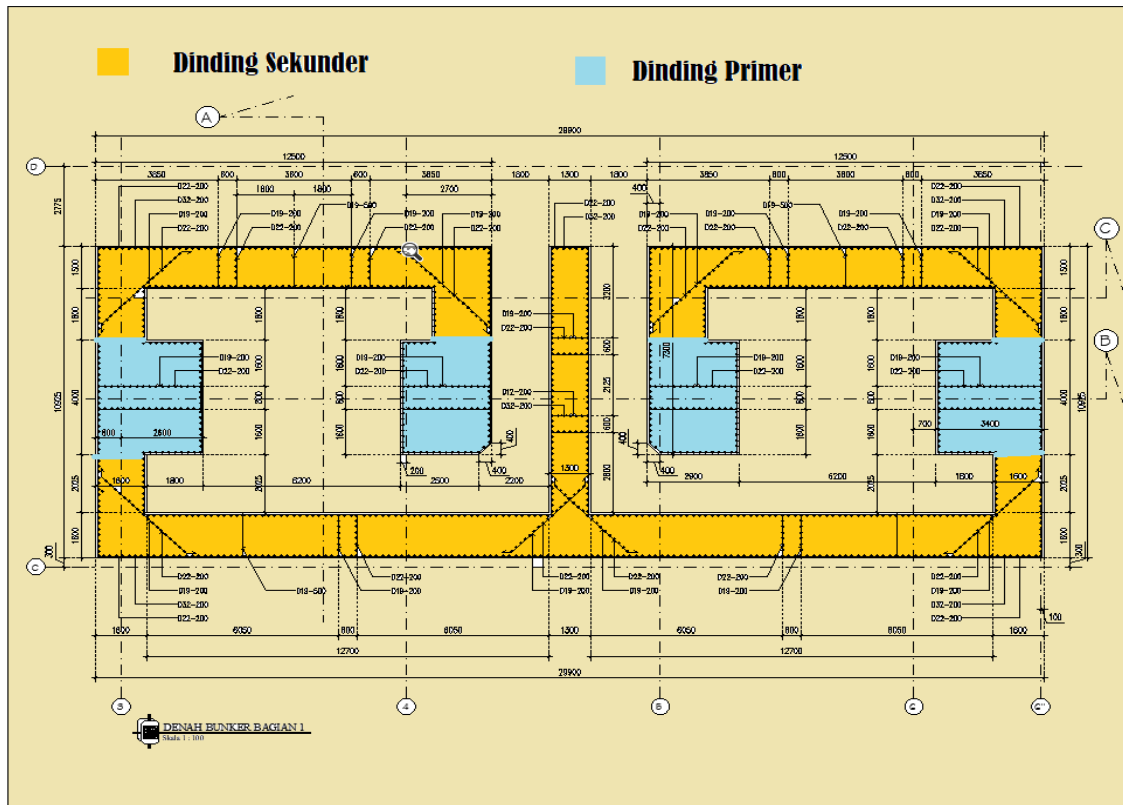
- Pekerjaan Pondasi tiang Pancang
- Pekerjaan Sub Struktur,Pile cap dan Slop
- Pekerjaan Pembesian
- Pekerjaan Begisting
- Pekerjaan MEP
- Pekerjaan PengecorAN
- Curing Beton



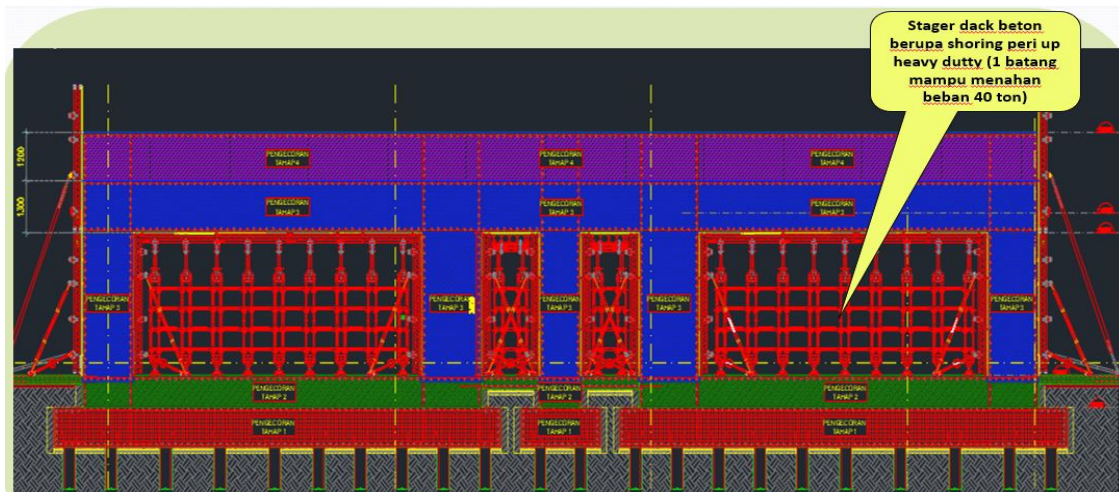
Gambar 1 Alat Pancang Hydrolic



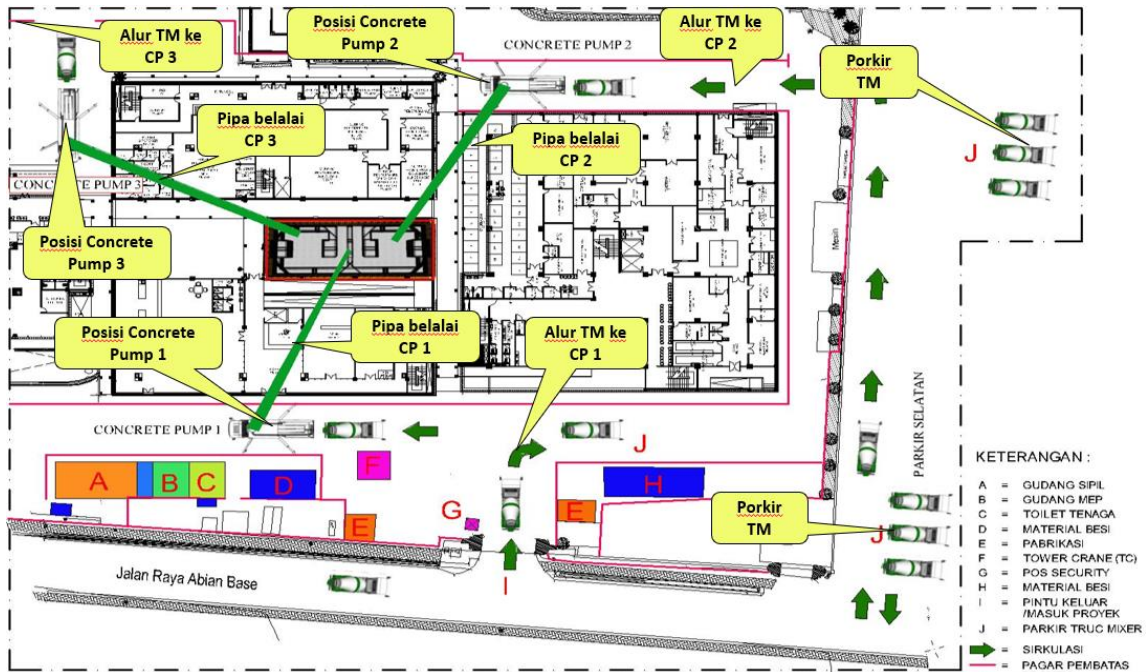
Gambar 2 Potongan Pile Cap



Gambar 3 Detail Pembesian Dinding linac RSUD Badung



Gambar 4 Pemasangan Begisting Girder



Gambar 5 Denah Penempatan CP saat Pengecoran



Gambar 6 System Curing Beton

Kesimpulan

Karakteristik beton tidak retak pada Pembangunan Ruang Linac Rumah Sakit Umum Daerah Badung dapat dicapai dengan mempertahankan suhu puncak beton tidak lebih dari 100°C. Hal ini dilaksanakan dengan mengendalikan suhu beton awal saat diproduksi sampai beton dituang di lapangan dengan menambah es balok.

Cara mengantisipasi untuk mencegah agar beton tidak retak pada pembangunan ruang linac RSUD Badung dengan melakukan pemilihan material lokal bahan beton seperti agregat halus dan agregat kasar mempunyai

berat jenis tinggi, keausan kecil, penyerapan kecil, dan kuat tekan tinggi dimana material yang memenuhi syarat tersebut diambil dari Grogak Singaraja. Selain itu dilaksanakan pengendalian suhu beton awal dengan menambah es balok pada air bersih pencampur beton, dan melakukan penyiraman agregat kasar. Selain itu juga dengan mengendalikan sumber daya manusia saat pengecoran mengingat faktor tenaga kerja mempengaruhi kualitas beton, serta melakukan curing setelah pengecoran berlangsung.

Daftar Pustaka

- [1] T. C. Nguyen, "Prevention of crack formation in massive concrete at an early age by cooling pipe system," *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 20, no. 8, pp. 1101–1107, 2019, doi: 10.1007/s42107-019-00175-5.
- [2] T. M. Sari and W. Dini, "Risk Assessment and Mitigation Strategy in The Halal Broiler Supply Chain," *J. Ris. Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–24, 2023.
- [3] F. Pohan, I. Saputra, and R. Tua, "Scheduling Preventive Maintenance to Determine Maintenance Actions on Screw Press Machine," *J. Ris. Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2023.
- [4] G. Zhang, "Reviews on temperature control and crack prevention of high concrete dam," *Shuili Xuebao/Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 49, no. 9, pp. 1068–1078, 2018. doi: 10.13243/j.cnki.slxb.20180687.
- [5] J. Liu, "Toughening and crack prevention of modern concrete: mechanisms and applications," *Tumu Gongcheng Xuebao/China Civ. Eng. J.*, vol. 54, no. 10, 2021, [Online]. Available: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85117115102
- [6] I. N. Permadi and D. B. Nisa, "A Model Experiment Design Using the Taguchi Method: A Case Study Of Making Concrete Roof," *J. Ris. Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–44, 2023.
- [7] D. P. Sari, "Business Feasibility Analysis of Sumedang Tofu MSMEs with Value Engineering Approach," *J. Econ. Bus. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–31, 2023.
- [8] H. A. Ramadhan, "Determinants of Economic Value Addition of Industrial Tuna Fish Processors in the Sea Food Processing Sub-Chain in Malaysia," *J. Econ. Bus. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–49, 2023.
- [9] K. Hu, "Shear Stress Analysis and Crack Prevention Measures for a Concrete-Face Rockfill Dam, Advanced Construction of a First-Stage Face Slab, and a First-Stage Face Slab in Advanced Reservoir Water Storage," *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/2951962.
- [10] G. Zhang, "Intelligent monitoring and control system for crack prevention of mass concrete," *Adv. Sci. Technol. Water Resour.*, vol. 35, no. 5, pp. 83–88, 2015, doi: 10.3880/j.issn.1006-7647.2015.05.011.
- [11] X. Pan, "Dynamic optimal analysis of concrete temperature control and crack prevention standards and measures during dam construction for Zangmu Hydropower Station," *J. Hohai Univ.*, vol. 43, no. 4, pp. 300–306, 2015, doi: 10.3876/j.issn.1000-1980.2015.04.004.
- [12] Y. Tan, "Crack mechanism and prevention measures of concrete in the initial pouring based on field temperature gradient experiment," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 153, no. 5, 2018. doi: 10.1088/1755-1315/153/5/052021.
- [13] N. R. dos Santos, "Towards sustainable reinforced concrete beams: multi-objective optimization for cost, CO₂ emission, and crack prevention," *Asian J. Civ. Eng.*, 2023, doi: 10.1007/s42107-023-00795-y.
- [14] S. Ma, "Study on Temperature Control and Crack Prevention Scheme for Lining Concrete Construction of Spillway Tunnel in Summer," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2185, no. 1, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2185/1/012053.
- [15] R. Gustiari, "JEBIN Journal of Economics Business Industry".
- [16] B. Chen, "Long term monitoring for insulation and thermal crack prevention on a concrete arch gravity dam in cold region," *9th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure: Transferring Research into Practice, SHMII 2019 - Conference Proceedings*, vol. 1, pp. 112–118, 2019. [Online]. Available: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85091466083
- [17] D. Guo, "Research on the Temperature Control and Crack Prevention of A one-hundred-meter-long Complex Slab Concrete under the Constraint of Diaphragm Wall," *2021 7th International Conference on Hydraulic and Civil Engineering and Smart Water Conservancy and Intelligent Disaster Reduction Forum, ICHCE and SWIDR 2021*, pp. 497–501, 2021. doi: 10.1109/ICHCESWIDR54323.2021.9656488.

- [18] G. Filhaq, S. Aprianto, and H. Alfianto, "Design of Smart Locker Door Using Quality Function Deployment Based on ATmega 2560 Microcontroller," *J. Ris. Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–35, 2023.
- [19] N. Shi, "Simulation and Modelling in Cracks Prevention of Early Age Concrete," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 562, no. 1. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/562/1/012014.